

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МЕЛІТОПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**І.П. Аносов, В.Х. Хоматов, Н.Г. Сидоряк,
Т.І. Станішевська, Л.В. Антоновська**

**ВІКОВА ФІЗІОЛОГІЯ
З ОСНОВАМИ ШКІЛЬНОЇ ГІГІЄНИ**

ПІДРУЧНИК

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів біологічних спеціальностей вищих
педагогічних навчальних закладів
(Лист № 1.4/18-Г-219 від 27.10.2008 р.)*

**Видавничий будинок ММД
Мелітополь 2008**

УДК 612.66:613.955(075.8)

ББК 28.903я73

В-43

Рецензенти:

В.Г. Радченко, доктор біологічних наук, професор, чл. кор. НАН України;

В.І. Соболев, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин Донецького національного університету;

І.О. Іванюра, доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології людини і тварин Луганського національного університету

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Лист МОН України № 1.4/18-Г-2191 від 27.10.08

**І.П. Аносов, В.Х. Хоматов, Н.Г. Сидоряк, Т.І. Станішевська,
Л.В. Антоновська**

В-43 Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни: підручник. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 433 с.

ISBN 978-966-8563-92-8

Запропонований підручник “Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни” містить інформацію, яка за глибиною викладу матеріалу, широтою тематики цілком відповідає сучасному рівню розвитку вікової фізіології і шкільної гігієни. Навчальний матеріал підручника містить наукові знання про фізіологічні особливості, гігієнічні нормативи і вимоги, які спрямовані на охорону і зміцнення здоров'я, гармонійний розвиток і удосконалення функціональних можливостей організму дітей і підлітків.

Підручник адресований насамперед студентам біологічних спеціальностей педагогічних вузів, а також студентам природничих факультетів та факультетів фізичної культури, магістрантам, аспірантам. Він може стати у нагоді учням коледжів, гімназій, ліцеїв з поглибленим вивченням біології, педагогам, психологам, батькам.

© Аносов І.П., 2008

© Оформлення ТОВ ВБ ММД, 2008

ISBN 978-966-8563-92-8

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1. Вступ до вікової фізіології з основами шкільної гігієни	7
1.1. Взаємозв'язок вікової фізіології та шкільної гігієни з іншими науками	7
1.2. Теоретичні та прикладні завдання курсу	10
1.3. Методи дослідження у віковій фізіології	13
1.4. Історія становлення вікової фізіології та шкільної гігієни	16
РОЗДІЛ 2. Системогенез.....	24
2.1. Поняття системогенезу.....	24
2.2. Принципи функціонування і саморегуляції складних фізіологічних систем.....	26
2.3. Пренатальний і постнатальний системогенез.....	30
РОЗДІЛ 3. Загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків	35
3.1. Поняття росту і розвитку дитячого організму.....	35
3.2. Поняття вікової норми	51
3.3. Сенситивні та критичні періоди розвитку	55
РОЗДІЛ 4. Фізіологія нервової системи дітей та її дозрівання в онтогенезі	60
4.1. Нервова система, її біологічне значення.....	60
4.2. Структурно-функціональна організація нервової системи.....	64
4.3. Поняття рефлексу. Рефлекторна дуга.....	69
4.4. Властивості нервової системи.....	71
4.5. Анатомо-фізіологічні та вікові особливості окремих відділів нервової системи.....	75
4.6. Порушення стану нервової системи та його профілактика.....	95
РОЗДІЛ 5. Вища нервова діяльність.....	97
5.1. Умовні та безумовні рефлекси, їх формування в онтогенезі.....	97
5.2. Гальмування у вищій нервовій діяльності, його вікові особливості.....	111
5.3. Типи вищої нервової діяльності. Перша і друга сигнальні системи, їх розвиток в онтогенезі.....	118
5.4. Інтегративні процеси в центральній нервовій системі як основа психічних функцій	127

5.5. Порушення вищої нервової діяльності дітей шкільного віку та їх профілактика.....	135
РОЗДІЛ 6. Сенсорні системи організму	138
6.1. Загальна характеристика сенсорних систем	138
6.2. Зорова сенсорна система	144
6.3. Слухова сенсорна система	167
6.4. Вестибулярна сенсорна система	177
6.5. Руховий (пропріоцептивний) аналізатор	180
6.6. Інтерорецептивна аналізаторна система	181
6.7. Нюховий аналізатор	182
6.8. Смаковий аналізатор	184
6.9. Аналізатор шкірного чуття	186
РОЗДІЛ 7. Вегетативні системи організму дитини	190
7.1. Фізіологія крові	190
7.2. Серцево-судинна система	224
7.3. Будова органів дихання, їх функції та вікові особливості	258
РОЗДІЛ 8. Обмін речовин та енергії, гігієнічні вимоги організації харчування	279
8.1. Загальна характеристика системи травлення, вікові особливості її формування в процесі онтогенезу	279
8.2. Обмін речовин та енергії. Значення вітамінів	303
8.3. Температура тіла людини та її регуляція	320
8.4. Загальна характеристика і гігієна органів сечовиділення.....	326
8.5. Фізіологія та гігієна шкіри.....	336
РОЗДІЛ 9. Залози внутрішньої секреції.....	346
9.1. Будова і функції ендокринних залоз.....	346
9.2. Статеві залози. Статеве дозрівання.....	375
9.3. Запліднення і розвиток зародка людини.....	383
РОЗДІЛ 10. Гігієна навчально-виховного процесу в школі.....	387
10.1. Працездатність учнів різних вікових груп та її зміна у процесі навчальної діяльності.....	387
10.2. Організація навчально-виховного процесу у школі.....	397
10.3. Визначення готовності дітей до навчання.....	407
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ.....	414
ДОДАТКИ.....	420
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	431

ПЕРЕДМОВА

Запропонований читачеві підручник побудований з урахуванням завдань навчального курсу „Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни”, які передбачені програмою вищої педагогічної школи для студентів біологічних і небіологічних спеціальностей. Навчальний матеріал підручника містить наукові знання про фізіологічні особливості, гігієнічні нормативи і вимоги, які спрямовані на охорону і зміцнення здоров'я, гармонійний розвиток і удосконалення функціональних можливостей організму дітей і підлітків.

У підручнику широко висвітлено такі питання: загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків, фізіологія і гігієна нервової і вегетативних систем організму, особливості обміну речовин та енергії, сенсорних систем, будова і функції ендокринних залоз, гігієна навчально-виховного процесу в школі, механізми регуляції і саморегуляції функцій, відображені поняття системності і системогенезу організму як принцип досягнення особливостей пристосування. Слід відзначити, що виклад теоретичних основ курсу „Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни” у підручнику є стереотипним і здійснюється з використанням досвіду апробації низки підручників для вищої школи, проте розроблення методичного апарату, вибір форми і стилю викладу навчальної інформації є авторським.

Зміст підручника включає викладання навчального матеріалу, який є необхідним для розуміння закономірностей вікового розвитку людини та основних положень шкільної гігієни. У цьому підручнику викладаються загальні проблеми, які необхідні для розуміння різноманітних питань вікової фізіології і шкільної гігієни. Вони відображають загальні ідеї і підходи в цих науках.

У вступній частині містяться відомості про предмет вікової фізіології і шкільної гігієни, їх межі та зв'язки у системі сучасних наукових знань, методологічні принципи і методики, поняття цілісного організму і його основні фізіологічні реакції в умо-

вах мінливості навколишнього середовища.

Продумана рубрикація розділів і підрозділів, чітке формулювання основних положень, а також схеми і рисунки, які сприяють кращому засвоєнню знань. В ілюстраціях відображені сучасні уявлення про фізіологічні процеси, які протікають на тканинному і клітинному рівнях під впливом факторів зовнішнього середовища, фізичних навантажень в організмі дітей і підлітків.

Відмінна риса цього підручника – виключно чітке і послідовне викладення матеріалу. Авторському колективу, який має великий досвід наукової і викладацької роботи, вдалося розв'язати головне завдання - викласти основні дані та концепції в області вікової фізіології і шкільної гігієни, зберігаючи єдність форми і стилю.

Велике достоїнство посібника полягає в тому, що він охоплює проблеми особливостей життєвих функцій організму дітей-підлітків, умови, які необхідні для нормального розвитку дитини. Однак, навіть у процесі опису фундаментальних фізіологічних процесів, автори намагались подати їх з врахуванням специфічних функцій організму у віковому аспекті. У цілому, матеріали, що висвітлюються у посібнику, спрямовані на формування принципового розуміння в організмі дітей і підлітків єдності фізіологічних механізмів, забезпечення їх системної організації.

Основним завданням підручника є навчання основам фізіології та гігієни дитячого організму, що має, на думку авторів, виключне значення для студентів - майбутніх педагогів. Без знання особливостей будови і життєвих функцій організму, умов, які необхідні для нормального розвитку дитини, не можна ефективно здійснювати навчальну і виховну роботу в школі.

Підручник адресований студентам усіх педагогічних спеціальностей.

РОЗДІЛ 1. Вступ до вікової фізіології з основами шкільної гігієни

1.1. Взаємозв'язок вікової фізіології та шкільної гігієни з іншими науками

У розвитку сучасної науки чітко виражені дві основні тенденції. З одного боку, йде спеціалізація конкретної науки, її поглиблення в притаманній їй сфері. З іншого боку, між різними галузями знань є тісний зв'язок, постійно відбувається інтеграція наукового пізнання. Ці тенденції яскраво проявляються в біологічних науках, серед яких вікова фізіологія посідає суттєве місце. Існує ряд основних інтеграційних зв'язків вікової фізіології в системі сучасної науки.

Вікова фізіологія пов'язана з цілою низкою суміжних наук і її успіхи відображають досягнення анатомії (науки про будову організму людини), гістології (науки, яка вивчає будову та функції тканин), цитології (науки, яка вивчає будову, хімічний склад, процеси життєдіяльності та розмноження клітин), ембріології (науки, яка вивчає закономірності розвитку клітини, тканин та органів зародка), біохімії (науки, яка вивчає хімічні закономірності фізіологічних процесів) тощо. Вона широко користується їх методами і досягненнями у процесі вивчення функцій організму. Вікова фізіологія спирається на дані наук, які вивчають будову організму, так як структура і функція тісно пов'язані між собою. Неможливо глибоко зрозуміти функції без знання будови організму, його органів, тканин і клітин, а також тих структурних і гістохімічних змін, які виникають при їх діяльності. З розвитком науки і техніки розвиваються та удосконалюються методики, які застосовуються для фізіологічних досліджень. Без знання генетики (науки про закономірності спадковості та мінливості організмів) неможливо зрозуміти закони еволюційного й індивідуального розвитку людського організму). Загальні закономірності, а саме закони спадковості, також поширюються і на людський організм. Вивчення їх необхідно для виявлення специфічних особливостей функціонування організму на різних

етапах онтогенезу. Багатогранні та численні зв'язки здавна існують між фізіологією і медициною. За словами І.П. Павлова „Фізіологія і медицина нероздільні”. На ґрунті отриманих знань про фізіологічні механізми і їх особливості протікання в онтогенезі, лікар виявляє їх відхилення від норми, з'ясовує природу і ступінь цих порушень, визначає шляхи оздоровлення хворого організму. З метою клінічної діагностики широко використовуються фізіологічні методи дослідження організму людини.

Пізнання фізіологічних явищ ґрунтується на розумінні законів хімії і фізики, адже вся життєдіяльність визначається перетворенням речовин та енергії, тобто хімічними й фізичними процесами. Вікова фізіологія, спираючись на загальні закони хімії і фізики, надає їм нові якісні риси й піднімає їх на більш високий рівень, який притаманний живим організмам.

Плідні та перспективні зв'язки з математикою – найбільш схематизованої зі всіх наук, яка істотно змінила фізику, хімію, генетику й інші галузі наукових знань. Добре відоме значення математичних принципів обробки результатів фізіологічних експериментів і встановлення їх наукової достовірності. Такі, наприклад, методи варіаційної статистики у процесі порівняльного вивчення хвильових електричних явищ у головному мозку й інших фізіологічних процесів в організмі.

У фізіології впроваджується методи голографії – отримання об'ємного зображення дієвого об'єкта, що ґрунтується на математичному накладанні пов'язаних з ним хвилеподібних процесів. Голографічні методи дозволяють плоске двомірне зображення замінити тримірним і таким чином виявити тонкі механізми роботи сенсорної системи – від її рецептивного поля до кінцевих нейронних проекцій у корі великих півкуль.

Фізіологія має спільні завдання з технічними науками, а саме: відкриває перспективні методичні можливості у вивченні фізіологічних явищ. На цьому шляху досяг великого розвитку суміжний напрям - електрофізіологія, що досліджує електричні явища живого організму. До сучасної вікової фізіології входять нові покоління електронних підсилювачів, мікроелектронна те-

хніка, телеметрія, комп'ютерна апаратура тощо.

Великі перспективи має взаємодія вікової фізіології з кібернетикою, наукою про загальні принципи управління і зв'язку в машинах, механізмах і живих організмах. Різновидом кібернетики є фізіологічна кібернетика, яка вивчає загальні закономірності сприйняття, перетворення й кодування інформації та використання її з метою управління фізіологічними процесами і саморегуляції живих систем.

Різноманітні зв'язки вікової фізіології з педагогікою. Не підлягає сумніву, що розуміння фізіологічних закономірностей росту і розвитку дітей, урахування особливостей функціонування організму в різних вікових групах ґрунтується на природничо-науковій основі підготовки вчителя і всієї системи шкільної освіти. Отже, педагог повинен знати особливості будови і життєдіяльності дитячого організму. Із проблемами вікової фізіології переплітаються численні питання фізіолого-гігієнічного забезпечення навчального процесу в школі, формування особистості учня, його загартування, профілактика хвороб, які вивчає шкільна гігієна.

Особливе місце займають зв'язки вікової фізіології з філософією. Як і інші розділи природознавства, вікова фізіологія є однією з природничо-наукових основ філософського пізнання. Закономірно, що багато понять і теоретичних узагальнень, що формувались у рамках вікової фізіології, вийшли за її межі і набули загальнонаукового, філософського значення. Подібний загальнотеоретичний зміст мають, наприклад, уявлення про ріст і розвиток організму, його цілісність і системність функціонування, пристосування до мінливих умов зовнішнього середовища, про нейрофізіологічні механізми найскладніших форм поведінки та психіки.

Шкільна гігієна як наука розвивається на основі вікової фізіології і анатомії. Вона як область науки широко використовує також методи і дані суміжних дисциплін: вікової фізіології, бактеріології, токсикології, біохімії, біофізики тощо. В ній широко використовується загальні біологічні закони розвитку. Шкільна

гігієна тісно пов'язана зі усіма медичними дисциплінами, а також з технічними і педагогічними науками. Правильне нормування діяльності дітей і підлітків неможливе без розуміння основних принципів педагогіки і психології. Шкільна гігієна тісно пов'язана з біологією, зважає на дані фізіології і разом з тим розширює уявлення про особливості реакції організму у дітей і підлітків щодо навантаження та впливу середовища.

1.2. Теоретичні та прикладні завдання курсу

Знання будови тіла людини і пізнання сутності життєвих процесів на різних рівнях організації організму, впливу зовнішнього середовища на стан здоров'я і працездатність людини здавна цікавили вчених-біологів і медиків. Основними стимулами для розвитку цих знань були практичні потреби життєдіяльності людини. Фізіологія людини належить до фундаментальних біологічних наук. Фізіологія (від грецьк. *physics* – природа, *logos* – учення) – наука про функції живого організму як єдиного цілого, про процеси, що відбуваються в ньому на всіх його структурних рівнях: клітинному, тканинному, органному, системному й організменному. Фізіологія вивчає життєдіяльність організму у взаємодії з зовнішніми умовами його існування. Основне завдання фізіології – розкриття законів життєдіяльності живого організму та керування ними. У процесі вивчення життєвих процесів та установаження їх закономірностей, вікова фізіологія відкриває широкі перспективи свідомого втручання в ці процеси, це допоможе змінити людину відповідно до вимог часу. Це сприяє їх практичному використанню у системі медичних знань. Життя і діяльність людини здійснюється в соціальному середовищі, що визначає особливий підхід до пізнання фізіологічних функцій, які покладено в основу біологічного пристосування людського організму до складних суспільних умов. Фізіологія людини тісно пов'язана зі соціальними проблемами – трудовою діяльністю, віковими характеристиками, харчуванням, спортом тощо. Це спонукало відокремлення від фізіології, цілісної науки про функції організму, декількох наукових дис-

циплін. Серед яких і вікова фізіологія.

Метою вікової фізіології є розкриття закономірностей росту і розвитку, з'ясування особливостей функціонування цілісного організму, його систем, органів, тканин і клітин аж до молекулярного рівня на різних вікових етапах. Основним **об'єктом вивчення вікової фізіології** є людина. Кожен організм – від найпростішого до організму людини – проходить всі етапи індивідуального розвитку і в кожному організмі незалежно від складності його конструкції протікають фізіологічні процеси. Однак, вони ускладнюються з розвитком органічного світу. Людина – найбільш високоорганізована жива істота, тому в організмі людини фізіологічні процеси мають якісно новий характер і цим відрізняються від тварин. Своєрідність фізіологічних процесів, які протікають в організмі людини, в значній мірі зумовлені впливом соціального середовища.

Запропонований курс покликаний розкрити майбутнім педагогам, психологам закономірності розвитку дітей, особливості життєдіяльності організму в різні періоди онтогенезу, функції органів, систем органів, їх своєрідність на кожному віковому етапі. Знання цих закономірностей є важливим фундаментом для глибокого вивчення і осмислення курсу загальної і педагогічної психології, педагогіки. Оскільки **об'єктом** багатогранного наукового пізнання **вікової фізіології**, як і педагогіки, психології є організм дітей і підлітків, тому завдання цього курсу різноманітні. Серед них – дослідження нейрофізіологічних процесів, іншими словами, вивчення роботи нервових структур, які зберігають і відтворюють інформацію, створюють нервові зв'язки й керують поведінкою людини. Вікова фізіологія має важливе значення для розуміння вимог дидактики, особливостей психології дитини на різних етапах розвитку організму. Вона допомагає встановити етапи розвитку процесів уваги, сприйняття інформації, формування пізнавальних потреб. Дуже важливо знати про діяльність окремих фізіологічних систем організму школяра - кровообігу, дихання, травлення тощо. В умовах певних навчальних навантажень, побудови розкладу занять,

конкретного режиму дня. Завдання вікової фізіології – відтворити біологічну теорію організму школяра, яке дає змогу підпорядкувати організм до умов соціального життя та навколишнього середовища.

Предметом курсу вікової фізіології є вивчення фізіологічних особливостей дітей і підлітків у процесі їх індивідуального розвитку, а також особливості реакцій фізіологічних функцій на навчально-виховний процес. На ґранті цих знань можуть бути розроблені науково спрямовані заходи щодо охорони здоров'я, раціональної організації режиму у школі та вдома для дітей і підлітків, до здійснення навчально-виховного процесу з урахуванням можливостей учнів у різні вікові періоди, визначення оптимального робочого ритму і оптимального навантаження.

Гігієна (від грецьк. *hygienos* – „приносить здоров'я”) – наука, що вивчає вплив факторів навколишнього середовища на організм людини, її здоров'я та працездатність; здійснює наукове обґрунтування і розробку гігієнічних норм, правил і заходів для оздоровлення, усунення впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища; наукове обґрунтування і розробка гігієнічних нормативів, правил і заходів для підвищення опору організму від можливих шкідливих явищ зовнішнього середовища з метою покращення здоров'я і фізичного розвитку, підвищення працездатності.

Рівновага між організмом і зовнішнім середовищем – необхідна умова існування людини і збереження її здоров'я. При швидких змінах у зовнішньому середовищі, до яких людина не може пристосуватися, ця рівновага порушується в результаті чого можуть виникнути різні захворювання. Таким чином, для нормальної життєдіяльності організму та збереження здоров'я, по перше, необхідні певні умови навколишнього середовища. **Завдання шкільної гігієни** – не тільки всебічно вивчити чинники зовнішнього середовища і врахувати їх специфіку дії відповідно до вікових особливостей організму людини, а й добирати та цілеспрямовано організовувати заходи, які б сприяли розширенню функціональних та адаптивних можливостей організму.

Досконале знання механізмів фізіологічних функцій дає можливість побудувати на науковому ґрунті методи лікування, раціонального харчування, організації праці, виховання фізичних сил і духовних властивостей покоління, яке росте і розвивається.

Шкільна гігієна репрезентує педагогіці науково обґрунтовані гігієнічні рекомендації в організації навчально-виховного процесу, режиму дня і відпочинку учнів, харчування дітей, обладнання і планування приміщень у шкільних закладах.

Завдання об'єднаного курсу „**Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни**” полягає у тому, щоб навчити студентів, майбутніх учителів, сучасним положенням щодо вікових особливостей організму, який росте і розвивається, знанням закономірностей, які ґрунтуються на збереженні і зміцненні здоров'я учнів, підтриманні їхньої високої працездатності під час різних видів навчальної і трудової діяльності.

Досягнення вікової фізіології і основ шкільної гігієни важливі для правильної організації фізичного виховання. Результати досліджень фізіологічних реакцій у процесі спортивних тренувань і під час змагань з успіхом використовуються для раціональної організації спортивної та фізичної діяльності школярів.

Педагогіка як наука ґрунтується на віковій фізіології з основами шкільної гігієни і розглядає процеси, які пов'язані з віковими фізіологічними особливостями організму школяра.

1.3. Методи дослідження у віковій фізіології

Вікова фізіологія – наука експериментальна, тобто методичною основою її пізнавальної діяльності є проведення експерименту. Форми фізіологічного експерименту різноманітні і визначаються завданням дослідження. У процесі застосування сучасних фізико-хімічних та біологічних методів дослідження, фізіолог вивчає, з одного боку матеріальну суть фізіологічних процесів, а з другого боку, впливає на організм, або на його окремі органи і системи відомими факторами, дає можливість простежити характер змін функцій, з'ясувати механізм розвитку тих чи інших порушень у живому організмі та знайти засоби

для свідомого керування перебігу процесів з метою усунення цих порушень.

Досліди проводяться на експериментальних тваринах різних вікових груп. Експерименти ставляться і на людях на різних етапах вікового розвитку з дотриманням строгих правил збереження їх здоров'я. Під час дослідження будь-якого явища, що відбувається в організмі, насамперед виникає два питання: як змінюється це явище протягом часу та які механізми покладено в основу цих змін. Тому **вивчення фізіологічних процесів** відбувається шляхом: **1. Вимірювання і графічної реєстрації фізіологічних процесів.** Метод графічної реєстрації ознаменував нові етапи фізіології і дав можливість записувати одночасно (синхронно) не один, а декілька фізіологічних процесів. У наш час широко використовується у віковій фізіології реєстрація механічних показників змін процесу в часі, електричних потенціалів м'язів (електроміографія), мозку (електроенцефалографія), серця (електрокардіографія), реєстрація змін величини електричного опору тканин (реографія, реоплетизмографія), внутріклітинне відведення. Важливе місце займають біохімічні методи визначення хімічного складу виділень і рідини, що міститься в організмі або в його клітинах. У дослідженнях використовуються фізичні та хімічні вимірювальні прилади. **2. Пригнічення функцій аж до їх повного виключення.** В експериментах на тваринах використовуються методики видалення органу чи його частини (методика видалення або екстирпації), пересадка органів на нове місце (методика трансплантації), переріз нервових шляхів (методика енервації), перев'язка і зшивання різних кровоносних судин (методика накладання лігатур і судинних анастомозів), введення тонких трубок (катетерів), які з'єднують органи з різними приладами для реєстрації їх функцій (методика катетеризації), хімічні впливи з допомогою різноманітних препаратів, фізичні впливи на органи і тканини (методика подразнень). Для вивчення діяльності деяких органів, які знаходяться в середині тіла, застосовують фістульну методику. **3. Стимуляція функцій шляхом впливу на них фізичними та хімічними**

агентами. Посилення діяльності досягається шляхом електричної або фармакологічної стимуляції. **4. Моделювання фізіологічної функції** – як фізіологічний напрям, пов’язаний з розвитком кібернетики. Кібернетика (від грецьк. *kybernetike* - мистецтво управління) – наука про управління автоматизованими процесами. Засновник кібернетики Норберт Вінер зазначив, що “головні проблеми біології також пов’язані з системами і їх організацією в просторі та часі, тому саморегуляція має велике значення”. Біологічна кібернетика вивчає специфічні для живих істот загальні принципи та конкретні механізми доцільного саморегулювання та активної взаємодії з навколишнім середовищем. Процеси управління, як відомо, здійснюються через сигнали, які несуть певну інформацію. В організмі такими сигналами є нервові імпульси, які мають електричну природу, а також різні хімічні речовини. Моделювання дозволяє виділити певні властивості фізіологічних процесів на основі математичних характеристик і їх закономірностей. При всій своїй спрощеності, кібернетичні моделі фізіологічних функцій виявляють їх передбачувані зв’язки, управління, динаміку і таким чином дають змогу досліджувати фізіологічні явища зі значним наближенням до природних умов.

Особливу роль відіграє вивчення фізіологічних явищ в онтогенезі у різних піддослідних групах тварин, у різних вікових групах людей, коли досліджуються окремі компоненти одного й того ж процесу. Порівняльні характеристики містять, по-перше, не чітко виділенні ознаки, за якими порівнюються конкретні данні того чи іншого явища.

Для дослідження функцій цілісного організму людини на різних етапах вікового розвитку важлива одночасна реєстрація багатьох фізіологічних, фізичних і хімічних процесів, які протікають в різних клітинах, органах і системах. Великим методичним досягненням є застосуванням у фізіологічних дослідженнях радіотелеметрії. Використання фізіологами сучасних досягнень фізики, радіотехніки, електроніки та кібернетики дозволяють їм розробляти нові та удосконалювати старі методи дослідження

функцій, це спонукало до досліджень різних явищ в організмі людини без нанесення їй яких-небудь пошкоджень. На основі фізіологічного моделювання розробляється спеціальна апаратура – „штучне серце”, „штучна нирка”, установка для гіпербаричної оксигенації тощо. У той же час хвороба з її „зломами” в організмі є своєрідним експериментом, який дає змогу виявити механізми фізіологічних процесів.

Великого значення набуває **статистична обробка результатів** дослідження. Для цього використовуються різноманітні математичні методи, які встановлюють достовірність отриманих даних. Такою є оцінка експерименту за показниками варіаційних рядів, вираховування для їх порівняння коефіцієнта Стюдента, проведення кореляційного аналізу, розрахунок дисперсій за допомогою F- критерію тощо. Математизація досліджень дозволяє використовувати у фізіології комп’ютерну техніку, що не тільки збільшує швидкість обробки інформації, але і дає можливість здійснювати таку ж обробку безпосередньо під час експерименту.

1.4. Історія становлення вікової фізіології та шкільної гігієни

Значних успіхів фізіологія досягла у **XIX ст.**, коли було закладено основи багатьох наукових напрямків, які розвиваються і в наш час. У другій половині XIX століття – початку XX століття фізіологія в Росії стає одною із передових у світовій науці, у чому видатну роль відіграли школи І.М. Сеченова (1829-1905 рр.), І.П. Павлова (1849-1936 рр.), відомі школи Казані, Києва, Одеси, Томська тощо. Російська наука при всій її самобутності, методологічній регіональності підтримувала тісні творчі зв’язки з провідними фізіологічними школами Західної Європи, а пізніше і Америки.

У **XX ст.** спостерігається подальша диференціація фізіології, широке узагальнення теоретичних та практичних знань щодо фізіологічних процесів. Розвиваються нові напрямки: фізіологія вищої нервової діяльності, нейрофізіологія, ендокриноло-

гія, вікова, порівняльна, а останнім часом – екологічна фізіологія. Процес диференціації і спеціалізації фізіології продовжується і тепер. Це пов'язано з появою методів досліджень, що дозволяють одержати точні кількісні характеристики біологічних процесів на більш глибокому рівні.

Кінець XIX і початок XX століття - період визначних успіхів в галузі фізіології нервів і м'язів (Дюбуа – Реймон, Е.Ф. Пфлюгер, П.Г. Гейденгайн, Ю. Бернштейн, Г.Л. Гельмгольц). У вирішенні проблеми збудження нервів і м'язів в цей період суттєвий вклад внесли і радянські фізіологи – Н.Є. Введенський (1852-1922), А.А. Ухтомський (1875-1942), А.Ф. Самойлов (1867-1930), Д.С. Воронцов (1886-1965).

XIX і XX століття ознаменовані багатьма значними успіхами у вивченні функцій мозку. Видатну роль у дослідженні функцій мозку належить І.М. Сеченову, який у 1862 році відкрив явище гальмування в ЦНС, що здебільшого визначило наступні успіхи досліджень координації рефлекторної діяльності.

На якісно новий рівень вивів теорії рефлекторної діяльності мозку І.П. Павлов, який створив учення про вищу нервову діяльність (поведінку) людини і тварин, її фізіології і патології. І.П. Павлов заснував школу вітчизняних фізіологів, які внесли видатний вклад у світову науку, а саме академіки П.К. Анохін, Е.А. Асратян, К.М. Биков, Л.А. Орбелі і багато ін., які створили вітчизняні фізіологічні наукові школи.

У другій половині XIX - XX ст. фізіологія мозку успішно розвивається в Європі і Америці. У більшій мірі це пов'язано з створенням нейтронної теорії рефлекторної діяльності мозку на основі його гістологічного дослідження К. Гольджі (1844-1926) і С. Рамон-і-Кахалем (1852-1934), які удостоєні Нобелівської премії у 1906 р.

Видатну роль у вивченні функції ЦНС відіграв Ч.С. Шеррінгтон, який розробив і сформулював основні принципи координаційної діяльності мозку, за що отримав у 1932 р. Нобелівську премію. Заслуга Ч.С. Шеррінгтона у тому, що він виховав плеяду фізіологів, яким наука зобов'язана видатними відкриттями

(Р. Граніт, Р. Магнус, У. Пенфілд, Дж. Екллс та ін.).

Сучасна фізіологія ретикулярної формації мозку створена експериментальними дослідженнями Г. Мегуна і Д. Моруцці. Необхідно підкреслити, що основою для проведення цих досліджень слугували результати наукових робіт І.М. Сеченова і В.М. Бехтерева.

Фізіологія вісцеральних органів в історії науки займає досить помітне місце з часу виникнення фізіології і до наших днів. ХІХ і ХХ століття ознаменовані значними відкриттями, які пов'язані з механізмами регуляції діяльності серця і кровоносних судин: К. Людвіг (1866-1895), І.Ф. Ціон (1842-1912), К. Бернар (1813-1878), Ф.В.Овсянников (1827-1906), В. Ейнтховен (1860-1927), Е.Г. Старлінг (1866-1927) та ін.

За дослідженнями капілярного кровообігу у 1920 р. Нобелівську премію присуджено А. Крогу (1874-1949). У радянській час значний науковий внесок у фізіологію серцево-судинної системи зробили В.В. Парін (1903-1971), В.Н. Черніговський, А.М. Чернух.

У ХХ столітті багато відкриттів зроблено в галузі фізіології дихання, особливо регуляції дихання (Н.А. Миславський, К. Гейманс, Д.С. Холдейн). За роботи в цій галузі К. Гейманс (1892-1968) одержав Нобелівську премію у 1939р. Значні відкриття були зроблені з біохімії газообміну та клітинного дихання (А. Круг, Д. Баркрофт), а за відкриття ферментативного механізму клітинного дихання була присуджена Нобелівська премія О.Г. Варбургу (1883-1970) у 1931 р.

Фізіологією травлення у різний час займались видатні фізіологи Європи і Америки (К. Людвіг, К. Бернар, Р. Гейденгайн, Е. Старлінг), але І.П. Павлов – перший серед фізіологів світу і перший російський учений, якому присуджено звання Нобелівського лауреата з фізіології травлення. Внутріклітинне травлення у своїх наукових працях вивчав Нобелівський лауреат І.І. Мечников (1845-1916).

ХХ століття багате відкриттями в галузі вивчення діяльності ендокринних залоз. Нобелівська премія у 1923 р. була прису-

джена Ф.Г. Бантингу (1891-1941), Д. Маклеоду (1876-1935), Ч.Г. Бесту (1899-1978) за роботи з інсуліну. Цю премію у 1947 р. за відкриття в галузі фізіології гіпофіза отримали Б.А. Усай, Р. Гіймен, Е.В. Шаллі, Р.С. Ялоу, а у 1950 р. Ф.Ш. Хенч, Е.К. Кенделл, Т. Рейхштейн за дослідження функцій надниркових залоз.

У 1971 р. Нобелівським лауреатом став американський фізіолог Е.У.Сазерленд, який відкрив роль АМФ у регуляції обміну речовин.

В Україні розвиток фізіології припадає на початок ХХ століття і пов'язано з науковими центрами: Харківським, Київським, Новоросійським (м. Одеса) та Львівським університетами. Українські вчені посіли перше місце серед вчених Радянському Союзу у таких галузях фізіології, як вища нервова діяльність, електрофізіологія, вікова фізіологія, геронтологія, загальна фізіологія нервової системи, фізіологія кровообігу, травлення, дихання і гіпоксичних станів.

Під керівництвом П.Г. Костюка у відділі загальної фізіології нервової системи інституту фізіології імені О.О. Богомольця АН України розроблено оригінальні методики для вивчення іонних механізмів у мембранні нервових та інших збудливих клітин. Цикл робіт „Дослідження іонних механізмів збудливості сом нервової клітини”, які опубліковано в 1969 – 1981 рр., вчені П.Г. Костюк, О.О. Кришталь, І.С. Магура, В.І. Підоплічко отримали у 1983 р. Державну премію СРСР.

Значні результати отримали українські фізіологи у процесі дослідження синаптичних і мембранних процесів у нейронах вегетативних гангліїв (В.У. Скок).

Уперше вченими М.Ф. Шуба, Н.Г. Кочемасова, П.Г. Богач, Н.І. Гуревич отримані дані про іонну природу збуджувальної і гальмівної дії медіаторів та інших речовин на гладенькі м'язи.

В Україні проведено вагомі дослідження із загальної та спеціальної фізіології центральної нервової системи. Результати цих досліджень узагальнив П.Г. Костюк у монографії „Двох-нейронна рефлексорна дуга” (1959). Ця робота відзначена премією імені І.П. Павлова АН СРСР.

Із 1968 року в Харківському медичному інституті й Харківському НДІ неврології і психіатрії вивчаються механізми функціональних відносин лімбічних утворів з іншими структурами мозку (ретикулярна формація), а також роль цих утворів в організації емоційно-стресової реакції організму (Ф.П. Видяєв, Т.М. Воробйов, А.Г. Лещенко, О.Я. Могилевський).

Вивчення нейтронної організації і функціональних взаємодій вищих відділів слухової системи дали можливість не лише вирішити деякі питання фізіології слуху, а й запропонувати низку показників для об'єктивної діагностики функціонального стану слухової системи людини, а також лікування при глухуватості. Ці роботи нагороджено в 1978 році Державною премією України.

З 1969 року вчені відділу фізіології вищої нервової діяльності інституту фізіології імені О.О. Богомольця АН України (В.А. Трошихін, В.В. Сиротський, В.М. Сторожук, В.М. Серков, М.В. Макаренко й ін.), кафедри фізіології людини і тварин Київського університету (Г.М. Чайченко), НДІ фізіології Київського університету (О.І. Ємченко, П.С. Лященко, М.С. Макаrchук, В.К. Рибальченко, Ю.П. Горго й ін.) досліджують механізми формування динамічного стереотипу, особливості утворення слідових, оборонних і харчових умовних рефлексів, рухливість нервових процесів, роль структур лімбічної системи мозку в умовнорефлекторній діяльності, залежність ефективності навчання від індивідуально-типологічних властивостей нервової системи, зміни у вищій нервовій діяльності людини під час напруженої роботи мозку, втоми, гіпоксії та дії інших шкідливих факторів.

Учені України зробили вагомий внесок у розвиток геронтології, зокрема дослідили роль вікової перебудови системи кровообігу, біологію і фізіологію старіння, розкрили молекулярні та клітинні механізми вікової патології кровообігу (В.В. Фролькіс, М.М. Горєв та ін.).

В інституті кібернетики АН України і Київському НДІ серцево-судинної хірургії МОЗ України під керівництвом М.М. Амосова розроблено методи штучного кровообігу, впроваджені у

клініці під час операцій на серці. Організовано дослідження з математичного моделювання серцево-судинної системи людини.

Фізіологію дихання в Україні досліджували вчені А.З. Кольчинська, В.О. Березовський, О.Г. Місюра й ін. у таких напрямках: виявлення нейрофізіологічних механізмів регуляції дихання й гіпоксичних органів і механізмів регуляції кисневого режиму під час гіпоксії тощо в екстремальних умовах (віковий аспект).

Суттєвий внесок зробили українські вчені в фізіологію травлення. Створені наукові напрями, результати розробки яких мають теоретичне і практичне значення. До них належать вивчення механізмів регуляції моторної функції травного тракту і ролі гіпоталамічної ділянки головного мозку та лімбічної системи в регуляції вегетативних функцій (Г.В. Фольборт, Я.П. Складаров, П.С. Лященко, Р.О. Файтельберг та ін.). Монографія П.Г. Богача „Механізми нервової регуляції моторної функції тонкого кишечника” отримала премію ім. К.Бикова Президії АН СРСР.

Формуванню вікової фізіології сприяв традиційний для фізіології еволюційний підхід до вивчення фізіологічних систем. На необхідність вивчення фізіологічних процесів упродовж онтогенезу вказував І.М. Сеченов (1878), але до ХХ століття фактичні дані про фізіологію організму, що росте і розвивається, мали розрізнений характер. Початок систематичного вивчення вікової морфології і фізіології в Росії було покладено Н.П. Гундобіним („Особливості дитячого віку” (1906)). Інтенсивний розвиток вікової фізіології в СРСР розпочався в 20-30 роках ХХ століття: виявленні структурні та функціональні вікові особливості розвитку окремих органів і систем (Л.А. Орбелі, Н.І. Красногорський, А.Г. Іванов-Смоленський, П.К. Анохін, І.А. Аршавський, А.А. Волохов, А.А. Маркосян); розроблені проблеми вікової нейрофізіології та нейроендокринології, вікових змін речовин і енергії, клітинних і субклітинних процесів, а також акселерації; Сформовані концепції онтогенезу і старіння (І.П. Павлов, Н.К.

Петрова, А.А. Богомолец, А.В. Нагорний, П.К. Анохін, І.А. Аршавський, А.А. Маркосян). Академія педагогічних наук СРСР стала центром координації досліджень із вікової фізіології і морфології.

І.А. Аршавський сформулював *„енергетичне правило м'язів”*, де основний фактор, що дає змогу не тільки зрозуміти специфічні особливості фізіологічних функцій організму в різні вікові періоди, але і визначити закономірності індивідуального розвитку. Він передбачив, що особливість енергетичних процесів різних вікових періодів, а також зміна і перебудова діяльності дихальної і серцево-судинної систем у процесі онтогенезу знаходяться в залежності від відповідного розвитку скелетної мускулатури.

А.А. Маркосян до загальних законів індивідуального розвитку відніс і надійність біологічної системи. *Надійність біологічної системи* - це рівень регуляції процесів в організмі, коли забезпечується їх оптимальне протікання з екстреною мобілізацією резервних можливостей і взаємозаміна, гарантується пристосування до нових умов і швидке повернення до вихідного стану. Згідно з концепцією, весь шлях розвитку від початку до природного кінця протікає за наявності умови, якщо є запас природних можливостей. Ці резервні можливості забезпечують розвиток та оптимальне протікання життєвих процесів під час зміни умов зовнішнього середовища.

П.К. Анохін висунув *учення про гетерохронію* (нерівномірний розвиток функціональних систем) і на ґрунті цього розвинулося вчення *системогенезу*. Відповідно до зазначеного вчення, функціональна система - це широке функціональне об'єднання різної локалізації структур на основі одержаного кінцевого пристосувального ефекту, який необхідний в даний момент. Функціональні системи дозрівають нерівномірно, починають діяти поетапно, змінюються, це забезпечує організму пристосування до будь-яких періодів онтогенетичного розвитку.

Шкільна гігієна як наука виникла у ХІХ ст. (основоположники російські вчені Ф.Ф. Ерісман (1842 – 1915) і А.П. Доброс-

лавін (1842 – 1889)). Учені розробили гігієнічні вимоги до класної кімнати, моделі учнівської партії, а також обґрунтували гігієнічні вимоги до вибору ділянки для будівництва школи і проекту шкільної будівлі.

Проблему **гігієни дітей і підлітків** вивчали такі радянські вчені: Л.А. Сиркін (продовжив дослідження Ф.Ф. Ерісмана щодо стану здоров'я і фізичного розвитку дітей і підлітків), П.М. Івановський (займався питаннями фізичного виховання, гігієничного обґрунтування режиму дня учнів, гігієни планування дитячих закладів), М.В. Антропова, Г.П. Сальникова (проводили фундаментальні дослідження працездатності учнів у процесі навчальної і трудової діяльності, динаміки фізичного розвитку школярів).

Великий внесок у розвиток гігієни дітей і підлітків зробили видатні вчені-гігієністи акад. АМН СРСР Г.Н. Сердюкова і проф. С.М. Громбах. Вони вказали на необхідність вивчення основних закономірностей вікової фізіології і шкільної гігієни в житті людини. Одержані фактичні дані вікової фізіології і шкільної гігієни надзвичайно важливі для виховання і розвитку дітей і підлітків. Щодо зазначеного вище Н.П. Гундобін сказав: *„Молоде покоління – це нація і майбутнє всієї нації. Правильний розвиток і виховання дітей – запорука для росту і розвитку країни. Ці істини визнані всіма державами, залишається тільки невизнаним основне положення, а саме: нормальний фізичний і розумовий розвиток неможливий без знання з природи організму, який росте і розвивається”*.

РОЗДІЛ 2. Системогенез

2.1. Поняття системогенезу

Живий організм є частиною навколишнього світу, він існує як його автономна, більш складна одиниця і як єдине ціле реагує на вплив зовнішнього середовища і відносинах з навколишнім світом він проявляє одну із своїх основних властивостей – виконання необхідних функцій в умовах несприятливих зовнішніх впливів. У цих взаємовідносинах постійно відбувається взаємодія двох протилежно спрямованих тенденцій: збереження стабільності внутрішнього середовища організму і в той же час його мінливість в результаті пристосувальної перебудови, спрямованої на збереження гомеостазу. Фактор стабільності і фактор мінливості внутрішнього середовища знаходять свій вплив в адаптаційних процесах на всіх рівнях – молекулярному, субклітинному, клітинному, органному, організменному в цілому. Відхилення від константної межі слугує стимулом до адекватного відновлення порушеного стану і перебудови внутрішнього середовища на новому рівні функціонування. Таким чином здійснюється переключення функціонального стану організму з одного рівня на другий, змінюється ступінь його активності. Як відзначає І.П.Павлов: *„Організм сам себе підтримує, сам себе виправляє, сам себе вдосконалює”*.

Отже, організм, як біологічний система зберігає свою сталість завдяки механізмам гомеостатичної регуляції, які корегують усі внутрішні відхилення. Сигналом для зміни початкового стану, тобто до адаптивної перебудови, є виникнення розладженості між поточним функціональним станом, у першу чергу нервової системи, і тим рівнем функціонування, який визначається умовами навколишнього середовища. Самі відхилення є джерелом управління сигналами, які діють за принципом зворотного зв'язку.

Конкретним прикладом адаптаційної регуляції гомеостазу в умовах мінливості зовнішнього середовища є циклічний рефлексорний процес на клітинно-молекулярному рівні. Об'єктом ре-

гуляторних впливів є клітина. Вона реагує тільки на хімічні речовини, які несуть до неї повну інформацію (інформони). Ці речовини реалізують на клітинному рівні впливи нервової та гуморальної систем. Під дією інформонів у клітині відбуваються необхідні зміни обміну речовини й енергії. Ці зсуви відображають пристосувальні потреби організму і, в цілому, забезпечують активність специфічної фізіологічної функції.

Кожна клітина має власні механізми регуляції життєдіяльності. Сигналами інформонів (натромедіаторів, гормонів, макромолекул) діють на клітинні мембрани, де є рецептори білкової природи. Білки-рецептори (БР) вступають у взаємодію з інформонами менше, якщо є їх стереохімічна відповідність, тобто коли молекула хімічної речовини й активний центр БР відповідають один одному, як „ключ і замок”. У результаті стереохімічної взаємодії утворюється комплекс білковий рецептор-інформон (БРІ) і в реакцію вступають вторинні метаболічні фактори-посередники (месенджери). До них належать аденілатциклаза, яка сприяє утворенню з АТФ циклічного аденомонофосфата (цАМФ). Під впливом цАМФ більше, ніж у 200 разів посилюється дія на клітину зовнішнього для неї регуляторного сигналу й активуються відповідні ферменти (протеїнкінази), які забезпечують синтез певних білків. Таким чином цАМФ виконує функцію універсального клітинного регулятора. У цілому зазначений ланцюг хімічних реакцій схематично виглядає так: $I \rightarrow \text{БР} \rightarrow \text{БРІ} \rightarrow \text{аденілатциклаза} \rightarrow \text{цАМФ} \rightarrow \text{протеїнкінази}$.

До категорії вторинних клітинних посередників регуляторного сигналу, який надходить, належать етапи кальцію і стероїдні гормони. У мембрані клітини є рецептор кальцію – білок кальмодулін, який регулює синтез і розпад цАМФ. Стероїдні гормони проникають у клітину й безпосередньо зв'язуються з її ядром. Таким чином, клітинні механізми регуляторні фізіологічних функцій репрезентовані у вигляді трьох основних факторів-вторинних посередників (цАМФ), іонів кальцію і стероїдних гормонів. Цей процес генетично запрограмований і забезпечує необхідну пристосувальну перебудову фізіологічних функцій.

2.2. Принципи функціонування і саморегуляції складних фізіологічних систем

У живих організмів інформаційні процеси й механізми управління і зв'язку є фундаментальною основою життєдіяльності. **Живий організм** – це складна динамічна система, яка складається з багатьох об'єктів (підсистем), функціонально пов'язаних між собою. Цілісність організму характеризується якостями, які властиві не лише для всієї системи, але для окремих підсистем. Нові якості виникають внаслідок певної взаємодії між її частинами. П.К.Анохін (1935) сформулював принципи функціонування й саморегуляції складних фізіологічних систем. Доцільно виділити триєдину сутність біологічних принципів – діяльність живих систем, інформаційні процеси, управління фізіологічними механізмами.

Системний підхід у фізіології треба розглянути як один із біологічних принципів – пізнання життєдіяльності. У процесі формулювання закономірностей організації фізіологічних функцій П.К.Анохін вказав на основну мету системного підходу: *„Зрозуміти, як поодинокі процеси, деталі, результати поведінкового експерименту об'єднуються в деяку гармонійну систему самоорганізованого характеру”*. Не можна не відзначити, що системність найбільш чітко репрезентована у живих організмах. Уявлення про функціональні системи організму передбачають такі загальні закономірності фізіологічної організації, як сприйняття й перетворення інформації та використання її з метою управління фізіологічними процесами й саморегуляції. Системна діяльність організму спрямована на досягнення корисного пристосувального результату. П.К. Анохін писав, що „ні одна організація, якою б об'ємною вона не була за кількістю елементів, що її складають, не може бути названа самокерованою, якщо її функціонування, тобто взаємодія частин цієї організації, не закінчується будь-яким корисним для системи результатом і якщо відсутня зворотна інформація в управляючий центр щодо корисності цього результату”.

Прикладом системного підходу до фізіологічних явищ може

бути аналіз орієнтувально-дослідницької діяльності мозку. Орієнтувальні реакції виникають при новизні діючого подразника і невизначеності в оцінці його фізичних і біологічних властивостей. За цих умов активізуються різні системи мозку й виникають нові зв'язки, необхідні для адекватної поведінки в різноманітному та мінливому навколишньому середовищі. Важлива функціональна ознака біологічної системи – її імовірнісний характер: відповідні реакції живого організму можливо передбачити тільки з деякою ймовірністю, яка різноманітніша, чим більше відомі в системі зв'язки і взаємодії складових елементів. Ймовірна діяльність особливо характерна для такої складної біологічної системи, як людський мозок, його вищі інтегративні функції здійснюються на основі перетворення невизначеної інформації їх у визначеному, іншими словами інформаційні процеси спрямовані на зменшення невизначеності в середовищі. ***Пізнавальна (евристична) діяльність людини*** заснована не на жорстоких алгоритмах свідомості, не на стандартній послідовності понять і команд, а на імовірнісному прогнозуванні дій. Діяльність цілісної системи особливо відображається в сигналах на її вході та виході, розкриває інформаційні перетворення у процесі проходження через внутрішні структури.

В організації і самоорганізації біологічних систем необхідна узгоджена взаємодія складових його елементів (підсистем). В їх об'єднаній діяльності вирішальне значення мають інформаційні процеси. Кожна інформація утримує новий зміст і є сигналом до відповідних дій. У біологічних системах інформація як форма діяльності пов'язана з особливостями цієї системи, які відрізняють її від усіх інших об'єктів. Результати інформаційного сигналу значною мірою визначаються внутрішнім станом системи. На переробці й використанні інформації застосовані прийняття рішення та формування цільових програм.

Фундаментальну роль у забезпеченні життєдіяльності відіграє управління. Воно здійснюється на всіх рівнях живого організму й використовує прямі та зворотні зв'язки між структурами, що керують і структурами, які ними скеровуються. У біоло-

гічних системах управління забезпечує здатність організму самостійно знаходити оптимальний режим життєдіяльності. Теорія функціональних систем П.К.Анохіна розглядається як подальший розвиток принципів управління фізіологічними функціями. У теорії функціональних систем центральне місце займає корисний результат дії, який забезпечує адекватне пристосування до умов навколишнього середовища (рис. 17).

Під час пояснення фізіологічних функцій теорія функціональних систем йде далі класичної рефлексорної теорії, вона не обмежується тільки поняттями "рефлексорної дії" а враховує результат дії.

У структурі функціональної системи будь-якого рівня використовуються такі ***основні центральні і периферичні вузлові механізми***:

1. Необхідний корисний пристосувальний результат із певними властивостями (параметрами), його якості - провідний системоутворюючий фактор.

2. Інтегративні механізми відбору інформації необхідної для запуску систем (аферентний синтез) і інтегративні механізми вибіркового функціонального об'єднання виконавчих органів, які здійснюють цілеспрямовану дію (еферентний синтез).

3. Механізми аферентації параметрів результату, тобто інформації про його властивості, яка йде в нервові центри від спеціалізованих рецепторів на периферії.

4. Саморегуляція як загальний принцип організації функціональної системи, у процесі якої здійснюється зворотна інформація про будь яке відхилення від позитивного результату. Виникає спонукальний сигнал для необхідних корекцій і поправок, які забезпечують цей результат.

5. Апарати передбачення необхідного результату дії, у них формується його нейродинамічна модель, з якою співвідноситься справжній досягнутий результат.

Центральна структурно-функціональна організація фізіологічної системи містить ***послідовні вузлові стадії***: аферентний синтез, прийняття рішення, формування акцептора результату дії,

організація самої дії (еферентний синтез), досягнення результату, зворотна аферентація про його параметри і співвідношення його з раніше сформованою нейродинамічною моделлю.

Сучасні дослідження системності в фізіології підкреслюють самостійність теорії функціональних систем і поширюють її закономірності й положення на всі прояви діяльності організму – від гомеостатичних процесів до поведінкових реакцій і психофізіологічних явищ. Актуальне розкриття якісної своєрідності системної діяльності людини, її біосоціальної природи.

Соціальна поведінка людини містить у своїй нейрофізіологічній основі спеціальні функціональні системи, які, як правило, включають психічні процеси, тобто відбиття у свідомості результатів своєї діяльності. Нарешті, функціональні системи, пов'язані з цілісністю людини, мають величезні можливості здійснювати усесторонню багатопараметричну оцінку досягнутого результату, співвідносити його з прогнозом, свідомо вносити поправки у свої дії.

Концепція системогенезу є суттєво частиною загальної теорії функціональних систем. Вона була сформована П.К.Анохіним як випереджувальний вибіркового розвитку функціональних систем організму в онтогенезі.

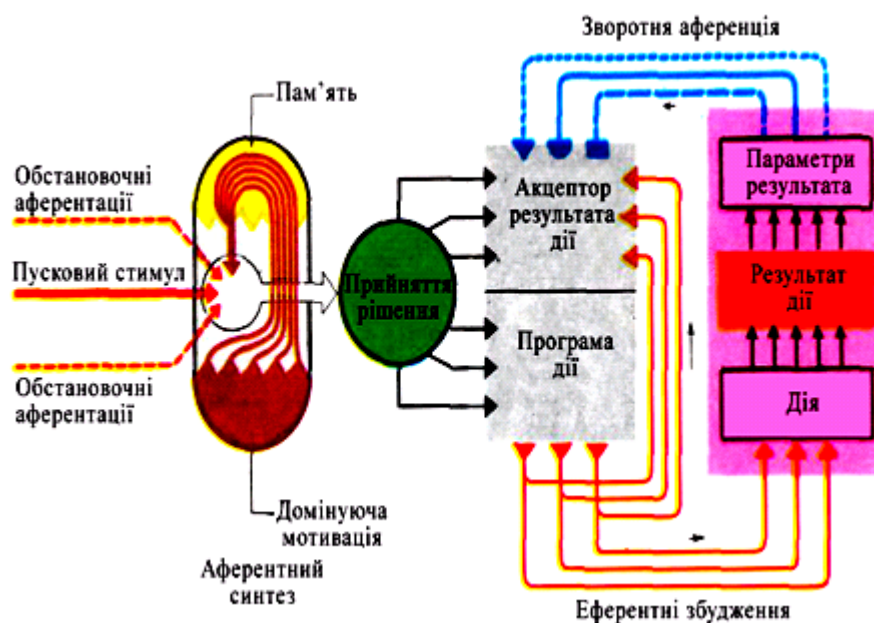


Рис. 17. Схема цілеспрямованого поведінкового акту
(за П.К. Анохіним, 1968)

У своєму початковому вигляді ця концепція вказувала, що основою нормативного розвитку кожної біологічної особи є її випереджувальне пристосування до тих умов середовища, у яких вона повинна опинитися після народження. Надалі уявлення про системогенез поширилося на весь період індивідуального життя – від народження до похилого віку. Було показано більш прискорене вибіркове дозрівання функціональних систем і їх окремих частин у внутрішньоутробному періоді. У цілому системогенез забезпечує стратегію виживання і нормального існування під час індивідуального розвитку організму.

2.3. Пренатальний і постнатальний системогенез

Розрізняють *пренатальний і постнатальний системогенез*, кожен із яких характеризується етапами індивідуального розвитку організму.

У *пренатальному ембріогенезі та системогенезі* виділяють наступні етапи розвитку:

1. генетична детермінація функціональних систем;
2. дві форми утворення контактів між клітинами:
 - які розвиваються;
 - жорстко детерміновані (генетично) й адаптивні;
3. формування основи функціональних систем до початку виконання ними кінцевих пристосувальних функцій;
4. вибіркове формування механізмів саморегуляції функціональних систем;
5. екологічна спрямованість формування функціональних систем.

У *період постнатального системогенезу* мають місце наступні етапи:

1. вибіркове дозрівання зовнішніх ланок гомеостатичних систем;
2. включення вроджених поведінкових систем (орієнтувально-дослідницької, захисної, ігрової поведінки);
3. включення систем групової і соціальної поведінки;
4. дозрівання системи статевої поведінки;

5. більша адаптивна доцільність автоматизму рефлексів і ускладнення поведінкових систем;
6. становлення та автоматизація психічних систем, які містять і мовні;
7. дозрівання системи групового спілкування як етапної форми переходу до складної соціальної поведінки.

У дослідженнях з використанням методики штучного плацентарного кровообігу засвідчено, що в ембріонів плодів морської свинки до моменту народження вибірково дозрівають функціональні системи, які забезпечують різні показники гомеостазу (кров'яний тиск, рівень газів в крові тощо), ці функціональні системи плоду самостійно ще не функціонують. Їх діяльність визначається результативною діяльністю організму матері, одразу після порушення або після штучного перетискання пуповини долучається зовнішня ланка саморегуляції функціональних систем дихання, виділення, харчування, а також механізми, які починають удосконалюватися в постнатальному періоді розвитку новонароджених. Акт народження викликає критичну перебудову діяльності мозку і вегетативних функцій, стабілізацію серцевої діяльності й активне залучення дозрілих у пренатальному періоді, але раніше не використаних зовнішніх ланок функціональних систем дихання і харчування (С.А. Надирашвілі).

Поняття системогенезу було також розширене і за змістом. Поряд із генетичними механізмами дозрівання функціональних систем і їх перевагою на рівні гомеостазу розглянуто деякі закономірності системогенезу – на рівні поведінки. Становлення поведінкових функціональних систем у процесі навчання тварин і людини забезпечує досягнення корисного пристосувального результату, необхідного для задоволення їхніх потреб. Особливе значення має розвиток функціональних систем психічної діяльності людини, які формуються у процесі її свідомого життя на ґрунті різноманітних форм навчання.

У системогенезі проявляється значення двох факторів – генетичного й екологічного (набутого), які стимулюють дозрівання

функціональних систем. Перший із них здійснює жорсткий генетичний контроль над розвитком організму за вродженими спадковими програмами, другий – пов'язаний з адаптивними впливами навколишнього середовища.

Таким чином, основна тенденція системогенезу – його екологічна спрямованість, яка забезпечує більш досконалий розвиток усіх компонентів функціональної системи; в аферентному синтезі збільшується діапазон подразників, у першу чергу – умовних рефлексів, збагачується апарат передбачення – акцептор результату дії, вдосконалюються механізми еферентного синтезу й саморегуляції. **Основні положення концепції системогенезу** сформульовані П.К.Анохіним і його співробітниками у вигляді трьох принципів – вибіркості (гетерохронії), консолідації та мінімального забезпечення функцій.

1. Принципи вибіркості (гетерохронії) у розвитку функціональних систем полягає у випереджальному дозріванні тих морфологічних основ, які забезпечують виживання новонароджених відразу після народження та їх існування при подальшому постнатальному формуванні. Найбільш тонким компонентом функціональних систем, які вибірково дозрівають в організмі, є ЦНС, елементи якої входять до різноманітних функціональних систем і здійснюють складні процеси інтегрування їх діяльності: регулюють просторові та часові співвідношення елементів цих складників. Так вибірково дозрівають нервові та м'язові елементи, які забезпечують акт смоктання, нервові структури, необхідні для підтримання постави, локальні компоненти різноманітних функціональних рухових систем. Цікаво, що неоднчасне й вибіркоче дозрівання відбувається не в цілому органі, а в його окремих елементах, які включені у ті чи інші функціональні системи (феномен фрагментації органу).

Одночасно час прискорено дозрівають не окремі анатомічні утворення і їх системи, наприклад, при закладці й розвитку кінцівки паралельно йде посилене формування відповідних нервових центрів спинного мозку і їх зв'язків з центрами стовбура мозку.

2. Принцип консолідації структурних утворень у функціональній системі. Згідно цього принципу морфологічні елементи, які формуються в ембріогенезі, об'єднуються у функціональні системи для забезпечення необхідних для цілісного організму корисних пристосувальних результатів, перш за все гомеостазу. У системогенезі вибірково встановлюються функціональні зв'язки між морфологічними структурами, які взаємодіють між собою, забезпечують виконання необхідної функції.

3. Принципи мінімального забезпечення функціональної системи створює можливість досягнення необхідного результату в умовах структурної незрілості елементів системи. Іншими словами, механізми системогенезу забезпечують кінцевий результат задовго до остаточного формування морфологічних структур, які входять у функціональну систему.

Як універсальний механізм системогенезу, принципи мінімального забезпечення функцій має різні форми. Він проявляється в етапах нервової системи, дає можливість їй успішно функціонувати до настання зрілості. Виявлений феномен надлишковості тих нервових утворень, які під час здійснення необхідних функцій є провідними на більш ранніх етапах онтогенезу. Встановлені фактори надлишковості й посилення ефективності сигналу, який проходить нервовими утвореннями до клітини-мішені, що полегшує генерацію нервового імпульсу й підвищує ймовірність зустрічі з очікуваним аферентним входом (К.В. Судаков, К.В. Шулейкіна та ін.). Так, виявлено універсальний характер феномену надлишковості на макроструктурному рівні в системогенезі у дошкільників і дітей шкільного віку. У цих вікових групах виявлена надлишковість участі м'язів – антагоністів у рецепторних взаємодіях і досить високий рівень резервної активності системи гіпоталамус-гіпофіз-кора надниркових залоз під час навантаження.

В умовах високого рівня морфофункціонального розвитку кори великих півкуль у дітей молодшої вікової групи стратегія мозкової діяльності позбавлена чіткої диференціації фокусів активації та вибіркової кореляційних зв'язків. Такий тип страте-

гії психофізіологічної діяльності свідчить про недосконалу, поліморфну нейрофізіологічну організацію в пошуках адекватного рішення завдань.

У шкільному віці відбувається значне ускладнення функціональних систем різного рівня. Системогенез поведінкових актів у дітей не обмежується „структурами” поведінки, спрямованими на задоволення їх біологічних потреб. У дитячому віці у людей відбувається встановлення функціональних систем групового спілкування, які складають нейрофізіологічну основу етапного переходу до соціальної поведінки. Системогенез поведінки людини включає і процеси вибіркового становлення функціональних систем психічного рівня організації.

Кожен віковий період життя людини і тварин характеризується своїми особливостями становлення та елімінації певних функціональних систем. Прийнято говорити про критичні періоди розвитку. Критичні періоди характеризуються певною стійкістю чи, навпаки, схильністю тих чи інших функцій до дії на організм патогенних факторів.

РОЗДІЛ 3. Загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків

3.1. Поняття росту і розвитку дитячого організму

Індивідуальний розвиток, або **розвиток в онтогенезі**, відбувається впродовж усього періоду життя – від запліднення до смерті. В онтогенезі людини виділяють 2 періоди: до народження (внутрішньоутробний, **пренатальний** – від грецьк. *ontos* - народжений) і після народження (позаутробний, **постнатальний**).

У **внутрішньоутробному періоді**, від запліднення і до народження, упродовж 280 діб (9 календарних місяців) зародок (ембріон) знаходиться в організмі матері. Впродовж перших 8 тижнів відбуваються основні процеси формування органів, частин тіла. Цей період одержав назву ембріонального (зародкового), а організм майбутньої людини – ембріон (зародок). З 9-ти тижневого віку, коли починають формуватись основні зовнішні людські риси, організм називається плодом, а період – плідним (фетальним – від грецьк. *fetus* – плід).

Постембріональний онтогенез людини поділяють на такі періоди: ювенільний (до статевого дозрівання), зрілий (дорослий статевозрілий стан), період старості, який закінчується смертю. Під час вивчення розвитку людини впродовж життєвого циклу після народження, її індивідуальних і вікових особливостей, коли керувалися науковими даними, було запропоновано вікову періодизацію. Кожен віковий період, тобто відрізки часу онтогенезу, характеризується своїми специфічними особливостями організму – функціональними, біохімічними, морфологічними і психологічними. Схема вікової періодизації розвитку людини, яка враховувала анатомічні, фізіологічні фактори з проблем вікової морфології, фізіології і біохімії прийнята 1965 році. Поділ онтогенезу на вікові періоди у дітей відбиває етапи дозрівання ряду систем: кісткової, нервової, статевої тощо. В основу періодизації індивідуального розвитку покладено біологічні ознаки (табл. 1). Вікова періодизація за соціальними озна-

ками враховує загальні періоди навчання дитини (табл. 2).

Через продовження терміну навчання в загальноосвітній школі старший шкільний вік збільшується до 18-19 років.

Таблиця 1

Вікова періодизація за біологічними ознаками

Назва вікового періоду	Тривалість (роки)	
	хлопчики/ чоловіки	дівчата/ жінки
Період новонародженості	перші 10 днів	
Грудний період	10 днів - 1 рік	
Раннє дитинство	1-3 роки	
Перше дитинство	4-7	
Друге дитинство	8-12	8-11
Підлітковий період	13-16	12-15
Юнацький період	17-21	16-20
Зрілий вік, 1-й період	22-35	21-35
Зрілий вік, 2-й період	36-60	36-55
Похилий вік	61-74	56-74
Старечий вік	75-90	
Довгожителі	90 і більше	

Таблиця 2

**Вікова періодизація за періодами навчання
(соціальний принцип)**

Назва вікового періоду	Тривалість, роки
Переддошкільний (ясельний)	до 3-х років
Дошкільний (молодший, середній, старший)	4-7
Шкільний вік: молодший середній старший	7-10
	11-14
	15-17

Розповсюджена та наведена у таблиці 2 сучасна періодизація побудована за соціальним принципом, який передбачає періоди навчання дитини.

У сучасній науці відсутня загальна класифікація періодів росту та вікових меж. Сучасна періодизація містить такі критерії, які характеризують біологічний вік людини: розмір тіла і органів, вагу, окостеніння скелету, прорізання зубів, розвиток залоз внутрішньої секреції, ступінь статевого дозрівання, м'язова сила. Тривалість окремих вікових періодів підтверджена різними віковими змінами. Одні функції прогресивно знижуються з віком, а деякі – зростають. В одних системах вікові зміни виникають рано, але розвиваються повільно, в інших – настають пізніше, але потім швидко прогресують. Ріст і розвиток людини починається з моменту запліднення яйцеклітини, а далі безперервний процес, який відбувається протягом життя. Ці процеси здійснюються стрибкоподібно і різниця між окремими етапами та періодами характеризується як якісними, так і кількісними змінами.

Розвиток - це якісні зміни, що сприяють формуванню дитячого організму чи різних його частин і органів. Розвиток у широкому розумінні – це якісні зміни, що сприяють до підвищенню рівнів складності організації і взаємодії всіх його систем, а також вдосконаленню їх нейрогуморальної регуляції і взаємодії з навколишнім середовищем. **Розвиток передбачає три основні процеси:** 1) **ріст** – збільшення числа клітин (у кістках та інших органах), або збільшення розмірів клітин (у м'язах і нервовій тканині, тобто кількісний процес); 2) **диференціацію органів і тканин**; 3) **формоутворення**, тобто **якісні зміни**. Ці процеси взаємозалежні та взаємозумовлені. **Фізичний розвиток** – це комплекс морфологічних і функціональних властивостей організму, який визначає масу, щільність і форму тіла, а у дітей і підлітків процеси росту.

Однією з основних фізіологічних особливостей процесу розвитку дитячого організму є **ріст**, як кількісний процес, пов'язаний зі збільшенням маси організму за рахунок безперер-

вного зростання кількості клітин або їх розмірів. Ріст проявляється збільшенням кількості клітин, тілесної маси й антропометричних показників.

В одних органах, таких як кістки, легені ріст здійснюється переважно за рахунок збільшення кількості клітин, в інших (м'язи, нервова тканина) переважають процеси збільшення розмірів самих клітин. Таке **визначення процесу росту** виключають ті зміни маси та розмірів тіла, що можуть бути обумовлені жировідкладенням або затримкою води в організмі.

Більшість антропометричних показників характеризуються значними індивідуальними коливаннями. У таблиці 3 подано деякі середні антропометричні показники в постнатальному онтогенезі.

Найінтенсивніший ріст спостерігається у перший рік життя, коли довжина тіла дитини збільшується приблизно на 23-25 см. На другому році життя темп росту уповільнюється, але залишається ще високим – 10-11 см за рік, на третьому році 8 см. У період від 4 до 7 років ріст дитини збільшується на 5-7 см за рік. У молодшому шкільному віці спостерігається уповільнення темпу росту до 4-5 см на рік. Особливо відзначають **період статевого дозрівання** (так званий перехідний, або **пубертатний період** (від грецьк. *пубертис* – оперення)), який має **передпубертатний період** 11-12 років, **I фазу пубертата** – хлопчики 13-15 років і дівчатка 11-13 років, **II фазу пубертата** – хлопчики 15-17 років і дівчатка 13-15. У цей період відбувається суттєва гормональна перебудова в організмі, розвиток вторинних статевих ознак, помітне погіршення умовно рефлексорної діяльності рухових навичок, збільшуються вегетативні зміни при навантаженнях, зростає втома. Помітним є пубертатний скачок росту. З 11-12 років у дівчаток і 13-14 років у хлопчиків до 16-17-и річного віку спостерігається значний приріст (до 7-10 см на рік). Крім того, ріст має і свої індивідуальні особливості. Найбільший приріст довжини тіла у дівчаток має місце між 11-12 роками, у хлопчиків найбільший приріст - між 13 і 14 роками.

Таблиця 3

**Динаміка антропометричних показників
в постнатальному онтогенезі**

Вікові періоди, роки		Показники		
		Довжина тіла, см	Маса тіла, кг	Площа поверхні тіла, см
Новона- роджені	ч	50,8	3,5	2200
	ж	50,0	3,4	2200
8	ч	126,3	26,1	8690
	ж	126,4	25,6	
10	ч	136,3	32,9	9610
	ж	137,3	31,8	
12	ч	143,9	35,8	10750
	ж	147,8	38,5	
14	ч	157,0	46,1	12290
	ж	157,3	49,1	
16	ч	169,8	59,1	14300
	ж	160,2	56,1	15850
18	ч	172,3	67,6	16800
	ж	161,8	56,8	17255
18-20	ч	173,6	70,2	17535
	ж	162,8	57,1	14300
22	ч	174,7	71,8	15850
	ж	162,7	57,3	16800
24	ч	174,7	71,9	17255
	ж	162,8	57,5	17535

Примітка: ч – чоловіча стать; ж – жіноча стать

Особливо велика швидкість росту довжини тіла у хлопчиків і як результат те, що у 13,5-14 років вони випереджають за довжиною тіла (рис. 1). Подібна закономірність спостерігається і в збільшенні ваги тіла. На 5-му місяці життя вона подвоюється, до року – збільшується у тричі, після двох років – уповільнюється. З 11-12 років у дівчаток темп росту маси тіла прискорюється, після 15 років хлопці випереджають дівчат за цими ж показниками і це випередження зберігається і надалі.

Юнацький вік продовжується у юнаків - від 18 до 21 року, а

у дівчат - від 17 до 20 років. У цей період в основному закінчується процес росту та формування організму і всі основні показники досягають дорослої людини.

В юнацькому віці завершується формування статевої системи, дозрівання репродуктивної функції. Кінцево встановлюються овуляційні цикли у дівчат.

Процес росту залежить від впливу багатьох факторів як ендогенного, так і екзогенного походження. Важливе значення мають вітаміни.

Для нормального росту необхідні також мінеральні солі, мікроелементи.

Суттєво впливають на ріст і розвиток такі фактори середовища як кисень, температура, світло, умови життя та праці.

Паралельно з ростом відбувається і розвиток організму, тобто морфологічна диференціація і функціональна спеціалізація певних тканин і частин тіла. Цей якісний фактор визначається змінами структури, складу і функцій організму, він змінюється також нерівномірно до формування дитини як дорослого індивіду.

Пропорції тіла з віком сильно змінюються. У новонародженого висота голови складає $\frac{1}{4}$, а дорослого $\frac{1}{8}$ довжини всього тіла. Ноги у новонародженого відносно короткі, а дорослого – перевищують половину довжини тіла.

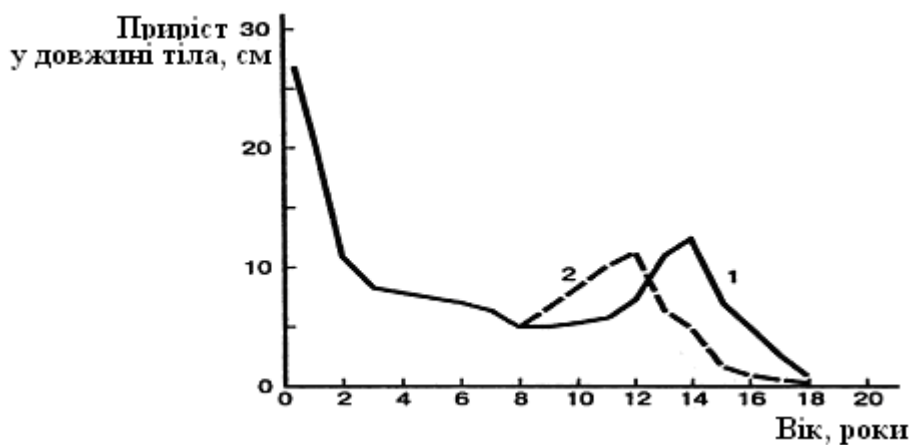


Рис. 1. Пубертатний скачок росту довжини тіла:
1 - у хлопців; 2 - у дівчат;

Така різниця у пропорціях свідчать про нерівномірність росту окремих частин тіла (рис. 2).

При роботі з дітьми та підлітками, а також при нормуванні для них розумових та фізичних навантажень поряд з результатами функціональної діагностики та вживанням функціональних проб необхідно враховувати показники фізичного розвитку під час різних стадій росту, тобто у різні вікові періоди.

Оцінка фізичного розвитку дітей допомагає оцінити витривалість, працездатність, фізичну силу і такі показники, як артеріальний тиск (АТ), частота пульсу до і після навантажень, що допомагає визначити адаптивність організму дитини до різних умов.

Основними методами дослідження фізичного розвитку є вивчення антропометричних показників організму дітей у різні вікові періоди, які передбачають вивчення **соматоскопічних** (зовнішній огляд) показників, **соматометричних** – це вивчення ряду параметрів тіла, маси, росту, довжини плечей, об'єму грудної клітини, живота (талії), стегна, гомілки та **фізіометричних** – функціональні можливості організму та динаміка тих чи інших функціональних процесів у ньому. **Соматоскопія** – виявляє особливості та ознаки фізичного розвитку обстежуваного: постави, кісткового скелету, мускулатури, жировідкладення, колір шкіряних покривів і слизової оболонки, форми грудної клітини, стегон, живота, ніг стопи, типу будови тіла.

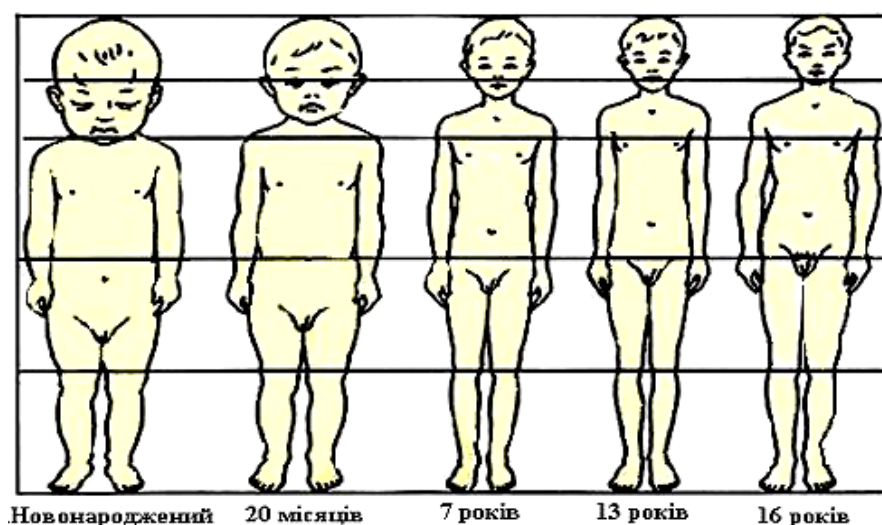


Рис. 2. Пропорції тіла дітей у різні вікові періоди

Особливості форми тіла визначається **конституцією**. Виділяють три типа конституції: нормостенічний, гіперстенічний та астеничний.

- у **нормостеніків** існують відповідні пропорції між довженими та широтними розмірами тіла (відносно пропорціональне тіло);
- у **гіперстеніків** пропорції порушені з боку збільшення широтних розмірів (відносно довгий тулуб та короткі ноги);
- у **астеників** пропорції порушені з боку збільшення довжини розмірів (довгі ноги та короткий тулуб).

Зовнішній огляд тіла необхідний для того, щоб виявити порушення постави.

Огляд проводять у трьох положеннях: спереду, збоку, ззаду:

- при огляді спереду звертають увагу на можливості асиметрії обличчя, шиї та форму грудної клітини, рук, ніг, положення тазу;
- огляд збоку дозволяє оглянути поставу в сагітальній площині (сплющена, округла, сутула, плоско- та округловвігнута спина тощо);
- при огляді ззаду виявляють можливі викривлення хребта у фронтальній площині (сколіоз).

Постава — це звична поза людини, що стоїть вільно. Нормальна постава характеризується помірно вираженими фізіологічними вигинами хребта та симетричним розташуванням усіх частин тіла. Голова рухається прямо, надпліччя приспущені та відведені назад, руки притискаються до прямого тулуба, ноги розігнуті у колінних і кульшових суглобах, стопи злегка розведені. Порушення постави виникають при слабкості м'язів у будь — якому віці (рис. 3).

Найчастіше розвивається сутулуватість. Круглу спину частіше називають юнацьким кіфозом.

Кругла та кругловвігнута спина сприяє зниженню функції дихання і кровообігу. Плоска спина знижує амортизаційну функцію хребта.

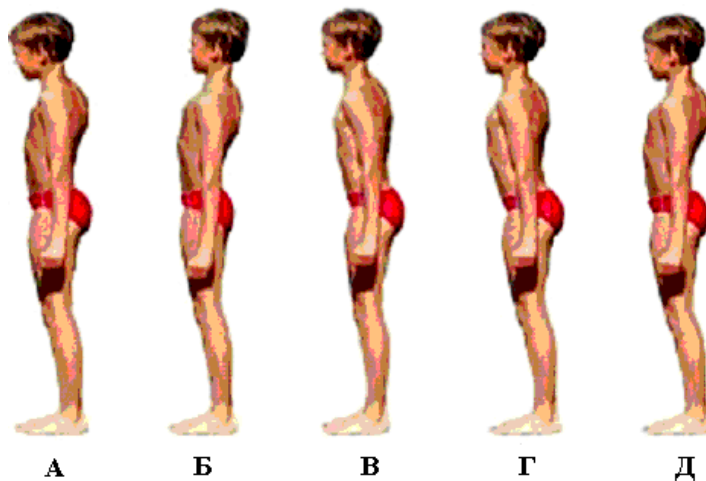


Рис. 3. Види постав: А - нормальна; Б - випрямлена; В - кифотична; Г - лордична; Д - сутулувата

Важливо своєчасно виявити наявність бічного викривлення хребта – сколіозу. При сколіозі будь-якого виду на випуклій стороні викривлений простір між тулубом та опущеними руками (трикутник) менш виражений (рис. 4). При першій ступені сколіозу вже можна виявити торсію хребців біля вертикальної осі в положенні нахилу тулуба до 90^0 .

Порушення форми грудної клітки: крилоподібні лопатки, асиметричне положення плечового поясу, живіт у нормі або втягнутий. Через це змінюється співвідношення трьох відділів хребта (шийного, грудного і поперекового) дитини під час росту. Поперековий відділ під час усього росту хребта збільшується швидше. Розміри грудного відділу відносно стабільні. Шийний же відділ відносно скорочується. Ці зміни особливо енергійно проходять до періоду статевого дозрівання.



Рис. 4. Порушення форми грудної клітки при різних видах сколіозу

Хрящі хребта з віком зменшуються на різних етапах розвитку дитини. На ці обставини повинні звертати увагу під час профілактики порушень постави у підлітковому віці.

Фізіологічні вигини хребта є його характерною особливістю і формуються після народження у процесі індивідуального розвитку дитини. Розрізняють шийний вигин, який видається вперед (лордоз) з максимумом випуклості в області п'ятого та шостого шийного хребців, грудний вигин, який на відміну від шийного видається назад (кіфоз) з максимумом випуклості; або внутрішньої ввігнутості, у 6-7-го грудних хребців; поперековий вигин, як і шийний, видається вперед з максимумом в області 4-го поперекового хребця, і останній це куприковий вигин (рис. 5). Зазначені вигини формуються у різні вікові періоди: починаючи з 3-ох місяців і до семи років вже є чітко позначені шийний і грудний вигини, які формуються в завершальній фазі. Остаточне становлення поперекового вигину завершується у період статевого дозрівання.

У період шкільного життя хребет дитини відрізняється значною гнучкістю та рухливістю, тому вигини хребта можуть змінюватись при різному положенні тіла. Вчителі повинні враховувати особливості розвитку хребта дітей при організації навчальної і трудової діяльності (порушення гігієнічних умов навчання і праці, нераціональне використання меблів, носіння шкільних сумок в одній руці тощо), а також побутові умови (робоче місце вдома, м'яке та нерівне ліжко) може призвести до порушення постави.



Рис. 5. Фізіологічні вигини хребта

Важливою умовою для попередження пошкодження постави є відносно вільна поза учня. До порушення постави можуть призвести перенесені хвороби, наприклад, рахіт.

Патологічні зміни вигинів хребта у дітей (лордоз, кіфоз, сколіоз) вимагають ортопедичної допомоги і такі діти повинні лікуватися у спеціальних лікувальних установах. Значними профілактичними факторами у боротьби з порушенням постави є проведення ранкової гімнастики, уроків фізичного виховання, фізкультурних хвилин, особливо у початкових класах, які спрямовані на зміцнення м'язів спини.

Для визначення форми ніг розрізняють: *Х-подібні ноги* - з'єднуються тільки коліна (за командою "струнко"); *О-подібні* - з'єднуються тільки п'яти, а коліна не сходяться, *прямі* – якщо змикаються стегна, гомілки і п'яти.

Розрізняють і форму стопи – нормальну, сплющену та плоску. При плоскостопості сплющене склепіння стопи. Діагностування плоскостопості здійснюють за допомогою методу плантографії (відбитку стопи), а потім оцінюють за індексом Чижика (рис. 6). Цього можна досягти цілою низкою вправ (приміром, ходіння босоніж, а також навшпиньки). Склепіння стопи закріплюється під час стрибків, бігу, занять спортивними іграми. Для лікування використовуються супінатори, ортопедичне взуття. Розвиток мускулатури оцінюють як добрий, середній та слабкий – за станом тонусу, сили та рельєфу м'язів.

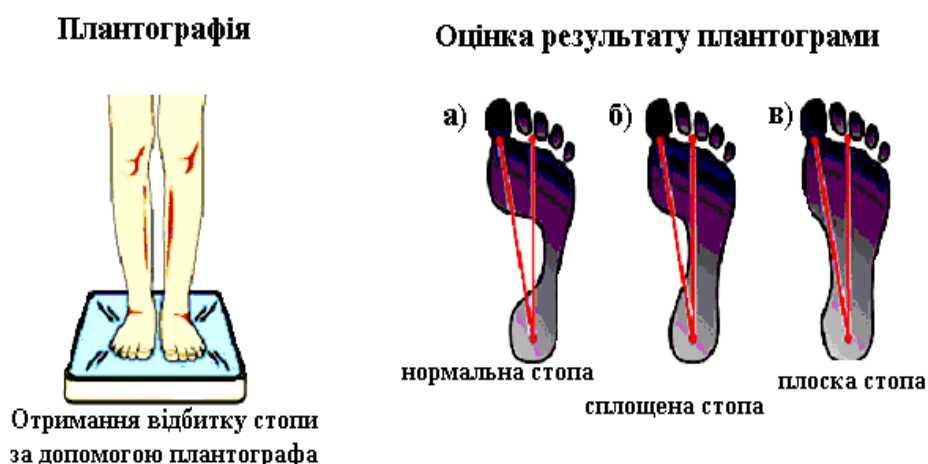


Рис. 6. Діагностування плоскостопості

Соматометрія – передбачає визначення росту, маси тіла, ширини плечей тощо. Зріст визначають за допомогою ростоміру. Зріст дитини до 2-х років визначають лежачи. Об'єм грудей визначають у 3-х станах: максимального вдиху, повного видиху, у стані спокою. Різниця між величинами вдиху та видиху – експірація грудної клітини. Об'єм живота вимірюють у положенні лежачи на боці. Також вимірюють окружності плеча, передпліччя, стегна, гомілки.

Для оцінки показників фізичного розвитку використовують нормативні таблиці та шкали, які ґрунтуються на сигмальних відхиленнях. Надають оцінку окремо кожному показнику фізичного розвитку за сигмальною шкалою, а також аналізують їх співвідношення на основі стандартних шкал лінійної регресії для виявлення дисгармонічних варіантів. Сигмальні шкали дозволяють оцінювати данні кожного вимірювання за 5-ти бальною шкалою, якщо: $< M - 1,33\sigma$ - низький рівень; $< M - 0,7\sigma$ - нижче середнього рівня; $M \pm 0,67\sigma$ - середній рівень; $> M + 0,67\sigma$ - вище середнього рівня; $> M + 1,33\sigma$ - високий рівень.

Стандарти (нормативи) фізичного розвитку – це результати антропометричних обстежень великих груп дітей даної місцевості не менше 100-150 чоловік на кожну вікову статеву групу. Через те, що фізичний розвиток населення змінюється в залежності від географічних, етнічних, кліматичних, соціальних, біогенних, екологічних та інших факторів, стандарти та нормативи розвитку вимагають регулярного (не рідше 1 раз на 5-10 років) оновлення. Стандарти фізичного розвитку завжди мають регіональний характер. Правильно дати оцінку тому чи іншому показнику можна тільки порівнянням чисельних значень і належної або середньої величини. Таку оцінку можливо зробити, коли використовуєш наступні методи: а) метод стандартів або середніх антропометричних даних; б) методом кореляції; в) методом індексів.

Метод стандартів або середніх антропометричних даних. Антропометричні стандарти це середні величини ознак фізичного розвитку, які отримують шляхом статистичної обробки ве-

ликої кількості вимірювань осіб однієї статі, віку, професії, що мешкають в одній місцевості. Стандарти містять загальні та групові середні величини, що характеризують середні значення ознак для всього обстежуваного колективу. Для оцінки фізичного розвитку використовують стандарти тієї групи, до якої належать обстежувані. При цьому до уваги беруть стандарти за ростовими групами, зважаючи на цілий ряд ознак – масу, окружність грудної клітини тощо.

Для оцінки фізичного розвитку необхідно визначити ступінь відхилення основних його ознак від середніх (стандартних) величин. Для цього необхідно:

1. Визначити вік обстежуваного (у роках).
2. Знайти різницю між індивідуальними величинами росту, ваги, окружності грудної клітини в паузі та їх середніми показниками для даної статево-вікової групи.
3. Знайти частку від поділу отриманої вище різниці на величину середнього квадратичного відхилення σ (сигма) кожного показника. Якщо частка складе до $\pm 0.67 \sigma$, то дана ознака фізичного розвитку вважається середньою (норма), якщо частка знаходиться в межах від $\pm 0.67\sigma$ до $\pm 2\sigma$, показник оцінюється вище за середній, якщо частка перевищує $\pm 2\sigma$, ознака оцінюється як висока або низька.

Наприклад, юнак, 18 років, має зріст 182 см., вагу 65 кг, окружність грудної клітини у стані спокою 84 см, ЖЄЛ 4600 мл, сила правої кисті 52 кг, то станова сила його 100 кг. Середні же величини та сигмальні даних ознак відповідно дорівнюють: 173,3 та 5,6 см, 66,03 та 7,32 кг, 89,5 та 4,46 см, 4522 та 660 мл, 48,01 та 5,97 кг, 112,8 та 19,3 кг. (див. додаток 2).

Частка від поділу різниці між ростом обстежуваного та середньоарифметичної його величиною на σ для росту складає: $182 - 173,3 / 5,6 = +1,56\sigma$ для маси, $(-0,14\sigma)$, для обхвату грудної клітини $(-1,2\sigma)$, для ЖЄЛ $(-0,02\sigma)$, для правої руки $(-0,67\sigma)$, для станової сили $(-0,66\sigma)$. Оскільки за норму прийнято вважати коливання показників в межах $\pm 0,67\sigma$, то ріст обстежуваного становить вище за середній показник, маса тіла – середній, окруж-

ність грудної клітини - нижча за середню, ЖЕЛ – середня, сила правої кисті – середня, станова сила – середня.

4. Після оцінки окремих показників необхідно зробити загальну оцінку фізичного розвитку. Оцінку довжини тіла дають окремо. Загальна оцінка фізичного розвитку визначається за більшістю ознак, які мають однакову оцінку.

При оцінюванні фізичного розвитку велике значення мають **фізіометричні ознаки**, які передбачають вивчення функціональних систем організму, вимірювання життєвої ємності легень, силу м'язів кисті, силу м'язів спини за допомогою відповідних динамометрів ручного та станового, стан серцево-судинної системи тощо.

У таких випадках, коли маса тіла і ріст обстежуваного є високим, а функціональні ознаки низькими або нижчі за середні, до загальної оцінки фізичного розвитку необхідно додати слова "дисгармонійно".

У дібраному прикладі загальна оцінка фізичного розвитку зазначеного індивіду наступна: фізичний розвиток – середній, дисгармонійний при високому рості.

Останнім часом для кожного регіону земної кулі періодично складається свої оцінні таблиці антропометричних показників в літературі та останні роки використовуються центильні таблиці або шкали, що дозволяють виділити серед обстежуваних дітей і підлітків, що мають середній темп розвитку (25-75 центілей), вище або нижче цих темпів (менше за 25 або більше за 75 центілей). Уперше такі таблиці розроблені в 1993 році І.В. Поповою у спів авторстві. Таблиці мають 6 колонок , у яких міститься значення ознаки у 3, 10, 25, 75,90 та 97 % дітей даної статевовіковій групі.

Простір між цифрами (його називають "коридором" або "областю") передбачає той діапазон або різноманітність ознак, яка притаманна в певному % (3,7,15 або %) дітей групи за допомогою центильних шкал як і шкал регресії, що також визначають гармонійність розвитку дітей і соматотипи.

Метод індексів. Для об'єктивної оцінки фізичного розвит-

ку дітей використовують співвідношення окремих антропометричних показників – індексів, який дає змогу одержати орієнтовну оцінку антропометричних даних. Недостатня достовірність оцінки за індексами пов'язана з тим, що вони не враховують вік, професію тощо.

Ваго-ростовий показник (індекс Кетле, $\text{г/см} = P/L$) визначає кількість грамів ваги на сантиметр росту. Для цього необхідно масу тіла в грамах розділити на зріст в сантиметрах. У чоловіків на кожен сантиметр зросту припадає 350-400 грамів ваги, у жінок – 325-375 грамів. Якщо індекс обстежуваного більше або менше цих показників, можна говорити про надлишки маси або навпаки.

Росто-ваговий показник (в кг) дорівнює довжині в см, мінус 100. Цей найбільш простий і загальновідомий показник, який застосовується для оцінки фізичного розвитку дорослих, юнаків низького росту (155-164 см) при рості 165-174 см необхідно відраховувати не 100, а 105 одиниць, при рості 175 – 185 см віднімається 110 одиниць.

Життєвий індекс визначають поділом життєвої ємності легень (в мл) на масу тіла (у кілограмах), тобто визначають який об'єм легенів припадає на кілограм ваги тіла. Для чоловіків цей середній показник становить 60-65 мл/кг, для жінок – 55-60 мл/кг. Дані про функцію зовнішнього дихання більш об'єктивно отримують за допомогою індивідуальної ЖЄЛ та порівняння її з належною життєвою ємністю (нЖЄЛ), яку визначають за формулами: нЖЄЛ **чол.** = $(27,63 - 0,112 * V) * P$,

нЖЄЛ **жін.** = $(21,78 - 0,101 * V) * P$, де: V – вік (у роках), P – зріст (у см), нЖЄЛ – належна життєва ємність легенів (у літрах).

У здорових людей співвідношення ЖЄЛ и НЖЄЛ не менш 90%, а у хворих менше 90%, у спортсменів – більше 100%.

Індекс пропорційності розвитку грудної клітки (індекс Ерісмана, $\text{см} = Q-L/2$): окружність грудної клітки в паузі (см) мінус 0,5 росту (см). Норма + 5,8 см для юнаків і 3,3 см для дівчат. Якщо різниця дорівнює або перевищує названі цифри, то це

свідчить про добрий розвиток грудної клітки; якщо нижче вказаних величин або має від'ємне значення то це свідчить про вузьку грудну клітку.

Індекс пропорційності будови тіла (індекс Піньє, $од = L - (P + Q)$) виражає різницю між ростом тіла стоячи і сумою маси і окружності грудної клітки на видиху, де L – ріст (в см), P – маса тіла (в кг), Q – окружність грудної клітки на видиху (в см). Різниця менше 10 оцінюється як міцна будова тіла, 10-20 – добра, від 21-25 - середня, від 26-35 – слабка, більше 36 – дуже слабка.

Силові індекси визначають розвиток сили окремих груп м'язів відносно ваги тіла. Їх значення одержують шляхом поділу сили на вагу і виражають в %. Середні величини станової сили і кистьової сили правої руки наведено у таблицях 4 і 5.

У віковій фізіології широко використовують фізіологічні та біохімічні методи дослідження для оцінки фізичного розвитку організму, а також низки інших методів: функціональні проби, природний експеримент, моделювання тощо. Сучасна фізіологія використовує широкий арсенал біофізичних приладів, які дозволяють вивчати в організмі процеси, що неможливо вивчити методом спостереження. Роботу серця вивчають за допомогою електрокардіографії, ехокардіографії. Для вимірювання кров'яного тиску використовують спеціальні манометри, а швидкість вимірювання току крові – за допомогою плетизмографів.

Сучасна фізіологія використовує широкий арсенал біофізичних приладів, які дозволяють вивчати в організмі процеси, що неможливо вивчити методом спостереження.

Таблиця 4

Вікові зміни сили м'язів спини [В.А. Романенко, 2005]

Вік, роки	Станова сила, кг	
	Хлопчики	Дівчатка
7-9	34,1	31,0
10-12	37,9	42,1
13-15	54,0	53,0

Таблиця 5**Вікові зміни сили м'язів кисті [В.А. Романенко, 2005]**

Вік, роки	Сила м'язів кисті правої руки, кг	
	Хлопчики	Дівчатка
3	4	3,8
4	5,1	4,6
5	6,8	6,1
6	7,7	6,9
7	9,3	8,6
8	11,1	9,5
19	14,7	11,8
12	18,4	15,7
14	26,5	23,5
17	40,3	27,3

Роботу серця вивчають за допомогою електрокардіографії, ехокардіографії. Для вимірювання кров'яного тиску використовують спеціальні манометри, а швидкість вимірювання току крові – за допомогою плетизмографів.

Значний прогрес в дослідженнях функції мозку досягнуто завдяки вивчення електроенцефалограми – електричних потенціалів, які виробляються клітинами мозку під час їхньої роботи. Сучасні фізіологічні прилади обладнані спеціалізованими комп'ютерами та програмним забезпеченням, якими значно підвищують точність та достовірність отриманих результатів.

3.2. Поняття вікової норми

Реальний рівень розвитку людини не завжди відповідає його хронологічному або паспортному віку. Індивідуальні відмінності в процесі росту і розвитку можуть змінюватись у широкому діапазоні. Фактори, які впливають на індивідуальний розвиток поділяються на спадкові й довкільні (вплив зовнішнього середовища). Ступінь спадкового (генетичного) впливу неоднакова на різних етапах росту і розвитку. Вплив спадкових факторів на тотальні розміри тіла посилюються від періоду до періоду з на-

ступним послабленням до 12-15 років. Тотальні розміри тіла – основні показники розвитку людини. До них відносяться довжина і маса тіла, а також окружність грудної клітки. Згідно даних росту і розвитку підлітків у різних країнах Європи і Азії виділено 4 типи приросту: рівномірний, зростаючий, зменшуючий, нерівномірний, тобто приріст у різні вікові періоди неоднаковий, що зумовлено спадковими факторами.

Хронологічний вік – це період (у роках, місяцях, днях), прожитий від дня народження до певного відлічуваного моменту. **Біологічний вік** визначається сукупністю анатомічних і фізіологічних особливостей організму, що відповідають віковим нормам для даної популяції. Не завжди біологічний вік збігається з хронологічним. Люди, що ведуть здоровий спосіб життя, мають оптимістичні погляди на життя, біологічний “годинник” відстає від хронологічного: вони виглядають молодше, ніж їхні однолітки, мають більшу м’язову силу, активнішу психічну діяльність.

Біологічний вік – відбиває реальний стан розвитку органів і систем організму в онтогенезі. Біологічний вік визначають за загальними розмірами тіла, темпам прорізання зубів (зубний вік), ступенем зрілості кісткової системи (кістковий вік) та за показниками розвитку вторинних статевих ознак, які визначаються певними балами. При визначенні **балів статевого розвитку (БСР)** для хлопчиків визначають ступінь овоłosіння лобка, овоłosіння підпахових впадин, овоłosіння обличчя, збільшення щитоподібного хряща гортані – кадика та зміна тембру голосу.

Для дівчаток відзначається ступінь овоłosіння лобка, розвиток волосся у підпаховій западині, розвиток молочних залоз і становлення менструальної функції.

За ступенем співвідношення біологічного та хронологічного віку розрізняють **акселерантів** (або акселератів) – дітей і підлітків із прискореним розвитком, коли біологічний вік випереджає хронологічний вік (паспортний), **медіантів** (розвиток відповідають паспортному віку) та **ретардантів** – затримка розви-

тку порівняно з паспортним віком. У середньому біля 13-20% від загальної кількості дітей є акселератами. Стільки ж дітей і ретардантів. Основну частину складають медіанти.

Для акселератів основними ознаками є високий зріст, велика м'язова сила й об'єм серця, високі показники життєвої ємності легенів, значна затримка дихання, раннє статеве дозрівання та прискорений психічний розвиток. У дітей і підлітків, що випереджають за ростом та розвитком своїх одноліток відзначається прискорений темп формування фізичних якостей. Різниця біологічного та хронологічного віку у акселератів можуть сягати 3-5 років. Надзвичайно прискорений темп дозрівання не завжди сприятливо впливає на стан функцій організму. В акселерованих дітей ріст і розвиток серця значно затримується порівняно з ростом тіла, що впливає на можливе виникнення серцево-судинних захворювань тощо. Це явище було названо **епохальним маршем XX сторіччя** (секулярним трендом) і така тенденція спостерігалася протягом 100 років. У XX сторіччі прискорений ріст і розвиток дітей відзначався на всій земній кулі. Оскільки термін “розвиток” – поняття дуже узагальнене, є всі підстави говорити про біологічну і соціальну акселерацію. Під біологічною акселерацією необхідно розуміти ті зміни, що стосуються біології розвитку людини і в значній мірі обумовлені соціально детермінованими причинами. Під **соціальною акселерацією** необхідно розуміти збільшення обсягу знань дітей у порівнянні з їх однолітками 40-50 років тому. **Біологічна акселерація** стосується показників, які характеризують морфологічний і функціональний розвиток людини. У 60-тих роках XX сторіччя відзначалась значна акселерація в антропометричних показниках дітей (зріст, вага тощо). Учені намагалися пояснити це явище акселерації, висунули цілий ряд теорій:

1. Теорія урбанізації. Друга половина XIX - XX сторіччя характеризуються різким розвитком міст і переміщенням туди сільського населення, тобто урбанізацією населення. Темп міського життя призводить до раннього інтелектуального та сексуального розвитку, що в свою чергу призводить до раннього ста-

тевого дозрівання, прискоренню росту тощо.

2. Нутрієнтна теорія. Суть цієї теорії полягає в тому, що її автори намагаються пояснити акселерацію розвитку рівнем харчування, а саме вітамінізацією їжі. Особливе значення надається споживанню вітамінів В₆, В₁₂, фолієвої кислоти.

3. Теорія опромінювання. Суть цієї теорії полягає в підвищенні рівня радіоактивного випромінювання на планеті, яке значно підвищилось із розширенням використання рентгенівського випромінювання, вибухів атомних і водневих бомб. Вважається, що підвищення проникаючого випромінювання стимулює розвиток.

4. Геліогенна теорія. Згідно цієї теорії, яка висунута 1936 році, акселерація зумовлена впливом сонячного випромінювання. Автори вважають, що діти більше бувають на сонці, чим і стимулюється їх розвиток. Але справа у тому, що акселерація охоплює дітей як північних, так і південних країн; міські діти розвиваються швидше ніж сільські, хоча останні більше піддаються сонячному опроміненню.

5. Теорія гетерозису. Завдяки тому, що стало можливими соціальні шлюби людей різних національностей, тобто розширились географічні кордони шлюбів, що привело до різких змін спадковості (гетерозис). Як наслідок цього – акселерація розвитку.

Покращення соціально-побутових умов, харчування та інше сприяло тому, спадкові якості отримали можливість повної реалізації. Зазначені теорії мають певний науковий інтерес, але жодна з них не може пояснити акселерацію.

За останнє десятиріччя (з 80-х років) явище епохальної акселерації не зафіксовано. Має місце тільки явище індивідуальної акселерації або внутрішньо групової, тобто явище прискореного розвитку окремих дітей і підлітків у певних вікових групах.

Для ретардантів притаманна затримка статевого дозрівання та зменшення жирового компоненту тіла. Затримка росту та маси тіла у дітей ретардантів надає їм перевагу в розвитку віднос-

ної сили та спритності. Завдяки зменшенню ваги та більшій гнучкості дівчата-ретарданти можуть досягати певних успіхів у спортивній гімнастиці, акробатиці, фігурному катанні.

Вважають, що ріст і розвиток у акселератів закінчується раніше, а в ретардantів проходить значно довше. Тому остаточно довжина тіла у дорослому стані ретардantів може бути більша, ніж у акселератів. Більш повільне дозрівання ЦНС призводить до кращого його розвитку і більш високим розумовим здібностям. Доведено, що у спортсменів серце росте повільніше і досягає більшого об'єму і більшої потужності серцевий м'яз, ніж у нетренованих ровесників.

3.3. Сенситивні та критичні періоди розвитку

Адаптивний характер розвитку організму визначає необхідність врахування у віковій періодизації не тільки особливості морфо-функціонального розвитку фізіологічних систем організму, але і їх специфічної чутливості до різних зовнішніх впливів. Фізіологічними та психологічними дослідженнями показано, що чутливість до зовнішніх впливів носить вибірковий характер на різних етапах онтогенезу. Це стало основою уявлення про *сенситивні періоди* як періоди найбільшої чутливості до впливу факторів зовнішнього середовища, навчальних і фізичних навантажень. Такими найбільш *небезпечними періодами є* :

- 1) *час розвитку статевих клітин – овогенез і сперматогенез*;
- 2) *момент злиття статевих клітин – запліднення*;
- 3) *імплантація зародка* (4-8-й тиждень ембріогенезу);
- 4) *формування зачатків осьових органів* (головного і спинного мозку, хребетного стовпа, первинної кишки) і формування плаценти (3-8-й тиждень розвитку);
- 5) *стадія посиленого росту головного мозку* (15-20-й тиждень);
- 6) *формування функціональних систем організму і диференціювання сечостатевого апарату* (20-24-й тиждень пренатального періоду);

7) **момент народження дитини**, коли змінюються метаболічна і функціональна адаптації;

8) **період раннього і першого дитинства** (від 2-7 років), коли закінчується формування взаємозв'язку між органами і системами;

9) **підлітковий вік** (період статевого дозрівання).

Перехід від одного періоду до другого є переломним моментом, коли організм переходить від одного якісного стану в другий. Стрибкоподібні моменти розвитку цілого організму, окремих органів і тканин називаються **критичними**. Вважають що різні гени починають функціонувати на різних стадіях онтогенезу, які збігаються з критичними періодами зачаття.

Критичні періоди переключають організм на новий рівень онтогенезу, створюють морфофункціональну основу існування організму в нових умовах життєдіяльності, а сенситивні періоди пристосовують функціонування організму до цих умов (оптимізуються процеси перебудови у різних органах і системах організму, узгоджується їх діяльність, забезпечується адаптація до фізичних і розумових навантажень тощо)

Сприятливі впливи на організм в сенситивні періоди оптимальним чином сприяють розгортанню його спадкових можливостей, перетворенню вроджених задатків у певні здібності, а несприятливі затримують їх розвиток, викликають перенапруження функціональних систем, в першу чергу, нервової системи, порушення фізичного і психічного розвитку. Визначення та розуміння сенситивних періодів розвитку функцій організму є неодмінною умовою створення сприятливих адекватних умов ефективного навчання і збереження здоров'я дитини. Висока схильність певних функцій впливу факторів середовища повинна бути, з одного боку, використана для ефективної цілеспрямованої дії на ці функції, що сприяє їх прогресивному розвитку, а з іншого боку, вплив негативних факторів зовнішнього середовища повинен контролюватися, адже може призвести до порушення розвитку організму. Будь-які несприятливі фактори, які діють на жіночий організм, можуть порушити нормальну

будову та розвиток статевих клітин і стати причиною мутації або аномального розвитку у різні періоди ембріон виявляється чутливим до них чи інших фізичних факторів і хімічних речовин, які потрапляють в організм матері, на підставі клінічних спостережень виявлено, що порушення у вагітних жінок, нестача або надлишок деяких вітамінів, ендокринні й інфекційні хвороби здатні викликати тяжкі порушення ембріонального розвитку.

Таким чином, на формування плоду впливають: гормон щитоподібної залози – тироксин - сприяє процесу росту і диференціації тканин плоду, нестача його під час вагітності призводить до різкого порушення психічного розвитку дитини, виличкова залоза (тимус) –передбачає утворення лейкоцитів, інсулярний апарат підшлункової залози –допомагає вуглеводному обміну, прищитовидні залози викликають порушення обміну кальцію.

Шумовий стрес може призвести до порушення формування скелету і ряду дефектів плоду.

Вживання вагітними жінками алкоголю, отруєння токсичними речовинами, нестача кисню можуть порушувати розвиток органів, і, насамперед, нервові системи плоду, її морфологічних аномалій і функціональних розладів. Причиною ряду каліцтв плоду можуть бути токсини паразитів вагітної жінки.

Інфекційні хвороби є серйозною небезпекою для розвитку плоду. Шкідлива дія на плід таких вірусних захворювань як кір, віспа, краснуха, грип, поліомієліт, паротит, виявляється переважно в перші місяці вагітності.

Інша група захворювань, наприклад, дизентерія, холера, сибірська язва, туберкульоз, сифіліс, малярія впливає на плід у другу і останню третину вагітності.

Неповноцінне харчування, інфекційні хвороби у чоловіків (особливо сифіліс, туберкульоз, бруцельоз тощо) можуть знизити життєдіяльність сперматозоїдів. Затримки розвитку зародку, порушення розвитку його нервової системи має місце при алкоголізмі батьків.

Тренувальні вправи, в сенситивні періоди найбільш ефектив-

ні, це сприяє розвитку фізичних якостей (сила, швидкість, витривалість), ефективнішою стає адаптація до фізичних навантажень, краще розвиваються функціональні резерви організму.

Слід наголосити, що сенситивні періоди для розвитку фізичних якостей, проявляються гетерохронно. Так період розвитку абсолютно м'язової сили спостерігається в 14-15 років, (максимальне значення сили 18-20 років), швидкості - 11-14 років (максимальний рівень досягають до 15 річного віку). Загальна витривалість у сенситивні періоди виявляється значно пізніше - з 15-20 років (максимальна у 20-28 років), найважливішим для людини є сенситивний період розвитку мови до 2-3 років.

Отже, *онтогенетичний розвиток* поєднує періоди еволюційного (поступового) морфо-функціонального дозрівання і періоди революційних, переломних стрибків розвитку, які можуть бути пов'язані як з внутрішніми (біологічними), так і зовнішніми (соціальними) факторами розвитку. Важливими і такими, що вимагають спеціальної уваги є питання про критичні періоди розвитку. В еволюційній біології загально-прийнято вважати критичним періодом - етап раннього постнатального розвитку, що характеризується інтенсивністю морфо-функціонального дозрівання, коли через відсутність довкільних впливів функція може не сформуватися. Наприклад, за відсутності певних зорових стимулів у ранньому онтогенезі їх сприйняття в подальшому не формується, це характерно і для мовної функції. У процесі подальшого розвитку критичні періоди можуть виникати як результат різкої зміни соціально-довкільних факторів та їх взаємодії з процесом внутрішнього морфо-функціонального розвитку. Таким періодом є вік початку навчання, коли якісні перебудови морфо-функціонального дозрівання базових мозкових процесів припадають на період різкої зміни соціальних умов.

Пубертатний період — початок статевого дозрівання, характеризується різким підвищенням активності центральної ланки ендокринної системи (гіпоталамуса), що призводить до різкої зміни взаємодії підкіркових структур і кори великих півкуль, результатом чого є значне зниження ефективності центральних

регуляторних механізмів, зокрема, що визначають довільну регуляцію та саморегуляцію. Крім того, підвищуються соціальні вимоги до підлітків, зростає їх самооцінка. Це призводить до невідповідності соціально-психологічних і функціональних можливостей організму, наслідком чого можуть бути відхилення у здоров'ї та поведінкова дезадаптація.

Таким чином, можна вважати, що критичні періоди розвитку обумовлені як інтенсивним морфо-функціональним перетворенням основних фізіологічних систем та цілісного організму, перетворенням основних фізіологічних систем і цілісного організму, так і специфікою взаємодії внутрішніх (біологічних) і соціально-психологічних факторів розвитку, що ускладнюється.

При розгляді питань вікової періодизації необхідно мати на увазі, що межі етапів розвитку вельми умовні. Вони залежать від конкретних етнічних, кліматичних, соціальних та інших чинників. Крім того, «актуальний» фізіологічний вік часто не співпадає з календарним (паспортним) у зв'язку з відмінностями темпів дозрівання і умов розвитку організмів різних людей. Звідси витікає, що під час вивчення функціональних і адаптивних можливостей дітей різного віку необхідно звертати увагу на оцінку індивідуальних показників зрілості.

Тільки при поєднанні вікового й індивідуального підходу до вивчення особливостей функціонування дитини можна розробити адекватні гігієнічні та педагогічні заходи, що забезпечують збереження та прогресивний розвиток організму й особистості дитини.

РОЗДІЛ 4. Фізіологія нервової системи дітей, її дозрівання в онтогенезі

4.1. Нервова система, її біологічне значення

Нервова система регулює, координує, погоджує діяльність усіх органів і систем організму, забезпечує функціонування організму як єдиного цілого. Нервова система забезпечує оптимальне пристосування організму до змін навколишнього середовища, підтримує гомеостаз, а також складає матеріальну основу психічної діяльності: мислення, пам'яті, емоцій, мовлення та складних форм соціальної поведінки. Ні один процес в організмі людини не відбувається без участі нервової системи, будь то рухи тіла, зорові чи слухові відчуття, спілкування або мислення, сон, дихання та інші процеси.

В онтогенезі нервова система розвивається з ектодермального зародкового листка і вже стають помітними майбутні частини головного мозку – три міхури. Спочатку утворюється нервова пластинка, яка перетворюється на жолобок із піднятими краями. Краї жолобка потім утворюють замкнену нервову трубку, з нижнього відділу утворюється спинний мозок. На третьому тижні внутрішньоутробного періоду з верхнього відділу її утворюються три первинні мозкові міхури: передній, середній і задній (ромбоподібний).

На 5-му тижні відбувається ділення поперечною борозною переднього і заднього міхурів ще на дві частини, завдяки чому утворюється 5 мозкових міхурів, з яких формуються п'ять відділів головного мозку: з п'ятого мозкового міхура утворюється довгастих мозок, із четвертого – задній мозок, до якого належать вароліїв міст і мозочок, з третього - середній мозок, із другого - очні міхури і проміжний мозок, із першого – великі півкулі головного мозку (кінцевий мозок – кора півкуль і підкіркові ядра).

Загальний план будови нервової системи. За топографічним принципом у нервовій системі людини розрізняють центральну нервову систему і периферичну.

Центральна нервова система складається з головного і спинного мозку. Головний мозок міститься всередині черепа, а спинний мозок - у хребетному каналі. Головний і спинний мозок складається з сірої і білої речовини. Сіра речовина утворена тілами і дендритами нейронів, біла речовина утворена аксонами нейронів.

До **периферичної нервової системи** належать 12 пар черепно-мозкових нервів і 31 пара спинномозкових нервів, їх сплетіння, корінці, нервові вузли, або ганглії, які лежать у всіх відділах тіла людини.

Згідно анатомо-функціональної класифікації, єдину нервову систему умовно розділяють на соматичну й автономну (вегетативну).

Соматична нервова система (від грец. *soma* - тіло) складається з чутливих, рухових і змішаних нервів. Вона іннервує шкіру, опорно-руховий апарат.

До **автономної (вегетативної) нервової системи** (від грец. *autos* - сам) відносяться симпатичні та парасимпатичні нерви, які іннервують всі внутрішні органи, залози внутрішньої і зовнішньої секреції, серце і судини, тобто органи, що здійснюють вегетативні функції в організмі (травлення, дихання, виділення, кровообіг тощо). Вегетативні волокна підходять і до скелетних м'язів, але вони не викликають у них скорочення, а активізують у них обмін речовин, виконуючи трофічну функцію. Автономна нервова система забезпечує трофіку центральній нервовій системі. Центри автономної нервової системи розташовані в стовбурі головного і спинного мозку, а периферична частина складається з нервових вузлів і волокон (рис. 7).

Тіла центральних парасимпатичних нейронів містяться в довгастому і середньому відділах головного мозку і спинному мозку. Після виходу з мозку відросток закінчується в нервовому вузлі. Відростки клітин, що знаходяться в периферичних нервових вузлах, ідуть у внутрішні органи. Шлях від нервового центру до органу, іннервація якого здійснюється автономною нервовою системою, складається з двох нейронів.

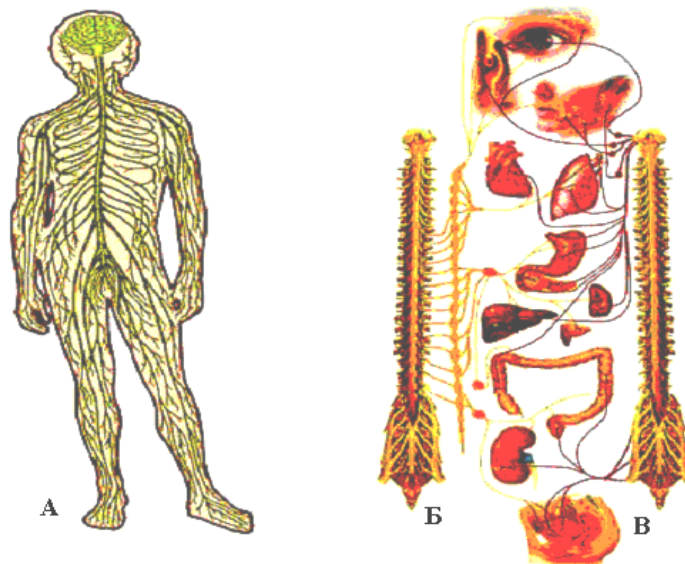


Рис. 7. Схема вегетативної нервової системи: *А* – схема периферичної нервової системи; *Б* – іннервація внутрішніх органів симпатичною нервовою системою; *В* – іннервація внутрішніх органів парасимпатичною нервовою системою

Волокна ж соматичної нервової системи від центральної нервової системи доходять не перериваючись до органу, який вони іннервують. Волокна автономної (вегетативної) нервової системи мають низьку збудливість і невелику швидкість розповсюдження нервових імпульсів, яка дорівнює 1-30 м/с.

Автономна (вегетативна) нервова система розділяється на **симпатичну** (від лат. *sympathes* - співчутливий, дружній) і **парасимпатичну** (від лат. префікса *para* - суміжність, *sympathes* - співчуваючий, дружній).

Центри симпатичної частини автономної нервової системи розташовані в грудних і поперекових сегментах спинного мозку (від грудного до I-IV поперекового). У бічних рогах сірої речовини спинного мозку лежать тіла нейронів, аксони яких виходять із спинного мозку у складі передніх корінців та у вигляді окремої гілки прямують до симпатичного стовбура. Кожен симпатичний стовбур складає ланцюг нервових вузлів, сполучених один з одним. Симпатичні нерви іннервують усі органи і тканини організму (прискорюють і підсилюють скорочення серця, розширюють зіниці, підвищують кров'яний тиск, підсилюють обмін речовин тощо). З довгастого мозку виходять парасимпатичні волокна 7-9, 10, 12 черепних нервів. Головна маса парасимпати-

чних волокон, які йдуть із довгастого мозку, покидають його у складі блукаючого нерва. Його волокна іннервують органи шії, грудей, живота. У спинному мозку парасимпатичні нервові центри розташовані від 2 до 4 крижових сегментів. Ганглії парасимпатичної частини автономної нервової системи розміщені в стінках внутрішніх органів. Внутріоргани ганглії блукаючого нерву розташовані в м'язових стінках серця, бронхів, стравоходу, шлунку, кишок, жовчного міхура, сечового міхура, а також в залозах зовнішньої і внутрішньої секреції.

Більшість внутрішніх органів мають подвійну іннервацію симпатичної і парасимпатичної нервових систем. Симпатична частина автономної нервової системи сприяє інтенсивній діяльності організму, особливо в екстремальних умовах, коли потрібна напруга сил. Парасимпатична частина автономної нервової системи сприяє відновленню втрачених організмом ресурсів, забезпечує нормальну життєдіяльність людського організму в стані спокою і під час сну (уповільнює скорочення серця і зменшує їх силу, звужує зіниці, знижує кров'яний тиск).

Рефлекторні реакції підтримки артеріального тиску на відносно постійному рівні, терморегуляція, прискорення і посилення серцевих скорочень у процесі м'язової роботи пов'язані з діяльністю автономної нервової системи.

Усі відділи автономної нервової системи регулюються висшим вегетативним центром, розташованим у проміжному мозку. До центрів автономної нервової системи поступають імпульси від ретикулярної формації стовбура мозку, мозочка, підгір'я, підкіркових ядер і кори великих півкуль.

Вегетативна нервова система є функціонально сформованою вже на першому році життя дитини. Проте розвиток її і удосконалення продовжується довгий час і відбувається одночасно з розвитком центральної нервової системи.

У новонароджених симпатичний і парасимпатичний відділи вегетативної нервової системи сформовані повністю. Однак переважає вплив симпатичного відділу, який зберігається впродовж 6-7 років після народження. У процесі дозрівання струк-

тур мозку, посилюється вплив вегетативної нервової системи на діяльність внутрішніх органів. Для дітей дошкільного і молодшого шкільного віку характерна неповна врівноваженість симпатичного і парасимпатичного відділів, щодо впливу їх на органи, які вони іннервують. До 7 років у дітей переважає вплив симпатичної нервової системи, тому часто може спостерігатися порушення ритму дихання і серцевої діяльності, звуження зіниці, підвищена пітливість, особливо у фізично ослаблених і хворих дітей. Проте є діти, у яких переважає вплив парасимпатичної нервової системи, тому спостерігається підвищена збудливість нервів, які регулюють діяльність серця і кровоносних судин. У таких дітей спостерігається блідість і сухість шкіри та слизових оболонок, мерзлякуватість тощо.

4.2. Структурно-функціональна організація нервової системи

Основною структурною і функціональною одиницею нервової системи, яка сприймає, переробляє і передає інформацію у вигляді нервового збудження є нервова клітина або **нейрон** (від грецьк. *neuron* - нерв). За допомогою нейронів нервова система здійснює взаємозв'язок органів і систем між собою, організму з навколишнім середовищем.

Нейрон має тіло (сому) і відростки: аксон, який проводить збудження від соми і дендрити, які проводять збудження до соми (рис. 8). Тіло нейрона, або сома, має мембрану, ядро з одним або декількома ядерцями, де знаходиться генетичний матеріал (молекули ДНК і РНК), цитоплазму з органоїдам: рибосомами, апаратом Гольджі, ендоплазматичною сіткою, нейрофібрилами. Нейрофібрили розміщуються густою сіткою в тілі нейрона і паралельно у відростках для транспорту речовин нервовими клітинами.

Дендрити – багаточисленні відгалужені відростки довжиною до 0,5 мм, гілочки яких покриті мікроскопічними виростами – шипиками. Шипики збільшують поверхню контактування з іншими нейронами, їх число збільшується у процесі навчання.

Аксон (нейрит) – відросток довжиною від 1 мм до 1 м, закінчення якого розгалужується на багаточисленні гілочки, що утворюють до 100 тисяч контактів – синапсів із тисячами нервових клітин.

На ранніх стадіях ембріонального розвитку для нервової клітини характерна наявність великого ядра, оточеного незначною кількістю цитоплазми. На 3-му місяці внутрішньоутробного розвитку починає рости аксон, пізніше зростають дендрити нейронів.

За функцією нейрони поділяють на аферентні, еферентні та вставні. **Аферентні (чутливі, рецепторні, або доцентрові)** – нерви, які від рецепторів сприймають збудження і передають у ЦНС. **Еферентні (рухові, ефекторні, або відцентрові)** – нерви, які посилають нервові імпульси до виконавчих органів. **Вставні (проміжні, асоціативні, або інтернейрони)** – нейрони, які розташовані між аферентними й еферентними і пов'язують їх між собою.

За будовою нейрони бувають: **уніполярними** (однополюсними), які мають один відросток; **біполярними** (двополюсними), які мають два відростки; **мультіполярними** (багатополюсними), які мають багато відростків і **псевдоуніполярними**. Останні складають основну масу нервової системи.

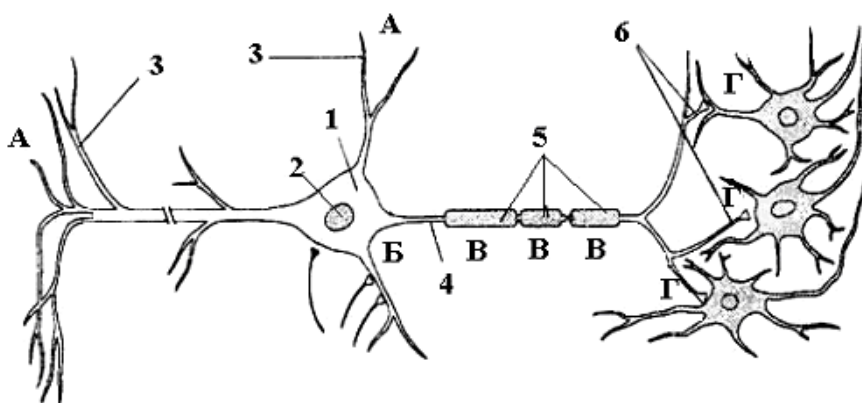


Рис. 8. Схема будови нейрону та утворення контактів між ними: 1 – тіло нейрона (сома); 2 – ядро; 3 – дендрит; 4 – аксон; 5 – мієлінова оболонка; 6 – синаптичне закінчення аксона; А – зона сприйняття та інтеграції інформації; Б – зона генерації нервового імпульсу; В – зона проведення нервового імпульсу; Г – зона передачі нервового імпульсу

За функціональним призначенням **нервові закінчення** дендритів та аксонів поділяються на чутливі – рецептори, рухові – ефектори і синаптичні закінчення. **Рецептори** (від лат. *receptor* - той, що сприймає) – це чутливі нервові закінчення, які сприймають різного роду подразнення. **Екстерорецептори** (від лат. *exter* - зовнішній, *receptor* - той, що сприймає) – рецептори, які сприймають подразнення із зовнішнього середовища (рецептори шкіри, сенсорних систем). **Інтерорецептори** (від лат. *interior* - внутрішній, *receptor* - той, що сприймає) – рецептори, які сприймають подразнення із внутрішнього середовища (рецептори внутрішніх органів, кровоносних судин). **Пропріорецептори** (від лат. *proprius* - власний, особливий, *receptor* - той, що сприймає) – інтерорецептори, які сприймають збудження від м'язів і суглобів та сигналізують про положення і рух тіла. **Вісцерорецептори** - інтерорецептори, які сприймають збудження від внутрішніх органів і кровоносних судин. **Нейроглія** утворена гліальними клітинами, які розташовані між нейронами, що виконують для них покривну, захисну й опорну функції і в сукупності з якими складають нервову тканину мозку. **Ефектори** – моторні закінчення аксону рухових клітин соматичної і вегетативної нервової систем, які передають нервовий імпульс до працюючих органів – поперечносмугастих і гладких м'язів.

Відросток нейрона, покритий оболонками, називають **нервовим волокном**. Скупчення відростків нервових клітин – нервових волокон, вкритих сполучнотканинною оболонкою, називається **нервом**. Із великої кількості нервових волокон утворюються нерви і провідні шляхи ЦНС.

Нерви, якими збудження спрямовується до ЦНС, називаються доцентровими, або **аферентними**. Якщо у складі нерва є нервові волокна, які передають збудження з центральної нервової системи (ЦНС) до іннервованого органу, то такі нерви називаються відцентровими, або еферентними. Більшість нервів змішана. Нервові волокна вкриті мієліновою оболонкою, називаються **м'якотними**, не вкриті - **безм'якотними**. Усі рухові та чутливі нерви складаються з м'якотних волокон. **Мієлінова оболонка**

нка складається з жироподібних речовин і білків, є ізолятором, сприяє швидкому і чіткому проведенню нервових імпульсів на сусідні паралельні нервові волокна. Мієлінова оболонка покриває осьовий циліндр не суцільним шаром, а через кожні 0,5-2 мм переривається і залишає відкритими його вузькі ділянки. У них виникають послідовні нервові імпульси, які через мієлінові сегменти стрибкоподібно розповсюджуються вздовж нервового волокна.

Мієлінізація нервових волокон або утворення мієлінових оболонок починається на 3-му місяці внутрішньоутробного розвитку і в основному завершується до трьохрічного віку дитини. Зростання мієлінової оболонки й осьового циліндра нейронів продовжується надалі, що веде до підвищення швидкості проведення збудження по нервовим волокнам і зростанню збудливості самого нейрону.

Спочатку мієліном покриваються периферійні нерви, потім волокна спинного і, нарешті, головного мозку. У перші місяці життя в новонародженій дитини рухи не координовані, що пов'язано з недостатньою мієлінізацією нервових волокон.

Мієлінізація нервових волокон, розташування шарів кори, диференціювання нервових клітин завершуються до 3-х років. Надалі кількість асоціативних волокон збільшується та утворюються нервові зв'язки.

Синаптичні закінчення, або **синапси** (від грец. *synapsis* - зв'язок) – місця контакту двох нейронів, у яких відбувається передача збудження від однієї клітини до іншої. **Синапс** утворений двома мембранами – пресинаптичною, яка знаходиться на нервовому закінченні аксона та має вид гудзиків, кілець, бляшок, і постсинаптичною, яка міститься на тілі або дендритах нейрона, до якого передається нервовий імпульс (рис. 9.).

Між двома мембранами знаходиться синаптична щилина. Збудження в **хімічних синапсах** відбувається за допомогою **медіатора** – хімічної речовини, що передає збудження або гальмування однієї клітини на іншу, і який знаходиться у синаптичних мішечках синаптичної бляшці.

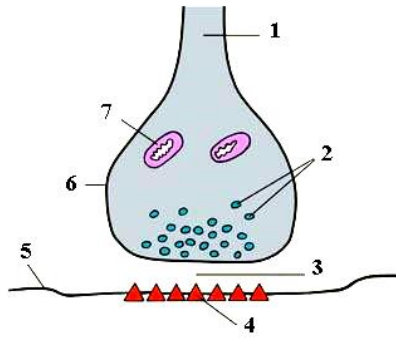


Рис. 9. Схема будови синапса: 1 – нервовоє волокно (аксон); 2 – синаптичні пухирці; 3 – синаптична щілина; 4 – хеморецептори пістсинаптичної мембрани; 5 – пістсинаптична мембрана; 6 – синаптична бляшка; 7 – мітохондрії

За способом передачі нервових імпульсів, крім хімічних синапсів, існують **електричні**, у яких імпульси проходять у вигляді електричних сигналів. Найбільш важливою функціональною властивістю хімічних синапсів є одностороння провідність нервового імпульсу – від пресинаптичної до постсинаптичної мембрани.

Нейромедіатори виділяються закінченнями аксонів і поділяються на **швидкодіючі** (ацетилхолін, норадреналін, амінокислоти тощо) та **повільнодіючі** (гіпоталамозбуджуючі гормони, гіпофізарні пептиди тощо).

За характером впливової дії на наступну нервову клітину, синапси поділяють на **збуджуючі** (ацетилхолін, норадреналін, глютамінова кислота тощо) та **гальмівні** (гамма-аміномасляна кислота і гліцин). Так, ацетилхолін і норадреналін беруть участь у регуляції фізіологічних реакцій організму на фізичне навантаження і є збуджуючими нейромедіаторами, але в залежності від рецепторів, які використовуються, можуть гальмувати деякі парасимпатичні нервові закінчення.

Нейро-нейрональні синапси можуть бути **аксо-соматичні**, **аксо-дендритичні**, **аксо-аксональні**, коли здійснюються контакти аксонів із сомами та дендритами нейронів і контакти аксонів між собою. Один нейрон може утворювати до 100 тисяч синапсів на багатьох нервових клітинах, а на одній нервовій клітині може знаходитися до 100 тисяч синапсів від багатьох інших нейронів.

Зв'язок між нейронами здійснюється за допомогою синапсів, а зв'язок їх з м'язовими волокнами за допомогою нервово-м'язових сполучень, які виконують таку ж функцію, що і синапси, але імпульс у них сприймає м'язове волокно.

У дітей раннього віку в синапсах виділяється менше медіатора і він швидше витрачається, тому працездатність їхньої нервової системи, внаслідок швидкого настання втоми, знижується швидше, ніж у дорослих.

4.3. Поняття рефлексу. Рефлекторна дуга

Одностороннє проведення збудження в синапсах, забезпечує рефлекторну діяльність нервовій системі, основою якої є **рефлекс** – відповідна реакція організму на подразнення зовнішнього, або внутрішнього середовища. З'єднуючись між собою за допомогою синапсів, нейрони утворюють рефлекторні дуги. **Рефлекторна дуга** – це шлях, яким рухаються нервові імпульси від рецепторів через ЦНС до виконавчого органа. Вона складається з п'яти ланок (рис. 10):

- 1) **рецепторів**, що сприймають подразнення;
- 2) **аферентних** (доцентрових, чутливих) **нервових волокон**, які передають нервові збудження від рецептора до нервових центрів ЦНС;
- 3) **ЦНС**, нервового центру - ділянки нервової системи, де збудження, у якому відбуваються складні зміни, передається на відцентровий нейрон;
- 4) **еферентних** (рухових, відцентрових) **нервових волокон**, що несуть збудження до виконавчих органів;
- 5) **ефекторів** (виконавчих органів: м'язів, залоз, кровоносних судин), які відповідають на подразнення.

Відповідно до вчення І.П. Павлова, будь-який рефлекторний акт складається з трьох ланок: подразник - мозкова робота - виконавча діяльність організму у відповідь на цей подразник. Але будь-який рефлекс не закінчується роботою виконавчого органу у відповідь на зовнішнє подразнення. Між ЦНС і виконавчим органом існують як прямі, так і зворотні зв'язки.

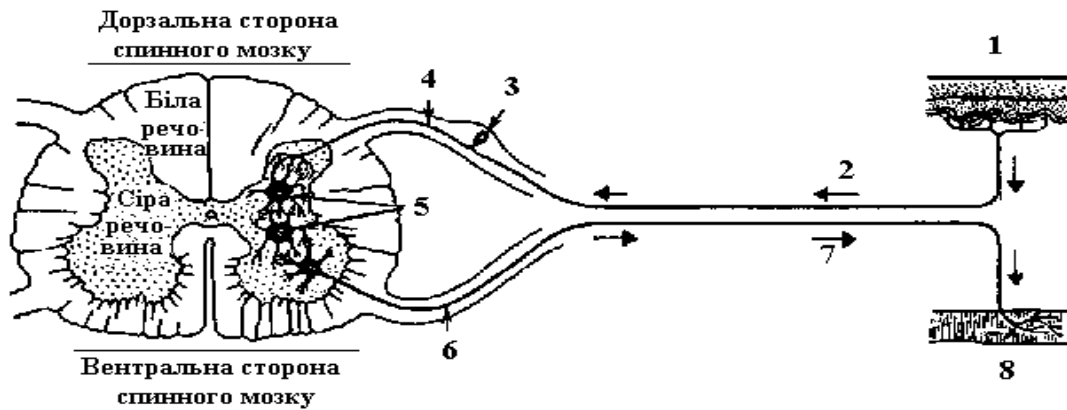


Рис. 10. Схема будови рефлекторної дуги: 1 – нервові закінчення чутливого волокна (рецептор); 2 – чутливе волокно; 3 – спинномозковий вузол; 4 – відросток чутливого нерву; 5 – вставні нейрони; 6 – передній корінець; 7 – рухливе нервові волокно; 8 – нервові закінчення у м'язі (ефектор)

П.К. Анохіним було доведено, що одночасно під час здійснення рухових дій через спинний мозок до головного надходять сигнали про результати виконаної роботи, тобто постійно відбувається «зворотна аферентація». Рефлекторна реакція не закінчується відразу ж після припинення дії подразника, а ще якийсь час до виконавчого органу від ЦНС поступають збудливі імпульси.

Нервові центри легко втомлюються, виникає послідовне зниження і повне припинення рефлекторної відповіді при тривалому збудженні рецептора. Вважають, що втомленість нервових центрів пов'язана з порушенням передачі збудження в міжнейронних синапсах.

Завдяки рефлекторній діяльності, організм здатний швидко реагувати на різні зміни зовнішнього та внутрішнього середовища і пристосовуватись до цих змін.

За походженням рефлекси поділяються на безумовні й умовні, за біологічним значенням на харчові, захисні, статеві, орієнтувальні, рухові.

У залежності від місця розташування рецепторів можуть виникати екстерорецептивні, інтерорецептивні, або пропріоцептивні рефлекси.

Для здійснення будь-якого рефлексу необхідна цілісність усіх ланок рефлекторної дуги.

4.4. Властивості нервової системи

Основними властивостями нейронів і нервової системи в цілому, є сприйняття, передача, збереження і відновлення інформації про дію на організм подразників.

Подразнення – це будь-яка раптова дія на біологічну систему, яка змінює її вихідний стан. Подразники, або стимули – різноманітні чинники зовнішнього і внутрішнього середовищ, що викликають реакції живого організму. Подразники організму поділяють на внутрішні та зовнішні.

За біологічним значенням, подразники класифікують на адекватні та неадекватні. **Адекватні** – подразники, до яких рецептори відповідних сенсорних систем пристосувались, усі інші подразники для цих біосистем є **неадекватними**. □

За енергетичною природою подразники поділяють на фізичні, хімічні та біологічні. Фізичні подразнення - це тиск, світло, температура, звук, світлові електричний струм тощо; хімічні подразнення – це кислоти, луги, солі, запашні та смакові речовини; біологічні – віруси, бактерії тощо.

За силою подразники класифікують на підпорогові, порогові та надпорогові; а надпорогові на субмаксимальні, максимальні та супермаксимальні.

Найменша сила подразнення, яка здатна викликати збудження, називається **пороговою силою**. Подразнення, яке, діє на збудливу тканину, але не викликає збудження, називається **підпороговим**. Проте, поєднання підпорогових подразнень може викликати ефект збудження. Сила подразнення, яка більша за порогову, називається **надпороговою**. Подразнення, яке викликає максимально можливий ефект, називається **максимальною силою подразнення**. **Супермаксимальне подразнення** більше максимального, але воно не збільшує реакції-відповіді, а може її зменшувати, що спричиняє порушення діяльності організму.

У процесі збільшення сили подразнення збільшується величина збудливості реакції тканини до певної міри – до рівня максимальної сили подразнення. Це потрібно пам'ятати педагогам у процесі дозування розумових і фізичних навантажень.

Збудження – реакція нервової клітини у відповідь на дію подразника, яка призводить до створення електричних потенціалів (біопотенціалів).

Мембранний потенціал, або **потенціал спокою (МП)** – різниця електричних потенціалів між зовнішньою та внутрішньою сторонами плазматичної мембрани клітини збудливої тканини, що перебуває у стані спокою. Між зовнішньою поверхнею клітини та її цитоплазмою у стані спокою створюється різниця потенціалів близько 60-90 мВ, що зумовлено неоднаковою проникністю мембрани для різних іонів, натрій – калієва помпа забезпечує активне виведення через канали з цитоплазми іонів натрію Na^+ і введення іонів калію K^+ проти градієнту їх концентрацій. Під час подразнення збудливих клітин виникає **потенціал дії (ПД)** – швидка зміна МП, яка викликає збудження. ПД виникає у м'язових клітинах і нервових, для останніх він має назву **нервового імпульсу**. Механізм виникнення ПД полягає в тому, що на місці подразнення клітини підвищується проникність мембрани для іонів натрію, які починають переміщатися всередину клітини, це зменшує МП. При зменшенні МП розвивається процес **деполяризації мембрани** з виникненням електричних (підпорогових) **місцевих потенціалів**, які не розповсюджуються на далекі відстані. Підвищена проникність мембрани до Na^+ триває близько тисячної долі секунди (стільки же триває ПД), настає інактивація натрієвих каналів і збільшується більш довжина проникності мембрани для K^+ . Іони калію виходять на поверхню мембрани, змінюють її заряд на позитивний, завдяки чому розвивається **процес реполяризації** – відновлення МП до рівня вихідного значення його негативної величини. У фазі реполяризації спостерігається **слідова реакція**, яка містить **фази слідової деполяризації**, яка підвищує збудливість мембрани, і **фази слідової гіперполяризації**, яка втрачає збудливість мембрани.

Мірою збудливості є порогова сила подразнення і найменший час порогової сили. Чим нижчий поріг подразнення, тим вища збудливість тканини і навпаки. Чим більша сила под-

разнення, тим менше часу необхідно для виникнення збудження. **Реобаза** – найменша сила подразнення під час необмеженої тривалості дії, яка викликає реакцію-відповідь. Мінімальний час реобазу називається **корисним часом**, а найменший час дії подразника необхідний для виникнення збудження під час подвійної реобазу – **хронаксією**. Хронаксія для кожної збудливої тканини різна і визначається особливостями її функціональної рухливості – **лабільності**: чим повільніше реагують живі тканини на подразнення, тим більше їх хронаксія. Міра лабільності – найбільше число збуджень (ПД), яке збудлива тканина здатна відтворити за 1с під час дії на неї частих подразнень. Вона не є постійною і в процесі діяльності її показник зростає. О.О. Ухтомський назвав процес зростання лабільності в умовах спеціально спрямованого тренування „**засвоєнням ритму**”, значення якого полягає в об'єднанні й активації нервових центрів для успішного виконання рухового завдання.

Збудливість нервової системи у новонародженої дитини в перші дні її життя знижена. У подальшому вона підвищується і в 12-денному віці стає більш високою, ніж у дорослих.

Другою важливою властивістю нервової тканини є **провідність** - здатність передавати збудження – нервовий імпульс, що виникає. Проведення збудження обумовлене тим, що потенціал дії, який виник в одній клітині або в одній з її ділянок, стає подразником, який сприяє збудженню сусідніх ділянок. Швидкість проведення залежить від діаметру волокна: чим воно товстіше, тим швидше розповсюджується імпульс. Збудження в мієлінових волокнах виникає в ділянках, які не покриті мієліною оболонкою, у вузлах нервового волокна і розповсюджується ними стрибкоподібно (120 м/сек). Тонкими безмієліновими нервовими волокнами збудження розповсюджується повільно (від 1 до 30 м/сек), це пов'язано з тим, що іонні процеси, які відбуваються через мембрану волокна, проходять всією довжиною волокна.

Під час рефлекторної діяльності загальний час від отримання зовнішнього подразнення до появи відповідної реакції організму називається **прихованим** або **латентним часом** рефлексу.

Величина латентного часу рефлексу є важливим показником функціонального стану нервових центрів.

У новонароджених нерв здатний проводити тільки 4-10 імп./с.

Проведення збудження можливе лише за умови цілісності нерва і збереження його життєвих властивостей. **Дивергенція** (розходження) – контактування одного нейрона з багатьма нейронами, яка обумовлює **іrrадіацію** (поширення) збудження в ЦНС. **Конвергенція** (сходження) – контактування багатьох нейронів з одним нейроном.

Важливою особливістю проведення збудження через синаптичні контакти є **одностороннє проведення нервових імпульсів** (від пресинаптичної мембрани до пістсинаптичної). Під впливом нервових імпульсів, що надходять до пресинаптичного закінчення аксона, із міхурців вивільнюється медіатор, який викликає збудження або гальмування.

Збуджуючі медіатори викликають деполяризацію постсинаптичної мембрани, відкриваються натрієві канали, через які іони натрію входять у цитоплазму нейрона, що сприймає збудження. У результаті виникає збуджуючий постсинаптичний потенціал, який пасивно поширюється мембраною дендрита постсинаптичного нейрона, досягає аксона, в його горбику виникає ПД і аксоном розповсюджується до наступного нейронного ланцюга, або до виконавчого органу. ПД виникає постійно, якщо здійснюється **просторова сумація збудження** сусідніх декількох синаптичних входів або у процесі частого серійного надходження пресинаптичних нервових імпульсів в одному синапсі здійснюється їх **послідовна сумація**.

Медіатор гальмування, коли взаємодіє з речовиною постсинаптичної мембрани, збільшує її проникнення до іонів калію і хлору. Це сприяє не зниженню величини внутрішнього заряду мембрани, а підвищенню внутрішнього заряду постсинаптичної мембрани, процесу її гіперполяризації, внаслідок чого настає гальмування.

Здатність до гальмування є однією із основних властивостей

ЦНС. **Гальмування** – це нервовий процес, результатом якого є припинення або послаблення збудження. На кожній нервовій клітині розташовані збуджуючі та гальмівні синапси. Гальмування буває пресинаптичне, постсинаптичне і вторинне.

Пресинаптичне гальмування розвивається під час деполяризації у пресинаптичних розгалуженнях аферентних аксонів, до яких підходять аксони від гальмівних нейронів, які утворюють аксо-аксональні синапси. Таке гальмування виникає за умови зменшення або припинення вивільнення збуджуючого медіатора. Виділення гамма-аминомасляної кислоти блокує проведення імпульсів, що зменшує або повністю припиняє активність нейрона.

Постсинаптичне гальмування здійснюється за рахунок гіперполяризації постсинаптичної мембрани медіатором гліцином. Це сприяє зростанню величини мембранного потенціалу і виникненню гальмівного постсинаптичного потенціалу, який частково або повністю блокує здатність клітини генерувати збудження.

Вторинне гальмування здійснюється без участі спеціальних гальмівних структур і медіаторів, а розвивається в збудливих синапсах у процесі дії подразників надмірної сили.

Збудження в одних центрах нервової системи викликає гальмування в інших. Таким чином, гальмування і збудження є лише двома проявами одного нервового процесу і залежать від сили і частоти подразнень.

4.5. Анатомо-фізіологічні та вікові особливості окремих відділів нервової системи

Спинний мозок в ембріона починає свій розвиток раніше за головний. На ранніх стадіях розвитку плоду спинний мозок заповнює всю порожнину хребетного каналу. Потім хребетний стовп випереджає у зростанні спинний мозок і до моменту народження закінчується на рівні III поперечного хребця.

Будова спинного мозку. *Спинний мозок (medulla spinalis)* сегментарний відділ ЦНС, розміщений у хребетному каналі, що

є центральним каналом, заповненим прозорою спинномозковою рідиною і розділеним передньою і задньою борознами на праву та ліву половини.

Довжина спинного мозку дорослої людини складає приблизно 40-45 см (у жінок – 41-42 см, у чоловіків – 43-45 см), загальна його маса – 34-38 г.

Зі збільшенням маси спинного мозку змінюється і його довжина. У новонароджених довжина спинного мозку - 14-16 см, у 2 роки вона дорівнює 20 см, до 10 років порівняно з довжиною новонародженого зростає майже вдвічі. У товщину спинний мозок зростає дуже повільно.

Швидше за інші зростають грудні сегменти спинного мозку. Маса спинного мозку у новонародженого складає близько 5,5 г, у дітей 1-го року життя дорівнює 10 г, до 3 років його маса перевищує 13 г і до 7 років збільшується майже до 19 г.

Незважаючи на те, що спинний мозок новонародженої дитини є найбільш зрілою частиною ЦНС, його розвиток остаточно закінчується до 20-ти років. За цей період його маса зростає у вісім разів.

Хребет складається з 33 – 34 хребців, різних за формою і розміром: 12 грудних, 5 поперекових (рухомих), 5 крижових (зрослих між собою) та 4-5 куприкових.

Упродовж перших трьох місяців внутрішньоутробного розвитку спинний мозок займає хребет уздовж його довжини. Надалі хребет зростає швидше, ніж спинний мозок, тому нижній кінець спинного мозку підіймається у хребетному каналі. Таким чином, у новонародженого нижній кінець спинного мозку розташовано на рівні III поперекового хребця, а у дорослого – на рівні II поперекового хребця. Під час розвитку спинний мозок не встигає за зростанням хребту і тому у дитини спинний мозок наповнює лише дві третини хребетного каналу.

Від спинного мозку відходять змішані спинномозкові нерви, які містять як чутливі так і рухові волокна. Ділянка спинного мозку з однією парою спинномозкових нервів називається **сегментом**, яких у спинному мозку 31-ин і від них відходять 31

пара спинномозкових нервів: 8 шийних, 12 грудних 5 поперекових, 5 крижових і 1 куприковий. Вони іннервують шию, тулуб, верхні та нижні кінцівки. Кожен нерв починається двома корінцями - переднім і заднім, які утворюють при виході з хребетного каналу один спинномозковий нерв, що йде на периферію.

Після народження дитини, по-перше, здійснюється мієлінізація спинномозкових нервів, по-друге, провідних шляхів спинного мозку. Мієлінізація його волокон закінчується до 3-х місяців, тоді як периферичних нервів продовжується до 3-х років і більше.

Через „сходження” (відносне скорочення) спинного мозку, у хребетному каналі корінці спинномозкових нервів подовжуються і приймають косе, а у нижніх відділах – вертикальне положення.

У місцях, де відходять нерви до нижніх і верхніх кінцівок, спинний мозок має шийне та поперекове потовщення, які починають формуватися у перші роки розвитку дитини. У процесі постнатального розвитку формування цих потовщень пов'язане з руховою активністю дитини, що вказує на важливе значення здійснення рухів як фактору розвитку та вдосконалення функцій нервової системи.

На поперечному розрізі спинного мозку видно, що центральний канал оточує сіра речовина, яка утворює парні виступи – роги: передні, задні та бокові, що розташовані між передніми і задніми в грудному і частково в поперековому відділах, у яких знаходяться нижні центри симпатичної нервової системи (рис. 11). Навколо сірої речовини розташовані пучки білої речовини, яка складається з нервових волокон, що утворюють задні, бічні і передні канатики – висхідні та низхідні провідні шляхи. Цими шляхами здійснюється зв'язок між різними частинами ЦНС і проходять імпульси у висхідних і низхідних напрямках.

Сіра речовина мозку - це скупчення тіл, або сом нервових клітин, безмієлінових аксонів та клітин глії. **Біла речовина** утворена багаточисленними відростками нейронів, вкритими мієліном – нервовими волокнами, які під час з'єднання утво-

рюють нервові шляхи, а вони здійснюють двосторонні зв'язки між головним і спинним мозком.

У новонароджених центральний канал ширше, ніж у дорослого. Зменшення його просвіту здійснюється головним чином упродовж 1-2 років, а також і вбільш пізні вікові періоди, коли спостерігається збільшення маси сірої та білої речовини. Об'єм білої речовини спинного мозку зростає швидко, особливо за рахунок власних пучків сегментарного апарату, формування якого здійснюється раніше, ніж формування провідних шляхів, які утворюють надсегментарний апарат мозку.

Біла речовина розділяється рогами на три стовпи: задні, передні та бічні.

У сірій речовині передніх рогів знаходяться тіла рухових (відцентрових) нейронів, відростки яких утворюють передній корінець.

У задніх рогах розташовані клітини проміжних нейронів, які здійснюють зв'язок між доцентровими та відцентровим нейронами. Задній корінець утворюють волокна чутливих (доцентрових) клітин, тіла яких розташовані у спинномозкових (міжхребетних) вузлах.

Групами нейронів об'єднуються у латеральну проміжну речовину і утворюють **бокові роги**. Їх аксони, що виходять із спинного мозку у складі його передніх корінців, прямують до периферії, до гангліїв вегетативної нервової системи. У бокових рогах розташовані центри симпатичної частини вегетативної нервової системи.

Через **задні чутливі корінці** збудження передається з периферії у спинний мозок. Через **передні рухові корінці** збудження передається від спинного мозку до м'язів та інших органів.

На поперечному розрізі спинного мозку дітей раннього віку спостерігається переважання передніх рогів над задніми. Зростання розмірів нервових клітин спинного мозку спостерігається у дітей шкільного віку.

Спинний мозок оточений трьома оболонками (рис. 11).

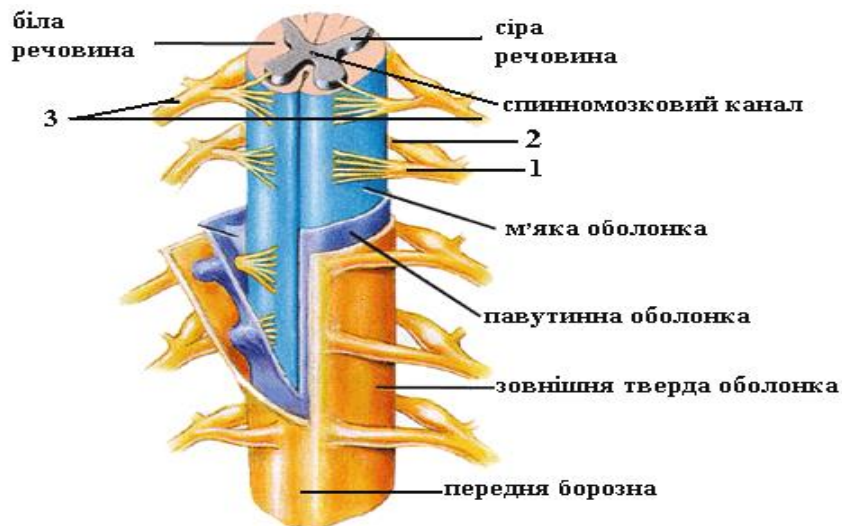


Рис. 11. Схема поперечного розрізу спинного мозку: 1 – передній корінець спинномозкового нерву; 2 – задній корінець спинномозкового нерву; 3 – спинномозкові нерви

Зовнішня тверда оболонка утворена щільною сполучною тканиною, яка в деяких місцях зростається з кістками хребту. **Павутинна** оболонка знаходиться під твердою і є тонкою, щільною пластинкою, бідною на нерви і судини. **М'яка** (судинна) оболонка лежить під павутинною і щільно прилягає до поверхні мозку, заходить у всі поглиблення його поверхні, утворена пухкою сполучною тканиною, що роль лімфи містить багато кровоносних судин. Між м'якою і павутинною оболонками утворюється підпавутинний простір, заповнений рідиною, яка виконує роль лімфи.

Функції спинного мозку. Спинний мозок виконує дві основні функції: рефлекторну і провідникову.

Рефлекторна функція спинного мозку полягає в тому, що на рівні спинного мозку відбувається складна координація рухових реакцій організму.

У спинному мозку розташовані центри всіх **рухових мимовільних рефлексів** (крім м'язів голови), центри вегетативної симпатичної і частково парасимпатичної (у куприковому відділі) нервової системи: судинорозширювальні, судинозвужувальні, потовидільні (бокові роги грудних сегментів); центри, що регулюють функції серця і бронхів (5-и верхніх грудних сегментів); сечовипускання та акт дефекації, ерекції статевого члену,

сім'явиверження (куприкові сегменти).

Нервова імпульсація від рухових центрів спинного мозку забезпечує постійне, трохи повільне напруження всієї мускулатури, яка має назву **м'язовий тонус**.

У сірій речовині спинного мозку замикаються рефлекторні дуги багатьох рухових реакцій (рис. 12).

У перші дні життя дітей колінний рефлекс виникає легко, але виявляється він не у розгинанні гомілки, а у її згинанні, це пояснюється переважанням тонусу м'язів-згиначів над розгиначами. Після першого року життя у здорових дітей колінний рефлекс виникає завжди, але він менш виразний.

Крім рефлекторної функції, спинний мозок здійснює **провідникову функцію** – проводить нервові імпульси висхідними шляхами до головного мозку, низхідними шляхами – від головного мозку.

До основних **висхідних шляхів** відносяться:

1. Пучки Голля і Бурдаха, які проводять збудження від пропріорецепторів м'язів і сухожиль, частково від тактильних рецепторів шкіри і від вісцерорецепторів. **2. Боковий і передній спино-таламічні тракти** (передньобоківий канатик), які проводять больову і температурну чутливість і частково тактильну.

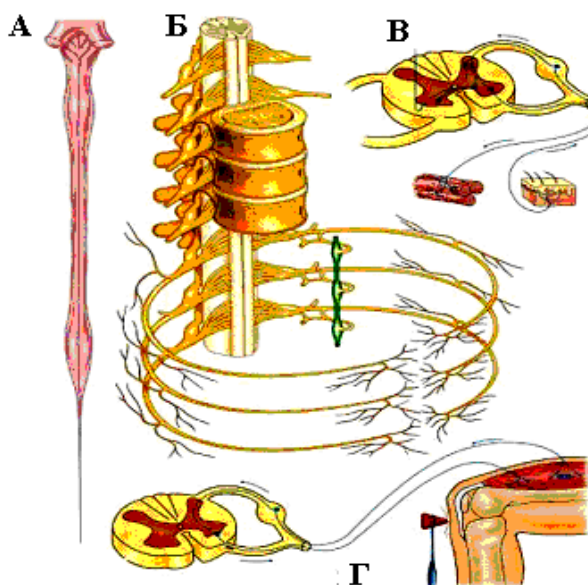


Рис. 12. Схеми здійснення рефлекторних функцій спинним мозком: *А* – загальний вигляд спинного мозку; *Б* – утворення провідних шляхів спинного мозку; *В* – рефлекторна дуга рухових реакцій; *Г* – здійснення колінного рефлексу

3. Волокна спино-мозочкових трактів Флексіга і Говерса, які розташовані у бокових стовпах спинного мозку і частково на волокнах пучків Голля і Бурдах, нервові імпульси від пропріорецепторів м'язів, сухожиль і суглобових зв'язок проходять до головного мозку.

До **низхідних провідних шляхів** належать: **пірамідальний (кортикоспінальний) тракт**, який проводить нервові імпульси від пірамідних клітин рухової зони кори великих півкуль, і проходить через піраміди довгастого мозку, нейрони яких відповідають за довільні (вольові) м'язові скорочення; **екстрапірамідальні шляхи (екстрапірамідальна система координації рухової діяльності)** об'єднують руброспінальний, ретикулоспінальний і вестибулоспінальний тракти, які регулюють тонус м'язів і координують рухи.

Головний мозок. Головний мозок (*encephalon*) розташований у порожнині мозкового відділу черепа, вкритий трьома оболонками: **твердою, павутинною, і м'якою**. Його маса у дорослої людини коливається від 1100 до 2000 г: у чоловіків в середньому складає 1375 г і у жінок - 1275 г.

Головний мозок новонародженої дитини відносно великий, його маса становить 340-430 г, що складає 12-13% від маси його тіла (у дорослої людини – 2,5%). У хлопчиків його маса в середньому дорівнює 390 г, у дівчат – 355 г. Найбільш інтенсивний ріст мозку відбувається у перші три роки дитини. До кінця першого року життя маса головного мозку подвоюється, а до 3-4 років – потроюється. У 7 років маса головного мозку зростає до 1250 г, у 13 років до 1300 г. Максимального значення маса мозку набуває у 20-29 років. У наступні вікові періоди, аж до 60 років у чоловіків та до 55 років у жінок, маса мозку суттєво не змінюється, а після 55-60 років відмічається деяке її зменшення.

Нижня частина головного мозку оточена **спинномозковою рідиною** - безбарвною речовиною, що виробляється всередині шлуночків головного мозку, рухається до третього і четвертого шлуночків, очолює головний мозок ззаду, опускається біля спинного мозку і підіймається попереду головного, де повторно

всмоктується у кров через виступи павутинної оболонки. Така циркуляція сприяє пульсації мозкових артерій.

Спинномозкова рідина постійно обновлює свій склад, містить глюкозу, потрібну для енергетичних витрат та для функціонування клітин головного і спинного мозку, а також білки та лімфоцити, які захищають від проникнення інфекції.

Головний мозок складається з довгастого мозку, проміжного мозку і великих півкуль, а з його основи виходять 12 пар черепно-мозкових нервів, які пов'язують мозок з органами чуття, з шкірою і м'язами голови і ший, з органами дихальної, серцево-судинної, травної та інших систем.

Формування всіх відділів головного мозку, мієлінізація волокон і диференціювання нервових клітин триває майже до 3-ох років.

Довгастий мозок є безпосереднім продовженням спинного мозку, нижня його границя – місто виходу корінців 1-го шийного спинномозкового нерву, верхня границя – задній край мосту. Довгастий мозок з вароліївим мостом утворюють єдиний структурно-функціональний відділ, що виконує рефлекторну і провідникову функції і має назву **заднього мозку** (рис. 13). Довжина довгастого мозку приблизно складає 25-28 мм, за формою він нагадує конусоподібне утворення, яке повернено основою вверху.

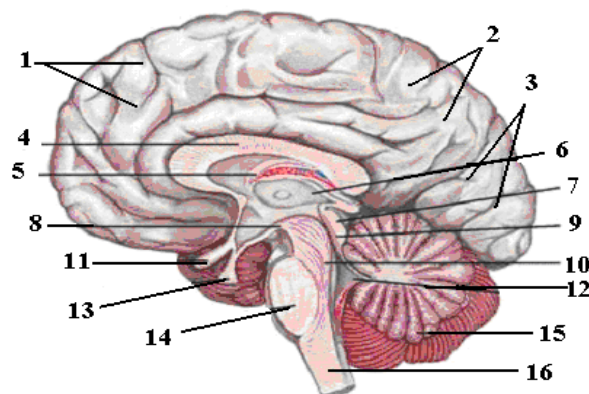


Рис. 13. Сагітальний розріз головного мозку: 1 – лобна доля; 2 – тім'яна доля; 3 – потилична доля; 4 – мозолисте тіло; 5 – зведення; 6 – таламус; 7 – дах середнього мозку; 8 – сосцевидне тіло; 9 – водопровід середнього мозку; 10 – ніжка мозку; 11 – зоровий перехрест; 12 – IV шлуночок; 13 – гіпофіз; 14 – вароліїв міст; 15 – мозочок; 16 – довгастий мозок

На його поверхні знаходяться передня серединна щілина і передні і задні бокові борозни, які продовжуються зі сторони спинного мозку.

Від довгастого мозку відходять корінці IX-XII пар черепних нервів, борозни і корінці яких поділяють його на пучки та канатики.

У товщі білої речовини заднього мозку зосереджені численні скупчення сірої речовини, які називаються **ядрами** або **центрами**.

Рефлекторні функції довгастого мозку здійснюються нейронами сірої речовини покришки і пов'язані з ядрами IX, X, XI, XII пар черепних нервів, які вона містить. Ядра довгастого мозку забезпечують чутливу, рухову та вегетативну іннервацію органів голови, шиї, грудей, живота.

Рухові волокна корінців XII під'язикового, IX язикового горлового нервів, регулюють ковтання, тоді як чутливі волокна передають відчуття болю, смаку, дотику, температури від язика і горла.

Рухові волокна корінців XI додаткового нерву забезпечують рухи голови і плечового поясу, іннервують м'язи горла і гортані, беруть участь при утворюванні голосу.

Рухові волокна корінців X блукаючого нерву забезпечують діяльність залоз, процеси травлення, серцеві скорочення.

За допомогою всіх цих ядер задній мозок, а в основному довгастий мозок, відповідає за формування ряду травних рефлексів – смоктання, жування, слиновиділення, ковтання, секреції і моторики шлунка та кишечника, групи захисних рефлексів – кашлю, блювоти, слезовиділення, чхання.

У новонародженого краще розвинені філогенетичне, більш ніж старі відділи мозку. Маса стовбура мозку дорівнює 10,0-10,5 г, що складає приблизно 2,7 % від маси тіла (у дорослого близько 2%).

Міст (вароліїв міст) має вигляд лежачого поперечно-потовщеного валика, задня його поверхня вкрита мозочком, передня знизу граничить з довгастим мозком, передня зверху – з

ніжками середнього мозку.

Передня поверхня моста по середній лінії містить продольну базиллярну борозну з однойменною артерією.

В області варолієвого моста знаходяться ядра V–VI, VII і VIII пар черепно-мозкових нервів – ядра трійчастого, відвідного, лицевого і слухового нервів.

Чутливі волокна корінців VIII слухового нерву передають інформацію про звук, рівновагу і положення голови.

Рухові волокна корінців VII лицевого нерву іннервують м'які м'язи, а його чутливі іннервують смакові рецептори, слинні та слізні залози. Волокна корінців VI відвідного нерву проводять імпульси до вольових м'язів ока і повік.

Чутливі волокна V трійчастого нерву проводять імпульси від рецепторів шкіри обличчя, слизових ротових і носових оболонок, зовнішнього вуха, зубів, а рухові волокна іннервують жувальні м'язи.

На задній поверхні довгастого мозку і варолієвого моста є поглиблення, яке має форму ромба і називається **ромбоподібною ямкою**. Це дно четвертого мозкового шлуночку, який є продовження спинномозкового каналу.

Довгастий мозок разом з мостом у новонародженого має масу 8 г, що складає 2% від маси головного мозку (у дорослого – 1,6%).

Ядра довгастого мозку починають формуватися ще у внутрішньоутробному розвитку і до періоду народження майже сформовані, а до 7 років їх дозрівання закінчується.

Ретикулярна формація (*reticulum* – сітка, *formation* – утвір) має сітчасту будову завдяки переплетінню відростків нервових клітин, тіла яких утворюють ядра і групи ретикулярних нейронів. Вона бере свій початок у задньому мозку і продовжується вверх всією стовбуровою частиною головного мозку. Ретикулярна формація проявляє впливи на ЦНС: **висхідні**, які активують діяльність великих півкуль головного мозку і визначають рівень активності всього організму та низхідні; **низхідні**, що полегшують або гальмують функції нейронів спинного мозку, підвищу-

ють тонус скелетних м'язів.

У ретикулярній формації знаходяться дихальний центр, що забезпечує ритмічне чергування вдиху і видиху, та центр серцево-судинної діяльності (судиноруховий), завдяки якому підвищується тонус кровоносних судин, збільшується сила і частота серцевих скорочень, підвищується артеріальний тиск.

Мозочок розташований над довгастим мозком позаду варолієвого моста і середнього мозку, під потиличними долями кори великих півкуль головного мозку. Складається з двох півкуль, з'єднаних черв'ячком. Кора мозочка складається з сірої речовини товщиною 1-2,5 мм, розділена поперечними борознами на частки і закрутки. Біла речовина знаходиться під корою, у товщі якої розташовані ядра мозочка – скупчення сірої речовини.

Мозочок сполучається з довгастим мозком варолієвим мостом і середнім мозком за допомогою численних нервових волокон, які утворюють три пари ніжок мозочка. Мозочок має аферентні й еферентні зв'язки з усіма руховими центрами: по аферентними шляхами надходить інформація від пропріорецепторів, вестибулярних ядер заднього мозку і через вароліїв міст від усіх рухових зон кори великих півкуль; еферентними шляхами від мозочка здійснюється зворотна імпульсація до зазначених центрів.

Таким чином, *основні функції мозочку:*

- 1) регулює м'язовий тонус і положення тіла у просторі;
- 2) забезпечує координацію цілеспрямованих рухів;
- 3) координує швидкі цілеспрямовані рухи, які здійснюються за командою із центрів кори великих півкуль.

Також мозочок бере участь у регуляції вегетативних функцій: діяльності серцево-судинної системи, рівня артеріального тиску, складу крові тощо.

У новонароджених мозочок розвинений слабо, найінтенсивніше його зростання помічено у перший рік життя, і до 15 років він досягає розмірів дорослої людини.

Середній мозок довжиною близько 20 мм, розташований між варолієвим мостом і проміжним мозком, повністю покриває

півкулі великого мозку. Складається з ніжок великого мозку і даху середнього мозку –чотиригорбикового тіла.

Порожниною середнього мозку є **водопровід мозку** – вузький канал довжиною 1,5 см. Навколо водопроводу розташована центральна сіра речовина, скупчення якої утворюють рухові ядра III і IV пар черепних нервів – окорухового і відвідного, які регулюють звуження зіниць та акомодацию ока; ядра чотиригорбикового тіла, ретикулярну формацію, червоне ядро та чорну речовину.

Через середній мозок проходять усі висхідні шляхи до кори великого мозку і мозочка і низхідні, що несуть імпульси до довгастого та спинного мозку.

Чотиригорбикове тіло знаходиться над водопроводом і має два передніх горбика, в яких розміщені первинні підкоркові зорові центри, і два задніх, в яких розташовані підкіркові слухові центри. Вони беруть участь у формуванні зорових і слухових орієнтувальних рефлексів у відповідь на несподівані світлові та звукові подразнення.

Новизна світлових і звукових подразнень, які викликають орієнтувальні рефлексів, має важливе значення в утворенні умовних рефлексів і в мобілізації уваги дітей.

Чорна речовина розташовується у вентральних відділах покоришки ніжок мозку у вигляді широкого пласту пігментованих клітин. Основна її функція пов'язана з координацією складних актів ковтання і жування, регуляцією рухів пальців рук.

Парне червоне ядро веретеноподібної форми, розташоване між чорною субстанцією і центральною сірою речовиною, основна функція – підвищення тону м'язів-згиначів і виконання звичних рухів, що часто повторюються.

Передній мозок складається з **проміжного мозку**, куди належать зорові бугри і підгір'я, і **кінцевого**, куди належать кора і підкіркові вузли.

Проміжний мозок розташований над середнім мозком, зверху вкритий великими півкулями. Складається він із зорових бугрів (таламусу) і підгір'я (гіпоталамус), які є скупченням бага-

тьох ядер.

Таламус, або зорові бугри - парні утворення сірої речовини, яка розділена на три частини: передню, медіальну та латеральну, кожна з яких - це скупчення специфічних ядер і неспецифічних. **Специфічні ядра переключення** нервових імпульсів є воротами інформації, що надходить від рецепторів майже всіх аналізаторів до кори великих півкуль.

Неспецифічні ядра з властивостями ретикулярної формації беруть участь у швидкій і короткочасній активації кори. **Ядра з моторними функціями** з'єднують мозочок і базальні ганглії з руховими центрами кори великих півкуль. **Ядра з асоціативними функціями** зв'язані між собою і з асоціативними зонами лобових, тім'яних, скроневих часток, а також з лімбічною корою.

Гіпоталамус міститься під зоровими буграми, має тісний анатомо-функціональний зв'язок із гіпофізом. Він сполучається з різними відділами головного мозку. У гіпоталамусі розташовані центри вегетативної нервової системи: у його задній частині — центри симпатичного відділу, у передній - парасимпатичного. За допомогою зазначених центрів гіпоталамус впливає на діяльність внутрішніх органів. Також у ньому знаходяться центри емоцій, сну та бадьорості, насичення їжею, терморегуляції, водно-сольового обміну.

Одне з утворень гіпоталамусу, яке має назву **сірого бугра**, бере участь в регуляції функцій багатьох ендокринних залоз та обміні речовин. Порушення його будови сприяє атрофії статевих залоз, а його тривале подразнення може призвести до раннього статевого дозрівання, виникнення язв на шкірі, у шлунку і дванадцятипалій кишці.

Ядра гіпоталамусу беруть участь у багатьох складних реакціях, що обумовлюють поведінку.

Гіпоталамус регулює роботу залоз внутрішньої секреції, у ньому виробляються гормони: вазопресин, окситоцин, рилізінг-гормони, які стимулюють секрецію ряду гормонів у передній долі гіпофіза, а також гормони, які затримують секрецію гормо-

ну росту і пролактину передньої частки гіпофіза. Таким чином, він здійснює взаємозв'язок між нервовою системою і ендокринною і з гіпофізом входять до складу адаптаційної гіпоталамо-гіпофізадреналової системи, яка є необхідною у стресових реакціях.

Кінцевий (великий) мозок складається з двох великих півкуль, вкритих мозковим плащем (корою). Півкулі сполучені між собою мозолистим тілом. Усередині великого мозку, між лобними долями і проміжним мозком, містяться скупчення сірої речовини - це базальні, або підкіркові ядра, до яких належать: хвостате ядро, сочевицеподібне ядро, бліда куля.

Кінцевий мозок розвивається дуже інтенсивно, і вже на третьому місяці ембріонального розвитку є розділеним повздовжньою щілиною на праву і ліву півкулі. Незабаром формується і мозолисте тіло, яке сполучає праву та ліву півкулі.

Підкіркові ядра або базальні ганглії – скупчення сірої речовини в глибині білої великих півкуль. Вони розташовані між лобними долями кори і проміжним мозком та поділяються на дві групи: **смугасте тіло** (хвостате і сочевицеподібне ядра) і **бліду кулю** (шар або ядро). Смугасте тіло має подвійну аферентацію: до нього надходять аферентні імпульси від кори великих півкуль, таламусу і чорної субстанції, а від нього – еферентні волокна до блідної кулі та чорної субстанції.

Функціональне значення базальних гангліїв полягає в тому, що вони є проміжною ланкою, яка зв'язує всі асоціативні зони кори великих півкуль із руховими центрами лобної долі кори. У процесі утворення, закріплення та автоматизації рухових умовних рефлексів, базальним гангліям відводиться найважливіше значення в управлінні рухами, які передбачають складні рухові навички. Прикладом можуть бути: виконання складних гімнастичних вправ, гра на інструментах, звичні рухові процеси.

Бліда куля (або бліде ядро) – утворення, яке знаходиться під постійним гальмівним впливом смугастого тіла. Під час його пошкодження, бліда куля лишається гальмування, що веде до безперервних ритмічних рухів кінцівок і всього тіла, виникнен-

ня маскоподібного обличчя.

Таким чином, блідна куля бере участь у виконанні додаткових рухів (гойдання рук під час ходьби), забезпечує скорочення мимічної мускулатури.

Великі півкулі головного мозку утворені сірою і білою речовинами. *Сіра речовина* півкуль має назву *кори* або *мозкового плащу* і утворена 12-18 млрд. нервових клітин, від яких відходять відростки.

У новонародженої дитини у великих півкулях нервових клітин майже стільки, скільки й у дорослої людини, але вони за своєю будовою ще дуже прості, мають веретеноподібну форму, з невеликою кількістю відростків, а їх дендрити ще тільки починають формуватися.

Біла речовина розташована під корою, у її глибині знаходяться великі скупчення сірої речовини - підкоркові ядра (базальні ганглії). Порожнинами півкуль є бокові шлуночки.

Права і ліва півкулі розділені подовжньою борозною, в глибині якої міститься мозолисте тіло, утворене нервовими волокнами. Загальна поверхня кори в середньому складає близько 220 тис. мм², збільшується вона за рахунок численних борозен. Кожна півкуля поділена на 4 долі: лобну, тім'яну, потиличну і скроневу і які, у свою чергу, діляться борознами на низку закруток.

Центральна борозна (роландова) відділяє лобну долю від тім'яної, *латеральна борозна (сільвієва)* - скроневу від лобної та тім'яної, *тім'яно-потилична борозна* розділяє тім'яну і потиличну долі.

До моменту народження дитини борозни і закрутки добре виражені та кора великих півкуль має таку ж будову, як і в дорослої людини, але власне кора великих півкуль є тонкішою, ніж у дорослого. На 4-му місяці розвитку плоду поверхня мозку порівняно гладенька. Головні борозни хоч вже і помітні, але неглибокі, а борозни другого і третього порядків ще не сформовані. Закрутки теж є ще не чітко вираженими.

До 5-ти місяців внутрішньоутробного розвитку утворюється

бічна, потім центральна та тім'яно-потилична борозни.

До 6-ти місяців розвитку плода півкулі майже повністю вкривають мозок, а після 6-ти місяців з'являються вторинні неглибокі борозни, які утворюють закрутки.

Але розвиток і формування нових борозен і закруток продовжуються і після народження дитини. До шестимісячного віку дитини борозни мозку досягають повного розвитку.

Архітектоніка кори – вчення про загальні закономірності будови кори. Загальна поверхня кори півкуль дорослої людини 2000-2500 см², а 70% від її площини знаходяться у глибинах борозен. Товщина кори 2-4,5 мм. Нервові клітини і волокна, які утворюють кору, розташовані у 7 шарів (рис. 14):

1 шар - поверхневий молекулярний, який утворений сплетінням нервових волокон із невеликої кількості дрібних нервових клітин.

2 шар - зовнішній зернистий, який складається з дрібних клітин у вигляді зерен і пірамід з обмеженою кількістю мієлінових волокон.

3 шар - пірамідний, утворений середніми і великими пірамідними клітинами, з великою кількістю дендритів.

4 шар - внутрішній зернистий, який складається з дрібних зернистих клітин різної форми.

5 шар – гангліозний, який складається з великих пірамідних клітин і клітин Беца, аксони яких дають початок низхідним пірамідним шляхам, що проходять через стовбур головного мозку в спинний мозок і пов'язують кору півкуль із периферією.

6 шар - поліморфний - належить до білої речовини мозку і складається з клітин трикутної і веретеноподібної форми.

7 шар - складається з веретеноподібних нейронів, має багато волокон.

Між нервовими клітинами всіх шарів виникають як постійні, так і тимчасові зв'язки. Під корою міститься біла речовина півкуль мозку, у складі якої розрізняють асоціативні, комісуральні та проєкційні волокна.

Асоціативні волокна з'єднані між собою окремими ділянками.

ми однієї півкулі. Короткі асоціативні волокна об'єднують окремі закрутки і близькі поля, а довгі - закручування різних частин у межах однієї півкулі.

Комісуральні волокна пов'язують симетричні частини обох півкуль, велика частина проходить через мозолясте тіло.

Проекційні волокна виходять за межі півкуль, ними здійснюється двосторонній зв'язок кори з відділами центральної нервової системи, що лежать нижче.

У товщі білої речовини півкуль є порожнини - бічні шлуночки, які протоками сполучаються з третім мозковим шлуночком.

Все, що отримує організм протягом індивідуального життя, передбачене функціями великого мозку. З функцією кори великого мозку пов'язана вища нервова діяльність. Взаємодія організму із зовнішнім середовищем, його поведінка в навколишньому світі залежать від півкуль великого мозку.

Окремі ділянки кори мають різне функціональне значення. Разом із підкірковими центрами, стовбуром мозку і спинним мозком великий мозок об'єднує окремі частини організму в єдине ціле, здійснює нервову регуляцію всіх органів. У кору великого мозку поступають доцентрові імпульси від рецепторів.

Кожному рецепторному апарату відповідає в корі ділянка, яку І.П. Павлов назвав **кірковим ядром аналізатора**.

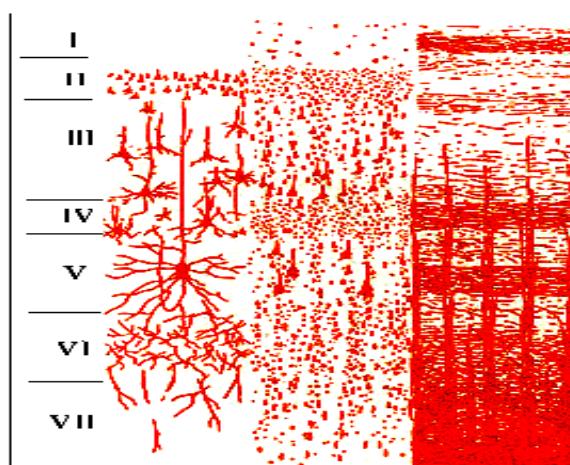


Рис. 14. Архітектура кори: I – поверхневий молекулярний шар; II – зовнішній зернистий шар; III – пірамідний шар; IV – внутрішній зернистий шар; V – гангліозний шар; VI – поліморфний шар

Сенсорні зони кори - ділянки кори, де розташовані кіркові ядра аналізаторів великого мозку (рис. 15).

Зона рухового аналізатора, куди поступають збудження від рецепторів суглобів, скелетних м'язів і сухожилля, розташована в передніх і заднецентральної ділянках кори. У межах передньої центральної закрутки найвище розміщені центри для м'язів нижньої кінцівки, нижче - для м'язів тулуба, потім верхньої кінцівки і, нарешті, центри м'язів голови.

Зона шкірного аналізатора, пов'язаного з температурою, больовою і тактильною чутливістю знаходиться у заднецентральної ділянці. Центри чутливості нижчих частин тіла розміщені у верхніх частинах тіла - у нижніх її ділянках.

Найбільшу площу складають кіркове представництво рецепторів рук, голосового аналізатору й особи, найменшу - тулуба, стегон та гомілки.

Ядерна зона зорового аналізатора розташована в потиличній ділянці.

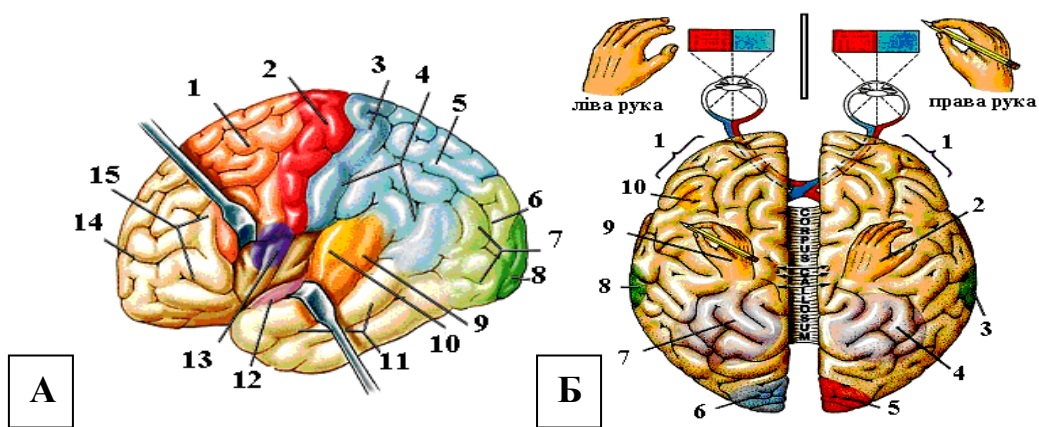


Рис. 15. Сенсорні зони кори: *А:* 1 – асоціативна рухова зона; 2 – первинна рухова зона; 3 – первинна сомато-сенсорна зона; 4 – тім'яна доля великих півкуль; 5 – асоціативна сомато-сенсорна зона; 6 – асоціативна зорова зона; 7 – потилична доля великих півкуль; 8 – первинна зорова зона; 9 – асоціативна слухова зона; 10 – первинна слухова зона; 11 – скронева доля великих півкуль; 12 – нюхова зона; 13 – зона смаку; 14 – передлобна асоціативна зона; 15 – лобна доля великих півкуль; *Б:* 1 – передлобна зона кори; 2 – зона тактильної чутливості; 3 – слухова зона (для лівого вуха); 4 – зорова зона аналізу простору; 5 – зорові зони (ліві поля зору); 6 – зорові зони (праве поле зору); 7 – загальний центр інтерпретації (мови та математичних операцій); 8 – слухові зони (для правого вуха); 9 – зона письма (для правої руки); 10 – центр мовлення

У скроневій ділянці міститься частина слухового аналізатора, а поблизу від бічної борозни - ядерна зона смакового аналізатора. Нюхова зона знаходиться на внутрішній поверхні скровених ділянок кори.

Центр мови міститься в лівій півкулі. Розрізняють 2 центри мови: руховий, який є в нижній частині лобної долі та слуховий, знаходиться в скроневій частині, під заднім кінцем сільвієвої борозни.

Центри мови є лише у людини. Мовлення, мислення, відчуття і спритні рухи контролюються нейронами, які розміщені в лобній долі головного мозку. ***Розпізнавання тонів і звуків*** відбувається в скроневій частині. Ця ділянка також бере участь у запам'ятовуванні інформації. Різноманітні сенсорні відчуття, такі як біль, температура усвідомлюються та інтерпретуються в тім'яній частині. Потилична частина фіксує та інтерпретує зорові образи.

У трирічної дитини вже чітко виражене диференціювання кори головного мозку, воно не відрізняється від такого у дорослої людини. Ускладнення будови нервових клітин відбувається довго і триває до 40 років і більше. Тільки група клітин, що регулюють координацію смоктальних м'язів, добре розвинена у новонародженої дитини. Диференціювання клітин кори великих півкуль відбувається в основному до 7-8 років. У молодшому шкільному віці і в період статевого дозрівання у дітей продовжується подальший розвиток центральної нервової системи. Помічено посилене зростання лобових частин великих півкуль, це сприяє збільшенню точності і координації рухів.

На внутрішній поверхні кожної півкулі над мозолистим тілом лежить поясна закрутка, яка переходить у гіпокамп і гіпокампову закрутку, а разом з мигдалеподібним ядром та іншими ядрами, вони складають ***лімбічну систему*** (від лат. *limbus* – обвід). Лімбічна система має двосторонні зв'язки, сполучає кіркові та середньомозкові ділянки з нижчими центрами, які регулюють функції організму (рис. 16).

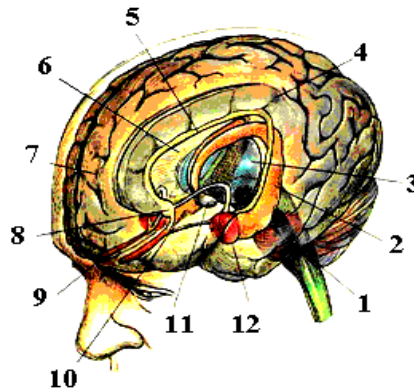


Рис. 16. Утворення лімбічної системи: 1 – ретикулярна формація; 2 – гіпокампи; 3 – таламус; 4 – поясна закрутка; 5 – зведення мозку; 6 – мозолисте тіло; 7 – лобна доля великих півкуль; 8 - перегородка ; 9 – нюхова доля; 10 – смакова доля ; 11 - мигдалеподібне тіло; 12 – мигдалина

Поясна закрутка разом із закруткою морського коника і нюховою цибулиною утворюють лімбічну кору, яка модифікує поведінку й емоції. **Морський коник** - це зігнута смуга сірої речовини, яка впливає на процес навчання, пам'яті, пізнання нового, запам'ятовування просторових співвідношень. Закрутка морського коника модифікує вияви емоцій - таких як гнів і страх. **Мигдалеподібне тіло** впливає на поведінку й активність, орієнтується на внутрішні потреби організму: живлення, статевої зацікавленості, прояву гніву.

Нюхові цибулини відтворюють відчуття певного запаху, викликають спогади про забуті емоції.

Отже, лімбічна система має складне і важливе значення у вияві інстинктів, активності емоцій, визначає вплив настрою, а також внутрішніх змін в організмі та поведінці. Сприйняття запаху, світла, формування пам'яті теж знаходяться під впливом лімбічної системи.

З сенсорними зонами взаємодіє моторна зона кори великого мозку. **Ядерні зони аналізаторів** - це ділянки кори, в яких закінчується основна маса провідних шляхів аналізаторів. За межами ядерних зон розсіяно розташовані елементи, куди поступають імпульси від тих же рецепторів, що і в ядро аналізатора.

Різні зони кори дозрівають у дитини не одночасно. Раніше за інші, в перші роки життя, дозрівають проекційні зони кори (пе-

рвинні поля) – зорові, слухові тощо, потім вторинні поля (периферія аналізаторів) і пізніше за інші, майже до дорослого стану – третинні, асоціативні поля кори (зони вищого аналізу і синтезу). Так, моторна зона кори в основному сформована до 4 років, а асоціативні поля лобної і нижньотім'яної області кори за площиною, товщиною та ступеням диференціювання клітин, до віку 7-8 років дозрівають лише на 80% , особливо відстають у розвитку хлопчики.

4.6. порушення стану нервової системи та його профілактика

Причинами порушень нервової системи можуть бути різні чинники: зовнішні - травми (струс мозку), ураження електричним струмом, надмірний перегрів або переохолодження організму, інфекції та отруєння; внутрішні - припинення кровопостачання ділянки нервової системи, запальні процеси, білкове голодування, дефіцит вітамінів.

У несприятливих умовах розвитку дитини може сповільнюватися процес мієлінізації і це може призвести до фізичного і розумового відставання. Порушення структури мієліну лежить в основі таких важких захворювань, як розсіяний склероз, поліневрит. Де мієлінізація з явищами поліневриту спостерігається при недостатчі в організмі вітаміну В, та при деяких формах олігофренії.

Нервова система дитини більш чутлива до недостатчі кисню і клітини організму потребують його постійне надходження, тому є необхідним перебування дитини на свіжому повітрі: прогулянки, рухомі ігри, фізичні вправи.

Для розвитку й удосконалення нервової системи необхідне постійне здійснення рухової активності дитиною.

Негативно впливають на нервову систему шкідливі звички - паління, вживання алкоголю і наркотиків.

Основною речовиною тютюну є нікотин, який діє безпосередньо на нервові клітини, частково блокує дихальну функцію мітохондрій, провокує таким чином кисневе голодування нервової

системи в цілому. Під впливом цієї отруйної речовини нервова система перезбуджується і швидко виснажується. Нікотин призводить до звуження судин мозку, погіршує його кровопостачання.

Через це, а також із-за негативного впливу нікотину на всі види обміну речовин, в судинній стінці стимулюється відкладання жироподібної речовини у вигляді бляшок, що є причиною розвитку атеросклерозу. Ці бляшки звужують просвіт судин. Останні стають ломкими, легко руйнуються, викликаючи кровозливання у мозок, паралічі.

Паління найнебезпечніше у дитячому і підлітковому віці, коли нервова система і весь організм інтенсивно ростуть і розвиваються, це вимагає багато кисню і поживних речовин.

Алкоголь також негативно діє на всі клітини мозку, завдає шкоди всім його структурам. У людини, яка постійно вживає алкоголь, поступово наступає розумова неповноцінність (деградація), знижуються або зникають різні види чутливості, сповільнюються рефлексії. Через поразку мозочка виникає хистка хода. Алкоголь "вимиває" з нервових клітин вітаміни, білки, жири і жироподібні речовини, вуглеводи і мікроелементи, що призводить до їх виснаження і неспроможності виконувати свої функції. Також він порушує процеси збудження та гальмування в нервовій системі та їх взаємозв'язок. Від алкоголю страждають периферичні нерви (руйнуються жироподібна оболонка, білки, вітаміни), із-за чого починають тремтіти і слабіти кінцівці, людина втрачає здатність ходити.

Використання наркотичних речовин сприяє спочатку розладу психічних функцій, а згодом порушується загальний фізичний стан. Організм швидко виснажується і людина гине (найчастіше у молодому віці).

Структурні, біохімічні та біоелектричні ураження та зміни у спинному, головному мозках і периферичних нервах можуть призвести до паралічу, загальної слабкості, порушення координації, втрати чутливості.

РОЗДІЛ 5. Вища нервова діяльність

Великі півкулі головного мозку – їх кора і найближчі до неї підкоркові утворення – є вищим відділом центральної нервової системи теплокровних тварин і людини. Функція цього відділу – сукупність складних форм діяльності, яка забезпечує індивідуальні поведінкові реакції організму на змінні умови навколишнього та внутрішнього середовища – називається вищою нервовою діяльністю (ВНД). У пристосувальних реакціях нервової системи до безперервних змін навколишнього середовища можна виділити нижчу і вищу форми нервової діяльності. Під нижчою розуміють рефлекторну регуляцію внутрішнього стану організму та узгодженість діяльності окремих його частин. Форми нижчої нервової діяльності запрограмовані генетично, передаються спадково від одного покоління до іншого: є однаковими в усіх представників виду, роду, класу. А пристосувальні реакції, які здійснюються вищою формою нервової діяльності, є наслідком індивідуального навчання.

Вперше на рефлекторну природу нервової діяльності вказав ще у XVII ст. французький філософ і математик Рене Декарт, а сам термін «рефлекс» у XVIII ст. запропонований чеським фізіологом Г. Прохазкою.

Уявлення про рефлекторний характер психічної діяльності головного мозку було розвинуто засновником російської фізіологічної школи І.М. Сеченовим, у його класичній праці «Рефлекси головного мозку» (1863). Він обґрунтував рефлекторну природу психічної нервової діяльності людини, яка забезпечує найбільш тонке і удосконалене пристосування організму до зовнішнього і внутрішнього середовища. І.М. Сеченов показав, що в основі психічних явищ, прогрес яких зумовлений удосконаленням структурної організації мозку, його історичного й індивідуального розвитку, лежать фізіологічні процеси, які можуть бути вивчені об'єктивними методами.

Ідеї І.М. Сеченова одержали блискучий розвиток в експериментальних роботах І.П. Павлова, який створив вчення про ви-

щу нервову діяльність, відкрив шлях об'єктивного експериментального дослідження і вивчення функції кори великих півкуль за допомогою методу умовних рефлексів. І.П.Павлов відкрив нервовий механізм, який забезпечує складні форми реагування людини і вищих тварин на вплив зовнішнього середовища. Цим механізмом є умовний рефлекс. І.П. Павлов показав, що в корі великих півкуль головного мозку нервові зв'язки виробляються заново в процесі індивідуального життя тварин і людини в результаті комбінацій незліченної кількості діючих на організм і сприймаючих корою подразників. Механізми вищої нервової діяльності у вищих тварин і людини пов'язані з рефлексорною діяльністю ряду відділів головного мозку. Основне місце у цих механізмах посідає кора великих півкуль.

Структурною основою ВНД є нейронні центри кори великих півкуль і прилеглих до неї підкоркових утворень. Ці структури відрізняються багатофункціональністю, але ступінь їх нерівнозначний для різних утворень кори. У корі у процесі організації схеми поведінкового акту формуються різної складності нейронні ланцюги. Вони можуть включати різноманітні рефлекси (безумовні або умовні). ЦНС використовує і складніші форми, що позначаються як мотивації і емоції, розсудлива розумова діяльність, мова і воля. З відомою часткою умовності можна виділити наступні основні форми поведінкових реакцій організму людини і тварин: природжені (безумовні рефлекси, інстинкти), набуті: (імпринтинг, умовні рефлекси, розсудливі розумові процеси).

Взаємовідношення організму з середовищем здійснюється на основі сигналів, які поступають в нервову систему в результаті безпосереднього впливу предметів і явищ зовнішнього світу на рецептори. Цей тип сигналізації І.П. Павлов назвав першою сигнальною системою. У тваринному світі перша сигнальна система є єдиним каналом інформації організму про стан середовища. У людини під час виховання розвивається друга сигнальна система, яка характерна тільки для неї. Це визначає вищу нервову діяльність як вищу ступінь розвитку. Вона набуває нових

якостей, зумовлює розширення можливостей спілкування з зовнішнім світом і багатогранність творчих, психічних та інших явищ, але за фізіологічними механізмами – це рефлекторний процес, а за кінцевим наслідком – низка пристосувальних реакцій особи до навколишнього середовища. У людини в результаті еволюції нервової системи з'явилася і досягла досить високого розвитку свідомість як вища форма організації поведінки.

Друга сигнальна система є фізіологічною основою абстрактного мовного мислення, яке властиве тільки людині. Аферентні сигнали, які поступають в центральну нервову систему від органів мови, через слуховий і зоровий аналізатори, формують у людини складні рефлекси, зумовлюють звукову і письмову мову.

5.1. Умовні та безумовні рефлекси, їх формування в онтогенезі

Відразу після народження у дитини починають формуватися нові форми взаємодії нервових центрів, що забезпечують індивідуальні механізми організації поведінки. Вони утворюються під впливом дії реального навколишнього середовища. Основою їх формування є генетичні механізми розвитку нейронів і нервової системи, властивості нейронів і нервових центрів, а також зазначені природжені форми поведінки – безумовні рефлекси і їх ланцюжки – інстинкти.

Усю сукупність рефлекторних реакцій, які протікають в організмі і як результат абстрактно узагальнюючого відображення мозком навколишнього світу, І.П.Павлов розділив на дві основні групи: безумовні й умовні рефлекси.

Умовні рефлекси за багатьма ознаками відрізняються від безумовних (табл. 6).

Подразники, що викликають природжені, спадкові рефлекси, називаються безумовними. Подразники, що викликають набуті рефлекси, називаються умовними. Як умовний подразник може бути використаний будь-який подразник зовнішнього або внутрішнього середовища, який повинен бути індіферентним (бай-

дужим), тобто не викликати захисної реакції, не володіти надмірною силою, не бути здатним привертати увагу. І.П. Павловим була розроблена об'єктивна методика вивчення набутих або умовних рефлексів, яка ґрунтувалася на ізоляції досліджуваного організму від сторонніх подразників і на правильній реєстрації сигналу і відповіді на нього. Дослідження проводились на собаках у звукоізованих камерах, куди подавались дозовані подразнення світлом, звуком, механічними подразненнями шкіри тощо. Як відповідні реакції було обрано слиновиділення, яке проходило однією із слинних проток до виведення на зовнішню поверхню щоки тварини (методика фістули слинних залоз).

М.І. Красногорський для вивчення вищої нервової діяльності у дітей виробляв умовні рефлекси на звуки дзвінка.

Таблиця 6

Ознаки умовних та безумовних рефлексів

Безумовні рефлекси	Умовні рефлекси
1. Природжені генетично запрограмовані реакції організму на подразнення з зовнішнього або внутрішнього середовища, вони сформувалися і закріпилися в процесі еволюції і передаються спадково.	1. Реакції набуті, виробляються у тварин і людини в процесі індивідуального життя і надбовуються на базі безумовних рефлексів.
2. Відносно постійні, стійкі, незмінні та зберігаються протягом життя.	2. Непостійні – можуть виникати і зникати.
3. Є видовими, тобто властиві представникам даного виду.	3. Індивідуальні.
4. Здійснення зв'язане з діяльністю нижчих відділів ЦНС (підкоркові ядра, стовбур головного мозку, спинний мозок).	4. Здійснюються функцією вищого відділу ЦНС (кори великих півкуль головного мозку).
5. Виникають у відповідь на адекватні подразники, які діють на однорідне рецептивне поле.	5. Виникають на будь-які індивідуальні подразники, які діють на різні рецепторні поля.

Звук дзвінка був умовним подразником.

Тепер метод умовних рефлексів у процесі вивчення діяльності кори великих півкуль головного мозку і підкоркових структур поєднується з дослідженням електричних явищ (електроенцефалографія).

Умовний рефлекс – це складна багатокомпонентна реакція, яка виробляється на ґрунті безумовних рефлексів з використанням попереднього індиферентного подразника. Він має сигнальний характер та організм зустрічає дію безумовного подразника підготовленим. Наприклад, у передстартовий період виникає перерозподіл крові, посилення дихання і кровообігу, коли м'язове навантаження починається, організм вже до нього підготовлений.

Для вироблення умовного рефлексу необхідні наступні умови:

1. Два подразники, один з яких безумовний (їжа, больовий подразник тощо), один викликає безумовно рефлекторну реакцію, а інший - умовну (сигнальну), який сповіщає про майбутнє безумовне подразнення (світло, звук, вигляд тощо). Безумовний подразник повинен бути достатньо сильним, інакше тимчасовий зв'язок не сформується.

2. Основною умовою утворення умовного рефлексу є багатократне поєднання того чи іншого індиферентного подразника з безумовним (хоча можливе утворення умовного рефлексу під час їх кількаразового поєднання). Умовний подразник має бути індиферентним, збудження від безумовного подразника повинно бути більш сильним, ніж від умовного.

3. Індиферентний подразник має передувати безумовному, щоб набути сигнального значення.

4. Нервові центри, до яких адресовані подразнення, мають знаходитися у стані оптимального збудження. Необхідно усунути сторонні подразники, так як вони можуть викликати гальмування умовних рефлексів. Наприклад, після попередньої ізольованої дії світлового сигналу собаці подавалось підкріплення – м'ясосухарний порошок і реєструвалось виділення сли-

ни, тобто був вироблений умовний рефлекс, біологічний сенс якого полягає в підготовці організму до прийому їжі.

5. Під час утворення умовного рефлексу повинна бути **виражена мотивація**. Наприклад, для виникнення харчового слиновидільного рефлексу тварина повинна бути голодною, у ситої цей рефлекс не виробляється.

Важливою умовою формування умовних рефлексів є здоровий, діяльний стан вищих відділів центральної нервової системи, особливо клітин кори головного мозку.

Умовні рефлекси легше виробляються на екологічно близькі даному організму впливи. У зв'язку з цим умовні рефлекси діляться на натуральні та штучні.

Натуральні умовні рефлекси виробляються на агенти, які в природних умовах діють разом із подразником, що викликає безумовний рефлекс (наприклад, вигляд їжі, запах тощо).

Штучними називають **умовні рефлекси**, що виробляються на подразнення, які не мають до безумовної рефлексорної реакції природного відношення. Наприклад, слиновидільний рефлекс на дзвоник.

Вироблений умовний рефлекс може бути основою для утворення нового умовного рефлексу – **умовного рефлексу другого порядку**, а на основі другого може бути утворений умовний рефлекс третього порядку тощо. Умовні рефлекси можуть вироблятися не тільки на поодинокі зовнішні подразники, але й на їх комплекси, на порядкове місце подразника, на припинення його дії.

Усю сукупність безумовних і вироблених на їх основі умовних рефлексів прийнято за їх функціональним значенням поділяти на ряд груп. Головними з них є харчові, захисні, статеві, стато-кінетичні та локомоторні, орієнтувальні, збереження гомеостазу тощо. У групу статевих рефлексів включаються рефлекси, пов'язані із здійсненням статевого акту, а також батьківські рефлекси. До рефлексів збереження гомеостазу можна віднести рефлекси терморегуляційні, дихальні, серцеві, судинні та низка інших. До захисних рефлексів відносять реакції організ-

му, що спрямовані на захист від шкідливих впливів і виникають під час виникнення невідомого для організму подразника. З їх допомогою утворюються оптимальні умови сприймання подразнення. Це сприяє оцінці біологічного значення нового подразника. Здійснення цього рефлексу забезпечує краще сприйняття діючого агента та має важливе пристосувальне значення. І.П. Павлов образно назвав орієнтувальну реакцію рефлексом «Що таке?».

Складними формами безумовних рефлексів є *інстинкти*. Розрізняють чотири види найпростіших інстинктів: *материнський, статевий, їждобувний і захисний*. Особливістю інстинктів є те, що вони викликаються внутрішніми мотивами. В їх регуляції велике значення мають гормони та метаболічні фактори. Відмінними особливостями інстинктів є те, що вони мають ланцюговий характер реакцій і характеризуються багатьма властивостями домінанти.

Фізіологічною основою для виникнення умовних рефлексів є утворення функціональних тимчасових зв'язків у вищих відділах ЦНС. *Тимчасовий зв'язок* – це сукупність нейрофізіологічних, біохімічних і ультраструктурних змін у мозку, які виникають у процесі сумісної дії умовного і безумовного подразників. І.П. Павлов висловив припущення, що при утворенні умовного рефлексу формується тимчасовий нервовий зв'язок між двома групами клітин кори – корковим представництвом умовного і безумовного рефлексу. Оскільки роз'єднання коркових центрів умовного і безумовного рефлексів шляхом перерізання кори мозку не перешкоджає зникненню умовного рефлексу, то це свідчить про те, що тимчасовий зв'язок утворюється між корковим центром умовного рефлексу, підкорковим центром безумовного рефлексу і корковим центром безумовного рефлексу. У встановлених тимчасових зв'язках виявлені такі шляхи: кора – підкірка – кора. Важливу роль відіграють структури мозку – лімбічна система, таламус, ретикулярна формація.

Щодо питання про механізми утворення тимчасового зв'язку висловлені різні теорії. Можливо, утворення тимчасового

зв'язку протікає за принципом домінанти. Осередок збудження безумовного подразника завжди сильніший, ніж умовного, бо безумовний подразник завжди біологічно більш значимий. Цей осередок збудження є домінантним, відповідно притягує до себе збудження від осередку умовного подразника.

Згідно другого уявлення про механізми формування тимчасового зв'язку висловлена конвергентна теорія (П.К. Анохін). Умовний і безумовний подразники викликають поширену активацію коркових нейронів завдяки включенню ретикулярної формації. У результаті висхідні сигнали перекриваються, тобто настає зустріч цих збуджень на одних і тих самих нейронах кори. У результаті конвергенції збуджень виникають і стабілізуються тимчасові зв'язки між корковими представництвами умовного і безумовного подразників.

У процесі вироблення умовного рефлексу спостерігаються певні фази цього процесу: **1) генералізації** (узагальнення сприймаючого сигналу), основою чого є процеси іррадіації збудження в корі великих півкуль; **2) концентрації збудження** (реакція тільки на конкретний сигнал, що проявляється за рахунок умовного гальмування на сторонні сигнали); **3) стабілізації** (стійкості умовного рефлексу).

Окремі умовні рефлекси в певній ситуації можуть поєднуватись між собою в комплекси. Якщо здійснюється низка умовних рефлексів у строгому порядку з приблизно однаковими інтервалами і весь цей комплекс співпадань багатократно повторювати, то у мозку сформується єдина система, яка має специфічну послідовність рефлексорних реакцій, тобто раніше відокремлені рефлекси пов'язуються в єдиний комплекс. Виникає динамічний стереотип. Нейрони стійко можуть утримувати систему відповідних реакцій на повторювані умовні подразники. У подальшому, якщо застосувати тільки перший подразник, то у відповідь розгортаються всі останні реакції.

Динамічний стереотип – характерна особливість психічної діяльності людини. Багато навичок у людини, наприклад, вміння писати, грати на музичних інструментах, танцювати тощо. за

свою сутність є автоматичними ланцюжками рухливих актів, які ґрунтуються на утворенні динамічних стереотипів у корі великих півкуль головного мозку.

Організм дітей перших років життя значно відрізняються від організму дорослого. Уже в перші дні адаптації до життя поза материнським організмом дитина повинна освоїти необхідні навички харчування, пристосовуватись до різних температурних умов середовища, реагувати на навколишні подразники тощо. Усі ці реакції пристосування до умов зовнішнього середовища вимагають швидкого розвитку мозку, особливо його передніх відділів – кори великих півкуль. Однак, різні зони кори дозрівають не одночасно. Раніше всього, у перші роки життя дозрівають проєкційні зони кори (первинні поля) – зорові, моторні, слухові тощо, потім вторинні поля (периферія аналізаторів) і пізніше всього, у дорослому стані – третинні, асоціативні поля кори (зони вищого аналізу та синтезу). Так, моторна зона кори (первинне поле) в основному сформована вже до 4-х років, однак асоціативні поля лобної і нижньотім'яної області кори за територією, товщиною і ступенем диференціювання клітин до віку 7-8 років дозрівають лише на 80%, особливо відстає розвиток хлопчиків у порівнянні з дівчатками.

Умовні рефлекси у новонароджених відсутні, однак успадкований набір безумовних рефлексів не може забезпечити існування і життя людини. З моменту народження на дитину починає діяти безліч різноманітних подразників. Перехід у якісно інші умови життя вимагає і нових пристосувальних механізмів. Тільки грандіозна робота кори головного мозку з утворення умовних рефлексів забезпечує збереження життя організму і створює умови для подальшої різносторонньої діяльності людини. Важливим моментом в онтогенезі людини є утворення першого нервового тимчасового зв'язку в корі головного мозку. З цього моменту починається новий етап його розвитку.

Для першого місяця життя дитини характерні умовнорефлекторні реакції на контактні подразники. Пізніше діють дистантні подразники. Умовні рефлекси на них виробляються у віці від 1

до 6 місяців. З 7-8-го місяця умовним подразником стає слово. Швидкість утворення умовних рефлексів з віком прискорюється. Так, для дітей у місячному віці потрібно 16-24 повторень, а в 2-4-місячному – 2-8. Таким чином, вікова еволюція вищої нервової діяльності проявляється в прискоренні протокторення шляху в корі півкуль головного мозку. Стійкість тимчасових зв'язків з віком також зростає. Поступово виникає і вдосконалюється здатність півкуль головного мозку до внутрішнього гальмування. Наростає складність рефлексів. Із віком у дітей починають виявлятися слідові умовні рефлексии умовні рефлексии вищих порядків. У дітей при дії умовного подразника, який викликає умовний позитивний рефлекс, збудження виникає у великих півкулях зони того аналізатора, на який діє умовний подразник. У період утворення умовного рефлексу збудження іррадіює на близькі нейрони даного аналізатора та сусідніх аналізаторів (генералізація). Після утворення і зміцнення умовного рефлексу генералізація або іррадіація збудження із осередку умовного подразника у великих півкулях строго обмежена і знаходиться в межах одного аналізатора, збудження якого викликає умовний подразник.

Чим стійкіший умовний рефлекс, тим різкіше зменшується іррадіація збудження і навіть близькі подразники також перестають викликати умовний рефлекс (концентрація збудження). **Ступінь іррадіації збудження** залежить від рівня розвитку в онтогенезі кіркової області даного аналізатора. Під час слабкості кіркових процесів у дошкільників переважають підкіркові процеси збудження. Діти цього віку легко відвертають увагу при будь-яких зовнішніх подразненнях. У такому надзвичайно-м виявленні **орієнтувальної реакції** (за І.П. Павловим, рефлекс «Що таке?») відображається мимовільний характер їхньої уваги. У той же час довольна увага дуже короткочасна і діти 5-7 років здатні зосереджувати увагу лише на 15-20 хвилин.

У дитини перших років життя погано розвинуте суб'єктивне відчуття часу. Частіше всього вони не можуть правильно відміряти й відтворювати задані інтервали, вкладатись у час у проце-

сі виконання завдань, відчувається недостатня синхронізація внутрішніх процесів в організмі і малий досвід співвідношення власної активності з зовнішніми синхронізаторами (оцінкою тривалості протікання ситуацій, зміни дня і ночі тощо). Із віком відчуття часу покращується, максимум – у старшому шкільному віці. Умовні рефлекси на час утворюються в учнів завдяки замиканню тимчасових зв'язків у корі великих півкуль головного мозку на імпульси від рецепторів внутрішніх органів і мовні сигнали. Вони залежать від типу нервової системи, її збудливості, концентрації уваги, тренування. Точне відчуття часу має важливе значення для раціональної організації навчального процесу, трудової і спортивної діяльності.

Із 5-го місяця другого року життя у дітей утворюються слідові умовні рефлекси. **Слідовим** називається умовний рефлекс, який появляється після припинення дії умовного подразника на слід його, який зберігається в нервових клітинах головного мозку впродовж деякого інтервалу часу. Слідовий умовний рефлекс появляється в результаті утворення тимчасового нервового зв'язку між осередком у великих півкулях, які зберегли сліди минулого збудження та осередком збудження безумовного рефлексу. У дітей умовні слідові рефлекси характеризуються швидким утворенням, стійкістю, високою специфічністю і надзвичайною точністю. Наскільки старші діти, настільки більша у них тривалість слідового періоду. Слідові рефлекси є ще більш досконалим фізіологічним механізмом пристосування поведінки дитини до віддалених майбутніх ситуацій і мають у його житті важливе значення.

У віці 6-6,5 років послідовне утворення багатьох стереотипів без їх зміни відбувається швидше і легше, ніж у дітей 1,5-3 років.

У дітей молодшого шкільного віку дуже швидко, порівняно з дорослими, утворюються нові та відновлюються попередні стереотипи. Утворення динамічного рухового стереотипу у дітей середнього (12-14 років) і старшого (15-16 років) шкільного віку відбувається в основному так само, як у молодших школярів,

тобто спочатку збудження іррадіює, що проявляється в значній тривалості рухів і великих коливань їх амплітуди, а потім воно концентрується, зменшується прихований період і тривалість рухів, вирівнюється амплітуда. Стереотипи дуже важко піддаються переробленню. Тому труднощі перероблення стереотипів змушують звертати особливу увагу на правильність їх формування, вибору прийомів виховання і навчання дітей з перших років життя.

У дітей 7-9 років позитивні умовнорефлекторні зв'язки утворюються швидше. У деяких дітей вони стають стійкими з початку їх появи. Якщо умовний рефлекс не став стійким зразу, то для його зміцнення необхідно декілька додаткових повторень із безумовним подразником. Рефлекс на комплекс послідовних подразників виробляється легко і зразу на весь комплекс. Латентний період умовного рефлексу порівняно з попередньою віковою групою значно коротший.

У дітей 10-12 років позитивні умовні рефлекси як на прості так і на складні подразники появляються швидко і, як правило, зразу стають стійкими. Під час утворення рефлексів на комплекс послідовно діючих подразників умовна реакція виробляється зразу на весь комплекс, додаткові рухи та неадекватні реакції відсутні. Умовні рефлекси відрізняються великою стійкістю до зовнішніх подразників. Легко наступає переробка умовних рефлексів. Нові умовнорефлекторні зв'язки характеризуються стійкістю. Диференціювання утворюється легко і, як правило, стає стійким із моменту появи.

Підлітковий вік у дівчаток починається на рік раніше, ніж у хлопчиків. У дівчаток він починається у 12 і закінчується у 15 років, а у хлопчиків починається у 13 і закінчується у 16 років. У цей період безпосередньо переважають процеси збудження. В електроенцефалограмі появляються ритми, які характерні для підкіркових структур, що дає змогу припустити, що підвищення збудливості відбувається не тільки кори, а й підкірки. Відповідні реакції не адекватні подразненню – вони більш виражені. Погіршується диференціювання. Збудження має більш високий

ступінь іррадіації. Цим пояснюється присутність великої кількості додаткових рухів рук, тулуба, голови, ніг під час тієї чи іншої реакції, особливо у хлопчиків. Умовні рефлекси на безпосередні сигнали утворюються швидше, а на словесні сигнали – повільніше. Часто спостерігаються деякі зміни вегетативних функцій. Різко підвищується емоційність. На думку деяких авторів, усе це свідчить про пониження гальмівного впливу кори головного мозку і збудливий стан підкіркових структур. Ці явища більш виражені у дівчаток, ніж у хлопчиків. У хлопчиків різко виражена рухлива активність на відміну від гальмування рухів у дівчаток. Дівчатка стають сльозливими. Далі з'являються явища психічної нестійкості – швидкий перехід від пригніченого стану до радості та навпаки. Появляється різко критичне ставлення до дорослих, негативізм. Кіркові процеси характеризуються наростанням збудження і поглибленням усіх видів внутрішнього гальмування.

Приблизно з 15 років роль другої сигнальної системи починає знову зростати. Збудливий процес в корі та підкірці починає затихати. Посилюється внутрішнє гальмування і підліток вступає в юнацький вік з відносно гармонійним функціонуванням двох сигнальних систем. У дітей утворюються мовні рефлекси на дію додаткових умовних подразників, здатних спеціально прискорювати або уповільнювати, посилювати або послаблювати розвиток харчових або рухових рефлексів щодо основного умовного подразника. У них має місце також прискорення або уповільнення, посилення або послаблення умовних слухових або інших рефлексів під час дії словесних подразників – «скоріше», «повільніше», «сильніше», «слабше», «багато», «мало». Ефект на додаткові умовні подразники представництва того чи іншого аналізатора залежить від функціонального стану кори великих півкуль головного мозку.

Умовний рефлекс може бути одержаний у процесі застосування сумарного подразника, який містить два і більше умовних подразників, які раніше застосовувались окремо і нарізно підкріплювались безумовними подразниками. На відміну від сумар-

ного комплексним подразником називається складний подразник, який складається із двох і більше індиферентних подразників, які підкріплюються одночасним безумовним подразником. У цьому випадку комплексний подразник є одночасним. Якщо індиферентні подразники діють один за одним і останній з них підкріплюється безумовним подразником, то такий комплекс називається послідовним. Прикладом одночасного комплексу є умовний рефлекс на всю ситуацію, в якій виконується розумова або фізична робота, частина якої є певний умовний подразник, який сигналізує про початок даної роботи. Прикладом послідовного комплексу є умовний рефлекс на слово, яке складається із складів або речення із кількох слів. Комплексний умовний подразник може викликати позитивний або негативний умовний рефлекс. Умовні рефлекс на комплексні умовні подразники утворюються за тими ж законами, як і на поодинокі умовні подразники.

У процесі вивчення у дітей динамічних співвідношень між окремими подразниками, які складають комплексний подразник, виявилось, що всі вони діють як умовні подразники і найбільшу силу мають ті з них, які є фізично більш сильнішими і розміщені ближче до безумовного подразника. Чим більше число умовних подразників в комплексі, тим коротший час їх дії і тим вони слабші під час ізольованого застосування.

У процесі порівняння швидкості утворення умовних рефлексів в учнів молодшого, середнього і старшого віку встановлено, що чим старше учень, тим більше число компонентів умовного комплексного подразника, на який він може утворити умовний рефлекс.

Швидкість утворення умовного рефлексу на комплексний подразник, який складається із багатьох компонентів, більша в учнів старшого віку, ніж в учнів середнього й особливо молодшого віку. Швидкість утворення і стійкість умовних рефлексів на комплексний подразник як єдине ціле збільшується у дітей із віком.

5.2. Гальмування у вищій нервовій діяльності, його вікові особливості

Для забезпечення пристосування і адекватної поведінки необхідна не тільки здатність до вироблення нових умовних рефлексів і їх тривале збереження, але і можливість до відсторонення тих умовно рефлексорних реакцій, необхідності яких організм не потребує. Зникнення умовних рефлексів забезпечується процесами гальмування. За своїм походженням гальмування умовних рефлексів може бути безумовним (вродженим) і умовним (виробленим упродовж життя).

Безумовне (зовнішнє) гальмування може бути індукційним і позамежним. Цей вид гальмування умовних рефлексів виникає зразу у відповідь на дію стороннього подразника. Явища безумовного гальмування умовних рефлексів легко зникають, не потребують вироблення, виявляють свою дію під час першого ж застосування нового подразника або, коли він перевищує межу працездатності коркових клітин (надто сильний).

Індукційне гальмування виникає під впливом нового подразника, який створює домінантний осередок збудження і формується орієнтувальний рефлекс. Воно є наслідком негативної індукції і зумовлює зникнення уваги та можливість її переключення. Біологічне значення індукційного гальмування ґрунтується на тому, що загальмування безпосередньо умовнорефлекторної діяльності, воно дозволяє переключити організм на визначення значущості та ступеня шкідливості нового впливу. Якщо ж сторонній подразник містить біологічно важливу інформацію, то він завжди викликає гальмування умовного рефлексу і стає постійним гальмуванням.

Позамежове гальмування відрізняється від зовнішнього безумовного (індукційного) за механізмом виникнення і фізіологічним значенням. Воно виникає під час надмірного збільшення сили або тривалості дії умовного подразника, у результаті того, що сила подразника перевищує працездатність коркових клітин. Отже, у нервових клітин є межа працездатності, за якою подальше посилення збудження або збільшення часу його дії спри-

чиняє гальмування. Це гальмування має захисне значення, тому що перешкоджає виснаженню нервових клітин. Поза межове гальмування виникає також під дією не тільки дуже сильного подразника, але і під дією невеликого за силою, за тривалістю і одноманітного за характером подразника. Це подразнення, постійно діє на одні і ті ж коркові елементи, призводить їх до виснаження, а, відповідно, супроводжується виникненням захисного гальмування, наприклад, після важкого інфекційного захворювання, стресу, частіше розвивається у людей похилого віку. Як індукційне, так і поза межове гальмування властиве не тільки корі великих півкуль головного мозку, а й усім іншим відділам нервової системи.

У дошкільників умовні рефлекси нестійкі до зовнішніх подразників. Сторонні подразники, які діють за декілька секунд до початку дії умовного подразника, у значної частини дітей гальмують рефлекс. Повільне підвищення стійкості, їх нестійкість до зовнішніх подразників, широка іррадіація збудливого і гальмівного процесів свідчать про слабкість нервових процесів в корі головного мозку у дітей дошкільного віку. У період від 5 до 7 років у дітей зменшується значення зовнішнього гальмування, а зовнішній подразник, який раптово виникає, не так сильно впливає на умовні рефлекси, як у попередні роки.

Для дітей 10 – 12 років характерно швидке і стійке утворення як позитивних, так і гальмівних умовних рефлексів. Умовнорефлекторні зв'язки можуть бути легко перероблені. Достатня сила індукційних впливів і швидке зникнення післядії гальмівних подразників дає змогу виокремити швидку концентрацію нервових процесів.

Вища нервова діяльність підлітків 12 – 16 років характеризується низкою особливостей. Початковий період статевого дозрівання дещо послаблює функціональний рівень коркової діяльності. Кіркові процеси характеризуються наростанням збудження і послабленням усіх видів внутрішнього гальмування. **Внутрішнє (умовне) гальмування** має умовний характер і вимагає спеціального вироблення. Біологічне значення внутріш-

нього гальмування умовних рефлексів полягає в тому, що у змінних умовах зовнішнього середовища змінюється реакція на наявні (звичні) сигнали. Це сприяє тому, що умовний рефлекс пригнічується, подавляється. Під час внутрішнього гальмування коркові клітини призупиняються поступово, довго зберігають гальмування; крім того, воно настає саме у тих клітинах, в яких відбувався процес збудження.

Найпростішим прикладом внутрішнього гальмування є гальмування, що згасає. Якщо умовний подразник застосовувати повторно без підкріплення, то умовний рефлекс з кожним разом слабшає і, нарешті, зникає. Іноді спостерігають хвилеподібне згасання, іноді поступове, без коливань. **Згасання умовного рефлексу** залежить від типу нервової системи. У збудливих людей згасання відбувається повільніше. На швидкість згасання впливає також міцність рефлексу – чим умовний рефлекс міцніший, тим повільніше буде згасання. На скільки частіше застосовується повторний подразник, на стільки швидше настає гальмування. На згасання впливає також сила безумовного рефлексу, на ґрунті якого вироблено умовний. **Умовні оборонні рефлекси** згасають повільніше, ніж харчові. Умовні рефлекси, утворені на діяльність внутрішніх органів, також згасають повільно. Час, який потрібний для відновлення умовного рефлексу, свідчить про глибину його згасання. **Швидкість відновлення згаслого умовного рефлексу** залежить від індивідуальності людини, міцності та глибини згасання. Відновлення згаслого рефлексу можна прискорити підкріпленням.

Отже, **згасання** – це не руйнування тимчасового зв'язку нервових центрів, а тимчасове гальмування умовного рефлексу. Згасання також не втома, бо при підкріпленні подразник зумовлює сильне слиновиділення або іншу умовну реакцію. У процесі утворення гальмування в центрах виникає боротьба збудження і гальмування, яка триває, поки не здобуде переваги. Показником боротьби є хвилястість процесу, яка іноді спостерігається у процесі розвитку гальмування. Як збудження, так і гальмування можуть сумуватись, тому чим частіше застосовують гальмівні

подразники, тим швидше настає сумація гальмування.

Гальмування поширюється з вихідного центра на інші, чим і пояснюється зниження збудливості і навіть настання гальмування інших умовних рефлексів. Згаслий умовний рефлекс можна розгальмувати, коли застосувати сторонній агент або безумовний подразник.

Запізнювальне гальмування. Під час вироблення умовних рефлексів умовний подразник повинен передувати безумовному. Час, який потрібний від початку дії індиферентного подразника до дії безумовного, може бути від 1сек. до 3хв. При збільшенні інтервалу між початком дії умовного подразника і моментом підкріплення (2-3 хв.) умовна реакція все більше запізнюється і починає виникати лише безпосередньо перед засвідченням підкріплення. Відставання умовної реакції від початку дії умовного подразника вказує на вироблення умовного гальмування. Біологічне значення *запізнювального гальмування* полягає в тому, що поведінка людини відрізняється залежно від початку впливу умовного подразника і початку події. Під час запізнювального умовного рефлексу діють подразники на час. У житті ми спостерігаємо багато прикладів умовних рефлексів на час. Розвиток запізнювального гальмування лежить в основі виховання у людини витримки та дисципліни. Запізнювальне гальмування у дітей виробляється з великими труднощами під впливом виховання і тренування. Тільки під час досягнення дітьми старшого шкільного віку, у них спостерігається витримка, вміння стримувати свої бажання, сила волі.

Умове гальмування. Це вид внутрішнього гальмування, коли до умовного подразника, на ґрунті якого був утворений умовний рефлекс, додається будь-який індиферентний подразник і цей новий комплекс подразників не підкріплюється. Якщо в собаки виробити умовний рефлекс на метроном, а потім без підкріплення приєднати світло і таку комбінацію повторювати, то помітимо, що вона не дає ефекту, тоді як застосування самого лише цокання метронома, завжди підкріплюваного, лишається дійовим. Таке явище І.П.Павлов назвав *умовним гальмом*.

Під час його утворення видно, що коли новий подразник додають за кілька секунд до дії умовного або під час його дії, умовне гальмування утворюється швидко. В інших випадках, коли додатковий подразник припиняє свою дію, а потім починає діяти умовний подразник, умовне гальмування не утворюється. При інтервалі в 10 сек. після закінчення дії додаткового агента умовне гальмування не утворюється або утворюється **умовний рефлекс другого порядку**, тобто додатковий агент перетворюється в умовний збудник. Якщо ж застосувати дуже сильний додатковий подразник, то умовне гальмування можна виробити і при інтервалі 20 сек. Під час утворення умовного гальмівного рефлексу інтервал між подразниками може бути збільшений до 1 хв. У деяких випадках додатковий агент зменшує дію умовного подразника, що можна пояснити зовнішнім гальмуванням; в інших випадках помітне не зниження, а збільшення ефекту такої комбінації подразників. Швидкість утворення умовного гальмування залежить від індивідуальних особливостей людини або типу нервової системи, від сили додаткового агента. Утворення першого умовного гальмування забирає більше часу. Гальмування діятиме на інші умовні рефлекси, загальмовуючи їх.

Умовне гальмування має важливе значення в житті людини. Воно виявляється під час навчання, виховання, занять спортом. Різні правила, норми поведінки, дотримання законів суспільства ґрунтуються на умовному гальмуванні. Умовне гальмування (гальмо) втрачають люди, які зловживають алкоголем і наркотиками. Без умовного гальмування (гальма) людина здатна на різні протиправні вчинки, кримінальні дії.

Диференціувальне гальмування є дуже важливим фактором у регуляції функцій організму та його взаємодії з навколишнім середовищем. Диференціувальне гальмування розвивається при умові, якщо один з двох близьких за природою подразників під час утворення умовного рефлексу пригнічується, а другий – підкріплюється. Якщо вироблення диференціувань спостерігати за слиновиділенням, то неважко помітити, що спочатку слина виділятиметься на підкріплюванні і подібні непідк-

ріплювані подразники; згодом на подразник, що менше нагадує підкріплюваний, тварина перестає реагувати, і слина виділяється лише на подразник, який підкріплювався. Диференціювання має дві особливості: перша є причиною того, що подразники, близькі до умовного, діють подібно до нього; другою особливістю є те, що при цьому помітно дію орієнтувального рефлексу, який гальмує умовний рефлекс, а згодом його гальмівна дія згасає.

Можна віддиференціювати навіть дуже близькі подразники, наприклад: 100 ударів метронома від 96 або коло від еліпса з відношенням півосей 5:6:7:8:9.

Диференціювання виникає повільно. В основі диференціювання лежить процес гальмування. Сказане можна довести спостереженням, з якого видно, що чим більше застосовуємо повторень диференційованого агента, тим глибшим стає гальмування.

Далі у клітинах кори головного мозку залишається післядія гальмівного характеру. Це явище називається *послідовним гальмуванням*. Воно тим сильніше, чим ближче один до одного стоять диференційовані агенти.

Послідовне гальмування помітно і при інших видах внутрішнього гальмування. Воно чітко виявляється на прикладі умовного рефлексу – він або зменшується, або не настає.

Диференціювальне гальмування може бути розгальмоване. Виникнення диференціювального гальмування залежить від сили подразника, типу нервової системи, рівня збудливості нервових центрів тощо.

Підвищити збудливість центрів можна кофеїном, а під час харчових рефлексів – голодом.

Завдяки диференціювальному гальмуванню відбувається пристосування до мінливих умов середовища. При цьому діє або орієнтувальний рефлекс, або диференціювальне гальмування. **Орієнтувальний рефлекс** має в своїй основі збудження, яке гальмує умовні рефлекси або розгальмовує. Це результат розрізнення, або диференціювання подразників. Розрізнення близь-

ких за характером сигналів уточнює діяльність організму, сприяє тонкому розрізненню предметів і явищ навколишньої природи і суспільного життя. У дітей диференціувальне гальмування досягає свого функціонального вдосконалення між 3 і 4 роками. Швидкість і стійкість диференціювання з віком збільшується. Тонке диференціювання у дітей здійснюється з великим напруженням нервової системи і може привести до неврозу.

Умовні рефлекси мають *сигнальне (пристосовне) значення* для організму. Вони попереджають людину або тварину про небезпеку, дають знати про близькість їжі тощо. У боротьбі за існування виживає та тварина, у якої швидше і легше формуються умовні рефлекси.

Умовні рефлекси залежно від умов можуть з'являтися і згасати або зникати. У результаті за рахунок умовних рефлексів організм може більш абсолютно пристосовуватися до навколишнього середовища, до змінних умов існування.

І.П. Павлов, коли характеризував значення умовних рефлексів, підкреслював, що умовні рефлекси уточнюють, стоншують і ускладнюють відносини організму із зовнішнім середовищем. Ланцюги складних умовних рефлексів лежать в основі дисципліни, виховання, навчання.

Динамічний стереотип — це послідовний ланцюг умовно-рефлекторних актів, які здійснюються в чітко визначеному, закріпленому в часі порядку і є наслідком складної системної реакції організму на систему позитивних (тих, що підкріплюються) і негативних (або гальмівних) умовних подразників.

Вироблення динамічного стереотипу — приклад складної синтезуючої діяльності кори, він є основою утворення звичок у людини, формування певної послідовності в трудових операціях набуття вміння і навичок.

Ходьба, біг, стрибки, катання на лижах, гра на роялі, користування під час їжі виделкою, ложкою, ножом, письмо — все це навички, в основі яких лежить утворення динамічних стереотипів у корі великого мозку.

5.3. Типи вищої нервової діяльності.

Перша і друга сигнальні системи, їх розвиток в онтогенезі

Умовнорефлекторна діяльність залежить від індивідуальних властивостей нервової системи. Сукупність цих властивостей, визначає характер вищої нервової діяльності, яка зумовлена спадковими особливостями даного індивідуума та його попереднім життєвим досвідом, називається типом вищої нервової діяльності.

На ґрунті експериментального вивчення всього комплексу індивідуальних особливостей вищої нервової діяльності встановлені основні його типи і визначається належність даного організму до того чи іншого типу. І.П.Павлов, коли керувався багаторічним лабораторним вивченням вищої нервової діяльності, надавав основного значення при класифікації типів трьом властивостям нервової системи, які він вважав найбільш надійними показниками нервової активності. Цими показниками є сила процесів збудження і гальмування, їх взаємна врівноваженість, тобто співвідношення сили збудження і сили гальмування, а також їх рухливість, тобто швидкість, з якою збудження може замінюватись гальмуванням і навпаки.

І.П. Павлов виділив чотири основних *типи вищої нервової діяльності*: 1) *тип сильний, але неврівноважений*, який характеризується перевагою збудження над гальмуванням («нестримний»); 2) *тип сильний, врівноважений*, з великою рухливістю нервових процесів («жвавий»); 3) *тип сильний, врівноважений*, з малою рухливістю нервових процесів («спокійний»); 4) *тип слабкий*, який характеризується слабким розвитком як збудження, так і гальмування, зі швидкою виснаженістю нервових клітин, що призводить до втрати працездатності.

Від індивідуально-типологічних властивостей при інших рівних умовах залежить різна швидкість утворення умовних рефлексів, їх величина і стійкість, інтенсивність внутрішнього та зовнішнього гальмування, швидкість іррадіації і концентрації нервового процесу, здатність до індукції, різна піддатливість до різних впливів, які викликають патологічний стан вищої нерво-

вої діяльності.

На думку І.П. Павлова, чотири типи нервової системи, встановлені у досліджах на тваринах, співпадають з темпераментами, які встановлено у людей лікарем Гіппократом, який жив ще у IV ст. до н.е.. Сильний, неврівноважений тип з перевагою збудження відповідає *холеричному темпераменту*; сильний, врівноважений, рухливий – *сангвіністичному*; сильний, врівноважений, з малою рухливістю нервових процесів – *флегматичному*; слабкий тип – *меланхолічному темпераменту*.

Описані типи характерні для тварин і людини. Вони репрезентують лише вихідні особливості нервової системи, між якими може бути значна кількість перехідних типів.

Якщо зважати на те, що людині притаманна якісно особлива нервова діяльність, яка містить мовну функцію, І.П. Павлов поряд із чотирма спільними для людини і тварин типами виділив специфічні типи ВНД людини в залежності від взаємодії та врівноваженості сигнальних систем:

1. *Художній тип*. Характеризується перевагою першої сигнальної системи над другою. До цього типу відносяться люди, які безпосередньо сприймають дійсність, для них характерне образне, предметне мислення. 2. *Мыслительний тип*. Це люди з перевагою другої сигнальної системи над першою, люди з вираженою здатністю до логічного, абстрактного мислення. 3. *Середній тип*. У представників цього типу немає переваги однієї сигнальної системи над другою. мыслительный

Серед дорослих людей кількість осіб з перевагою другої сигнальної системи становить близько половини населення. Близько 25% становлять особи з перевагою першої сигнальної системи і приблизно 25% - особи, які мають рівновагу обох систем. Відповідно цим типам, у наш час розрізняють 2 основних форми інтелекту людини:

- *Невербальний інтелект*, який відображає природні можливості індивідуума маніпулювати з безпосередніми (особливо зорово-просторовими) подразниками.
- *Вербальний інтелект*, який відображає здатність маніпу-

лювати зі словесним матеріалом, що відображає характер поведінкових реакцій.

Зустрічаються поодинокі випадки рідкого типологічного варіанту, до якого відносяться люди, у яких є особливо сильний розвиток як першої, так і другої сигнальних систем. Ці люди здатні як до художньої, так і до наукової творчості, належать до геніальних особистостей.

Із властивостями нервової системи пов'язаний темперамент людини, але поведінка її залежить від свідомості, яка виробилась вихованням. Тому, коли характеризуємо поведінку людини, треба виходити не тільки з особливостей нервової системи, а й з умов життя в суспільстві; свідомість людини соціально зумовлена. Припускають, що природжені властивості нервової системи можна переробити вихованням, особливо у молодому віці. Так, вихованням можна змінити неврівноважений тип нервової системи на врівноважений, тому виховання у молодому віці набуває особливого значення.

Основні типи нервової системи зустрічаються в «чистому» вигляді дуже рідко. У більшості людей присутні риси всіх типів із перевагою одного з них, вони мають генетичну природу й успадковуються від батьків. Однак, у процесі виховання генетичні передумови суттєво піддаються корекції, тому вчинки людей у складних обставинах визначаються, головним чином, здатністю стримувати себе та реагувати відповідно до норм, які встановлює суспільство. Вегетативні ж реакції стримувати майже неможливо, і тому в складних надзвичайних умовах вони виявляються у відповідності з типом вищої нервової діяльності.

Чи досить для пояснення фізіологічних механізмів розумової діяльності людини умовнорефлекторної теорії, чи для цього необхідно шукати додаткові обґрунтування? Це питання розглядав ще І.П. Павлов, який писав, що коли мавпа будує свою вежу для того, щоб дістати плід, що це «умовним рефлексом» назвати не можна. Це випадок утворення знань, розуміння нормального зв'язку між речами – те, що лежить в основі всієї наукової діяльності, законів причинності.

Вища нервова діяльність людини відрізняється від цілеспрямованих актів поведінки тварин низкою особливостей. Головна з них полягає у тому, що пристосувальні реакції людини виявляються через свідомість, тому з'ясування фізіологічних механізмів вищої нервової діяльності людини потрібно починати з аналізу нервових механізмів свідомості. Для того, щоб вибрати схему цієї найскладнішої функції біологічної матерії з позицій фізіології, необхідно розглянути основні **критерії свідомості**: 1) **сприйняття дійсності у мовній формі**. На ґрунті мови формується абстрактне мислення і відбувається оперування загальними положеннями; 2) **здатність виділяти з численних явищ навколишнього середовища найважливіші та зосереджувати на них увагу**; 3) **здатність до прогнозування та очікування**; 4) **усвідомлення суспільства, людей, своєї власної особистості**; 5) **здатність формувати етичні й естетичні цінності**.

Аналіз окремих критеріїв свідомості дає змогу зробити принаймні два принципових припущення - по-перше, окремі її риси властиві не тільки людині, а й тваринам, по-друге, свідомість і навчання – два різних прояви розумової діяльності.

Здатність визначати закони природи й уміння використовувати їх для задоволення власних потреб є чи не головною властивістю мозку. Формування поведінки, адекватної обставинам, а в людини формування логічної прогностичної задачі здійснюється відбором функціональних об'єднань нейронів за участю свідомості. **Свідомість** пов'язується з діяльністю структур середнього, проміжного і переднього мозку, які об'єднуються в єдине ціле. Велике значення у підтриманні стану свідомості належить проміжному мозку і зоровому горбу та його зв'язкам з корою півкуль. Під час видалення різних ділянок кори півкуль головного мозку свідомість не втрачається, так як після блокування шляхів, що з'єднують кору з проміжним мозком, особливо зоровим горбом, а також після вимкнення самого проміжного мозку, свідомість втрачається негайно. Таким чином, нейронними об'єднаннями є генетично запрограмовані функції, які

здатні визначити закони, за якими відбуваються зміни явищ у навколишньому середовищі, розташовані принаймні у середньому, проміжному та кінцевому мозку. Вибір певного пакету програм розумової діяльності, внесення в кожну програму уточнень або перекомбінація програм у пакеті здійснюється під впливом фізіолого-генетичних механізмів у відповідності з біологічними і соціальними потребами.

У процесі удосконалення нервової системи виникають структури, які забезпечують відображення навколишньої дійсності у формі мовних сигналів. Сприймання органами чуттів сигналів із зовнішнього та внутрішнього середовища і фіксування їх мозком людини і тварин І.П. Павлов назвав **першою сигнальною системою**, а відображення навколишньої дійсності шляхом узагальнення абстрактних понять за допомогою слів – **другою сигнальною системою**. Слово діє на центральну нервову систему своїми фізичними якостями і смисловим значенням, тому є складним умовним подразником. У людини, під час її соціального розвитку, у результаті трудової діяльності з'явилась друга сигнальна система, яка пов'язана зі словесною сигналізацією, з мовою. Поява другої сигнальної системи у людини набагато збільшує обсяг інформації. Мова людини сприяє спілкуванню, абстрактному мисленню, інтелектуальній діяльності, регуляції енергетичного та пластичного забезпечення функцій в організмі. Друга сигнальна система функціонує завдяки інформації, яка надходить від сигнальної системи, яка трансформує її у специфічні мовні поняття.

Розрізняють три **форми мови: слухову, зорову і кінестетичну** (міміки, жестів). Реалізація кожної форми забезпечується функціонуванням відповідного аналізатора. Особливістю слухової форми мовлення є те, що звуковий потік розділяється на елементи (слова), кожен з яких утримується в чуттєвій пам'яті близько 0,01 сек., а потім відбувається консолідація слів у поняття. Таким чином, здійснюється дискретність інформації і виробляється зручна форма для фіксації її у довгостроковій пам'яті.

У процесі мовлення беруть участь багато функціональних структур кори півкуль великого мозку, але окремі її ділянки мають велике значення під час виконання цієї функції, тому їх називають мовними аналізаторами, або центрами мови (рис. 17).

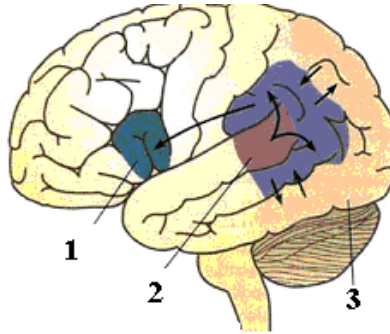
У задніх відділах нижньої лобної закрутки знаходиться центр артикуляції і мови, або центр Брока. Його пошкодження звичайно призводить до втрати мови (афазії). У задній частині верхньої скроневої закрутки розташований слуховий центр Верніке. Під час його пошкодження втрачається здатність розуміти зміст слів. На середній поверхні потиличної долі знаходиться зоровий центр, пошкодження якого викликає втрату здатності впізнавати написане.

У дитини, яка навчилася розмовляти, ураження мовних центрів лівої півкулі викликає повну афазію. Однак, приблизно через рік мова відновлюється.

При цьому її центр переміщується у відповідну зону правої півкулі. Така передача мовного домінування від лівої півкулі до правої можлива лише до 10-річного віку. Після цього здатність до формування центра мови у будь-якій із півкуль втрачається.

Мовна (аналізаторна) функція виконується, як правило, лівою півкулею великого мозку. Це спостерігається у всіх правшів і у 70% лівшів, що підтверджується як клінічною практикою, так і електрофізіологічним подразненням відкритої зони під час хірургічних операцій. А зони кори, які контролюють артикуляцію, локалізуються в обох півкулях великого мозку.

Мовна функція не є вродженою особливістю вищої нервової діяльності людини. Її дитина набуває в процесі навчання, через спілкування з дорослими. Ось чому зовнішнє середовище є основним фактором розвитку вищої нервової діяльності людини.



*Рис. 17. Центри мови: 1 – зона Брока; 2 – зона Верніке;
3 – зона розпізнання значення слів*

Виникнення і розвиток другої сигнальної системи, тобто перетворення словесного подразника в «сигнал сигналів», підпорядкований певним закономірностям.

На 7-8-му місяці життя дитини слово вперше набуває значення умовного сигналу. Але до 1,5-2 років перетворення слова в умовний подразник відбувається під час безпосереднього підкріплення його подразником першої сигнальної системи. Таким чином, на цьому віковому етапі розвитку людини слово перетворюється в умовний подразник, який зумовлює діяльність, внаслідок виникнення тимчасових зв'язків між корковими ділянками аналізатора першої сигнальної системи і корковими ділянками мовнорухового аналізатора.

Терміни розвитку в онтогенезі сенсорної і моторної мови не співпадають. Розвиток сенсорної мови передуює розвитку моторної мови. Ще до того, як дитина навчилася розмовляти, вона вже розуміє смисл окремих слів.

У **становленні мови** виділяють наступні етапи: 1) підготовчий етап, або етап **вимовляння окремих звуків і складів** (від 2-4 до 6 місяців); 2) етап **виникнення сенсорної мови**, тобто прояву перших ознак умовного рефлексу на слово (6-8- місяців); 3) етап **виникнення моторної мови**, тобто висловлення смислових слів (10-20 місяців).

У надбанні нових словесних понять велику роль відіграє поєднання словесних подразнень із діяльністю рухового аналізатора. Дослідженнями встановлено легкість перетворення слова в умовний подразник під час поєднання з триманням предмета в руках. Немає сумніву, що причиною таких зв'язків є мор-

фологічна близькість, що зумовлює тісну функціональну взаємодію між руховим і мовноруховим аналізаторами. У формуванні другої сигнальної системи дітей велику роль відіграє моторний фактор.

Уже з дворічного віку, друга сигнальна система не так залежить від першої сигнальної системи. Нові слова набувають змістовного значення внаслідок вироблення тимчасових нервових зв'язків з уже відомими дитині словами. Слід зазначити, що у цьому віці зберігається взаємодія першої і другої сигнальних систем, яка до цього розвивається і вдосконалюється у зв'язку з наростанням швидкості утворення тимчасових нервових зв'язків між обома сигнальними системами. З розвитком другої сигнальної системи тимчасові зв'язки між аналізаторами, які сприймають нові слова, і другим словесним аналізатором виникають швидше, ніж з аналізаторами першої сигнальної системи. Швидкість функціонування другої сигнальної системи, збільшення цієї швидкості в процесі онтогенезу є однією з причин розвитку її вдосконалення.

На 7-8-му році життя особливості вищої нервової діяльності дітей починають наближатись до вищої нервової діяльності дорослих. У цьому віці агенти першої сигнальної системи, як і будь-який безумовний подразник, можуть бути зв'язані зі словесним подразником. Заміна дії агента першої сигнальної системи словом і навпаки забезпечують прояв будь-якого умовного рефлексу як позитивного, так і негативного.

Морфологічні та функціональні особливості другої сигнальної системи, численні міжнейронні зв'язки, швидкість процесів, пов'язаних, очевидно, з функціональною рухомістю нервових клітин, перетворюють їх у прилад, ланки якого здатні в широких межах замінити одна одну.

До 12 місяців словниковий запас дитини становить 10-12 слів, до 18 – 30-40, до 24 місяців – 200-300, до 36 міс. – 500-700, в окремих випадках – до 1500 слів. До 6-7 років з'являється здатність до внутрішньої мови, тобто до мислення.

Здатність мислити шляхом абстрактних образів, понять, що

виражається висловленими або написаними словами, зробило можливим виникнення абстрактно-узагальненого мислення.

Отже, друга сигнальна система людини є основою безпосередньо людського словесно-логічного мислення, основою формування знань про навколишній світ через словесну абстракцію та основу людської свідомості.

Таким чином, з розвитком другої сигнальної системи і відносним звільненням її від першої сигнальної системи спостерігається перехід від конкретного мислення дитини до абстраговано-логічного мислення дорослої людини.

Вища нервова діяльність дітей порівняно з дорослими характеризується більшим виявленням індивідуальних рис, а саме, чим молодша дитина, тим яскравіше виявлені ці риси.

Таким чином, чим молодша дитина, тим яскравіше виявляється вроджений генотип із загального обліку фенотипу. Разом з більшою виразністю тип вищої нервової діяльності в дітей характеризується більшою мінливістю і меншою функціональною стійкістю. Молодший вік дитини є сприятливим для формування типових властивостей вищої нервової діяльності, гігієни і профілактики організму.

Кожний педагог повинен знати, що молодий організм дуже мінливий і чутливий до змін зовнішнього і внутрішнього середовища. Будь-яка зміна зовнішнього середовища впливає на всі функції організму. Зміна обмінних процесів позначається на нервовій діяльності, на коркових реакціях дитини. Чим молодша дитина, тим більше відбивається зміна середовища на її вищій нервовій діяльності. Усе це потребує відповідних знань, щоб створити означений режим для дітей різного віку.

Під час пошкодження вищої нервової діяльності спочатку порушується діяльність другої сигнальної системи, потім розлагоджується перша сигнальна система, порушується здатність кори головного мозку до гальмування, зменшується швидкість виникнення гальмування, воно слабшає, знижується стійкість гальмівного стану.

У важких випадках у зв'язку з порушенням процесу збу-

дження порушується функція замикання кори, знижується величина і стійкість умовних рефлексів, настає стан дифузного позамежового гальмування.

Отже, наймолодші ділянки нервової системи виявляються найуразливішими ланками, ніж старіші. Молодший вік дитини є найсприятливішим для різних заходів, спрямованих на розвиток і закріплення бажаних рис поведінки.

5.4. Інтегративні процеси в центральній нервовій системі як основа психічних функцій

Пам'ять, її значення і фізіологічні механізми. *Пам'ять* – це властивість будь-якої системи, нервової включно, зберігати в закодованому вигляді інформацію, що за певних умов може бути виведена з системи без порушення запису. Вона допомагає тварині та людині використовувати свій минулий досвід (видовий та індивідуальний) і пристосовуватися до умов існування. Одним із механізмів пам'яті є умовні рефлекси, головним чином сліди. Термін «пам'ять» широко застосовують у біології (біологічна пам'ять) і в техніці (електронна пам'ять кібернетичних машин).

Формами біологічної пам'яті є генетична, імунологічна та нейронна пам'ять. Носієм генетичної пам'яті є дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК), яка забезпечує спадковість рослинного і тваринного світу. Імунологічна пам'ять людини і тварин полягає у здатності Т-лімфоцитів і В-лімфоцитів після першої зустрічі з чужорідним агентом (антигеном), запам'ятовувати його й у процесі повторного контакту забезпечувати захисну імунологічну реакцію. Нейронна або нервова пам'ять – здатність головного мозку сприймати, відбирати, закріплювати, зберігати і втрачати інформацію. У складі пам'яті виділяють процеси *запам'ятовування, збереження і відтворення*, включно з пізнанням, спогадом, пригадуванням.

За тривалістю зберігання інформації пам'ять поділяють на короткочасну і довготривалу. До *короткочасної* належить сенсорна і первинна пам'ять, до довготривалої – вторинна і третин-

на пам'ять. У залежності від аналізаторів, через які в ЦНС надходить початкова інформація, розрізняють зорову, слухову, нюхову, тактильну, рухову та інші типи сенсорної пам'яті. У людей фізичної праці, спортсменів добре розвинута **рухова пам'ять**, у сліпих – тактильна.

Короткочасна пам'ять виникає у дітей у віці 3-4 місяців, а довготривала – в 3-4 роки, з 7 років запам'ятовування з підсвідомого переходить у свідоме. Недостатнє спілкування з людьми негативно позначається як на короткочасній, так і на довготривалій пам'яті.

Основу **сенсорної пам'яті** складають слідові процеси, що тривають деякий час після припинення дії подразника на рецептори відповідного аналізатора. Так, якщо махнути рукою перед очима, можна побачити слабкий слід, що залишився після того, як руку опущено. Сенсорні сліди відіграють важливу роль у житті людини під час читання, сприйняття чужої та своєї мови, зображень на кіно- та телеекранах. У деяких людей сенсорна пам'ять може тривати десятки хвилин.

Первинна пам'ять триває кілька секунд. Вона відповідає за зберігання інформації, закодованої словесно. Первинна пам'ять приблизно відповідає короткочасній пам'яті, але ці поняття не ідентичні.

Інформація, не закодована у вигляді слів, не затримується в первинній пам'яті. Вона переходить із сенсорної пам'яті у вторинну або безпосередньо, або через проміжну стадію зберігання.

Для тривалішого зберігання інформації в первинній пам'яті необхідне багаторазове її повторення. Перехід інформації із первинної пам'яті у вторинну також залежить від повторення інформації. **Вторинна пам'ять** характеризується великою ємністю і тривалістю (від декількох хвилин до декількох років).

Третинна пам'ять забезпечує найтриваліше зберігання інформації, одержаної з професійних навичок. Інформація «третинної пам'яті» практично не забувається протягом усього життя людини.

За характером запам'ятовування розрізняють образну, умовно-рефлекторну, емоційну і словесно-логічну види пам'яті. Всі вони можуть існувати і в короткочасній, і в довгочасній пам'яті.

Образна пам'ять – збереження в пам'яті та репродукція одноразового сприйняття життєво важливого образу (певного подразнення). **Умовно-рефлекторна пам'ять** проявляється у вигляді утворення умовних рухових реакцій через тривалий час після утворення умовних рухових рефлексів.

Емоційна пам'ять – здатність нервової системи відтворювати пережитий раніше стан у комплексі з елементами минулої ситуації та суб'єктивного ставлення до неї.

Словесно-логічна пам'ять – це пам'ять на словесні сигнали, які позначають як зовнішні об'єкти і події, так і внутрішні переживання і свої власні дії. Проявом особливої людської пам'яті є внутрішня мова – можливість у спогадах подумки вести розмову у словесній формі.

Процес навчання пов'язаний з «процедурною і декларативною видами пам'яті» (Г.М. Чайченко, 1993). Перша використовується процесі дій, пов'язаних з формуванням функціональних систем, друга – у спогадах про те, коли і де відбувались події. Процедурна пам'ять проявляється раніше, ніж декларативна. Раннє дитинство (до двох років) не пам'ятається, бо у такому віці діти володіють процедурною пам'яттю, а не декларативною. У людей перед смертю часто проявляється **панорамна пам'ять** – миттєвий спомин усього минулого життя.

Забування. Важливою властивістю пам'яті є **забування** – неможливість відтворити набуту в минулому інформацію. Забування не є дефектом пам'яті, а фізіологічно необхідний процес. Без відбору інформації і стирання її в пам'яті мозок людини був би захащений надто великою кількістю даних. Результати були б такими катастрофічними, як і відсутність здатності до навчання і запам'ятовування. **Забування** – це не просте стирання пам'ятного сліду (енграми), а перехід його у несвідому форму зберігання. Інформація забувається по-різному. Це залежить від того, в якій вона пам'яті зафіксована. Швидко забувається по-

дія, записана у первинній пам'яті (пам'ятний слід стирається або замінюється новою інформацією).

Основою механізму *короткочасної пам'яті* є процес реверберації (циркуляції) збудження в замкнутих нейронних ланцюгах – пастках збудження. Через багаторазове проходження імпульсів кільцевими структурами нейронів у них утворюються стійкі зміни, які закладають основу довготривалої пам'яті.

В основі *довготривалої пам'яті* містяться складні структурно-хімічні перетворення на системному, синаптичному та клітинному рівнях головного мозку. Етапи цих перетворень такі:

- 1) фіксація інформації;
- 2) сортування і виділення нової інформації;
- 3) довготривале збереження значимої для організму інформації;
- 4) відтворення інформації при необхідності.

Поведінкові реакції людини можуть бути викликані впливом на організм фізіологічно значимих подразників із внутрішнього та зовнішнього середовища. Тобто у кожний конкретний момент організм має певний фізіологічний статус, який називають «мотиваційним станом». Основною причиною виникнення цього стану є формування внутрішньої потреби, на задоволення якої і спрямована поведінка.

Мотивація – це поштовх до цілеспрямованої дії, викликаний потребою.

Згідно з класифікацією П.В. Симонова мотивації (вихідні потреби) поділяються на три основні групи. Перш за все це **вітальні («біологічні»)** потреби в їжі, воді, сні, температурному комфорті, захисті від шкідливих впливів тощо. Вони необхідні для забезпечення індивідуального та видового існування людини.

Соціальні потреби характерні для людини і полягають у прагненні належати до певної соціальної групи і посідати в цій групі значне місце. Соціальні потреби бувають двох різновидів – егоїстичні («для себе») й альтруїстичні («для інших»). Серед соціальних потреб особливо важливі ті норми, які культивують-

ся в зазначеному суспільстві («а що скажуть люди?»)). Добре за-
своєні норми стають звичкою, «другою натурою». У певний
момент вони не контролюються свідомістю і переходять у сфе-
ру підсвідомості.

Ідеальні потреби – потреби людини в пізнанні навколиш-
нього світу і свого місця в ньому, потреба набуття знань.

Біологічні потреби являються переважно вродженими, в той
час як соціальні й ідеальні набуваються у процесі індивідуаль-
ного розвитку на ґрунті біологічних потреб.

Всяка мотивація супроводжується напруженням, потребує
поведінкових реакцій, досягнення результатів, які усунуть мо-
тивацію. Зникає мотивація тільки тоді, коли організм досягає
корисного результату, що задовольняє його вихідну потребу.

Емоції. Емоції виникають у тісному зв'язку з мотиваціями,
між ними нема суттєвої різниці. Мотивації і емоції розгляда-
ються як прояв функціонального стану мозку у зв'язку з дією
будь-яких подразників.

Емоції – це реакції людини на дію внутрішніх і зовнішніх
подразників, що мають яскраво виражене суб'єктивне забарв-
лення і охоплюють усі види чутливості та переживань – від гли-
бокого страждання до високих форм радості людини, від триво-
ги і страху до почуття любові і щастя. Через емоції реалізують-
ся задоволення (позитивні емоції) або незадоволення (негативні
емоції) різних потреб організму. Реалізація емоцій здійснюється
лімбічною системою мозку, всі структури якої пов'язані між со-
бою численними прямими та зворотними зв'язками.

Емоції дітей формуються паралельно з розвитком нервової
системи і загальної психічної діяльності. У новонародженої ди-
тини переважають негативні емоції. На третьому місяці у дити-
ни з'являється посмішка, на шостому – радість, переляк.

Із 3-4 річного віку у дітей формуються вищі емоції. У підліт-
ковому віці вони набувають провідного значення. Це моральні й
інтелектуальні емоції, естетичні почуття і переживання.

Змістовний емоційний виклад матеріалу в школі, хороший
настрій учителя забезпечують помірний (оптимальний) рівень

емоційного напруження учнів. Відповідно до помірної активації центральної нервової системи такий рівень емоційного напруження сприяє нормальному розвитку ВНД. Низький і високий рівні емоційного навантаження, на відміну від помірного рівня, негативно позначаються на навчанні (В.Г. Касіль, 1991).

Емоційне сприйняття інформації залежить від індивідуальних особливостей особистості. Втома і захворювання можуть викликати суттєві зміни динаміки емоційного сприйняття інформації, можуть бути причиною нервово-психічних розладів. Індивідуальні відмінності у вияві емоцій у значній мірі залежать від вольових якостей людини. Оскільки емоції підвладні регулюванню з боку нервової системи, то вольова людина здатна спрямовано уникати негативних емоцій і зосереджуватись на позитивних.

Шкідливими для людини є не лише надмірні за величиною емоційні навантаження, але й однотипні емоції. Тривала дія таких емоцій виснажує захисні сили організму, знижує його загальний опір і створює передумови для виникнення патологічних порушень функцій окремих органів і систем.

Особливо шкідливі емоційно-стресові перенавантаження дошкільнят і школярів. *«Кожній дитині, – говорить американський лікар Б. Спок, – життєво необхідно, щоб її пестили, усміхались, говорили та грались з нею, любили і були з нею ніжними. Вона вимагає цього не менше, ніж вітамінів і калорій. Саме це навчить її любити інших людей і отримувати насолоду від життя. Дитина, якій не вистачає ласки та любові, виростає холодною та черстою».*

Сон. Вегетативна нервова система нестійка в підлітковому періоді, тому в цей період часто виникають розлади серцево-судинної і шлунково-кишкової систем. Для дітей цього віку особливо необхідно чергувати діяльність із відпочинком. Велике значення має сон.

Сон – це фізіологічний стан організму, який характеризується зниженням рухової активності, втратою активних психічних зв'язків суб'єкта з навколишнім середовищем, більш-менш пов-

ним відключенням свідомості. Тривалий час вважали, що сон – це відпочинок, який необхідний для відтворення клітин мозку після активної напруженої роботи, але, пізніше було встановлено, що активність мозку під час сну вища, ніж у період активної діяльності, тобто сон – це активний фізіологічний процес.

Сон є фізіологічною потребою організму. Людина одну третину життя проводить у сні. Тривалість добового сну залежить від віку. Новонароджені (до 4-5 міс.) сплять 16-17 годин на добу. З віком тривалість сну зменшується. У 5-6 років життя тривалість сну становить 9-11 годин, в юнацькому віці – 8-10 годин, а у людей понад 20 років – 6-8 годин. У дорослої людини сон триває від 5 до 7-8 годин на добу.

Під час сну відбувається ряд змін в організмі. Обмежується зв'язок з навколишнім середовищем, тому що знижується сприйняття органами чуття зовнішніх подразнень. Відбувається зниження тонуусу і послаблення скелетних м'язів, звужуються зіниці. Знижується активність слюзових і слинних залоз, як наслідок, виникає сухість слизових оболонок очей і ротової порожнини. Виділення поту навпаки посилюється, особливо у дітей.

Виділяють декілька *форм сну: фізіологічний, гіпнотичний, наркотичний і патологічний.*

Фізіологічний сон, який носить періодичний характер, може бути добовим і сезонним; монофазним (один раз на добу, найчастіше у ночі) і поліфазним (денний і нічний), характерний для дітей перших семи років.

Електроенцефалографічний аналіз дав можливість вивчити окремі стадії сну. Нічний сон, що триває 7 – 8 годин складається із 4 – 5 циклів. Кожний цикл починається фазою «повільного» сну і завершується «швидким» сном. Тривалість циклу у дорослої людини відносно постійна і складає 60 – 100 хв. У перших двох циклах переважає повільний сон, а в останніх – швидкий сон. У дорослої людини повільний сон триває приблизно 6,5 годин, а на швидкий сон – 1,5 години. У новонародженої дитини швидкий сон триває 50 – 60 % загальної тривалості сну.

Виділяють *п'ять стадій повільного сну:*

I стадія – перехід від розслабленого стану неспання до дрімоти; II стадія – дрімота; III стадія – поверхневий сон; IV стадія – сон середньої глибини; V стадія – глибокий сон.

Під час повільного сну відбувається відновлення процесів у різних тканинах, органах і системах організму. Сповільнюється частота серцевих скорочень, частота дихання, обмін речовин і енергії. У корі головного мозку відбуваються процеси впорядкування інформації, яка накопичується під час неспання – перенесення інформації із блоків короткочасної в блоки довготривалої пам'яті.

Через 1 – 1,5 години повільний сон змінюється швидким, активізується діяльність внутрішніх органів, спостерігається мимовільні скорочення деяких груп м'язів. Швидкий сон відіграє велику роль у зниженні непродуктивного тривожного напруження, він здійснює підготовку організму до стану неспання. Швидкий сон триває 10 – 15 хв. Швидкий сон (парадоксальний) яскраво репрезентований у новонароджених – це 50 % загальної тривалості сну. Далі з віком тривалість його зменшується і у шкільному віці досягає норми дорослої людини (у середньому 20% загального часу сну). Це зумовлює те, що тривалість повільного сну зростає у 20-30 років, а далі з віком відбувається неперервне поступове зниження його долі. Тривалість швидкого сну до 60-річного віку суттєво не змінюється, а потім поступово знижується.

Під час повільного сну сновидіння виникають рідко (в 7 – 8%), а під час швидкого сну – регулярно (до 90 %).

Сновидіння – це складні психічні явища, що формуються у мозку людини в результаті його контактів із навколишнім середовищем. Уважається, що сновидіння з'являються через хаотичну активність коркових слідів різної давності, які витягнені із пам'яті і поєднані в дивовижну картину.

І.М. Сеченов називав сновидіння небувалими комбінаціями колишніх вражень.

Існує думка, що сни бачать усі люди і кожную ніч, але не завжди можуть запам'ятати їх. Якщо розбудити людину під час

стадії швидкого сну, то в 75 – 90 % випадків вона розкаже, що бачила у сні. Людину, яку розбудили у фазу повільного сну лише в 10 – 20 % згадає свої сновидіння.

5.5. Порушення вищої нервової діяльності дітей шкільного віку та їх профілактика

Вияснення основних закономірностей умовнорефлекторної діяльності дало можливість І.П.Павлову вивчити і її порушення, закласти основи експериментальної патології вищої нервової діяльності. Причинами патології ВНД можуть бути гострі або хронічні отруєння багатьма отрутами, інфекції, порушення функцій різних органів, зокрема, розлади кровообігу, дихання, травлення, виділення, больові подразнення, зміни внутрішньої секреції ендокринних залоз тощо. ***Експериментальний невроз*** – функціональне порушення або зрив вищої нервової діяльності у важких умовах діяльності головного мозку, що виникає від перенапруження нервових процесів збудженням або гальмуванням. Так, розвиток експериментальних неврозів спостерігають у багатьох випадках у процесі використання дуже сильних умовних або безумовних подразників, під час вироблення складних і тонких диференціювань, у процесі тривалого застосування гальмівних сигналів, під час швидкого переходу від гальмівного до позитивного умовного подразника, у процесі перероблення динамічного стереотипу. Експериментальні неврози виявляються в послабленні гальмування або збудження, або в зміні їх рухливості. Під час пониження сили гальмівного процесу порушується диференціювання подразників, згасання і запізнення умовних рефлексів. У процесі послаблення збудження зменшуються величини умовних рефлексів. Зміна рухливості нервових процесів виявляється в їх інертності, застійності або в надмірній рухливості із значною іррадіацією.

На початку невротичного стану спостерігається порівняльна фаза: подразнення різної сили викликають однакову рефлекторну реакцію. За цією фазою настає парадоксальна фаза; виникає викривлення нормального співвідношення між силою умов-

ного сигналу і величиною умовного рефлексу. Під час подальшого розвитку невротичного стану різко падають ефекти сильних і слабких умовних рефлексів (наркотична фаза). Нарешті, у деяких випадках вдається спостерігати ультрапарадоксальну фазу. Вона характеризується тим, що позитивні умовні подразники дають гальмівний ефект, а гальмівні, навпаки, викликають позитивну умовну реакцію. Тривалість зазначених фаз може досягати багато днів і навіть тижнів.

Великий обсяг інформації, передбачений шкільними програмами, необхідність постійного її осмислення, засвоєння і запам'ятовування, вимога володіння сучасними технічними засобами, викликана комп'ютеризацією навчальних курсів – це реальності сучасного буття учня. Сучасний темп навчання і життєдіяльності дітей і підлітків потребує від них значних нервово-психічних витрат, які на фоні інших негативних умов життя стають факторами виникнення у них невротичних станів.

Для *неврозу характерні* такі *ознаки*:

1) наявність психогенної причини захворювання, яка пов'язана з особливостями міжособистісних стосунків у соціальному оточенні;

2) домінування емоційних і соматовегетативних порушень у клінічній картині неврозу як специфічних проявів цього захворювання;

3) зворотність клінічних розладів після тривалого відпочинку, соціо- і психотерапії, загальнозміцнюючого і транквілізуючого лікування.

Виникнення неврозів прискорюють специфічні особистісні якості, індивідуально – типологічні особливості ВНД, ситуації, які призводять до травм.

Сучасна класифікація неврозів базується на особливостях клінічних проявів хвороби. Виділяють неврастенію, невроз нав'язливих станів, істеричний невроз і «шкільний невроз».

Неврастенія – це найбільш поширений вид неврозу. У перекладанні означає «нервова слабкість». Захворюванню сприяє перевтома, пов'язана з недосипанням, з тривалим розумовим чи

фізичним напруженням. Вона проявляється різким збудженням і підвищеним виснаженням. З'являються болі в серці, головний біль, розлади сну, підвищена пітливість, почервоніння, що змінюється блідістю, серцебиття – все це пов'язане з розладами вегетативної нервової системи. Для неврастенії характерні різкі емоційні перепади: радість легко змінюється журбою, сміх – сльозами. Захворювання може тривати декілька місяців, а інколи і декілька років. Сприяють одужанню усунення дії негативних факторів, відпочинок і лікування.

Невроз нав'язливих станів. Головною причиною цих неврозів є гостра або хронічна психічна травма. До розвитку нав'язливих станів нерідко приводять і різного роду конфліктні ситуації, пов'язані з різного роду травмами, а також одночасне існування у людини протилежних бажань та уявлень, наслідком чого є порушення взаємодії процесів збудження – гальмування. Частими проявами цієї форми неврозу є фобічні розлади, наприклад, страх смерті, страх висоти, сходів, тісних приміщень тощо. Невроз нав'язливих станів найчастіше виявляється у дорослих людей, проте формується у дитячому та підлітковому віці.

Істеричний невроз. Прояви цього неврозу можуть мати різний характер. Істерію ще називають «великою симулянткою». В основі істеричного неврозу лежить слабкість кори – фактор, який сприяє тому що починає переважати діяльність підкірки. Постійна перевага підкірки при відносній слабкості кори зумовлює виникнення в ЦНС «гіпнотичних фаз», навіть під дією дуже малих подразників. «Гіпнотичні фази» в корі головного мозку призводять до підвищеної чутливості до навіювання та самонавіювання істеричних людей і, як наслідок, до великої різноманітності істеричних симптомів.

Істерична людина має нестійкий настрій, вона швидко переходить від сліз до сміху і навпаки. Найістотнішими проявами істерії є істеричний припадок, вегетативні та сенсомоторні розлади. Вегетативні розлади проявляються у вигляді порушень шлунково-кишкового тракту (гикавка, блювання). До **сенсомотор-**

них розладів відносять тремтіння рук, ніг, усього тіла, паралічі, парези, тимчасові розлади мовлення.

У 60-ті роки ХХ ст. у медичній літературі з'явився новий термін *«шкільний невроз»*. Він характеризується плаксивістю, втратою апетиту, розладами сну, пітливістю, порушенням мовлення тощо. Домінуючим стає стійкий страх перед школою, небажання її відвідувати. Для запобігання виникненню «шкільного неврозу» необхідно в дошкільний період морально і фізично готувати дітей до школи: залучати до відвідування дитячого садка, вдома гратися з дітьми «у школу», вчити їх читати і писати.

Особливої актуальності серед науковців і педагогічної громадськості набуло питання щодо попередження дидактогенних нервово-психічних станів, які викликані непрофесійними діями вчителя у процесі навчання і виховання. Учителю слід пам'ятати, що у дітей нервова система більш збудлива, ніж у дорослих, внаслідок чого вона швидше виснажується.

РОЗДІЛ 6. Сенсорні системи організму людини

6.1. Загальна характеристика сенсорних систем

Елементарна рефлекторна діяльність людини, її складна поведінка, психічні процеси залежать від функціонального стану її органів чуття: зору, слуху, смаку, нюху, соматичної та вісцеральної чутливості. За допомогою зазначених аналізаторів здійснюється сприйняття та аналіз нескінченного потоку інформації із навколишнього матеріального світу та внутрішнього середовища організму. Через подразнення органів чуття у великих півкулях головного мозку виникають відчуття, сприймання та уявлення. Сенсорна інформація, яку ми отримуємо за допомогою аналізаторів, має значення не тільки для організації діяльності внутрішніх органів і поведінки відповідно вимогам навколишнього середовища, але є важливим фактором розвитку дитини. Складна функціональна система, яка забезпечує сприймання,

передачу й аналіз інформації із внутрішнього та навколишнього середовища, називають **аналізатором**, або **сенсорною системою** (від лат. *sensus* — відчуття, сприйняття). Уперше термін „аналізатор” був введений І.М. Сеченовим у 1863 році, подальше фізіологія аналізаторів була детально вивчена І.П. Павловим.

Аналізатор, за вченням І.П. Павлова, складається з трьох нерозривно пов'язаних відділів:

1. **периферичного** сприймального апарату — **рецепторів**, які сприймають подразнення і перетворюють його в нервовий процес збудження;

2. **провідникового** — доцентрового нервового волокна, яке передає збудження в центральну нервову систему;

3. **центрального або коркового відділу (нервового центру)** — ділянки кори головного мозку, у якій відбувається тонкий аналіз збудження і виникають відчуття.

Усі частини аналізатора діють як одне ціле. Порушення діяльності однієї з частин викликає порушення функцій усього аналізатора. Для повноцінного сприймання навколишнього середовища необхідна спільна діяльність усіх аналізаторів організму. Порушення функціонального стану або роботи одного з аналізаторів здатні змінити діяльність іншого. Так, наприклад, видатний російський композитор А.Н. Скрябін мав дивну здібність „чути” колір. Він запропонував ідею взаємодії великої сили музичних образів у поєднанні з грою кольорів і мріяв про виконання своєї симфонічної поеми „Прометей” в кольоровому супроводженні.

Велике значення аналізаторів у трудовій діяльності людини. Так, якщо обмежити надходження в центральну нервову систему подразнень із різних органів чуття або повністю відмовитися від них, то спостерігається зупинка розвитку мозку й інтелекту взагалі.

Таким чином, у людини є такі органи чуття: зір, слух, відчуття розміщення тіла в просторі, смак, нюх, шкірна чуттєвість і м'язово-суглобне чуття.

Структурно-функціональна організація рецепторів. Ана-

ліз одержаних подразнень починається в рецепторній частині аналізатора. **Рецептори** - це спеціалізовані клітинні утворення у місці чутливих нервових закінчень, які сприймають подразнення, трансформують їх у потоки нервових імпульсів і сигналізують ЦНС про стан або зміни середовища, в якому вони знаходяться.

Чинники зовнішнього та внутрішнього середовища, які впливають на рецептори, називаються **подразниками або стимулами**. Специфічні для певного рецептора подразники, до яких вони спеціально пристосовані у процесі філо- і онтогенезу, називаються **адекватними** (око сприймає тільки світлові хвилі, але не сприймає запахи, звуки). **Неадекватні** подразники зумовлюють тільки примітивні відчуття, властиві певному аналізатору (від удару у вухо виникає у них дзвін).

Збудливість рецепторів залежить як від стану всього аналізатора, так і від загального стану організму. Найменша різниця в силі двох подразників одного виду, яка може сприйматись органами чуття, називається **порогом розрізнення**. Проте більшість імпульсів від рецепторів внутрішніх органів, коли досягає кори великого мозку, не спричиняє психічних явищ. Такі імпульси називаються **субсенсорними**, вони нижче порога відчуттів і тому їх не зумовлюють.

Властивість рецепторів звикати до сили подразника називають **адаптацією** (від лат. *adaptatio* — пристосування), яка зменшує або збільшує чутливість рецепторів. Зумовлена адаптація, насамперед, змінами в кіркових відділах аналізаторів, а також процесами, які здійснюються в самих рецепторах.

Найбільша швидкість адаптації для рецепторів, які сприймають дотик до шкіри, найменша — для рецепторів м'язів. Найповільніше адаптуються рецептори кровоносних судин і легенів, що забезпечує постійну саморегуляцію артеріального тиску і дихання.

Класифікація рецепторів. За місцезросташуванням усі рецептори поділяють на екстерорецептори (зовнішні) та інтерорецептори (внутрішні). **Екстерорецептори** (від лат. *exter* — зовніш-

ній, *receptor* – той, що сприймає) – чутливі утворення, що здійснюють сприйняття подразнень від довкілля. До них належать сприймаючі клітини сітківки ока, вуха, рецептори шкіри (дотику і тиску), органів нюху, смаку. За характером взаємодії з подразником екстерорецептори поділяються на дистантні та контактні. Завдяки **дистантним рецепторам** можна отримати інформацію на відстані: агент середовища поширює хвильову енергію — світлову або звукову. Саме її і вловлюють дистантні органи чуття (око, вухо). **Контактні рецептори** сприймають інформацію про властивості предмета або явища. Отримання подразнення можливе тільки під час контакту, безпосередньому стиканні з агентом середовища (хеморецептори язика, дотикові рецептори шкіри).

Інтерорецептори (від лат. *interior* – внутрішній, *receptor* – той, що сприймає) – чутливі утворення, що сприймають зміни внутрішнього середовища організму і стан внутрішніх органів. Вони розташовані в тканинах різних внутрішніх органів (серця, печінки, нирок, кровоносних судин тощо). Через надходження імпульсів від рецепторів внутрішніх органів відбувається саморегуляція дихання, артеріального тиску, діяльності серця. До **інтерорецепторів** належать: **хеморецептори** (рецептори нюху, смаку); **фоторецептори** (рецептори органа зору); **осморецептори**; **барорецептори**; **пропріорецептори** (від лат. *proprius* — власний, особливий, *receptor* — той, що сприймає) — чутливі утворення, що сигналізують про положення та рух тіла; містяться в м'язах, сухожиллях, суглобах і сприймають скорочення та розтягнення мускулатури.

За ознакою вибіркової чутливості до подразників рецептори поділяються на **механорецептори**, **хеморецептори**, **терморецептори**, **фоторецептори**. **Механорецептори** трансформують механічну енергію в енергію нервового збудження. До них належать тактильні та больові рецептори шкіри, пропріорецептори, волоскові клітини внутрішнього вуха, вестибулярного апарата, барорецептори кровоносних судин, що реагують на тиск крові. Ряд авторів виділяє больові рецептори в окрему групу,

оскільки біль виникає не тільки при дії механічної енергії. **Терморорецептори** бувають холодowymi і тепловими рецепторами шкіри, слизових оболонок, а також рецепторами гіпоталамуса, що беруть участь у регуляції температури тіла. **Хеморецептори** — це смакові і нюхові рецептори, а також рецептори кровоносних судин і різних тканин, що реагують на вплив хімічних речовин. До **фоторецепторів** належать світлочутливі елементи органу зору — палички і колбочки сітківки ока.

Розрізняють також **первинні** рецептори, які є початковими ділянками чутливого нейрона (нюхові рецептори, закінчення чутливих нервових волокон шкіри, внутрішніх органів, м'язів тощо), і **вторинні** рецептори, містять спеціалізовані рецепторні клітини, що реагують на дію подразників і передають своє збудження через синапс на другу частину — закінчення чутливого нервового волокна (палички і колбочки сітківки ока, смакові рецептори, волоскові клітини вестибулярного апарата тощо).

Провідниковий відділ сенсорних систем складається з доцентрових (аферентних) нервових волокон чутливих нервів і деяких підкіркових утворень (ядер гіпоталамуса, таламуса та ретикулярної формації). У цьому відділі імпульс від рецепторів не тільки іде, але й кодується та перетворюється.

У **центральному відділі аналізатора** нервові імпульси набувають нових якостей та відображаються у свідомості через відчуття. На ґрунті відчуттів виникають складніші суб'єктивні образи: сприймання, уявлення.

Функціональне дозрівання сенсорних систем. Сенсорні системи організму починають функціонувати в різні терміни онтогенетичного розвитку. У дітей органи чуття ще недосконалі та перебувають у процесі розвитку.

Вестибулярний апарат як філогенетичний найдавніший, дозріває ще у пренатальному періоді. Перші реакції на подразнення шкіри спостерігаються у ембріону в 7,5 тижнів, а на 3 місяці життя дитини тактильна чутливість майже така як у дорослого.

Адекватні реакції на подразнення смакових рецепторів спостерігається на 9-10 дні життя. Тонкість диференціювання сма-

кових відчуттів формується на 3-4 місяці життя дитини і підвищується до 6 років, а у шкільному віці майже не відрізняється від смакової чутливості дорослої людини.

Функціонування органів нюху починається з моменту народження дитини. Диференціювання запахів відбувається на 4 місяці життя.

Дозрівання органів чуття визначається розвитком усіх ланок аналізатора. Периферичний відділ взагалі є сформованим до моменту народження дитини. Пізніше за інші формується периферична частина зорового аналізатору — сітківка ока, її розвиток закінчується до першого півріччя. Мієлінізація нервових волокон із перших місяців життя збільшує швидкість проведення збудження. Пізніше за інші частини аналізаторів дозрівають їх коркові відділи, які й визначають функціональні особливості сенсорних систем у дитячому віці.

Останніми завершують свій розвиток зони проєкцій у корі слухового і зорового аналізаторів. Певний ступінь їх зрілості до моменту народження дає змогу відрізнити прості зорові та слухові стимули дитиною одразу після народження. У немовлят окремі елементи зображення ототожнюються з цілісним предметом, але тільки з 16 тижнів життя дитина сприймає цілісну конфігурацію, яка і стає ефективним стимулом виникнення умовної реакції. Через дозрівання коркового відділу аналізаторів та удосконалення зв'язків нейронів упродовж перших років життя дитини, аналіз зовнішньої інформації стає тонкішим і диференційованим. Дозрівання коркової ланки аналізатору значно залежить від надходження інформації, тому очевидним стає значення сенсорного виховання в ранньому дитячому віці. Засобами його здійснення є різноманітні речі, які оточують дитину, яскраві іграшки, що привертають увагу своїми формами та кольорами.

Функціональне дозрівання сенсорних систем не закінчується в ранньому дитячому віці. Такі коркові зони, як асоціативні відділи, що беруть участь в упізнанні стимулів і їх класифікації, набувають своєї зрілості впродовж тривалого періоду розвитку,

включно і підлітковий вік. Поступовість їх дозрівання визначає специфіку процесу сприйняття в шкільному віці. Так, експериментально досліджено, що відповідь кори великих півкуль на складні структурні зорові стимули у дитини стає ідентичною дорослого у 11-12 років. Підтвердження тому є отриманні данні офтальмологів і психологів щодо удосконалення сприйняття форм зображення в період навчання у школі.

Таким чином, для удосконалення різних органів чуття у дітей, велике значення має дотримування умов, необхідних для нормального розвитку сенсорних функцій школяра та належне їх тренування.

6.2. Зорова сенсорна система

Зорова сенсорна система дає людині понад 85% інформації про зовнішній світ.

Будова та функції зорового аналізатору. Зорова сенсорна система як і інші сенсорні системи, складається з трьох відділів: периферичного (око, а саме його рецепторний апарат – палички і колбочки сітківки); провідникового (чутливий зоровий нерв, зоровий тракт, що міститься в головному мозку, таламус) і центрального (потиличні ділянки кори великих півкуль головного мозку) (рис. 18).

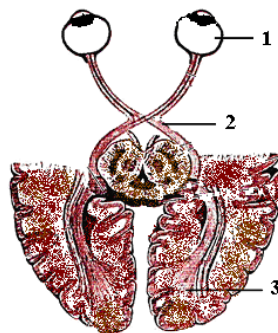


Рис. 18. Схема будови зорової сенсорної системи: 1 - периферичний відділ; 2 – провідниковий відділ; 3 – центральний відділ

Око людини розташовано в заглибині черепа — очній ямці та складається з очного яблука і допоміжного апарату.

Допоміжний апарат ока — це система його захисту і руху, до якої входять брови, верхня і нижня повіки з віями, слізні за-

лози, рухові м'язи (рис. 19). Очне яблуко ззаду оточене жировою клітковиною, яка відіграє роль м'якої еластичної подушки.

Над верхнім краєм очної ямки лежить смужка шкіри, вкрита волоссям — брови. Волосся брів затримує піт, що виділяється на лобі. Спереду очне яблуко прикривають верхня і нижня повіки, які захищають око спереду і сприяють його зволоженню. Вдовж переднього краю повік росте волосся — вії, подразнення яких викликає захисний рефлекс — змикання повік. Внутрішня поверхня повік і передня частина очного яблука, за винятком рогівки, вкрита слизовою оболонкою — **кон'юнктивою**. Між повіками і оком знаходиться вузька щілина – верхній та нижній кон'юнктивні мішки.

Слізний апарат утворюється слізною залозою та слъозновидними шляхами. Слізна залоза розташована коло зовнішнього краю очної ямки. Вона виділяє слізну рідину у верхній кон'юнктивний мішечок та омиває всю передню поверхню очного яблука, це охороняє око від висихання та забезпечує чистоту склери і прозорість рогівки. Рівномірному розподілу слізної рідини на поверхні ока сприяє мигання повік. Біля медіального кута ока на верхній і нижній повіках можна побачити слізні крапки – отвори слізних каналців, які відкриваються у слізний мішечок. Через носослізний канал слізна рідина поступає в порожнину носу.

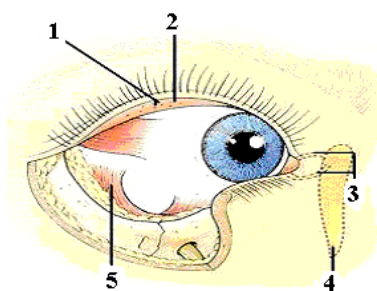


Рис. 19. Будова допоміжного апарата ока: 1- верхня повіка; 2 – кон'юктива; 3 – слізні каналці ; 4 – носослізний канал; 5 – нижній косий м'яз

Якщо слізної рідини дуже багато, слъоза не встигає відтікати у слізний мішечок і витікає через край нижнього повіка на обличчя. Прикладом цього може бути стан, коли людина плаче.

Рухи ока здійснюються шістьма зовнішніми очними м'язами,

які іннервуються трьома черепно-мозковими нервами: окоруховим (III), що іннервує внутрішній, нижній і верхній прямі і косі м'язи; блоковим нервом (IV), що іннервує верхній косий м'яз; відвідним нервом (VI), що іннервує зовнішній прямий м'яз.

Око, або очне яблуко має кулясту форму. У новонародженого форма очного яблука більш куляста, що надає у 80-90 % випадків далекозору рефракцію. У дорослої людини очний діаметр 24 мм, маса 7-8 г, у новонародженого діаметр близько 16 мм.

Ріст очного яблука здійснюється після народження, інтенсивніше воно зростає впродовж перших років життя, найповільніше до 9-12 років.

Поверхня очного яблука має три оболонки: зовнішню — білкову або склеру, середню — судинну і внутрішню — сітківку (рис. 20).

Зовнішня оболонка — білкова оболонка, або склера — непрозора міцна сполучна тканина білого кольору, товщиною 1 мм, яка забезпечує оку певну форму та захист. Склера у дітей тонше, більш еластична та має підвищену розтяжність. Спереду склера переходить у прозору частину — **рогівку**, яка захищає від пошкодження внутрішні частини ока та пропускає світло. Рогівка не містить кровоносних судин, живиться за рахунок міжклітинної рідини.

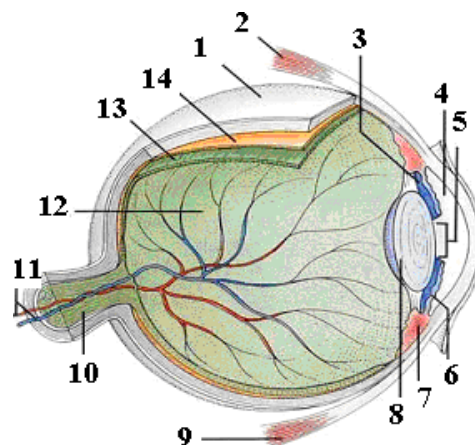


Рис. 20. Будова очного яблука: 1 - склера; 2, 9 - м'язи ока; 3, 6 - райдужка; 4 - передня камера очного яблука; 5 - зіниця; 7 - війкове тіло; 8 - кришталик; 9 - м'яз очного яблука; 10 - диск зорового нерву; 11 зоровий нерв; 12 - склисте тіло; 13 - сітківка; 14 - судинна оболонка

Рогівка новонародженого більш товста та випукла, у 5 років її товщина зменшується, а радіус кривизни з віком майже не змінюється. Із віком вона стає більш щільною і сила її заломлення зменшується.

Після травмування ока чи його запалення, у літніх людей може виникнути помутніння рогівки, або більмо.

Унаслідок цього погіршується або зовсім припиняється потрапляння до ока світла, і людина стає сліпою. Єдиним методом лікування більма є пересаджування рогівки.

Першим у світі таку операцію запропонував видатний вітчизняний офтальмолог В.П. Філатов (1875-1956).

Під склерою міститься **середня оболонка** — судинна (товщина її 0,2-0,4 мм), в якій велика кількість кровоносних судин. Її функція пов'язана із живленням інших оболонок та утворів ока. Ця оболонка багата на пігмент, який надає їй темного забарвлення. У передньому відділі очного яблука судинна оболонка переходить у **війкове тіло** і **райдужну оболонку**. У війковому тілі міститься м'яз, який зв'язаний з кришталиком і регулює його кривизну. Тканина райдужної оболонки містить пігмент — *меланін*, від кількості якого колір райдужки може бути від блакитного до чорного. За відсутністю меланіну, проміні світла можуть проникати до ока не тільки скрізь зіницю, а й тканину райдужки. Людей з такими очами називають альбіносами. У альбіносів очі мають червоний відтінок, а недостатність пігменту в райдужній оболонці частіше поєднується з недостатньою пігментацією шкіри та волосся. Такі люди мають погіршений зір.

У центрі райдужки є округлий отвір — **зіниця**. Діаметр зіниці змінюється залежно від рівня освітлення: більше світла навколо зіниці вузька, менше — ширша, дуже широка — у повній темряві. Діаметр зіниці змінюється рефлекторно (зіничний рефлекс) завдяки скороченням непоміжованих м'язів райдужної оболонки, одні з яких іннервуються симпатичною (розширюють), а інші парасимпатичною нервовою системою (звужують). Зіниці новонародженого вузькі, у дітей віком 6-8 років стає ши-

рше у наслідок переважання тону симпатичних нервів, які іннервують м'язи райдужки. У 8-10 років зіниця знову стає вузькою та дуже швидко реагує на світло. У 12-13 років швидкість та інтенсивність реакції зіниці на світло стають такими як у дорослого.

Внутрішня оболонка ока (сітчаста) — сітківка, товщина якої 0,1-0,2 мм, усередині прилягає до судинної оболонки.

У сітківки розрізняють дві частини: задню зорову та передню війкову і райдужну. Передня частина сітківки (сліпа) прилягає до війкового тіла і райдужки, не має світлочутливих клітин. В задній зоровій частині знаходяться світлочутливі клітини — **фоторецептори** (рис. 21). Зорова частина сітківки складається з двох шарів: внутрішнього світлочутливого і зовнішнього — пігментного. **Пігментний шар**, утворений епітелієм, що містить пігмент **фуксин**, поглинає світло і тим перешкоджає його віддзеркаленню та розсіюванню, а це сприяє чіткості зорового сприйняття. Внутрішня частина сітківки уявляє собою три шари нервових клітин: зовнішній, що прилягає до пігментного шару, - фоторецепторний, середній — асоціативний, внутрішній — гангліозний. Дискотподібні структури паличкоподібних і колбочкоподібних нейроцитів (125 млн. паличок і 6-8 млн. колбочок) містять молекули фотопігментів: у паличках — чутливі до чорно — білого світла, у колбочках — чутливі до червоного, зеленого та синього кольорів. Палички сприймають інформацію за форму та освітленість предметів, а колбочки за їх кольори.

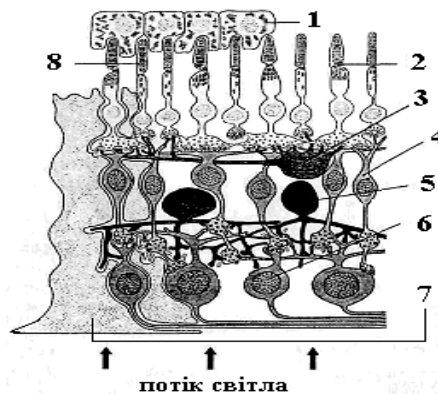


Рис. 21. Будова сітківки ока: 1 — пігментна клітина; 2 — колбочка; 3 — горизонтальна клітина; 4 — біполярний нейрон; 5 — амакринова клітина; 6 — тіло гангліозної клітини; 7 — шар нервових волокон; 8 — паличка

Центральні відростки (аксони) нейросенсорних клітин (паличок і колбочок) передають зорові імпульси біполярним клітинам другого шару сітківки, які мають контакт з гангліозними нейронами третього (гангліозного) шару сітківки. Гангліозний шар складається з великих нейронів, аксони яких утворюють зоровий нерв.

У задній частині сітківки виділяють дві ділянки – сліпу та жовту плями. Місце виходу зорового нерва з очного яблука, що не містить фоторецепторів, а тому й не сприймає світла, називається *сліпою плямою*.

Основна маса колбочок знаходиться в центральній частині сітківки — в *жовтій плямі*, яка знаходиться в зоні заднього полюсу ока і є місцем найкращого бачення. Такий зір називається центральним. Середина його поглиблення одержала назву центральної ямки.

Лінія, яка з'єднує середину переднього полюсу ока з центральною ямкою, є *оптичною віссю ока*.

Для кращого бачення око за допомогою очорухових м'яз встановлюється так, щоб предмет, який розглядається, і центральна ямка знаходилися на одній осі.

У новонароджених дітей палички у сітківки диференційовані, кількість колбочок у жовтій плямі починає зростати після народження і до кінця першого півріччя морфологічний розвиток центральної частини сітківки закінчується.

До складу внутрішнього ядра очного яблука входять: кришталік, склисте тіло та водяниста волога.

Кришталік — це прозоре еластичне утворення двоопуклої форми лінзу діаметром близько 9 мм. Знаходиться кришталік позаду райдужки. Між кришталіком ззаду і райдужкою спереду знаходиться задня камера ока, яка містить прозору рідину – водянисту вологу. Ззаду кришталіка знаходиться склоподібне тіло. Кришталік не містить ні судин, ні нервів, його живлення відбувається завдяки водянистій волозі. Кришталік вкрито прозорою капсулою, яка за допомогою війчастого пояску з'єднується з війчастим тілом. Завдяки війчастому м'язу, кри-

шталик здатний змінювати величину своєї опуклості, заломлювати і фокусувати пучок світла так, щоб зображення предметів на сітківці було чіткішим.

Склисте (склоподібне) тіло заповнює всю порожнину очного яблука між сітківкою ззаду і кришталиком спереду. Воно складається з прозорої желеподібної речовини та не має кровоносних судин.

Водяниста волога виділяється кровоносними судинами війчастих відростків. Вона заповнює задню та передню камери ока, які зв'язані між собою отвором у райдужці – зіницею. Відтікає водяниста волога з задньої камери у передню, а із передньої у вени на межі рогівки з білковою оболонкою ока.

Оптична (світлозаломлююча) система ока. Зорове сприйняття починається з проекції зображення на сітківку та збудження її рецепторів – паличок і колбочок. Проекцію зображення на сітківку забезпечує оптична система ока, яка складається зі світлозаломлювального та акомодаційного апаратів.

Світлозаломлювальний апарат об'єднує прозорі структури, які заломлюють світло при переході його з одного середовища в інше та складається з рогівки (для неї характерне найбільше заломлення), водянистої вологи передньої та задньої камер, кришталика та склистого тіла. Заломлюючу здібність оптичних середовищ ока, що забезпечує фокусування зображення на сітківці, називають **рефракцією**, а показник її оптичної (заломної) сили виражається у діоптріях (Д). **Одна діоптрія** – це оптична сила лінзи з фокусною відстанню 1 м. Для того щоб визначити заломну силу лінзи, необхідно 1 м поділити на її фокусну відстань, середня величина якої вважається 17 мм (0,017м). Це відстань від сітківки до **вузлової точки** – точки, в якій не заломлюється промінь, що проходить через рогівку. Отже, під час розглядання далеких об'єктів заломна сила ока в цілому дорівнює: $D = 1/P = 1/0,017 = 59$. У процесі розглядання близькорозташованих об'єктів оптична сила ока становить понад 70,5 Д.

Для того, щоб отримати схематичне зображення видимого предмета на сітківці, необхідно провести лінії від кінця усього

предмета до вузлової точки і продовжити їх до перетину із сітківкою. Зображення на сітківці виходить справжнім, зменшеним і оберненим. Так, дитина у перші місяці після народження бачить предмети перевернутими. Проте ми бачимо довкілля не перевернутим, а в його природному стані. Це пояснюється життєвим досвідом у процесі пізнання дійсності та взаємодією різних аналізаторів.

Акомодаційний апарат складають війкове тіло, райдужка та кришталика. Ці структури спрямовують проміні світла від об'єкту, що розглядається, на сітківку — область її жовтої плями (центральної ямки). Пристосування ока до чіткого бачення предметів, які розташовані від нього на різній відстані називається **акомодацією** (від лат. *accomodatio* — пристосування), яка здійснюється за рахунок війкового м'яза, що постійно змінює кривину кришталика, завдяки чому предмети, що розглядаються, на сітківці перебувають у фокусі. Під час скорочення м'язових пучків війкового тіла послаблюється натягнення волокон війкового пояску, які прикріплюються до капсули кришталика, кришталик стає більш випуклим, завдяки чому збільшується його заломлювальна здібність. Це відбувається під час розглядання близькорозташованих предметів. Коли розглядається далекорозташований предмет, то війковий м'яз розслабляється, циннові зв'язки натягуються, кришталик сплющується, завдяки чому зменшується його заломлювальна здібність.

Уперше науково обґрунтована теорія, яка пояснювала закономірності роботи ока як оптичної системи, була запропонована у 1604 р. великим німецьким математиком і астрономом І. Кеплером (1571-1630) й отримала своє класичне відображення в працях Г. Гельмгольца (1821-1894).

Акомодація ока починається вже тоді, коли предмет знаходиться на відстані близька 65 м від очей. Найбільше скорочення війкового м'яза спостерігатиме на відстані предмета від очей 10 або 5 м. Як що предмет продовжує наближатися до ока, акомодація все більш посилюється і нарешті виразне бачення предмета стає неможливим. Найменша відстань від ока, на якій пред-

мет виразно видно, називається **найближчою точкою ясного бачення**. Точка же дальнього бачення лежить у нескінченності (у нормального ока).

Із віком акомодация змінюється (табл. 7). У 10 років найближча точка ясного бачення знаходиться на відстані менш 7 см від ока, у 20 років – 8,3 см, у 30 – 11см, у 40 – 17 см, у 50 – 50 см, у 60 – 70 років вона наближається до 80 см.

Таблиця 7

Вікові зміни величини акомодатії нормального ока

Вік (у роках)															
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	60
Середня величина акомодатії (у діоптріях)															
14,6	14,2	13,6	13,0	12,5	12,0	11,7	11,5	11,2	10,9	10,6	9,2	7,7	4,9	2,1	1,0

Заломлювальні властивості ока, або нормальну рефракцію (еметропію) забезпечує фокусування зображення на сітківці. Для чіткого бачення необхідно, щоб паралельні промені від предмету пересікалися на сітківці. Існують два основних види аномалії рефракції: далекозора та близькозора (рис. 22). **Далекозорість** – це рефракція, під час якої паралельні промені від далеких предметів перетинаються за сітківкою. На сітківці виходить розлите зображення предмету. Під час далекозорості призначають окуляри з двоопуклими збиральними лінзами, які дозволяють сходиться променям, що проходять скрізь них і фокусуватися на сітківці.

Далекозору рефракцію мають 80 – 94 % новонароджених, але вона не підвищує 4 Д. Такий порівняно невеликий ступінь далекозорості пояснюється великою опуклістю кришталика та рогівки, тобто збільшення їх заломлюваної сили. Під час росту очного яблука змінюється його форма, опуклість рогівки і кришталика і до 9-12 років встановлюється залежність між заломлюваною силою (оптичний компонент) і довжиною осі (анатомічний компонент). Якщо у процесі формування ока встановлюється-

ся відповідність між оптичним та анатомічним компонентами, то розвивається нормальна (еетропічна) рефракція.

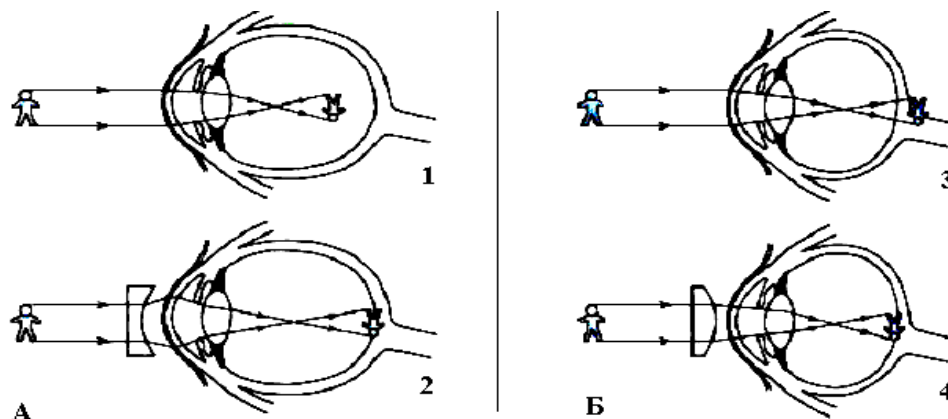


Рис. 22. Види аномалій рефракції та їх корекція: А: 1 – рефракція при короткозорості ока; 2 – корекція рефракції при короткозорості двоввігнутою лінзою; Б: 3 – рефракція при далекозорості; 4 – корекція рефракції двоопуклою збиральною лінзою

Короткозорість – це рефракція, під час якої паралельні промені, які йдуть від далеких предметів, перетинаються спереду сітківки, не доходяють до неї (рис. 22). Така рефракція може бути пов'язана із надто довгою подовжньою віссю ока (більш 22,5-23,0 мм), або більшою за нормальну заломлювальну силу середовища ока. При короткозорості призначають окуляри з розсіювальними двоввігнутими лінзами, які зменшують заломлення променів і фокусують зображення предмета на сітківці.

Астигматизм — це аномалія рефракції, під час якої неможливе сходження всіх променів в одній точці, фокусі. Це спостерігається під час неоднакової кривизни рогівки у різних її меридіанах. Якщо більше заломлюється вертикальний меридіан, астигматизм прямий, якщо горизонтальний — зворотний. Нормальні очі мають невеликий ступінь астигматизму, бо поверхня рогівки не цілком сферична. Різні ступені астигматизму, що порушують зір, виправляють за допомогою циліндричних скелець, які розташовуються на відповідних меридіанах рогівки.

Гострота зору. Здатність ока розрізняти найменшу відстань між двома точками, що досягається, коли між двома збудженими колбочками є одна незбуджена, називають *гостротою зору*.

Мірою гостроти зору є кут, який утворюється між променями, що йдуть від двох точок предмета до ока. Чим менше цей кут, тим вище гострота зору.

Нормальною гострота зору вважається тоді, коли цей кут дорівнює одній кутовій хвилині.

Гострота зору вважається найвищою тоді, коли зображення попадає на ділянку центральної ямки або жовтої плями. Для визначення гостроти зору використовують таблиці з букв, цифр, розірваних кілець і малюнків різного розміру (для дошкільнят). Показником гостроти зору для кожного ока є рядок найменших предметів, який без помилок визначив обстежуваний. Справа від рядка вказана гострота зору – від 0,1 до 2,0 одиниць. Визначають гостроту зору для кожного ока окрема, на відстані 5 м від таблиці, при інтенсивному освітленні.

Гострота зору у дітей з нормальною рефракцією збільшується з віком. Так, в 4–5 років вона у середньому дорівнює 0,80%, у 5-6 років – 0,86 %, у 7-8 років – 0,91 %. У віці від 10 до 15 років гострота зору підвищується від 0,98 % до 1,15%.

Поле зору. Простір, який охоплюється оком при фіксованому стані очного яблука, називається *монокулярним полем зору*. Сукупність усіх точок простору, які сприймаються двома нерухомими очима, називається *загальним полем зору*, або *бінокулярним полем зору*. Поле зору є важливою характеристикою зорового аналізатора, яка визначає його *пропускну здібність* – кількість інформації, яку здібні зареєструвати органи зору за одну одиницю часу. Така властивість зорового аналізатора відіграє велике значення в ігровій, навчальній і трудовій діяльності учнів. Розміри поля зору не однакові у всіх людей, а мають індивідуальні особливості, які обумовлені генетично, а також постійним тренуванням. Поля зору для різних кольорів неоднакові: для зеленого та червоного воно найменше, для білого – найбільше. У всіх людей найбільше поле зору для безколірних предметів, оскільки вони максимально охоплюються периферичним зором, пов'язаним з функцією паличок сітківки.

Поле зору особливо інтенсивно розвивається у дошкільному

віці, до 7 років воно дорівнює близько 80 % поля зору дорослого. Розвиток поля зору має статеві відмінності: у 6 років поле зору хлопчиків більше за дівчат, а 7-8 років навпаки. У наступні роки поля зору вирівнюються, а з 13-14 років його розміри збільшуються.

Бінокулярний зір. Важливим фактором, що забезпечує сприйняття простору, є **бінокулярний зір** - нормальний зір, який здійснюється двома очима. Це дає змогу відчувати рельєфне зображення предметів, бачити глибину і визначати відстань предмета від ока під час розгляду їх правим і лівим оком. Стереоскопічність (об'ємність, рельєфність) спостережуваного двома очима об'єкта визначається тим, що поле зору одного ока накладається на поле зору іншого і тим, що правим оком сприймається зображення дещо більшої частини правої сторони, а лівим оком – протилежної.

Найбільш інтенсивніше стереоскопічний зір змінюється у 9-10 років і досягає оптимального рівня у 17-22 роки. Із 6 років у дівчат гострота стереоскопічного зору вища, ніж у хлопців.

Під час розгляду предмета двома очима на сітківках правого і лівого очей створюються два зображення. Проте у зоровій області кори головного мозку сприйняття подвійного зображення об'єднується в один образ і людина сприймає предмет як єдине ціле. Це відбувається тому, що зображення предмета виникає на ідентичних точках сітківки. **Ідентичними точками сітківки** двох очей називають зони центральних ямок і всі точки, розташовані від неї на однаковій відстані і в одному й тому ж напрямку. Точки сітківки, які не збігаються, називаються **неідентичними**. Якщо промені від предмета, що розглядається, потрапляють на ідентичні точки сітківки, то зображення предмета буде роздвоєним. Роздвоєння зображення предмета можна викликати легким натисканням пальця збоку на око або ж надмірним наближенням предмета до очей. Роздвоєння зображення, або двоїння в очах, нерідко зустрічається як патологічне явище. Прикладом цього може бути косоокість, яка частіше виявляється у дітей. Причинами її виникнення можуть бути: переляк, інфек-

ційні хвороби, диспепсії, розлади або параліч нервово-м'язового апарата ока.

Глибинний зір удосконалюється з віком. У віковому діапазоні від 6 до 17 років відмічена інтенсивне зростання показника гостроти глибинного зору до 9 років. У 17 років цей показник дорівнює показника дорослого.

Світлосприймальний відділ зорового аналізатора. Першим чутливим світлосприймальним ланцюгом зорового аналізатора є палички і колбочки сітківки. Другим ланцюгом є провідниковий відділ: від паличок і колбочок до кори великих півкуль головного мозку. Третім – центральним ланцюгом служить зорова область медіальної поверхні потиличної долі півкуль головного мозку.

Обробка зорової інформації починається безпосередньо на сітківці. Зовнішні сегменти паличок і колбочок мають вигляд розташованих у вигляді стовпчиків мембранних дисків. Вони утворені складками плазматичної мембрани і містять молекули світлочутливих пігментів: у паличках міститься **родопсин** (пігмент пурпурного кольору), у колбочках — **йодопсин** (пігмент фіолетового кольору). У темряві обидва пігменти перебувають у неактивній формі. Під дією кванта світла в зовнішніх сегментах паличок родопсин розчіплюється на ретиналь (похідне вітаміну А) і білок опсин. На світлі ретиналь перетворюється у ретинол (вітамін А). У такій формі зорові пігменти збуджують фоторецептори. Виникає нервовий імпульс у зв'язаних з ними волокнах зорового нерва. У темряві синтез родопсину з вітаміну А і опсину відновлюються. Таким чином, вітамін А, що надходить в організм з їжею, є джерелом утворення родопсину. При гіпо- й авітамінозі вітаміну А може розвинути нічна, **курча сліпота** (гемералопія) — різке погіршення присмеркового зору.

Так, під час дії світла на фоторецептор виникає рецепторний потенціал у вигляді хвилі гіперполяризації, яка генерує нервовий імпульс.

Паличковидні нейроцити (палички) не мають здібності розрізняти колір, вони розпізнають предмети за їх формою та освіт-

ленням. Колбочковидні нейроцити (колбочки) виконують свої функції вдень і необхідні для кольорового зору. Уперше теорією кольорового зору запропонував М.В. Ломоносов у 1756 році.

Відповідно особливостям будови та хімічного складу один вид колбочок сприймає синій колір, другий – зелений, третій – червоний колір. Таким чином, відчуття кольору виникає під час дії на зоровий аналізатор електромагнітних хвиль певної довжини. У зоровому нерві є 3 особливі групи нервових волокон, кожна з яких проводить аферентні імпульси від однієї із груп колбочок. У звичайних умовах промені діють не на одну групу колбочок, а на 2 або 3 групи, від цього хвилі різної довжини збуджують їх різною мірою. Первинне розрізнення кольору відбувається у сітківці, але остаточний колір, який буде сприйнято, формується вже у вищих зорових центрах. Інколи у людини частково або повністю порушується сприйняття кольору, - це **колірна сліпота**. Повна колірна сліпота дає змогу людині бачити всі предмети забарвленими у сірий колір. Часткове порушення колірного зору дістало назву **дальтонізму** — спадкової хвороби, яка передається через Х-хромосому і частіше спостерігається в чоловіків, ніж у жінок. У 1794 р. її вперше описав англійський хімік Дж. Дальтон, який страждав на цю хворобу. Дальтоніки, як правило, не розрізняють червоні та зелені кольори.

Провідниковий і кірковий відділи зорового аналізатора. Нервовий імпульс (зорова інформація), що виникає в паличках і колбочках, передається біполярним клітинам, які розташовані в товщі сітківки, а потім гангліозним нейроцитам. Аксони гангліозних клітин сітківки збираються в області сліпої плями і формують зоровий нерв, який прямує у порожнину черепа. Правий і лівий зорові нерви після виходу з орбіт на нижній поверхні головного мозку, спереду від гіпофізу утворюють перехрестя (хіазму) (рис. 23). Тут пересікаються нервові волокна, що йдуть від носових сітківки правого та лівого ока. Волокна, що йдуть від скроневих половин кожної сітківки об'єднуються з перехрещеним пучком волокон протилежного зорового нерва і утворюють зоровий тракт.

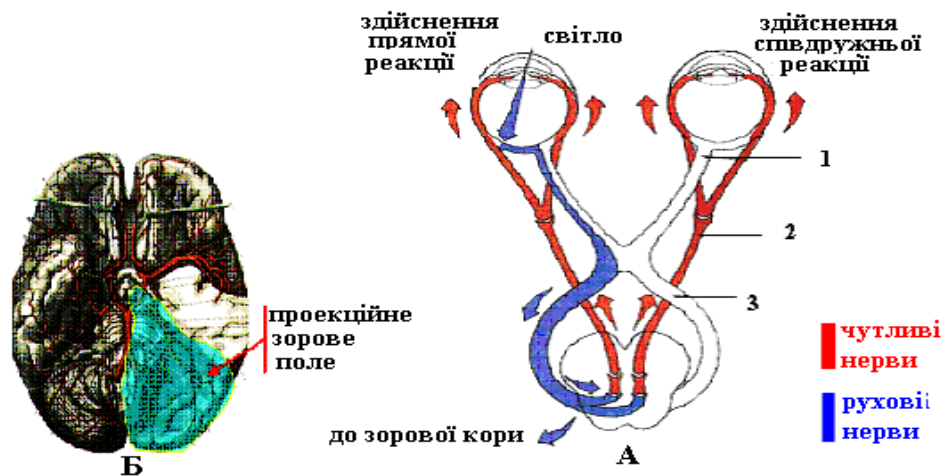


Рис. 23. Схема провідникового (А) і центрального (Б) відділів зорового аналізатора: 1 – зоровий нерв; 2 – окоруховий нерв; 3 – зоровий тракт

Таким чином, в кожному зоровому тракті є половина волокон від зовнішньої (латеральної) частини одного ока і половини від внутрішньої (медіальної) частини другого ока.

Далі нервові волокна несуть імпульси до підкіркових зорових центрів – латерального колінчастого тіла (ЛКТ) і верхніх горбів чотиригорбикового тіла середнього мозку. Нейрони підкіркових зорових центрів беруть участь у рухових реакціях органа зору та формуванні зорових орієнтувальних рефлексів. У цих центрах від волокон гангліозних клітин сітківки імпульс передається наступним нейронам, відростки яких прямують до кіркового центру зору — кору потиличної долі півкуль головного мозку (проекційне поле 17). Тут завершається вищий аналіз зорової інформації.

Адаптація зорового аналізатора. Збудливість зорового аналізатора залежить від кількості світлореактивних речовин у сітківці. Під час дії світла на око внаслідок розпаду світлореактивних речовин збудливість ока знижується. Це пристосування ока до світла має назву *світлової адаптації*. **Темна адаптація** – зростання збудливості ока до світла у темряві через відновлення світлореактивних речовин. Збудливість колбочок зростає у темряві в 20-50 разів, а паличок в 200-400 тис. разів. **Кольорова адаптація ока** – зниження збудливості ока у процесі дії променів, які викликають колірні відчуття. Чим інтенсивніший колір,

тим швидше падає збудливість ока. Найшвидше знижується збудливість у процесі дії синьо-фіолетового подразника, найменше і повільніше – зеленого.

Світлова і кольорова чутливість змінюються з віком. Світло-відчуття вже спостерігається у недоношених дітей (виявлено виникнення збудження апаратів денного та смеркового зору). Зміна світлової чутливості з віком в основному залежить від особливостей збудливості зорових нервових центрів. Вона значно збільшується у віці від 4 до 20 років, а після 30 років починає знижуватися. З віком змінюється **критична частота світлових миготінь** – найменше число перерв світла в 1 секунду та як результат злиття миготінь: у дітей 7-8 років вона складає 25, у дітей 9-10 років – 30, у дітей 12-14 років 40-41 кол./сек.. За даними деяких дослідників відчуття кольору властиве вже новонародженим. Дослідження умовних рефлексів виявило можливість диференціювати кольори у процесі утворення рефлексів мигань і харчових умовних рефлексів на 3-му місяці життя.

Доведено, що грудні діти розрізняють ступінь яскравості кольорів. У 3-річному віці дитина розрізняє як абсолютну величину яскравості кольору, так і співвідношення їх яскравості. Залежно від дозрівання центральної нервової системи зростає кольорова чутливість і здатність розрізняти кольори за тоном. Її різке підвищення спостерігали у віці 10-12 років, продовжує зростати до 30 років, повільно знижується до похилого віку.

Вікові особливості зорових рефлексорних реакцій. Перші реакції новонародженої дитини мають характер захисних та орієнтовних рефлексів. Рефлексорне звуження зіниці на світло змінюється з віком. У перший місяць життя дитини воно становить 0,9 мм, в 6-12 місяців 1,2 мм, у віці від 2,5 до 6 років 1,5 мм і тільки у старшому віці воно досягає величини дорослих 1,9 мм. У віці 6-8 років зіниці широкі через переваги тону симпатичних нервів, які іннервують м'язи райдужної оболонки. У 8-10 років зіниці знову стають вузькими і дуже жваво реагують на світло. До 12-13 років швидкість та інтенсивність реакції зіниці такі ж, як у дорослого.

Новонароджені не уміють фіксувати поглядом предмет. Фіксація предметів формується у віці від 5 днів і до 3-5 місяців, у віці від 3 до 7 років здатність довільно фіксувати очі вдосконалюється. На кінець першого місяця життя вона стійка продовж 1-1,5 хвилин, до третього місяцю збільшується до 7-10 хвилин. На 2-му місяці життя з розвитком фіксації у дитини з'являється зорове зосередження. У віці від 3 до 7 років здатність довільно фіксувати очі удосконалюється. Новонароджені повертають очі убік світлового подразнення, під час дії сильних світлових подразників заплющують очі. У 1,5-2 місяці під час швидкого наближення предмета до ока з'являється рефлекс моргання.

Дитина народжується з очима, які ще не мають ясного та чіткого бачення. У перші дні після народження рухи очей у дітей некоординовані. До другого місяця після народження рухи очей і повік стають координованими.

Новонароджена дитина плаче без сліз, оскільки недорозвинені деякі нервові центри, але слізні залози вже розвинені. Сльози у дітей під час плачу з'являються лише після 1,2-2 місяців.

Зорові умовні рефлексиві виробляються з перших місяців життя дитини, проте чим менший вік дитини, тим потрібна більша кількість поєднань умовного зорового сигналу і безумовного подразника.

Відчуття кольорів розвивається у дітей поступово. Діти починають розрізняти кольори вже з трьох місяців (жовтий, зелений, червоний) і в 3 роки повністю розрізняють кольори.

Діти шкільного віку спочатку звертають увагу на форму предмета, потім його розміри і, нарешті, колір.

Нічне бачення, тобто здатність паличок сітківки ока сприймати світлові подразнення, з віком змінюються. До 20 років воно зростає, а потім знижується.

Ембріологія ока. Ембріональний розвиток зорового аналізатора починається порівняно рано (на третьому тижні), і до моменту народження дитини зоровий аналізатор морфологічно в основному сформований. Проте вдосконалення його структури відбувається і після народження і завершується в шкільні роки.

В умовах нормального ембріогенезу окремі структури ока плоду формуються у певній послідовності: 3-5 тижні вагітності утворюються очні ямки, лінза кришталика, диференціація сітківки, зачатки зорового нерва; 6-8 тижні утворення склистого тіла, рогівки, зачатків повік, склери; 9-12 тижні утворення паличок і колбочок, райдужки, війчастого (ціліарного) тіла. Тератогенний вплив з 2 до 7 тижня мають вірусні інфекції, іонізуюча радіація, шкідливі звички - тютюнопаління та вживання алкоголю.

Очні хвороби, профілактика порушення зору у дітей і підлітків. Хвороби очей поділяють на інфекційні та неінфекційні. Серед інфекційних найбільш частіше зустрічаються **кон'юнктивіти** – запалення вій і слізних залоз. Із віком у дітей і підлітків збільшується частота травм очей.

До заходів профілактики захворювань очей школярів слід перш за все віднести суворе дотримання правил особистої гігієни: часте миття рук з милом, часта зміна рушників індивідуального користування, носових хустинок тощо.

Суттєве значення має і харчування, ступінь його збалансованості щодо вмісту харчових речовин і особливо вітамінів.

За безпосереднього впливу інтенсивної ультрафіолетової радіації або високих рівнів яскравості від освітлених поверхонь обов'язкове використання спеціальних захисних окулярів.

Профілактика травм очей у школярів включає суворе дотримання ними правил безпеки у процесі виготовлення різних виробів на уроках праці, під час проведення дослідів на уроках хімії. З метою профілактики захворювань очей педагогу необхідно освоїти систему тренувальних вправ для очей і навчити цього дітей. Про збереження функціональної норми зорового аналізатору повинні піклуватися педагоги, батьки і, безперечно, самі учні.

Як вже зазначалося, існують два основних види аномалії рефракції — **далекозорість (гіперметропія)** і **короткозорість (міопія)**.

У період дитинства переважає такий вид рефракції, як дале-

козорість. Частота нормальної рефракції і короткозорості дуже мала. У подальші вікові періоди далекозорість трапляється рідше, а еметропія і короткозорість частіше. За час шкільного навчання від вступу у школу до її закінчення кількість короткозорих дітей зростає у 5 разів. Дефіцит світла суттєво впливає на формування і прогресування вад зору у дітей шкільного віку. Гострота зору і стійкість до ясного бачення в учнів є більшими на початку уроків і послаблюються до їх закінчення. Послаблення тим різкіше, чим нижчий рівень освітлення. Важливим фактором, що призводить до зменшення гостроти зору, розвитку і прогресування в учнів короткозорості у період шкільного навчання (навіть при достатніх рівнях освітленості в навчальних приміщеннях і витриманості в нормативних межах інших параметрів світлових чинників) є навчальне навантаження, його тривалість протягом дня.

Суттєво вираженою у дітей і підлітків є взаємозалежність між частотою короткозорої рефракції, станом фосфорно-кальцієвого обміну і тривалістю щоденного впливу на організм ультрафіолетового опромінення. У дітей, які мало або зовсім не бувають на прогулянках у полудневий час, коли інтенсивність ультрафіолетової радіації достатньо висока, порушується фосфорно-кальцієвий обмін. Унаслідок цього відбуваються зміни тонуусу очних м'язів. Слабкість цих м'язів при високому зоровому навантаженні та недостатній освітленості спричиняє розвиток аномалій рефракції і їх прогресування.

Першими ознаками розвитку короткозорості може бути скарги школяра на те, що він почав погано бачити написане на дошці. Коли читає, він підносить книжку близько до очей, сильно нахиляє голову під час письма, примружує очі у процесі розглядання предметів.

Короткозорість зазвичай розвивається під впливом довготривалої і безладної роботи на близькій віддалі без дотримання гігієнічних норм читання чи писання. Рахіт, туберкульоз, ревматизм та інші загальні захворювання можуть створити сприятливий ґрунт для розвитку короткозорості.

Міопічна рефракція від 3,25 Д і вище при гостроті зору з корекцією від 0,5 до 0,9 є підставою для зарахування дітей і підлітків до III і IV груп здоров'я, тобто до хворих. За будь-яких відхилень зору в дітей і підлітків (гострота, рефракція, світловідчуття, поле зору та інші зміни) їм необхідна пильна увага лікаря-окуліста і неухильне дотримання в школі та вдома всіх його приписів. При міопії слабкого і середнього ступенів, гіперметропії, астигматизмі лікар має оглядати учнів один раз на рік, а при міопії високого ступеня (більше ніж 6,0 Д) двічі.

У профілактиці розладів зору велике значення має відстань від очей до верхнього і нижнього рядка на сторінці книги або зошита. Різна відстань до цих рядків (при розташуванні книги на горизонтальній робочій поверхні) викликає втому, оскільки форма кришталика повинна змінюватися, щоб текст можна було чітко бачити. Нахил кришки столу, який передбачається в конструкції парти (учнівського столу), полегшує роботу школяра, тому що при розташуванні книги на похилій площині верхній і нижній рядок сторінки знаходяться приблизно на однаковій відстані від очей. Куточок школяра слід розташовувати ближче до вікна. Стіл для занять потрібно ставити таким чином, щоб природне світло падало зліва від дитини, якщо вона не лівша.

Світловий режим у навчальних приміщеннях. Достатня кількість світла не тільки забезпечує нормальну життєдіяльність організму, але надає організму оптимальний життєвий тонус. Сила біологічного впливу світла на організм залежить від довжини хвилі ділянки спектру, інтенсивності та кількості випромінювання.

В інтегральному потоці променевої сонячної енергії розрізняють ультрафіолетову (УФ), видиму й інфрачервону частини спектру. Остання є носієм теплової енергії. УФ-випромінювання модулює мінеральний обмін, синтез вітаміну D, активізує кортико-адреналову систему, має бактерицидну дію. Видима частина спектру забезпечує нормальну роботу зорового аналізатора. Доведено, що тривале світлове голодування призводить до ослаблення імунобіологічної реактивності організму і функціональних

порушень нервової системи. Світло як емоційний фактор впливає на психіку людини. Недарма відоме англійське прислів'я свідчить: "Куди рідко зазирає сонце, туди часто приходить лікар".

Як відомо, **освітлення** може бути **природним** (енергія сонячного світла) і **штучним** (переважно це лампи розжарювання і люмінесцентні лампи). Коли у приміщеннях є одночасно природне і штучне освітлення, говорять про змішане освітлення.

Шкільне освітлення має відповідати таким вимогам:

1. **Достатність** — визначається розміром вікон, орієнтацією їх відносно сторін світу, розташуванням затіняючих об'єктів, чистотою і якістю скла, кількістю і потужністю джерел штучного освітлення.

Несприятливі світлові умови створюються у випадку неправильної орієнтації вікон навчальних приміщень за сторонами світу і за відсутності якихось сонцезахисних пристосувань, особливо при надмірно збільшеній світлонесучій поверхні вікон (у випадку застосування стрічкового засклення).

Для класних кімнат, кабінетів і лабораторій (крім кабінету креслення та лабораторії біології) у школах і школах-інтернатах оптимальною є орієнтація вікон на південь, схід, південний схід. У кабінетах креслення і малювання оптимальною є орієнтація вікон на північ, північний схід, північний захід, а в лабораторіях біології — на південь.

2. **Рівномірність** — залежить від розташування вікон, конфігурації класного приміщення, контрастності кольорів стін, обладнання і навчальних матеріалів. Забарвлення приміщення, меблів і робочого обладнання у світлі, теплі тони при оптимальному освітленні позитивно впливає на зорові функції і працездатність.

3. **Відсутність тіней на робочому місці** — залежить від напрямку падіння світла (світло, яке падає зліва, виключає тіні від руки, верхнє світло є безтіньовим).

4. **Відсутність сліпучості** — визначається наявністю поверхонь із високим коефіцієнтом відображення (поліровані меблі, засклені шафи тощо). Нерівномірне штучне і природне освіт-

лення з відблиском робочих поверхонь негативно впливає на зорові функції і зменшує працездатність школярів.

5. Відсутність перегріву приміщення — залежить від наявності та сили прямих сонячних променів і типу ламп. Різке сонячне світло і тривала інсоляція несприятливо впливають на стан зорових функцій і працездатність учнів.

Стабільні показники працездатності та зорових функцій забезпечуються при люмінесцентному освітленні, а не при освітленні лампами розжарювання. Освітлення навчальних приміщень сприятливо впливає на працездатність тоді, коли воно рівномірно розсіяне.

Штучне освітлення нормується або за рівнем освітлення на робочому столі, який вимірюється люксометром, або за питомою потужністю світлового потоку, яка визначається за відношенням сумарної потужності ламп до площі підлоги. Норма освітлення на робочому місці в класі для ламп розжарювання дорівнює 150 лк, у фізкультурному залі 100 лк. Для люмінесцентних ламп ці цифри становлять відповідно 300 лк і 200 лк. Позитивний вплив на зорові функції і працездатність школярів забезпечує освітлення робочих місць, що становить 250 лк і більше.

За умови дотримання норми освітленості робочого місця в дітей і підлітків поліпшується швидкість читання. Дуже низький рівень освітлення (близько 30 лк) зменшує стійкість ясного бачення майже на 70 %, тоді як зниження цієї функції при освітленні робочої поверхні, що становить 200 лк, не перевищує 15 %. У результаті зорової, розумової і трудової діяльності гострота зору в умовах освітлення 30 лк починає погіршуватися у школярів уже після першого уроку і на початок п'ятого падає на 22 % порівняно з її рівнем на початку занять. Зростання рівня освітленості приміщень сприятливо позначається на якості роботи дітей і підлітків, оскільки у них поліпшуються не лише зорові функції, а й гострота слуху.

Природне освітлення класних кімнат, навчальних кабінетів, лабораторій, майстерень та інших основних приміщень вважається достатнім, коли коефіцієнт природної освітленості в най-

більш віддаленому від вікна місці сягає 1,75-2,0 %. Коефіцієнт природної освітленості — величина стала. Вона не змінюється залежно від пори року та погоди і становить собою виражене у відсотках відношення освітленості (у люксах) на той чи інший час у приміщеннях до освітленості у той самий час на відкритій місцевості при розсіяному світлі. Максимальний рівень природної освітленості — 2000 лк. Більш високі рівні природної освітленості несприятливо впливають на зорові функції і працездатність людини.

Рівень природного освітлення класного приміщення перш за все залежить від розміру вікон. Доведено, що площа заскленої поверхні вікна у міських школах має відноситися до площі підлоги як 1:4 або 1:5. Це співвідношення називають *світловим коефіцієнтом*. У сільських школах, які, як правило, будують на відкритих майданчиках, коефіцієнт може бути 1:6. Крім загального освітлення, у навчальних приміщеннях повинно забезпечуватися додаткове місцеве освітлення класних дощок, столів у читальному залі тощо.

Високі квіти на підвіконні суттєво зменшують освітленість. Брудне вікно зменшує освітленість на 50-70 %, тому у навчальних приміщеннях їх слід мити не рідше 3-4 разів на рік ззовні і 1-2 рази на місяць зсередини.

Особливу увагу потрібно приділяти освітленню в кабінетах інформатики й обчислювальної техніки (комп'ютерних класах). При люмінесцентному освітленні рівень освітленості повинен бути близько 500 лк. Місцеве освітлення при роботі з комп'ютерами не застосовується.

Оптимальний світловий режим забезпечується також шляхом раціонального поєднання природного і штучного освітлення, яке необхідне у похмурі дні, присмеркові години осінньо-зимового періоду.

Зазначимо, що досить простим, але ефективним методом оцінки загального рівня освітленості є такий: якщо учень із нормальним зором вільно читає дрібний шрифт книги на відстані приблизно 50 см від очей, то освітлення вважається достатнім.

Якість книжок і наочного приладдя також впливає на стан зорового апарату. Згідно з гігієнічними вимогами, книжки для учнів повинні мати такі формати: 168x215, 143x215, 143x200 і 128x200 мм. Папір має бути високої якості та виключати можливість мікробного забруднення. Він повинен мати рівну, гладеньку, чисту поверхню, не просвічуватися і не бути глянсуватим. Шрифт у книжках мусить бути інтенсивним, рівномірним і чітким, що досягається за допомогою чорної неблискучої фарби, а також простим, без додаткових штрихів і прикрас. У книжках для учнів 1-2 класів висота літер повинна дорівнювати 2,75-2,90 мм, у підручниках, призначених для 3-4 класів висота літер має становити 1,5-2,0 мм, а у підручниках для 5-11 класів 1,7 мм.

Шкільне наочне приладдя повинно бути виконане на білому, якісному папері за допомогою чорної фарби, шрифтом не меншим ніж 3 см. Воно має бути чітким, яскравим, легко читатися і засвоюватися.

Дотримання в навчально-виховному процесі середньої школи гігієнічних норм є запорукою профілактики порушення зору дітей і підлітків, гарантією їх гармонійного розвитку і збереження здоров'я.

6.3. Слухова сенсорна система

Кількість інформації, яку мозок отримує за допомогою органу слуху, значно менша за зорову. Найперше, від нормального функціонування слухового аналізатора залежить розвиток мовлення, яке має вирішальний вплив на психічний стан дитини, а також від цього безпосередньо залежать успіхи у процесі навчання та засвоєння навчального матеріалу.

За допомогою слухового аналізатора людина сприймає і розрізняє звукові хвилі, які містять почергові згущення і розрідження повітря.

Слуховий аналізатор складається з трьох відділів: периферичного — рецепторного апарату, що міститься у внутрішньому вусі; провідного — шляхів, представлених восьмою парою че-

репно мозкових (слухових) нервів; центру слуху у скроневій частці кори великих півкуль. Слухові рецептори (фонорецептори) містяться в завитці внутрішнього вуха, що розташований у піраміді скроневої кістки. Звукові коливання, перед тим як дійти до слухових рецепторів, рухаються через цілу систему звукопровідних та звукопідсилювальних частин.

До периферичного відділу слухового аналізатору належать зовнішнє, середнє і внутрішнє вуха з кортієвим органом (рис. 24).

Зовнішнє вуха містить вушну раковину і зовнішній слуховий прохід. Вушна раковина утворена еластичним хрящем і зовні вкрита шкірою. Внизу доповнена складкою мочкою, яка заповнена жировою тканиною. Вушна раковина вловлює звуки, концентрує звукові хвилі, спрямовує їх у зовнішній слуховий прохід до барабанної перетинки. Зовнішній слуховий прохід має довжину 2,5 см, висланий тонкою шкірою з тонким волоссям і видозміненими потовими залозами, які виробляють вушну сірку, що містить жирові клітини та пігмент.

Волоски і вушна сірка виконують захисну роль. У вусі відбувається посилення звукових коливань у 2-2,5 рази.

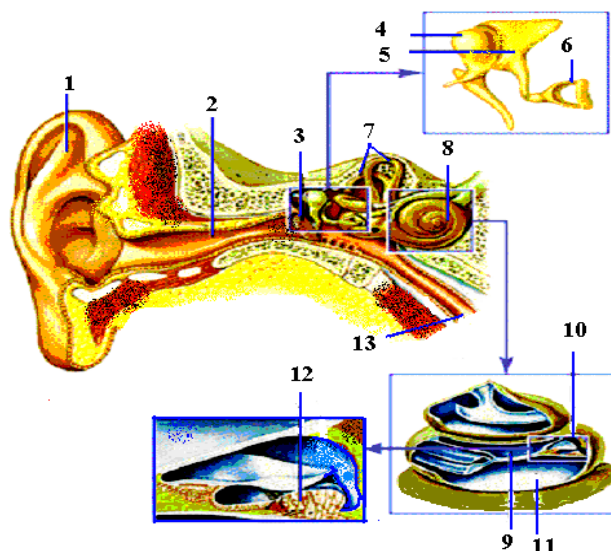


Рис. 24. Будова вуха: 1 – вушна раковина; 2 – зовнішній слуховий хід; 3 – барабанна перетинка; 4 – молоточок; 5 – коваделко; 6 – стремінце; 7 – півколовий канал; 8 – завитка; 9 – драбинка переддвер'я; 10 – перетинчастий канал; 11 – барабанна драбинка (нижній канал); 12 – слуховий (кортієв орган); 13 – евстахієва труба

У дітей до одного року зовнішній слуховий прохід складається з хрящової тканини, і тільки у наступні роки основа зовнішнього слухового проходу костеніє.

Середнє вухо містить барабанну перетинку, барабанну порожнину і євстахієву (слухову) трубу. **Барабанна перетинка** – це тонка сполучнотканинна перетинка товщиною до 0,1 мм, яка розташована на межі між зовнішнім і середнім вухом, зовні вкрита епітелієм, а зсередини слуховою оболонкою.

Барабанна перетинка новонародженого товща, ніж у дорослого, і розташована майже горизонтально.

Звукові коливання, що підходять до барабанної перетинки, змушують її коливатися з тією ж самою частотою. Із внутрішнього боку перетинки знаходиться **барабанна порожнина**, всередині якої розташовано ланцюг з'єднаних між собою кісточок: **молоточок, коваделко і стремінце**. Через системи слухових кісточок коливання барабанної перетинки передаються у внутрішнє вухо. Слухові кісточки забезпечують збільшення (у 20 разів) тиску звукової хвилі на мембрану овального вікна та зменшують надмірну амплітуду звукових хвиль при дії сильного звуку.

Барабанна порожнина з'єднана з носоглоткою за допомогою **євстахієвої труби**, довжина якої 35 мм, ширина – 2 мм. Її вистилає слизова оболонка з миготливим епітелієм, містить слизові залози та лімфатичні вузли (фолікули). Вона служить для доступу повітря із глотки у барабанну порожнину та вирівнює його тиск ззовні та зсередини на барабанну перетинку.

Порожнина середнього вуха у новонароджених заповнена амніотичною рідиною, що утруднює коливання слухових кісточок. Поступово ця рідина розсмоктується, і замість неї із носоглотки через євстахієву трубу проникає повітря. Слухова труба у дітей ширша і коротша, ніж у дорослих, що створює особливі умови для попадання мікробів, слизу і рідини під час зригування, блювання, нежиті у порожнину середнього вуха, чим і спричиняє його запалення (отит).

Внутрішнє вухо міститься у піраміді скроневої кістки та яв-

ляє собою кістковий лабіринт, всередині якого є перетинчастий лабіринт із сполучної тканини. Між кістковим і перетинчастим лабіринтом міститься рідина — перилімфа, а всередині перетинчастого лабіринту ендолімфа.

Кістковий лабіринт складається з трьох відділів: завитка, переддвер'я, півколових каналів. **Кісткове переддвер'я** утворює середню частину лабіринту та має овальне (закрите стремінцем) і кругле (закрите рухомою вторинною барабанною перетинкою) вікна, які з'єднують переддвер'я з барабанною порожниною середнього вуха.

Завитка — конічна спіральна трубка, що робить два з половиною витка навколо своєї осі, поступово звужуючись до верхівки. Порожнина завитки поділяється рейснеровою та основною мембранами на 3-и канали: верхній вестибулярний і нижній барабанний, що містять перилімфу, і середній, який заповнений ендолімфаю.

В ендолімфатичному середньому каналі завитки на основній мембрані розташований **звукосприймальний апарат** — **кортієв орган**. Він складається з 3-4 рядів рецепторних клітин, загальна кількість яких досягає 24 тис. Кожна рецепторна клітина має від 30 до 120 тонких волосків — мікроворсинок, які вільно закінчуються і омиваються ендолімфою. Закінчення слухового нерва зв'язані з волосковими клітинами. Слуховий нерв має близько 3000 волокон, основна мембрана біля основи завитки вужча, а біля верхівки — ширша. Над волосковими клітинами впродовж завиткового протоку розташована покривна мембрана, вільний край якої обернено всередину протоку, а другий прикріплено до основної мембрани.

Завитковий орган починає функціонувати від дня народження дитини.

Механізм сприйняття звуків. Для слухового аналізатора звук є адекватним подразником. **Звук** — коливальний рух пружного середовища, одним із видів якого є повітря. Звук розповсюджується у вигляді **звукових хвиль** — позовжніх коливань середовища. Сила звуку залежить від розмаху (амплітуди) ко-

ливань повітряних частинок. Звук характеризується тембром або забарвленням. Рівень звукового тиску виражається у децибелах (дБ). Наприклад, інтенсивність тихого шепоту на відстані 1,5 м рівна 10 дБ, голосна розмова – 60 дБ, максимальний рівень голосності, що викликає больові відчуття – 140 дБ.

Одиницею частоти коливань є герц (Гц). 1 Гц – одне коливання (період) звукових хвиль за 1 с. Людське вухо сприймає звукові коливання у межах 16-20000 Гц. Звук, утворений періодичною частотою коливань від 1000 до 4000 Гц (звуки мовлення), найбільш чутливих для вуха людини, називається **тоном**. **Шуми** – це неперіодичні вібрації повітря, води й іншого пружного середовища. Тони бувають низькі, середні та високі. Основною характеристикою кожного звукового тону є довжина звукової хвилі, якій відповідає певна кількість коливань за сек. Чим більша частота коливань звукових хвиль, тим вищий тон і навпаки, чим менше частота звуку, тим нижчий тон. Довжину звукової хвилі визначають відстанню, яку проходить звук за сек., поділену на кількість повних коливань, що їх здійснює тіло, яке звучить, за сек. **Інфразвуки** – це звуки з частотою нижче 16 Гц. Звуки з частотою вище 20000 Гц називаються **ультразвуками**, їх людина не чує.

У новонароджених спостерігається відносна глухота, яка пов'язана з особливостями будови їхнього вуха. Цілком виразним слух у дітей стає на кінець 2-го початок 3-го місяця. На другому місяці життя дитина якісно диференціює різні звуки, у 3-4 місяці розрізняє висоту звуку в межах від 1 до 4 октав, в 4-5 місяців звуки стають умовнорефлекторними подразниками. До 1-2 років діти диференціюють майже всі звуки.

У дорослої людини поріг чутливості дорівнює 10-12 дБ, у дітей 6-9 років 17-24 дБ, у 10-12 років — 14-19 дБ. Найбільша гострота слуху досягається з настанням середнього і старшого шкільного віку. Низькі тони діти сприймають краще, ніж високі.

У дітей верхня межа слуху – 22000 коливань за 1 сек. У людей похилого віку здатність сприймати звук не більш 15000-13000 коливань в 1 сек.

Повітряні звукові хвилі, які потрапляють у зовнішній слуховий прохід, зумовлюють коливання барабанної перетинки. Коливання барабанної перетинки передається слуховим кісточкам, рух яких викликає вібрацію стремінця, що закриває овальне вікно. Рух стремінця овального вікна визиває коливання перелімфи, які передаються ендолімфі середнього завиткового каналу.

За **резонансною теорією**, яку запропонував у 1863 році Гельмгольц, коливання ендолімфи спричиняють коливання основної пластинки, волокна якої мають різну довжину, настроєні на різні тони і становлять собою набір резонаторів, що звучать в унісон різним звуковим коливанням. Найкоротші хвилі сприймаються біля основи завитки, а найдовші біля верхівки. Під час коливання відповідних резонуючих ділянок основної пластинки, вона з визначеною силою та частотою торкається мікроросинок рецепторних клітин, які переходять у стан збудження – виникає рецепторний потенціал (нервовий імпульс).

Провідниковий і кірковий відділи слухового аналізатору. Слуховий нервовий імпульс з рецепторних клітин передається наступним нервовим клітинам, які лежать у спіральному вузлі завитку, а їх аксони утворюють слуховий нерв. Далі імпульси по волокнам завиткового нерву поступають до мозку, до ядер, розташованих у мосту. Аксони клітин цих ядер прямують до підкоркових слухових центрів, у яких підсвідомо сприймаються слухові імпульси (рис. 25). Підкірковими центрами слуху є бугри середнього мозку і клітинні тіла забугор'я проміжного мозку.

Свідоме сприйняття звуків, їх аналіз, синтез і формування комплексних уявлень про звукові сигнали, які надходять в обидва вуха роздільно, здійснюється у кірковому центрі слухового аналізатора, який знаходиться у корі верхній скроневої звивини (проекційні поля 41, 42). Нервові імпульси, що надійшли по провідним шляхом слухового аналізатора у нижні бугри чотиригорбикового тіла, передаються на спинномозковий шлях і ним спрямовуються до рухових ядер передніх рогів спинного мозку, а через них до скелетних м'язів.

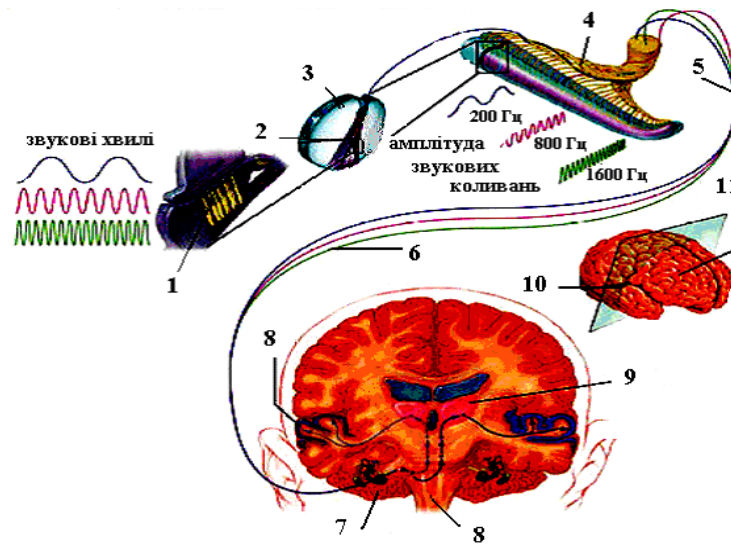


Рис. 25. Механізм сприйняття звуку: 1 – рецептор (волоскова клітина); 2 – закрутка (у розрізі); 3 – бациллярна мембрана закрутки; 4 – закрутка (у розкрученому вигляді); 5 – волокна слухового нерва; 6 – волокна слухового нерва, які закінчуються на нейронах (настроєних на різні частоти звуків); 7 - мозочок ;8 – стовбур мозку; 9 - таламус; 10 – слухова кора; 11 – моторна (рухова) кора

Так, при участі спинномозкового шляху замикається складна рефлекторна дуга, якою нервові імпульси викликають скорочення скелетних м'язів у відповідь на ті чи інші звукові сигнали.

Під час тривалої дії сильних звуків збудливість звукового аналізатора знижується, а під час тривалого перебування у тиші збудливість зростає, це **адаптація**. Найбільша адаптація спостерігається в зоні найбільш високих звуків.

Ембріологія органу слуху. Орган слуху починає ембріональний розвиток зі слухового міхура, який на початку сполучається з зовнішньою поверхнею тіла. Із часом розвитку ембріону, слуховий міхур відшнуровується від шкіряної поверхні й утворює три маленьких півколових канали, які розташовані у трьох взаємно перпендикулярних площинах. Частина первинного слухового міхура, яка пов'язує три півколових канали, утворює переддвер'я, яке в свою чергу складається з двох камер – овальної (маточки) і круглої (мішечка).

У нижньому відділі переддвер'я з тонких перетинчастих камер утворюється виступ (язичок), який витягується та скручу-

ється у вигляді завитка. На 12 тижні ембріонального розвитку язичок перетворюється у кортів орган. На 20-ї неділі починається мієлінізація волокон слухового нерву. В останні місяці починається диференціація клітин коркового відділу слухового аналізатору, яка набуде більшої інтенсивності у перші 2-а роки після народження, а у 12-13 років корковий відділ закінчить свій розвиток.

Гігієна слуху. Гігієна слуху система заходів, яка спрямована на охорону слуху, створення оптимальних умов для діяльності слухового аналізатора, що сприяє нормальному його розвитку і функціонуванню.

Серед запальних хвороб вуха найчастіше трапляються — **отити** (від грец. *otos* — вухо). Найчастіше виникає **отит середнього вуха** внаслідок ускладнення грипу, гострих респіраторних захворювань; інфекція з носоглотки може перейти євстахієвою трубою до порожнини середнього вуха. Отит перебігає як тяжке захворювання і його симптомами є сильні болі у вусі, висока температура тіла, сильний головний біль, значне зниження слуху. За таких умов необхідно негайно звернутися до лікаря. Профілактика отиту: лікування гострих і хронічних хвороб носоглотки: аденоїдів, нежиті, гаймориту тощо.

Глухота — повна втрата слуху на одне або обидва вуха. Вона може бути набутою чи вродженою. **Набута глухота** найчастіше є наслідком двостороннього отиту середнього вуха, який супроводжувався розривом обох барабанних перетинок, або тяжкого запалення внутрішнього вуха. Глухота може бути спричинена тяжкими дистрофічними ураженнями слухових нервів, які часто пов'язані з професійними чинниками: шумом, вібрацією, дією пари хімічних речовин або з травмами голови (наприклад, унаслідок вибуху).

Частою причиною глухоти є **отосклероз** — хвороба, за якої слухові кісточки (особливо стремінце) стають нерухомими. Ця хвороба була причиною глухоти у видатного композитора Людвіга ван Бетховена. До глухоти може призвести безконтрольне застосування антибіотиків, які негативно діють на слуховий

нерв.

Вроджена глухота пов'язана з вродженим порушенням слуху, причинами якої можуть бути вірусні хвороби матері під час вагітності (червоничка, кір, грип), безконтрольне вживання нею деяких ліків, особливо антибіотиків, вживання алкоголю, наркотиків, куріння. Порушення слуху до моменту, як дитина навчилась говорити, веде до глухонімоти. У таких дітей, не зважаючи на цілісність мовного апарату, мова не розвивається.

Надмірний шум не тільки веде до втрати слуху, а й викликає психічні порушення у людей. Розрізняють **специфічну і неспецифічну дію шуму** на організм людини. Специфічна дія виявляється у порушеннях слуху різного ступеня, неспецифічна — у різноманітних відхиленнях у діяльності ЦНС, розладах вегетативної реактивності, ендокринних розладах, функціональному стані серцево-судинної системи і травного тракту.

В осіб молодого і середнього віку при рівні шуму 90 дБ, який триває протягом години, знижується збудливість клітин кори головного мозку, погіршуються координація рухів, гострота зору, стійкість ясного бачення, подовжується латентний період зорової і слухомоторної реакції. За такої ж тривалості роботи в умовах впливу шуму, рівень якого становить 96 дБ, спостерігається ще більш різкі порушення коркової динаміки, фазові стани, позамежове гальмування, розлади вегетативної реактивності. Погіршуються показники м'язової працездатності (витривалості, стомлюваності) та показники праці. Праця в умовах впливу шуму, рівень якого 120 дБ, може викликати порушення у вигляді астеничних і неврастенічних проявів. З'являються роздратованість, головні болі, безсоння, розлади ендокринної системи. Відбуваються зміни в серцево-судинній системі: порушується тонус судин і ритм серцевих скорочень, зростає або знижується артеріальний тиск.

На дорослих і особливо дітей надзвичайно негативний вплив (неспецифічний і специфічний) чинить шум у приміщеннях, де включені на повну гучність радіоприймачі, телевізори, магнітофони тощо.

Профілактика негативного впливу "шкільного" шуму на організм школяра. Зміна функціонального стану слухового та інших аналізаторів спостерігається у дітей під впливом *"шкільного" шуму*, рівень інтенсивності якого в основних приміщеннях школи коливається від 40 до 110 дБ. У класі рівень інтенсивності шуму в середньому становить 50-80 дБ, під час перерв може сягати 95 дБ.

Зміни стають помітними під час впливу шуму, рівень якого становить 50-60 дБ. Зниження рівнів "шкільного" шуму і його несприятливого впливу на здоров'я учнів досягається завдяки низці комплексних заходів: будівельних, технічних і організаційних.

Так, ширина "зеленої зони" з боку вулиці повинна бути не менша ніж 6 м. Доцільно вздовж цієї смуги на відстані не менше 10 м від будівлі посадити дерева, крони яких затримуватимуть поширення шуму.

Важливе значення у зменшенні "шкільного" шуму має гігієнічно правильне розташування навчальних приміщень у будівлі школи. Майстерні, спортивні зали розміщуються на першому поверсі в окремому крилі або прибудові.

Гігієнічним стандартам, спрямованим на збереження зору і слуху учнів і вчителів, мають відповідати розміри навчальних приміщень: довжина (розмір від дошки до протилежної стінки) і глибина класних кімнат. Довжина класної кімнати, що не перевищує 8 м, забезпечує учням із нормальною гостротою зору і слуху, які сидять на останніх партах, чітке сприймання мови вчителя і ясне бачення того, що написано на дошці. За першими і другими партами (столами) у будь-якому ряді відводяться місця для учнів з послабленим слухом, оскільки мовлення сприймається від 2 до 4 м, а шепіт — від 0,5 до 1 м. Відновити функціональний стан слухового аналізатора і попередити зрушення в інших фізіологічних системах організму підлітка допомагають невеликі перерви (10-15 хв.).

6. 4. Вестибулярна сенсорна система

Вестибулярна (гравітаційна) сенсорна система забезпечує сприйняття положень і рухів тіла, необхідне для орієнтації у просторі. Ця інформація є основою рівноваги у процесі виконання рухів. У підтриманні рівноваги беруть участь руховий, зоровий аналізатори й аналізатор шкірного чуття.

Вестибулярний апарат є периферичною частиною вестибулярного аналізатора. Разом із завиткою слухового аналізатора він розташований у лабіринті скроневої кістки внутрішнього вуха і складається з переддвер'я і трьох півколових каналів (рис. 26).

У кісному *переддвер'ї* знаходяться два розширення перетинчастого лабіринту – *круглий мішечок* та *овальна маточка*. У заповнених ендолімфою маточки і мішечка є невеликі підвищення – чутливі плями (макули), які є скупченням сенсорних нервових клітин різних за формою та розміром (вторинні рецептори). На вільній поверхні клітин виступають пучки субмікроскопічних волосків, які є рецепторами рівноваги й утворюють *отолітовий апарат* (від грец. *otos* — вухо, *lithos*—камінь). В отолітовому апараті знаходяться чутливі рецепторні волоскові клітини — механорецептори.

Волоси цих клітин занурені в драглисту масу з численними вапняними кристалами — *отолітами*, які утворюють *отолітову мембрану*. При звичайному положенні голови, макула маточки й отолітова мембрана розташовані горизонтально, а мішечка – вертикально. Коли голова нахиляється, макула маточки розташовується під кутом і під дією сили ваги чи прискорення важка отолітова мембрана зміщується і згинає волоски, що подразнює рецептори, від яких організм отримує інформацію про положення тіла в просторі для підтримки рівноваги.

Таким чином, отолітовий апарат контролює положення тіла відносно сили тяжіння та реагує на прямолінійні прискорення при вертикальних і горизонтальних рухах тіла.

Три півколових канали діаметром близько 2 мм, заповнені ендолімфою і розташовані у трьох взаємно перпендикулярних площинах.

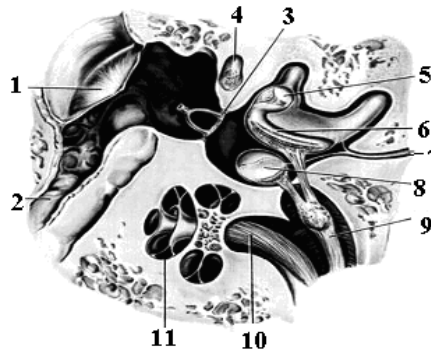


Рис. 26. Будова вестибулярного апарату: 1 – барабанна перетинка; 2 – євстахієва труба; 3 – стремінце; 4 – лицевий нерв; 5 – ампулярний апарат; 6 – отолітовий апарат утрікулюса; 7 – водопровід передгір'я; 8 – отолітовий апарат сакулюса; 9 – вестибулярна частина слухового нерву; 10 – завиткова частина слухового нерву; 11 – завитка

Кожний із півколових каналів виходить із маточки і, коли опише дугу, знову впадає в неї, розширює і утворює ампулу, в якій на підвищеннях – **гребінцях** розміщені рецепторні волоскові клітини. Чутливі волоскові клітини здатні сприймати подразнення та передавати імпульси в центральну нервову систему. Вони подразнюються рухами ендолімфи, зумовленими переміщенням тіла в просторі. Як наслідок, рухливі реакції, що виникають, сприяють збереженню рівноваги. Цьому сприяють також зір і м'язово-суглобова рецепція. Півколові канали розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, тому їх рецепторні клітини реагують на колові й обертальні рухи голови та тулуба.

Провідниковий і кірковий відділи вестибулярного аналізатору. Збудження, яке виникає в рецепторних волоскових клітинах плям – макулах і ампулярних гребінцях передається нервовим клітинам переддверного вузла. Аксони цих клітин утворюють частину переддверно-завиткового нерву (VIII пара черепних нервів), волокна якого підходять до вестибулярних ядер підкірки мозку. Аксони клітин вестибулярних ядер йдуть до ядер мозочку, до спинного мозку, у складі прокового пучка стовбура головного мозку. Від клітин вестибулярних ядер частина волокон перехрещується і йде у таламус, а від нього імпульси прямують до кори тім'яної і скроневої долів (коркові центри статикінетичного аналізатора).

У відповідь на збудження вестибулярних рецепторів вини-

кають рефлекторні реакції за участю провідникового переддверно-спинномозкового путі, який з'єднує вестибулярні ядра у стовбурі головного мозку з передніми рогами спинного мозку. Нервові імпульси, що поступають у спинний мозок і до рухових черепних, рефлекторно змінюють тонус м'язів.

Гігієна вестибулярного аналізатора. Під час ушкодження вестибулярного апарата спостерігаються запаморочення, втрата рівноваги.

При підвищеній збудливості чутливих клітин вестибулярного апарата виникає „морська хвороба” чи аналогічні їй патологічні стани. Різьке збудження багатьох центрів довгастого мозку і гіпоталамуса обумовлює виникнення головокружіння, нудоти, блювоти тощо.

Постійним тренуванням на обертальному кріслі, тренажерах, гойдалках, виконання фізичних вправ з обертами та перекидами тіла можна підвищити стійкість вестибулярного апарата.

Якщо дитина „вкочується” у транспорті, її треба пересадити на перші сидіння для пасажирів, щоб вона отримувала доступ свіжого повітря.

Ембріологія та вікові особливості вестибулярного аналізатора. Розвиток вестибулярного апарату починається раніше від інших аналізаторів, на 6-му місяці ембріонального розвитку є повністю сформованим. Зачаток перетинчастого лабіринту з'являється на 3-ї неділі ембріонального розвитку, на 6-ї неділі за допомогою складної диференціації зі слухового міхура формуються 3-и півколових протоки, маточка і мішечок. У кожному утворенні розвивається спеціалізована ділянка: гребінці у півколових протоках, у маточці і мішечку – плями, що містять чутливі клітини нейроепітелію. На 3-му місяці ембріогенезу із потовщення епітелію завиткового протоку утворюється покривна мембрана, під якою здійснюється диференціація волоскових сенсорних клітин.

Процес збудливості вестибулярного аналізатора у головному мозку існує від народження і набуває подальшого розвитку у процесі відпрацювання рухових навичок. У новонародженої ди-

тини його розташування майже таке саме, як і у дорослої людини, але новонароджена дитина не в змозі визначити положення свого тіла у просторі. У віці 13-14 років у хлопців та у 10-11 років у дівчат, функція вестибулярного апарату стає такою, як у дорослої людини.

6. 5. Руховий (пропріоцептивний) аналізатор

Руховий аналізатор – це сукупність нервово-рецепторних утворень, які сприймають стан опорно-рухового апарату і забезпечують формування сенсорних відчуттів, що супроводжуються відповідними руховими і вегетативними рефлексами. Руховий апарат інформує організм про положення тіла та його частин у просторі, координації рухів.

Периферичний відділ рухового аналізатора являє собою **пропріорецептори** (м'язові веретена), що містяться в м'язах, сухожилках і суглобах. Імпульси, що виникають у пропріорецепторах під час рухів, по доцентровими нервами надходять до мозочка і задньої центральної закрутки кори півкуль головного мозку, де виникає відчуття зміни в положенні частин тіла. У результаті подразнення пропріорецепторів виникають рефлекторні скорочення тієї чи іншої групи м'язів, або зміна їх тонусу. Це сприяє підтриманню або зміні руху, а також зумовлює позу тіла, яка забезпечує його рівновагу. За допомогою м'язово-суглобового чуття можна, коли піднімаєш предмет, приблизно визначити його вагу.

Формування пропріорецепції починається з 1-3 місяців ембріонального розвитку. До моменту народження пропріорецептори та коркові відділи рухового аналізатора досягають високого ступеня морфо-фізіологічної зрілості. Найбільш інтенсивно вдосконалюються всі відділи рухового аналізатора до 6-7 років. Від 3 до 7-8 років швидко наростає чутливість пропріорецепторів, йде дозрівання підкоркових відділів і коркових зон. Формування пропріорецепторів, розташованих у суглобах і зв'язках закінчується у віці 13-14 років, а розташованих у м'язах – у 12-15 років.

Кінестетичні механізми регуляції парної діяльності рук і ніг інтенсивно розвиваються з 7-11 до 14-15 років.

У школярів I класу відмічається мінімальна збудливість пропріорецепторів, у школярів XI – максимальна, також вона підвищується в першій половині дня і знижується у вечері.

У дні та години уроків праці, фізкультури, занять у спортивних секціях, ігор і прогулянок на вулиці збудливість пропріорецепторів найбільша, а в години відносної нерухомості (під час уроків, під час виконання домашнього завдання) – найменша.

Інтенсивна рухова діяльність суттєво стимулює розвиток усіх відділів рухового аналізатора, сприяє його функціональному вдосконаленню. Як приклад, юні та дорослі спортсмени краще орієнтуються у просторі, більш точно координують рухи у часі та просторі, можуть виконувати складні рухові елементи без участі зорового контролю, тільки орієнтуючись на пропріорецептивні та вестибулярні відчуття.

6. 6. Інтерорецептивна аналізаторна система

Для попередження порушень гомеостатичних параметрів внутрішнього середовища (вмісту кисню, вуглекислого газу, осмотичного тиску, температуру тощо), як необхідної передумови ефективної адаптації, існує регуляторний апарат – ***інтерорецептивна аналізаторна система***. Її рецептори — ***інтерорецептори*** містяться у товщі стінок і на поверхні майже всіх внутрішніх органів (органи травлення, легені, серце, судини, селезінка тощо) і сприймають зміни в діяльності цих органів. За своєю будовою і функціями інтерорецептори різні. Одні з них сприймають температуру, інші тиск, треті хімічні, больові подразнення тощо. Інтерорецептори дуже чутливі вони реагують навіть на незначні зміни у внутрішньому середовищі організму.

Вісцерорецептори – інтерорецептори внутрішніх органів, які розташовані в стінках кровоносних судин і сприймають найтонші зміни внутрішнього середовища, посилають аферентні імпульси, які викликають рефлекторні реакції, що регулюють діяльність внутрішніх органів і тонус судин. Вісцерорецептори,

які реагують на хімічні речовини, називаються **хеморецепторами**, на механічні подразнення – **механорецепторами**, на тиск – **пресорецепторами**, на осмотичний тиск – **осморецепторами**, на біль – **ноціцепторами**. **Вісцеровісцеральні** рефлекси виникають коли збудження від внутрішнього органу передається на іншій орган. **Вісцеровазоматорні** рефлекси виникають коли збудження від внутрішніх органів передається на судинну систему.

У стані спокою і при звичайному рівні діяльності своїх внутрішніх органів людина їх не відчуває. Імпульси, що надходять в центральну нервову систему від інтерорецепторів, відіграють мають велике значення у регуляції функцій різних органів. Завдяки цим імпульсам регулюється кров'яний тиск у судинах, обмін речовин, кровопостачання тканин, координується діяльність різних органів і систем. Інтерорецептори сигналізують у центральну нервову систему про стан внутрішніх органів і про ті зміни, які в них виникають у процесі діяльності.

6.7. Нюховий аналізатор

Нюховий аналізатор забезпечує здатність організму сприймати і розрізняти різноманітні запахи, дозволяє здійснювати аналіз повітря, що вдихає.

Нюхові рецептори є первинними хеморецепторами, які представлені біполярними нейронами з периферичним відростком, що сприймає ароматичне подразнення і центральним, що йде до кори головного мозку.

Нюхові рецептори містяться у слизовій оболонці в зоні верхнього носового ходу на внутрішній і на боковій поверхнях порожнини носа. Ця частина слизової оболонки носової порожнини називається **нюховою ділянкою**. Нюхова ділянка вкрита епітелієм, в якому розрізняють **опорні** та **нюхові клітини**, останні виконують рецепторну функцію в органі нюху (рис. 27). Число нюхових клітин у людини дорівнює 40 млн. Периферичний відросток нюхової клітини (дендрит) закінчується нюховою булавою, на верхівці якої розташовано до 10-12 рухомих чутливих

волосків. Вони збільшують поверхню контакту рецепторів із молекулами запашних речовин, рухаються і активно "виловлюють" запашні молекули. Молекули запашних речовин розчиняються у секреті слизистих залоз, взаємодіють із рецепторними білками війок і утворюють нервовий імпульс.

Із носової порожнини аксони нюхових клітин у складі нюхових нервів проходять крізь отвори решітчастої пластини гратчастої кістки в порожнину черепа до нюхових цибулин (їх дві) лобної долі кори головного мозку.

Тут здійснюється попередній аналіз інформації про запах. Аксони мітральних клітин цибулин утворюють нюховий тракт, який несе інформацію до кіркового центра нюху, розташованого в скроневій долі кори великих півкуль (зона гіпокампа), де здійснюється її аналіз і виникають відчуття того чи іншого запаху.

Нюхові імпульси прямують також у гіпоталамус, гіпокамп, мигдалевидне тіло, що входить до складу лімбічної системи, яка бере участь у формуванні емоційних реакцій.

Чуття нюху надзвичайно гостре і тонке: для збудження однієї нюхової клітини достатньо однієї молекули запашної речовини. За стереохімічною теорією існує 7 первинних запахів: камфорний, м'ятний, квітковий, мускусний, ефірний, їдкий, гнилий.

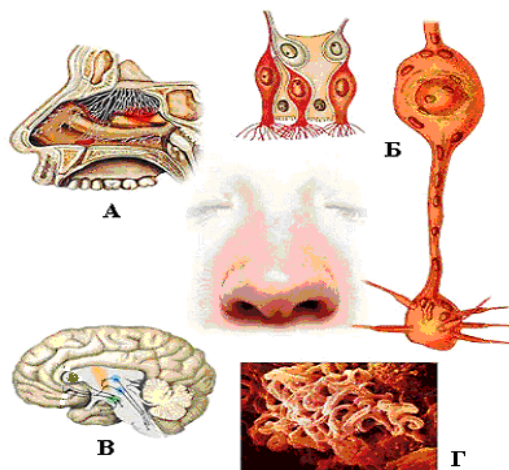


Рис. 27. Нюхова сенсорна система: *А* – носові ходи носової порожнини; *Б* – нюхові рецепторні клітини; *В* – кірковий центр нюху (скронева доля великих півкуль); *Г* – епітелій нюхової ділянки носової порожнини

Чутливість до запаху підвищується на світлі, після збудження симпатичної нервової системи.

У дітей раннього віку чуття нюху розвинене слабше, ніж у старших дітей, це зв'язано з недорозвиненням у них носової порожнини. Проте новонароджена дитина уже в перші дні життя реагує на сильні запахи скороченням мимічних м'язів і відвертається від речовин, що неприємно пахнуть. Гострота нюху підвищується до 6 років, а потім поступово знижується. Тонкість нюху (розрізнення запахів) з віком підвищується.

6.8. Смаковий аналізатор

Смаковий аналізатор аналізує, контролює якість їжі, стимулює секрецію травних залоз і всього апарату травлення. Під час подразнення смакових рецепторів посиляється рефлекторне виділення слини і шлункового соку.

Периферичний відділ містить смакові рецепторні клітини (хеморецептори), які є у грибоподібних, валикоподібних і листкоподібних сосочках слизової оболонки язика. У сосочках знаходяться *смакові цибулини, які утворені* скупченням смакових рецепторних і опорних клітин. Смакові цибулини розташовані на язиці нерівномірно: чутливі до солодких речовин — на кінчику, до кислих — по краях, до гірких — на корені, а до солоних — на кінчику й по краях (рис. 28). Смакові цибулини є не тільки на певних ділянках язика, але й на стінках глотки і м'якого піднебіння, іноді на губах.

Крім смакових рецепторів у порожнині рота є ще терморецептори, подразнення яких посилює смакові відчуття. Збудниками смакових рецепторів є хімічні речовини, що знаходяться в розчиненому стані. Природним розчинником у ротовій порожнині є слина. Збудливість смакових рецепторів значною мірою залежить від температури. Найсприятливішою для цього є температура 10-35°C. Холодна і гаряча їжа знижує смакові відчуття.

Смакові рецептори на своїх верхніх кінцях мають мікрроворсинки, які через смакові капіляри цибулин виходять на поверх-

ню язика і сприймають смакові подразнення. Виникають рецепторні потенціали, які викликають утворення нервових імпульсів.

Провідниковий і центральний відділи. Нервовими волокнами, які мають аферентні волокна язикового та язикогортанного нервів (IX пара черепно-мозкових нервів), розповсюджуються нервові імпульси.

Язиковий нерв є чутливою гілкою нижньощелепного нерва, що входить до складу трійчастого нерву (V пара черепно-мозкових нервів). Нервовий імпульс від передніх 2/3 язика передається нервовими волокнами язикового нерву, а потім волокнами барабанної струни лицевого нерву і спрямовується до ядра варолієвого моста. Далі через таламус імпульси надходять до вищого кіркового центра смаку — кори парагіппокампальної закрутки головного мозку (рис. 28). Зв'язки з корковими структурами лімбічної системи створюють мотивацію харчової поведінки. У формуванні смакових відчуттів беруть участь зоровий і нюховий аналізатори. Це зумовлено тим, що центри смаку та нюху у гіпоталамусі розміщені майже поруч, їхні нейрони тісно взаємопов'язані і між ними легко відбувається обмін інформацією.

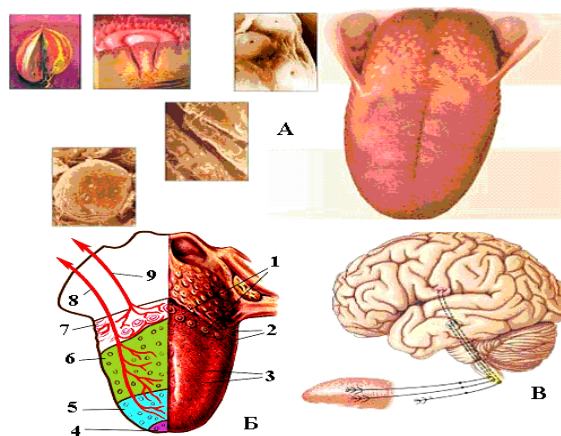


Рис. 28. Смакова сенсорна система: *А* – клітини смакових рецепторів поверхні язика; *Б* - схема розташування смакових зон чутливості язика: 1 – желобовидні сосочки; 2 – листовидні сосочки; 3 – грибовидні сосочки; 4 – зона сприйняття солодкого смаку; 5 – зона сприйняття соленого смаку; 6 – зона сприйняття кислого смаку; 7 – зона сприйняття гіркого смаку; 8 – лицевий нерв; 9 – язикоглоточний нерв; *В* - вищий кірковий центр смаку (кора парагіппокампальної закрутки головного мозку)

За таким принципом відбувається взаємозв'язок між смаковим і зоровим центрами.

Адаптація смакових рецепторів до одноманітних подразників проявляється у втраті апетиту до їжі, яка вживається щоденно. Підвищують активність і збудливість смакових рецепторів різні спеції і приправи, а також продукти, контрастні за смаком (солодкий чай і бутерброд із ковбасою або сиром).

Смакові цибулини мають найкоротший вік серед інших рецепторів. Час існування усього 240 годин, після чого вони гинуть і замінюються новими.

У новонародженої дитини орган смаку, порівняно з іншими органами чуття, розвинений найкраще. Так, на подразнення солодким, новонароджена дитина реагує смоктанням і ковтанням, на кисле, солоне, гірке скороченням мимічних м'язів. Після народження дитини орган смаку продовжує розвиватись, головним чином, у напрямку точнішого розрізнення смаків.

6.9. Аналізатор шкірного чуття

Аналізатор шкірного чуття або сомато-сенсорна система здійснює сприйняття, аналіз і синтез зовнішніх контактних подразнень шкіри.

Першій відділ шкірного аналізатору, як і усіх інших, репрезентовано рецепторами (рис. 29). Рецептори шкіри бувають трьох видів: механорецептори, терморецептори, больові рецептори.

Різні види рецепторів відрізняються за своєю будовою і розташовані в шкірі у вигляді своєрідної мозаїки.

Механорецептори або тактильні рецептори сприймають механічні подразнення, що супроводжуються відчуттям дотику, тиску, вібрації. Вони мають форму видовжених цибулин, до яких підходять нервові закінчення. У середньому на 1 см² шкіри припадає 25 тактильних рецепторів, а загальна їх кількість складає близько 500 000. Найбільше їх у шкірі долонь, на кінцях пальців, на губах, кінчику язика. Найменше у шкірі спини і живота.

Тільця Мейснера мають вигляд одного звивистого нервового закінчення, одягненого у капсулу, сприймають дотик, а також є датчиками швидкості, бо подразнення в них сприймається, коли об'єкт рухається. Розташовуються вони на ділянках шкіри, не покритої волоссям (пальці, долоні, губи, язик, статеві органи тощо).

Пластинчасті **тілця Пачіні** є рецепторами тиску та вібрації. Складаються вони з нервового закінчення, оточеного сполучнотканинними пластинками, розташовані не тільки у шкірі, але й у сухожиллях, зв'язках, брижі. Відчуття вібрації виникає під час швидкої зміни стимулів.

Диски Меркеля сприймають дотик і силу тиску. Вони розміщені біля волосяних цибулин, в епідермісі, судинах і глибоких шарах шкіри долоневої поверхні кисті, особливо на кінчиках пальців, губах, сухожилках, очеревині, брижі кишок тощо.

Збудження, яке виникає в тактильних рецепторах при контактах шкіри з предметами, надходить до мозкового кінця аналізатора (задньої центральної закрутки кори великих півкуль), де трансформується у відчуття дотику, тиску або вібрації. Завдяки тактильній чутливості людина відчуває форму, величину і характер поверхні навколишніх предметів.

Терморецептори сприймають холодові та теплові подразнення і беруть участь у регуляції теплообміну. Розміщені вони у шкірі, а також у слизовій оболонці носа, рота, гортані, стравоходу, шлунка і кишечника. Мають вигляд клубочків тонких нервових закінчень, які містяться в сполучнотканинних капсулах.

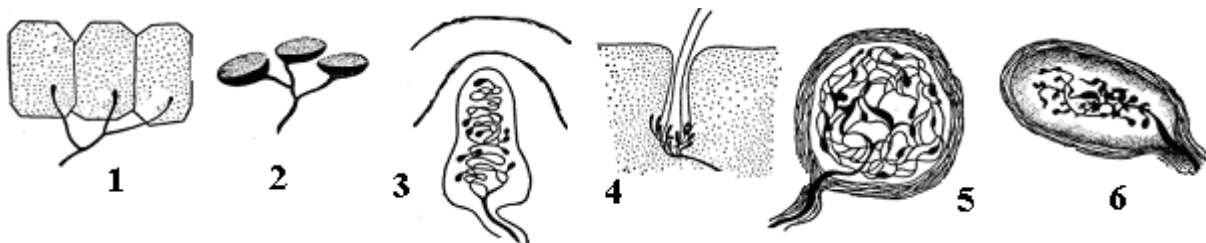


Рис. 29. Схематичне зображення рецепторів: 1 – больові рецептори; 2 – дотикові диски Меркеля; 3 – дотикове тілце Мейснера; 4 – нервові сплетення навколо волосяної цибулини; 5 – чутливе до холоду тілце Краузе; 6 – чутливе до тиску тілце Пачіні

Колби Краузе – понад 250 000 рецепторів, які сприймають холодові подразнення, розміщені поверхнево в епідермісі й зразу під ним. **Тільця Руффіні** – рецептори, які сприймають теплові подразнення і знаходяться у верхніх і середніх шарах власне шкіри, їх загальна кількість складає понад 30 000. Терморецепцію здійснюють вільні нервові закінчення. Механізм стимуляції терморецепторів пов'язаний зі зміною їх метаболізму в залежності від дії відповідної температури. Людина здатна вловлювати різницю температур до 0,2 °С. Діапазон сприймання внутрішньо-шкірних температур становить від +10 до +44,5°С.

При температурі менше +10 °С настає холодова блокада чутливості (один із засобів знеболювання). При температурі понад +44,5°С відчуття гарячого змінюється відчуттям болю. Холодові рецептори швидше реагують на подразнення ніж теплові, оскільки інформація про дію низької температури передається в ЦНС із більшою швидкістю.

Зміна зовнішньої температури подразнює терморецептори шкіри і воно по волокнах спинноталамичного шляху передається у кору великих півкуль – у постцентральною звивину, і викликає в мозковій частині аналізатора відчуття тепла або холоду. Внаслідок цього рефлексорно змінюється просвіт кровоносних судин шкіри, завдяки чому змінюється її кровопостачання і температура.

Терморецептори необхідна ланка підтримання температури тіла, термостазу, вони сигналізують про зміну температури навколишнього середовища. Температурне чуття є вже у новонародженої дитини.

Больові рецептори (ноціцептори) — це немієлінізовані вільні нервові закінчення, які знаходяться не тільки у шкірі, але й у м'язах, кістках і внутрішніх органах. Їх загальна кількість на всій поверхні шкіри складає близько 2 – 4 мільйони, на 1 см² шкіри знаходиться близько 100 – 200 больових рецепторів. Розташування больових рецепторів нерівномірне: у пахвовій і паховій ділянках їх більше; на підшвах, долонях, вушних раковинах — найменше.

Збудження, що виникають у больових рецепторах внаслідок дії подразника, поступають у спинний мозок – у його чутливі та рухові центри, які беруть участь у процесі утворення автоматичних, підсвідомих, захисних та оборонних рефлексів на рівні сегментів спинного мозку. Одночасно імпульси від рецепторів шкіри передаються доцентровими нервами у вищі кіркові та підкіркові (таламус та гіпоталамус) центри болю, де відбувається вищий аналіз і створюється відчуття болю.

Сила больових відчуттів значною мірою залежить від стану нервової системи. Больові рецептори реагують на різні коливання температури, тиску, на концентрацію простагландинів, що виділяються ушкодженими клітинами. Вони інформують про локалізацію та інтенсивність болю головний мозок і стимулюють виділення ендорфінів - блокаторів болю. Під час сильних больових подразнень рефлексивно включаються захисно-оборонні механізми: підвищується тонус м'язів, підвищується концентрація цукру в крові, частішає ритм серцевих скорочень, прискорюється зсідання крові, підвищується кров'яний тиск, затримується дихання, посилюється виділення гормонів, які беруть участь у мобілізації захисних сил організму.

РОЗДІЛ 7. Вегетативні системи організму дитини

7.1. Фізіологія крові

Рідини організму – кров, лімфа, цереброспінальна і тканинна рідини, що омивають клітинні елементи й беруть безпосередню участь у процесах метаболізму, разом утворюють внутрішнє середовище організму.

Кров. Основні властивості крові. Поняття система крові було введено 1939 року радянським дослідником-клініцистом Г.Ф. Лангом. Згідно з даними Ланга *система крові включає*:

- а) периферійну кров, що циркулює судинами;
- б) органи кровотворення – червоний кістковий мозок, лімфатичні вузли, селезінку;
- в) органи руйнування крові – печінку, червоний кістковий мозок, селезінку;
- г) регулюючий нейрогуморальний апарат.

Кров складається з рідкого середовища (плазми) і формених елементів крові (рис. 30). На формені елементи крові припадає близько 40-45% загального об'єму крові, решту 55-60% складає плазма. Саме сукупність усіх компонентів цієї системи забезпечує виконання основних функцій крові. Об'єм крові – 4,6 л або 6-8 % від маси тіла. В'язкість крові 5 умовних одиниць (тобто у 5 разів більша в'язкості води).

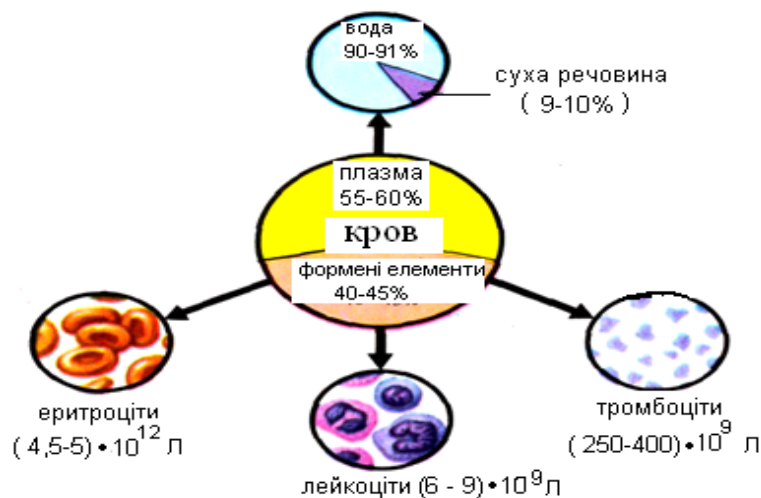


Рис. 30. Склад крові

Об'єм крові. Об'єм крові прийнято визначать відносно маси тіла (мл/кг). У середньому він дорівнює у чоловіків – 61,5 мл/кг, у жінок – 58,9 мл/кг. Абсолютний об'єм крові з віком збільшується: у новонароджених він складає 0,5л, у дорослих – 4-6л. Відносно маси тіла об'єм крові з віком, навпаки, знижується: у новонароджених – 150 мл/кг маси тіла, у 1 рік – 110, у 6 років, 12-16 років і у дорослих – 70 мл/кг маси тіла.

Питома густини крові – 1,050-1,060 г/л, а також плазми 1,025-1,034 г/л, еритроцитів – 1,090 г/л. В'язкість крові дорівнює – 4-5 у.о.

У новонароджених густина крові вище (1,060-1,080), ніж у дітей старшого віку. Із перших місяців густина крові (1,052-1,063) зберігається до кінця життя.

Відносна в'язкість крові велика в перші дні постнатального періоду, загалом за рахунок збільшення кількості еритроцитів. Під кінець першого місяця життя в'язкість зменшується і досягає – 4,6 у.о. і надалі залишається на приблизно однаковому рівні. Кров є найважливішою внутрішньою рідиною організму, відносна постійність складу якої забезпечує оптимальні умови клітинного метаболізму. У свій час Клод Бернар (1857) та І.М. Сеченов (1861) обґрунтували положення про сталість внутрішнього середовища організму. Поняття «внутрішнє середовище» було запропоноване французьким фізіологом К. Бернаром.

Постійність хімічного складу і фізико-хімічних властивостей внутрішнього середовища організму називається *гомеостазом*. Поняття «гомеостаз» було сформульовано Кенноном (1939), яке можна визначити як відносну сталість хімічного складу і хіміко-фізичних властивостей внутрішнього середовища організму (табл.8). **Гомеостаз** – це динамічна постійність внутрішнього середовища, яка характеризується чисельністю відносно постійних кількісних показників (параметрів), що отримали назву *фізіологічних (біологічних) констант*. Вони забезпечують оптимальні умови життєдіяльності клітин організму і відображають його нормальний стан.

Функції крові: 1. **Транспортна** – полягає в тому, що кров

переносить (транспортуює) різноманітні речовини: кисень, вуглекислий газ, поживні речовини, гормони тощо.

2. **Дихальна** – перенос кисню від органів дихання до клітин організму та вуглекислого газу від клітин до легенів.

3. **Трофічна** – перенос поживних речовин від травного апарату до клітин організму.

4. **Екскреторна** – транспорт кінцевих продуктів обміну речовин (сечовини, сечової кислоти, вуглекислого газу тощо), а також надлишкової води, органічних і мінеральних речовин до органів виділення (нирок, легенів, потових залоз тощо).

5. **Терморегуляторна** – полягає в тому, що кров має велику тепломісткість, транспортує тепло від більш нагрітих органів до менш нагрітих органів тепловіддачі, тобто кров сприяє перерозподілу тепла в організмі та підтримці температури тіла.

6. **Захисна** – виявляється у процесах гуморального (зв'язування антигенів, токсинів, чужорідних білків, вироблення антитіл) і клітинного (фагоцитоз) специфічного і неспецифічного імунітету, а також у процесах зсідання (коагуляції) крові, що протікає за участю компонентів крові.

7. **Регуляторна** – виявляється в реалізації гуморального виду регуляції, тобто регуляції через доставку гормонів, пептидів та інших біологічно активних речовин до клітин організму. Таким чином, кров здійснює зв'язок між різноманітними компонентами організму, забезпечує їх об'єднання в одне ціле і співвідношення рівнів їх функціонування між собою.

8. **Здійснення креаторних зв'язків** – передача за допомогою макромолекул інформації, яка забезпечує регуляцію внутрішньоклітинних процесів синтезу білка, збереження ступеня диференційованості клітин, постійності структури тканин тощо.

9. **Гомеостатична** – участь крові у підтримці сталості внутрішнього середовища організму (наприклад, постійності рН, водного балансу, рівня глюкози тощо).

Плазма крові. Плазма складається на 90 – 91% з води, 9 – 10% сухих рештків, найбільше з білків і мінеральних солей. Загальна кількість білків у плазмі складає 7 – 8%. Білки плазми

розрізняють за будовою і функціональними властивостями. Їх поділяють на три групи: альбуміни (4 – 5%), глобуліни (1,7 – 3,5%) і фібриноген (0,2 – 0,4%). Низькомолекулярні поєднання у плазмі становлять 2%. До них входять електроліти (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , H_3PO_4 , SO_4^{2-}) та неелектроліти (сечовина – 40 мг/дл (7 мекв./л), глюкоза – 90-100 мг/дл (5 мекв/л)).

Функції білків крові:

- утворюють осмотичний тиск крові, від якого залежить обмін води

- між кров'ю і міжклітинною рідиною;

- визначають в'язкість крові, що в свою чергу здійснює вплив на гідростатичний тиск крові;

- беруть участь у процесі зсідання крові (фібриноген, глобуліни);

- співвідношення альбумінів і глобулінів впливає на величину ШОЕ;

- виступають важливим компонентом захисної функції крові (особливо

- гамаглобуліни);

- беруть участь у транспорті продуктів обміну, жирів, гормонів, вітамінів, солей важких металів;

- є незмінним резервом для побудови тканинних білків;

- беруть участь у підтримці кислотно-основної рівноваги, виконуючи

- буферні функції (білковий бар'єр).

Альбуміни. Велика сумарна поверхня дрібних молекул альбуміну відіграє суттєву роль у транспорті кров'ю різноманітних речовин, наприклад, білірубіну, солей важких металів, жирних кислот, лікарських препаратів (антибіотиків, сульфаніламідів). Одна молекула альбуміну може зв'язати 25 – 50 молекул білірубіну. Альбуміни утворюються у печінці, період їх напіврозпаду складає 10 – 15 днів. Майже 60% усіх білків плазми складають альбуміни. Молекулярна вага альбуміну дорівнює 69000. Оскільки концентрація альбуміну висока, а розміри невеликі, то цей білок на 80% визначає колоїдно-осмотичний тиск плазми. При

багатьох патологічних станах кількісний склад альбуміну знижується.

Глобуліни. Глобулінами називається ціла група білків, які можуть бути поділені електрофоретично. У фракції α -глобулінів виділяють α_1 та α_2 глобуліни. Білками є α_1 -глобуліни, простетичною групою яких є гексози і гексозаміни. Ці білки називають глікопротеїнами. Їх фізіологічне значення полягає в транспорті ліпідів, зокрема фосфоліпідів. Фракція α_2 -глобулінів охоплює гаптоглобіни, що за хімічним складом відносяться до мукопротеїнів, і білок церулоплазмін, який містить мідь. Він зв'язує близько 90% усієї міді, що міститься в плазмі. α_2 -глобуліни мають оксидазну активність, інгібують плазмін і протеїнази, зв'язують гемоглобін і перешкоджають його видаленню з сечею. β -глобуліни є важливим носієм ліпідів і полісахаридів. Значення ліпопротеїнів полягає в тому, що вони здатні утримувати в розчині жири і ліпоїди та забезпечувати їх транспорт кров'ю. Близько 75% усіх жирів і ліпідів плазми входять до складу ліпопротеїнів. До β -глобулінів належить трансфер, який служить носієм міді та заліза. Саме тому трансфери транспортують залізо кров'ю. Найважливішою ланкою гуморального імунітету є γ -глобуліни. Рівень γ -глобулінів свідчить, перш за все, про рівень імуноглобулінів G, M, A, E. Глобуліни утворюються в печінці, кістковому мозку, селезінці, лімфатичних вузлах. Період піврозпаду глобулінів – 5 днів.

Фібриноген має властивість ставати нерозчинним, коли переходить під впливом ферменту тромбіну у волокнисту структуру – фібрин, що зумовлює зсідання (коагуляцію) крові. Фібриноген утворюється в печінці і виявляється у вигляді вузької смужки між фракціями β і γ глобулінів. Молекула фібриногену є витягнутою, співвідношення осі (довжина/ширина) в неї дорівнює 17:1.

Висока в'язкість розчинів фібриногену зумовлена тенденцією молекул цієї речовини утворювати агрегати у вигляді клітин.

Загальна кількість білка в сивортці крові здорових новонароджених складає 5,68 г%. Із віком кількість білка збільшується,

особливо швидко наростає в 3 роки. У 3-4 роки кількість білка практично досягає рівня дорослих 6-8 г%. Крім того, потрібно звернути увагу на широкі межі індивідуальних коливань рівня білка у дітей в ранньому віці від 4,3 до 8,3 г%. Якісний склад білків плазми крові у дітей усіх вікових періодів однаковий. Протягом онтогенезу певним чином змінюється відношення між альбумінами і різними фракціями глобулінів у плазмі крові. У перші дні після народження кров збагачена γ -глобулінами материнської плазми, які швидко розкладаються надалі. У перші місяці життя в крові знижена кількість альбумінів – 3,7 г% при відносно великому рівні γ -глобулінів. Кількість альбумінів поступово збільшується і до 6 років досягає 4,1 г%, а в 3 роки досягає 4,5г%, що наближується до норми дорослої людини 4,6 г%.

Осмотичний тиск крові. Під осмотичним тиском розуміють силу, з якою розчинена речовина утримує розчинник (сила, що зумовлює рух розчинника крізь напівпроникну мембрану з менш концентрованого розчину в більш концентрований).

Осмотичний тиск крові дорівнює 7,6 атм. Він залежить в основному від вмісту солей і води у плазмі крові та забезпечує підтримку на фізіологічно необхідному рівні концентрації різноманітних речовин, розчинених у рідинах організму (табл. 8).

Таблиця 8

Розчини для підтримки життєдіяльності організму

Розчин	Компоненти						
	NaCl	KCl	CaCl ₂	NaHCO ₃	MgCl ₂	NaH ₂ PO ₄	Глюкоза
Рідина Рінгера для холоднокровних	0,6	0,01	0,01	0,01	-	-	-
Рідина Рінгера для теплокровних	0,85-0,9	0,02	0,02	0,01	-	-	-
Рідина Локка	0,9	0,02	0,02	0,015	-	-	0,1
Рідина Тіроде	0,8	0,02	0,02	0,01	0,01	0,005	0,1

Осмотичний тиск сприяє розподілу води між тканинами, клі-

тинами і кров'ю. Розчини, осмотичний тиск яких дорівнює осмотичному тиску клітин, називаються **ізотонічними**. Вони не викликають зміни обсягу клітин. Розчини, осмотичний тиск яких вищий за осмотичний тиск вмісту клітин, називаються **гіпертонічними**. Вони викликають зморщування клітин у результаті переходу частини води з клітин у розчин. Розчини з низьким осмотичним тиском називаються **гіпотонічними**. Вони викликають збільшення обсягу клітин у результаті переходу води з клітини у розчин.

Незначні зміни сольового складу плазми крові можуть виявитися нищівними для клітин організму (перш за все клітин самої крові) через зміни осмотичного тиску. Частина осмотичного тиску, утворювана білками плазми, складає так званий **онкотичний тиск**, величина якого дорівнює 0,03 – 0,04 атм або 25 – 30 мм рт. ст. Онкотичний тиск є фактором, що сприяє переходу води з тканин у кров'яне русло. При зниженні величини онкотичного тиску крові відбувається вихід води з судин у інтерстиціальний простір, що призводить до набряку тканин.

Вміст глюкози. В нормальних умовах дорослої людини він дорівнює 100 мг%. Вміст глюкози в крові дітей нижчий, ніж у дорослих, особливо в перші дні життя. Із віком вміст глюкози крові збільшується. Натщесерце в крові у грудної дитини концентрація цукру коливається в межах 70-80 мг%, в більш старшому віці в межах 80-100 мг %, у дітей 12-14 років – до 120 мг%.

Вміст кисню і вуглекислого газу в крові. Артеріальна кров містить 18 – 20% загального об'єму кисню і 50 – 52 % – вуглекислого газу, у венозній крові кисню 12% і вуглекислого газу 55 – 58% загального об'єму.

Кисотно-лужна рівновага крові. Активна реакція крові зумовлена співвідношенням водневих і гідроксильних іонів і є жорсткою константою, оскільки лише при чітко визначеній кисотно-лужній рівновазі можливе нормальне протікання обмінних процесів. Для оцінки активної реакції крові використовують водневий показник або рН крові, що дорівнює 7,36 (артеріаль-

ної крові – 7,4, венозної – 7,35). Збільшення концентрації водневих іонів призводить до зрушення реакції крові в кислу сторону, що називається **ацидозом**. Зменшення концентрації водневих іонів і збільшення концентрації гідроксильних іонів ОН призводить до зрушення реакції в лужний бік, що має назву **алкалоз**.

У людини, в умовах норми, рН крові зберігається на відносно постійному рівні, що зумовлене наявністю в крові, перш за все, **буферних систем**: гемоглобінової, карбонатної, фосфатної, білкової. Ці системи нейтралізують значну кількість кислих і лужних речовин, що надходять у кров, і перешкоджають зрушенню рН. Буферні системи є і в тканинах, де вони представлені в основному клітинними білками і фосфатами. У процесі метаболізму кислих продуктів утворюється більше, ніж лужних. Таким чином, небезпека зрушення рН крові в кислу сторону більша. Саме тому буферні системи крові та тканин стійкіші до дії кислот, ніж лугів. Так, для зрушення рН крові в лужний бік необхідно додати до неї в 70 разів більше їдкого натру, ніж до чистої води. Для зрушення рН в кислу сторону необхідно додати до плазми в 300 разів більше соляної кислоти, ніж до води.

Якщо буферні системи нездатні протидіяти зміні рН, то включаються інші механізми. Так, накопичення продуктів метаболізму призводить до подразнення хеморецепторів судин (перш за все судинних рефлексогенних ділянок). Ці структури на ґрунті інформації, що надходить, формують у відповідь реакції, спрямовані на відновлення первинної величини рН. При цьому змінюється діяльність нирок, шлунково-кишкового тракту, в результаті чого з організму видаляється надлишок речовин, які викликали зрушення рН. Наприклад, при ацидозі нирки виділяють більше кислого одноосновного фосфату натрію, а при алкалозі – більше лужних солей. Через потові залози видаляється молочна кислота, а зміни легеневої вентиляції призводять до видалення вуглекислого газу. У регуляції рН обов'язково бере участь гормональна регуляція.

Залучення всіх цих апаратів реакцій призводить до віднов-

лення константи рН. Якщо ж це не відбувається, то формується поведінковий компонент функціональної системи. У результаті відповідної поведінки (вилучення або збільшення вживання кислих або лужних речовин) константа рН повертається до вихідного рівня.

Формені елементи крові. *Еритроцити* – це червоні без'ядерні елементи крові. Це найчисельніші червоні кров'яні тілця, тривалість життя яких у новонароджених складає 12 днів, на 10-й день життя – 36 днів, а у рік, як і у дорослих – 120 днів. У чоловіків в 1 мкм крові в середньому 5,1 млн еритроцитів ($5,1 \cdot 10^{12}/\text{л}$), а у жінок – 4,5 млн. ($4,5 \cdot 10^{12}/\text{л}$). Кількість еритроцитів у 1 л крові ($\times 10^{12}$). У новонародженого вона складає 5,8; у 1 місяць – 4,7; з 1 року до 15 років – 4,6, а у 16-18 років досягає значень, характерних для дорослих, - 4,5-5 (рис. 31).

Кількість еритроцитів мінлива. Збільшення їх кількості називають еритроцитозом (еритремією), а зменшення – еритропенією (анемією). Дані варіації можуть мати абсолютний і відносний характер. Абсолютний еритроцитоз – збільшення кількості еритроцитів в організмі – спостерігається при зниженні барометричного тиску (на високогір'ї), у хворих з хронічними захворюваннями легень і серця внаслідок гіпоксії.

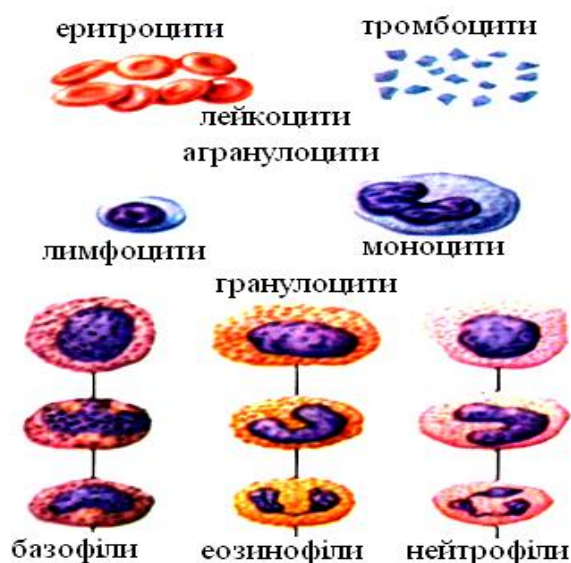


Рис. 31. Формені елементи крові

Відносний еритропоез – збільшення кількості еритроцитів в

одиниці об'єму крові без збільшення їх загальної кількості в організмі – спостерігається під час згущення крові (при значному потовиділенні, дизентерії, опіках тощо).

У процесі важкої м'язової роботи спостерігається викид еритроцитів із селезінкового кров'яного депо, що також призводить до відносного еритропоезу. Абсолютна еритропенія розвивається внаслідок зниженого утворення, посиленого розпаду еритроцитів або після кровотеч. Під час розрідження крові за рахунок швидкого збільшення рідини в кровотоці виникає відносна еритропенія.

Еритроцити ссавців мають форму двовгнутих посередині дисків. Значення їх діаметрів утворюють криву нормального розподілу, або криву Прайс-Джонса. Діаметр еритроцитів коливається від 7 до 10 мкм (у середньому 7,5 мкм). Через те, що еритроцити мають форму двовгнутої лінзи, їх поверхня більша порівняно з поверхнею шару. Існує кілька форм еритроцитів, тому вони мають відповідні назви: дискоцити, стоматоцити, ехіноцити, мікроцити (якщо їх діаметр менше 7,2 мкм), мегацити (діаметр більше 9,5 мкм). Середній діаметр еритроцита (мкм) у новонароджених – 8,12; у 1 місяць – 7,83; у 1 рік – 7,35; у 3 роки – 7,30; у 5 років – 7,30; у 10 років – 7,36; у 14-17 років (як і у дорослих) – 7,50. Загальна площа поверхні еритроцитів дорослої людини складає близько 3800 м². Особлива форма еритроцитів сприяє виконанню ними специфічних функцій – переносу дихальних газів, тому що при такій формі дифузійна поверхня збільшується, а дифузійна відстань зменшується. Завдяки своїй формі еритроцити мають більшу здатність до зворотної деформації під час проходження через такий же капіляр. Для еритроцитів характерні пластичність і осмотичність (рис. 32).

1. Пластичність. Нормальний еритроцит здатний легко змінювати свою форму під впливом зовнішніх сил. Внаслідок пластичності еритроцитів відносна в'язкість крові в дрібних судинах значно менша, ніж у судинах з діаметром більше 7,5 мкм. Ця властивість еритроцитів зумовлена наявністю в них гемоглобіну А. У процесі старіння пластичність еритроцитів змен-

шується. Плазмолема еритроцитів складається з чотирьох шарів. Вона має певний заряд (дзетапотенціал) і вибірккову проникність – вільно пропускає гази, воду, іони H^+ , аніони OH^- , Cl^- , HSO_3^- , погано – глюкозу, сечовину, іони K^+ , Na^+ , практично не пропускають більшість катіонів і зовсім не пропускають білки.

2. Осмотичність. Вміст білків в еритроцитах вищий, ніж у плазмі, а низькомолекулярних речовин – нижче. Мембрана еритроцитів пропускає низькомолекулярні речовини, при чому проникність для різних іонів різна. У процесі пригнічення активного транспорту іонів (активно переносяться через мембрану Na^+ и K^+ : Na^+ – з клітини, а K^+ – у клітину) знижується їх трансмембранний концентраційний градієнт.

Осмотичний тиск, утворюваний високою внутрішньоклітинною концентрацією білків, значною мірою компенсується малою концентрацією низькомолекулярних сполук, і тому осмотичний тиск в еритроцитах лише дещо вищий, ніж у плазмі. При розміщенні еритроцита у гіпотонічному розчині він набухає і набуває форми близької до сферичної (сфероцити). Навпаки, у гіпертонічному середовищі еритроцити втрачають воду і зморщуються. Це так званий осмотичний гемоліз.

Гемоглобін – є дихальним ферментом. Молекула гемоглобіну була відкрита Максом Перетцом.

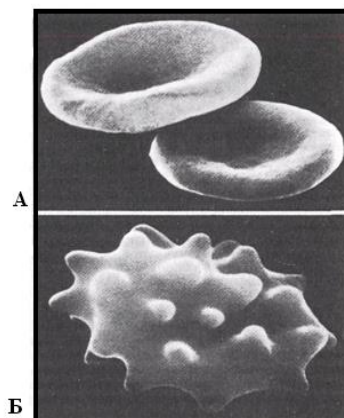


Рис. 32. Форма еритроцитів: *А* – нормального еритроциту;
Б – зморщеного еритроциту, який знаходиться у гіпертонічному

Гемоглобін знаходиться всередині еритроцитів, а не в плазмі.

За нормою рівень гемоглобіну в чоловіків – 130-160 г/л, а в жінок – 115-145 г/л. Ідеальною кількістю вважається 166,7 г/л (16,67%). У новонароджених кількість гемоглобіну дорівнює 110-145%; на 100 мг крові припадає 17-25 г гемоглобіну. На кінець першого місяця вміст гемоглобіну зменшується. Після 1-го року вміст гемоглобіну і кількість еритроцитів збільшується. У більшості дітей 7-12 років (хлопчиків і дівчат) весною гемоглобіну більше, ніж восени; правда, у деяких дітей кількість гемоглобіну зменшується; збільшення гемоглобіну і еритроцитів пояснюється нестачею кисню внаслідок порушення газообміну.

За хімічною структурою гемоглобін є хромопротеїдом. Молекула гемоглобіну має дуже маленькі розміри (висота – 45-50 ангстрем, а ширина – 55-65 ангстрем). Гемоглобін складається з білка глобіну і простетичної групи гема (рис. 33). Його молекула складається з чотирьох субодиниць, кожна з яких містить гем-залізовмісне похідне порфірину (Fe^{++}).

У крові людини знаходиться переважно 2 типи гемоглобіну: тип HbA у дорослих і тип HbF (фетальний) у плоду. Гемоглобін може утворювати ряд сполук. Так, гемоглобін, що приєднує кисень, перетворюється в **оксигемоглобін** – HbO_2 .

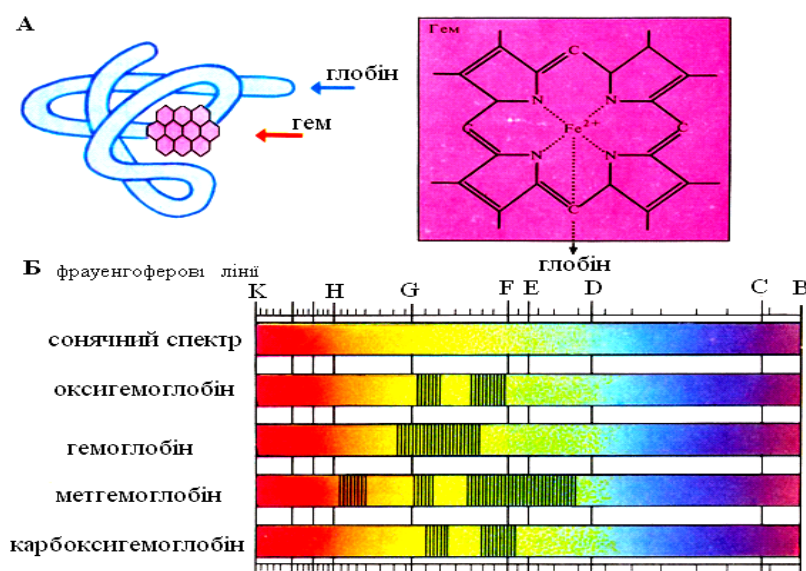


Рис. 33. Гемоглобін: *A* – молекула гемоглобіну і його формула;
Б – спектри поглинання сполук гемоглобіну

Гемоглобін новонароджених має здатність поглинати кисню

більше, ніж гемоглобін дорослих. Це сприяє посиленому обміну і росту малят, особливо в 2 роки, коли кисень поглинається максимально. Із трьох років поглинання кисню відбувається так, як і в дорослих. Насичена киснем кров має яскраво-червоний колір. Якщо оксигемоглобін віддає кисень, то його називають *відновленим або дезоксигемоглобіном (Hb)*. Сполука гемоглобіну з вуглекислим газом – *карбгемоглобін (HbCO₂)*, який транспортує CO₂ з тканин до легень. Гемоглобін може утворювати і патологічні сполуки. Сполука гемоглобіну з чадним газом називається *карбоксигемоглобіном (HbCO)*.

Спорідненість заліза гемоглобіну з CO перевищує його спорідненість з O₂. Тому навіть 0,1% чадного газу в повітрі призводить до перевищення 80% гемоглобіну в HbCO, який не здатний приєднувати O₂, що стає небезпечним для життя. Гемоглобін під впливом сильних окислювачів (анілін, фенацетин, нітрити, нітрати тощо) переходить у патологічну сполуку *метгемоглобін (MetHb)*.

Метгемоглобін містить тривалентне залізо і не може приєднувати O₂, тому порушується транспорт кисню до тканин і може настати смерть. У скелетних м'язах і міокарді знаходиться м'язовий гемоглобін, що має назву *міоглобін*. Його простетична група ідентична гемоглобіну крові, але білкова частина – глобін – має меншу молекулярну масу. Майже 14% загальної кількості кисню в організмі зв'язує міоглобін людини. Ця властивість міоглобіну відіграє важливу роль у постачанні м'язів, які працюють.

Гемоліз – процес руйнування оболонки еритроцитів, внаслідок якого відбувається вихід гемоглобіну в плазму. Розрізняють декілька видів гемолізу. Осмотичний гемоліз виникає в гіпотонічному середовищі, при цьому кров стає прозорою («лакова кров»). Мірою осмотичної стійкості (резистентності) еритроцитів є концентрація розчину хлористого натрію, при якій починається гемоліз. У людини межі стійкості еритроцитів знаходяться в межах від 0,4% до 0,34% (в розчині такої концентрації руйнуються всі еритроцити). При деяких захворюваннях осмотична

стійкість еритроцитів знижується, тобто гемоліз починається при більш високих концентраціях розчину хлористого натрію.

Хімічний гемоліз відбувається під впливом речовин, що руйнують білково-ліпідну оболонку еритроцитів (ефір, хлороформ тощо).

Механічний гемоліз виникає при сильних механічних впливах на кров (наприклад, струшування ампули з донорською кров'ю).

Термічний гемоліз спостерігається при заморожуванні та розморожуванні крові. Руйнування оболонки еритроцитів при цьому відбувається кристаликами льоду.

Біологічний гемоліз виникає під час потрапляння в кров хімічних речовин, що утворюються в живих організмах (під час переливання несумісної крові, під впливом імунних гемолізів, під час дії біологічних отрут, наприклад, при укусі змій, бджіл тощо).

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ), або реакція осідання еритроцитів.

У дефібринованій крові еритроцити під час відстоювання осідають. Це має назву *реакція осідання еритроцитів – РОЕ*, або в наш час вживається термін *швидкість осідання еритроцитів – ШОЕ*. Механізм ШОЕ остаточно не встановлений. На його показники впливають величина обсягу еритроцитів (чим дрібніші вони, тим швидше осідають), електричний заряд, співвідношення альбумінів і глобулінів у плазмі й кількість фібриногенів. ШОЕ – один із найдавніших клінічних методів дослідження. У 1920 році Лінценмейер і Вестергрен розробили практичний метод визначення швидкості осідання еритроцитів. Швидкість осідання у здорового чоловіка складає 3-6 мм/год, а в жінки – 7-12 мм/год, у період вагітності може сягати 45 мм/год. ШОЕ залежить від статі, віку, фізіологічного стану (вагітність, менструальний цикл), від процесів травлення, стану нервової системи, а також від часу доби (ввечері – більша, вранці – менша).

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) у новонароджених

дорівнює 2,5 мм/год, у 1 місяць – 5,0; у 1 рік і старших дітей, як і у дорослих – 7,0-10 мм/год. Така різниця пояснюється тим, що білків у плазмі новонароджених менше, ніж у дорослих (близько 6%). Кількість залишкового азоту в новонароджених підвищена (до 50 мг%).

Анемія – це зменшення кількості та розмірів еритроцитів і вмісту в них гемоглобіну. Якщо концентрація гемоглобіну в крові менша за 11%, то говорять про анемію. Виділяють декілька видів анемії:

1. Нормоцитарні (розміри еритроцитів і вміст у них гемоглобіну не змінені, але кількість еритроцитів зменшена).

2. Мікроцитарні та гіперохромні (зі зниженням вмісту гемоглобіну).

3. Серповидна анемія характеризується неправильною формою еритроцитів і порушенням транспорту кисню; ця форма анемії є спадковою тощо. Для хворих на анемію характерні слабкість, швидка втомлюваність.

Лейкоцити - це білі кров'яні клітини, в яких є ядро і цитоплазма. Лейкоцити разом з кровотворною тканиною утворюють білий ристок крові або *лейкон*. Загальна кількість лейкоцитів у крові складає 6–9х10⁹. Лейкоцити зазнають істотних змін з віком. У 1 літрі крові у новонародженого – 30 х 10⁹ лейкоцитів, у 1 місяць – 12,1 х 10⁹, у 1 рік – 10,5 х 10⁹, у 3-10 років – 8-10 х 10⁹, у 14-17 років, як і у дорослих, – 5-8 х 10⁹. Таким чином, має місце поступове зниження рівня лейкоцитів.

Збільшення кількості лейкоцитів називається **лейкоцитозом**, а зменшення – **лейкопенією**. Розрізняють фізіологічний і реактивний лейкоцитоз (рис. 34).

Фізіологічний лейкоцитоз спостерігається після прийняття їжі, під час вагітності, при м'язовій роботі, сильних емоціях, болювих відчуттях. Реактивний лейкоцитоз виникає при запальних процесах та інфекційних захворюваннях. Лейкопенія спостерігається при деяких інфекційних захворюваннях. Неінфекційна лейкопенія пов'язана головним чином з підвищенням радіоактивного фону, вживанням ряду лікарських препаратів то-

що.

Усі види лейкоцитів мають амебоподібну рухливість різного ступеню. За наявності певних хімічних подразників лейкоцити можуть проходити через ендотелії капілярів і переміщатися до подразника (мікроба, клітини організму, що розпадається, чужорідного тіла або комплексу антиген – антитіло), при досягненні якого лейкоцит поглинає його (фагоцитує), а потім за допомогою травних ферментів перетравлює його. Крім того, лейкоцити виділяють ряд важливих для захисту організму речовин: антитіла, які мають антибактеріальні і антисептичні властивості, речовини фагоцитарної реакції та гоєння ран. Більшість лейкоцитів (більше 50 %) знаходиться за межами судинного русла, близько 30 % - у кістковому мозку. Очевидно, для лейкоцитів, за винятком базофілів, кров відіграє роль, перш за все, переносника – вона доставляє їх від місця утворення до тих місць організму, де вони необхідні.

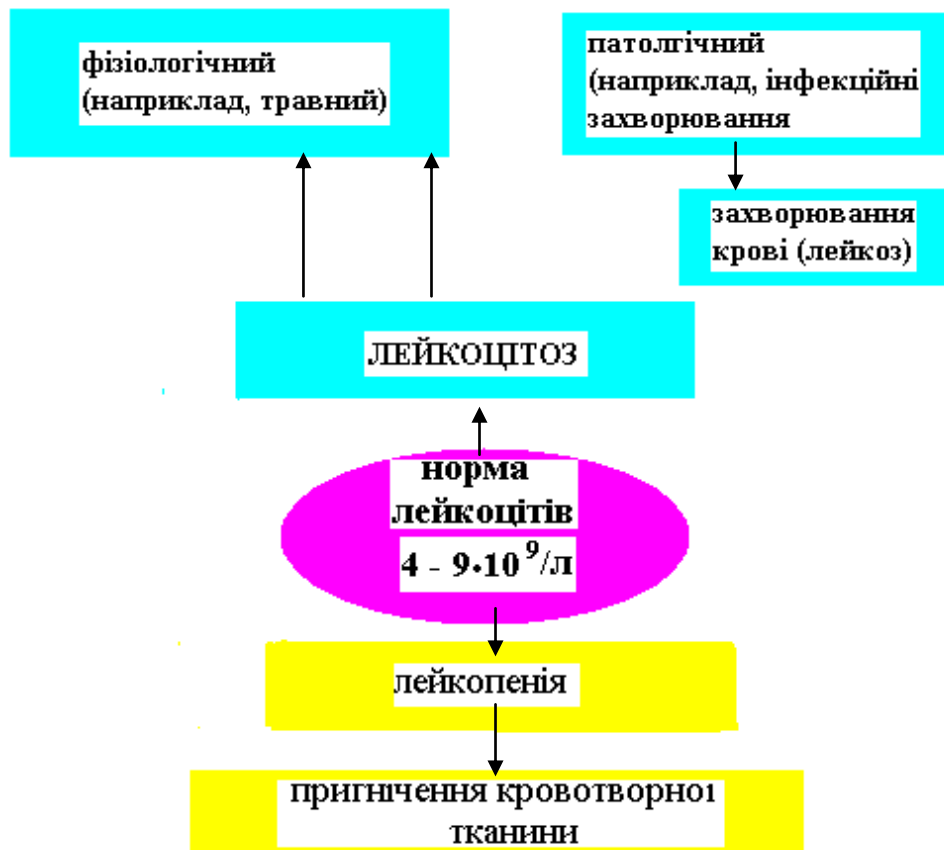


Рис. 34. Зміни вмісту лейкоцитів у крові

В залежності від того, має цитоплазма зернистість чи вона

однорідна, лейкоцити поділяють на дві групи: зернисті (гранулоцити) і незернисті (агранулоцити).

До *зернистих* лейкоцитів відносяться: еозинофіли, базофіли, нейтрофіли. До *незернистих* відносять: лімфоцити і моноцити. У клініці при оцінці кількості лейкоцитів має значення не лише їх загальна кількість, але й відсоткове співвідношення всіх форм лейкоцитів, що отримало назву *лейкоцитарної формули (лейкограми)*. Лейкограма здорової людини характеризується постійністю і має такий вигляд: еозинофілів – 0,5 – 5 % (200 – 300 клітин в 1 мкл крові), базофілів – 0 – 1 % (0 – 65), нейтрофілів – 50 – 75 % (250 – 5800), лімфоцитів – 19 – 37 % (1000 – 3000), моноцитів – 3 – 11 % (90 – 600). Функції окремих форм лейкоцитів різні.

Лейкоцитарна формула має вікові особливості, пов'язані із вмістом нейтрофілів та лімфоцитів. У новонароджених, як і у дорослих, на частку нейтрофілів припадає 68 %, а на частку лімфоцитів – 25 %; на 5-6-й день після народження виникає так званий “перший перехрест” – нейтрофілів стає менше (до 45 %), а лімфоцитів більше (до 40 %). Таке співвідношення зберігається приблизно до 5-6 років (“другий перехрест”). Наприклад, на 2-3 місяць частка нейтрофілів складає 25-27 %, а частка лімфоцитів – 60-63 %. Це вказує на істотне підвищення інтенсивності специфічного імунітету у дітей перших 5-6 років. Після 5-6 років поступово до 15 років співвідношення, характерне для дорослих, відновлюється (табл. 9).

Лейкоцитарна формула крові новонародженої дитини характеризується: 1) поступовим збільшенням кількості лімфоцитів від моменту народження до кінця періоду новонародження (при цьому на 5-ту добу відбувається перехрест кривих падіння нейтрофілів та підйому лімфоцитів); 2) великою кількістю малосегментованих форм ядер нейтрофілів; 3) великою кількістю юних форм, мієлоцитів, еритробластів; 4) структурною незрілістю та хрупкістю лейкоцитів.

Еозинофіли мають фагоцитарну здатність, але через невелику кількість у крові їх роль у цьому процесі незначна. Основна

їх функція полягає в тому, що вони руйнують токсини білкового походження, чужорідні білки і комплекси антиген – антитіло.

Таблиця 9

Вікові норми лейкоцитарної формули крові

Вік, роки	Нейтрофіли, в %	Лімфцити, в %	Моноцити, в %	Еозинофіли, в %	Базофіли, в %
При народженні	61	31	5,8	2,2	0,6
4 неділі	35	56	6,5	2,8	0,5
2 роки	33	59	5,0	2,6	0,5
4 роки	42	50	5,0	2,8	0,6
6 років	51	42	4,7	2,7	0,6
10 років	54	38	4,3	2,4	0,5
Дорослі	59	34	4,0	2,7	0,5

Еозинофіли фагоцитують гранули зруйнованих базофілів і тучних клітин, особливо під час глистової інвазії, алергічних станів, а також антибактеріальній терапії, в яких міститься велика кількість гістаміну. Гістамін є стимулом для збільшення кількості еозинофілів. Вони продукують фермент гістаміназу, який руйнує поглинутий ними гістамін. Еозинофіли беруть участь у процесі фібринолізу, оскільки в них відбувається виробка плазмогену – попередника одного з головних факторів фібринолітичної системи крові – гепарину.

Базофіли продукують і містять біологічно активні речовини (гістамін, гепарин). Гепарин перешкоджає зсіданню крові в осередку запалення, а гістамін розширює капіляри, що сприяє розсмоктуванню і загоєнню. У цьому полягає фізіологічний сенс збільшення кількості базофілів у заключну фазу гострого запалення.

Нейтрофіли – в основному захищають організм від мікробів, що проникають, і токсинів. Вони швидко з'являються на місці пошкодження або запалення, швидкість їх руху в інтерстиціальному просторі сягає 40 мкм у хвилину. Нейтрофіли фагоцитують живі та мертві мікроби, клітини, що руйнуються, чу-

жорідні часточки, а потім перетравлюють їх за допомогою власних ферментів. Нейтрофіли секретують лізосомні білки, продукують інтерферон, який має противірусну дію.

Моноцити здатні до амебоподібного руху, виявляють виражену фагоцитарну активність. Їх максимальна активність виявляється у кислому середовищі, в якому нейтрофіли активність втрачають. В осередку запалення моноцити фагоцитують мікроби, мертві лейкоцити, пошкоджені клітини запаленої тканини, тобто вони очищують осередок запалення і готують місце для регенерації ткани. Моноцити є центральною ланкою моноклеарної фагоцитарної системи (рис. 35).

Лімфоцити мають великий термін життя (до 20 років і більше) і здатні не лише проникати з крові до тканин, але й повертатися назад у кров. Вони є однією з центральних ланок імунної системи організму, вони зумовлюють формування специфічного імунітету, реалізацію імунного нагляду. Завдяки їх здатності розрізнявати «своє» й «чуже» за допомогою мембранних рецепторів, які активуються під час контакту з чужорідними білками, лейкоцити здійснюють синтез захисних антитіл, лізис чужорідних клітин, забезпечують реакцію відторгнення трансплантату, знищують мутантні клітини організму і забезпечують імунну пам'ять.

Лімфоцити, з функціональної точки зору, поділяють на три групи: Т (тимус-залежні), В (бурсозалежні) і 0 (нульові).

Т-лімфоцити утворюються в червоному кістковому мозку, диференціювання проходять у виличковій залозі (тимусі), а потім потрапляють у селезінку, лімфатичні вузли або циркулюють у крові. Розрізняють кілька форм Т-лімфоцитів. **Клітини-хелпери** (помічники) взаємодіють з В-лімфоцитами, перетворюють їх у плазматичні клітини. **Клітини-супресори** (пригнічувачі) блокують надмірні реакції В-лімфоцитів і підтримують постійне співвідношення різних форм лімфоцитів. Клітини-кілери (вбивці) безпосередньо здійснюють реакції клітинного імунітету. Вони взаємодіють з чужорідними клітинами або своїми, які набули невластивих їм якостей (пухлинні клітини, клі-

тини-мутанти), руйнують їх. Вони зберігають генетичний гомеостаз. У новонародженого на частку Т-лімфоцитів припадає 33-56 % від усіх форм лімфоцитів, а у дорослих – 60-70 %. Така ситуація виникає з 2-річного віку.

В-лімфоцити утворюються в кістковому мозку, диференціювання проходять у лімфоїдній тканині кишечника, червоподібного відростка, піднебінних і глоткових мигдалин. Їх основна функція полягає у створенні гуморального імунітету шляхом вироблення антитіл, які під час зустрічі з відповідними їм чужорідними речовинами зв'язують їх і нейтралізують, таким чином готують процес наступного фагоцитозу.

Нульові лімфоцити диференціацію в органах імунної системи не проходять, вони наділені здатністю при необхідності перетворюватися в Т- і В-лімфоцити. Лейкоцити є однією з найбільш реактивних клітинних систем організму, тому їх кількість і якісний склад змінюються у процесі найрізноманітніших впливів.

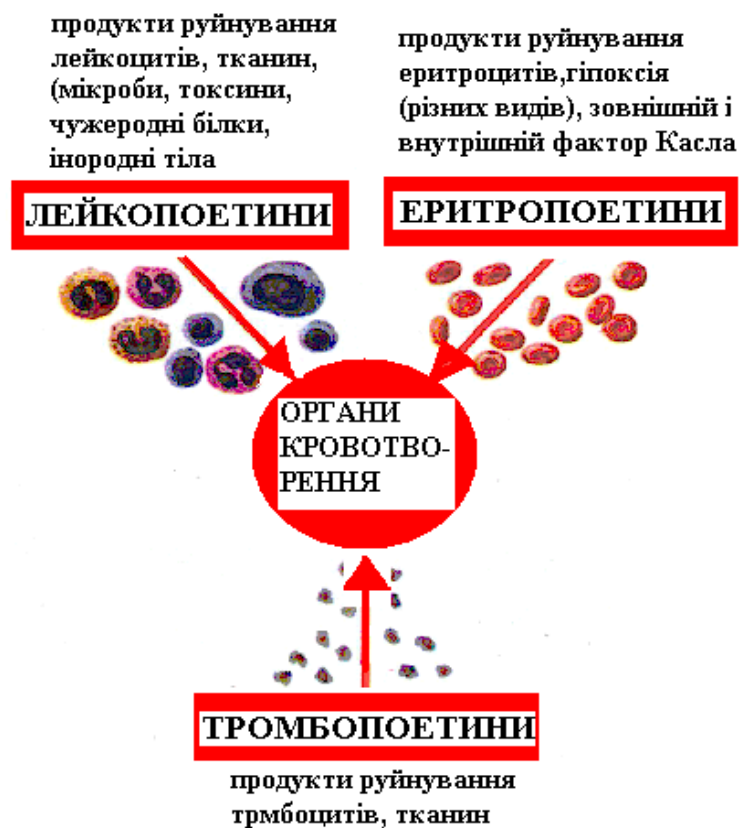


Рис. 35. Регуляція кровотворення

Лейкопоез. Лейкопоез регулюється лейкопоетинами, серед

яких виявлено базофіло-, зозинофіло-, нейтрофіло-, моноцито-, лімфоцитопоетини, які регулюють утворення правильно визначених форм лейкоцитів. Лейкопоетини діють безпосередньо на органи кровотворення, пришвидшують творення і диференціацію певних білих кров'яних тілець.

Лейкопоез стимулює продукти розпаду самих лейкоцитів і тканин (при їх запаленні та пошкодженні), нуклеїнові кислоти, деякі гормони, мікроби та їх токсини. Однак усі ці речовини діють на лейкопоез не прямо, а за рахунок лейкопоетинів, продукція яких під їх впливом збільшується.

Тромбоцити – клітини неправильної округлої форми, які не мають ядер, розмір від 2 до 5 мікронів, утворюються в кістковому мозку, тривалість їх життя від 8 до 11 днів. У дорослої людини кількість тромбоцитів в 1 мм^3 налічується приблизно – 200-320 тис. Має місце добові коливання: в день тромбоцитів більше, ніж у вечері. Функції тромбоцитів різноманітні та визначаються їх специфічними властивостями: здатністю до аглютинації, адгезії та творення псевдоподій. Тромбоцити продукують і виділяють фактори, що беруть участь у всіх етапах зсідання крові (рис. 35).

Число тромбоцитів у дітей усіх вікових категорій, включно із новонародженими, змінюється, і у дорослих досягає $200\text{--}400 \times 10^9$ в 1 л (табл. 10).

Таблиця 10

Вікові особливості тромбоцитограми

Вік, роки	Кількість тромбоцитів тис./ 1 мм^3 крові	Типи тромбоцитів		
		юні	зрілі	старі
До 1	252	22	65,7	8,7
1-3	286	17,5	68,7	7,3
3-7	285	13,2	72,2	8,0
7-15	297	8,2	76,5	7,4
22-40	311	4,6	79,2	8,0
41-70	224	2,4	78,3	12,4

Групи крові. Карл Ландштейнер проводив дослідження

крові різних пацієнтів і виявив склеювання еритроцитів у одних груп людей, а в інших пацієнтів це не спостерігалось. На основі цього Ландштейнер висловив припущення, що в еритроцитах містяться антигени, а в сироватці – антитіла. Антигени, що знаходяться в еритроцитах, він позначив латинськими літерами А і В, а аглютиніни до них – грецькими α і β . На основі ряду проведених досліджень в залежності від властивостей крові він поділив на групи А, В і С, а у 1906 році Ян Янський встановив 4 групи крові. Четверта група зустрічається рідше, ніж перші три. Офіційно ця класифікація була затверджена на з'їзді патологів і бактеріологів у 1921 році. Перша група (0) містить аглютиніни α і β , друга група (А) містить аглютиноген А і аглютинін β , третя група (В) – представлена аглютиногеном В і аглютиніном α , а четверта група (АВ) – містить аглютиногени А і В.

У 1940 року Ландштейнер разом із А. Вінером відкрили резус-фактор. Система резус була винайдена в результаті імунізації кролів кров'ю мавп - макак-резусів (рис. 36). Сучасна номенклатура – це поєднання двох номенклатур (за Ландштейнером і Вінером та за Р. Фішером. і Р. Райсом).

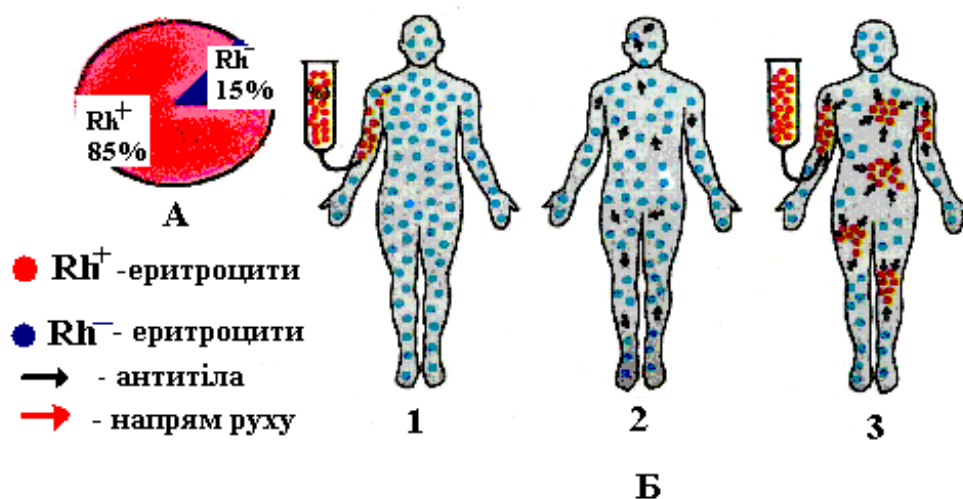


Рис. 36. Резус – фактор (Rh): А – процентне співвідношення людей з Rh^+ і Rh^- кров'ю; Б – уявлення про виникнення “Rh – конфлікту”: 1 – введення Rh^+ - крові Rh^- реципієнту; 2 – вироблення Rh – антитіл в організмі реципієнта; 3 – повторне введення Rh^+ - крові Rh^- реципієнту, що викликає аглютинацію

Антигени (від грец. *anti* - проти, *genes* – походження) – ви-

сокомолекулярні сполуки, здатні стимулювати імунокомпетентні лімфоїдні клітини забезпечують імунну відповідь. Сучасний варіант $Rh_0(D): rh^1(c): rh^{11}(E): Hr_0(d): rh^{11}(e): rh^{11}(C)$. Таким чином антиген Д визначає приналежність людей до групи резус-позитивних, таких людей серед європейців багато – 86 %, у представників монголоїдної раси 100 %, всі інші люди будуть резус-негативними.

Антиген Д є основною причиною сенсibilізації (імунізації) під час вагітності та гемолітичної хвороби новонароджених, він легко проникає через плаценту (рис. 37).

Тому при шлюбі резус-позитивного чоловіка з резус-негативною жінкою, плід нерідко успадковує резус-фактор батька. Кров плоду проникає в організм матері, викликає утворення антирезус-аглютининів. Через плаценту вони дифундують у кров плоду, викликають руйнування еритроцитів зсідання крові. Якщо концентрація антирезус-аглютининів висока, то це призводить до загибелі плоду й викидня. При легких формах резус-несумісності плід народжується живим, але з гемолітичною жовтухою.

На сьогодні в еритроцитах людини виявлено більше 200 різноманітних аглютиногенів. 140 з них об'єднані в 20 систем, а всі інші є індивідуальними або спільними. До них відносять системи N, S, P, A, M та інші.

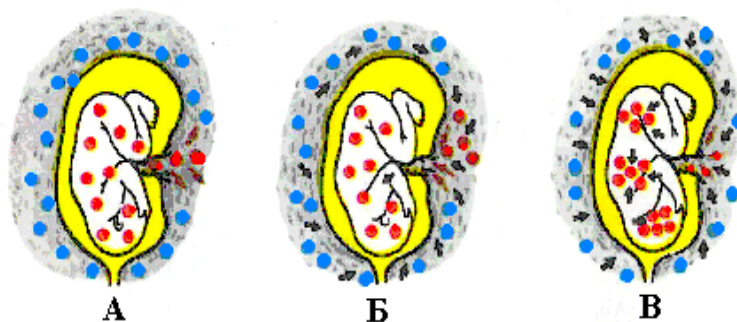


Рис. 37. Резус-фактор в акушерській практиці: *А - імунізація організму Rh^- - матері Rh^+ - еритроцитами плоду; Б - вироблення Rh антитіл в організмі матері; В – аглютинація Rh^+ - еритроцитів плоду антитілами матері*

У кожній із цих систем є один або кілька аглютиногенів, які

утворюють різні комбінації, тобто групи крові цих систем. Усі ці системи аглютиногенів мають значення лише у процесі повторних переливань крові або вагітності.

Слід зазначити, що існує географічний розподіл групи крові. Так, більше 40 % мешканців Центральної Європи мають групу А, приблизно 10 % – групу В, близько 40 % – групу D і 6 % – групу АВ. Серед корінних мешканців Північної Америки у 90 % зустрічається група О.

Успадкування груп крові. У комплементарних хромосомах кожної людини є два з трьох алельних генів (А, В, О), тобто генетично закодованих якісних ознак. Ці два гени визначають фенотипово визначену групу крові, тобто антигенні ознаки еритроцитів (табл. 11).

Таблиця 11

Антигени та антитіла груп крові системи АВО

Група крові (фенотип)	Генотип	Аглютиногени (в еритроцитах)	Аглютиніни
О	ОО	відсутні	Анти-А (α) Анти-В (β)
А	ОА або АА	А	Анти-В (β)
В	ОВ або ВВ	В	Анти-А (α)
АВ	АВ	А, В	відсутні

Група АВ відноситься генотипу $I^A I^B$

Група А відноситься генотипу $I^A I^0$ або $I^A I^A$

Група В відноситься генотипу $I^B I^0$ або $I^B I^B$

Група 0 відноситься генотипу II (тобто $I^0 I^0$)

Ці принципи успадкування дозволяють отримати деяку інформацію про батьків, коли відома група крові дитини.

Переливання крові. У наш час вважають припустимим переливання лише сумісної за системою АВО крові. При цьому обов'язково враховується резус-фактор. Кров донора I групи можна переливати реципієнту I групи, кров донора II – реципієнту II тощо. В екстрених випадках можливе застосування правила Оттенберга, яке широко використовувалося у 60 - 80 роках

(рис. 38). Людина з I групою крові – універсальний донор, кров цієї групи можна переливати всім групам, а людина з IV групою – універсальний реципієнт, що дає змогу їй отримувати кров будь-якої з 4-ох груп, але в цих випадках порція крові, що вводиться, обмежується 200 мл.

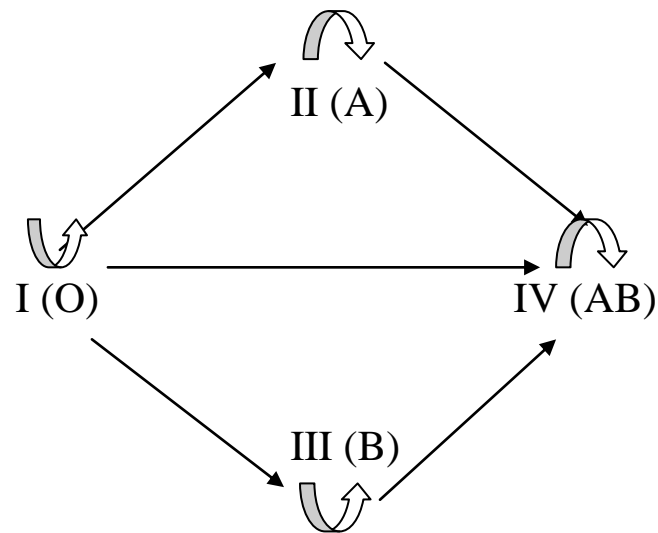


Рис. 38. Правило переливання крові (за Оттенбергом)

Переливання несумісної крові може викликати гемотрансфузійний шок, який нерідко призводить до смерті. Одним з механізмів розвитку цього стану є те, що під час руйнування склеєних еритроцитів виділяються їх фактори зсідання, в тому числі тромбопластин. Він викликає внутрішньо судинне зсідання крові і блокаду мікроциркуляторних судин усіх органів і тканин, утвореними фібриновими і тромбоцитарними тромбами. У багатьох випадках під час переливання використовують кровозамінники (рідини, що замінюють кров).

Кровозамінники (рідини, що замінюють кров) - призначені для різних цілей: дезінтоксикаційної дії (гемодез, полідез, неогемодез); для нормалізації циркулюючої крові (поліглюкін, реополіглюкін, декстрин, поліферд тощо); для білкового пренатального живлення (амінопептид, амінокровін, гідролізін тощо); для регуляції водно-солевого обміну або електролітні розчини (ізоменічний розчин хлористого натрію, розчин Рінгера-Локка, розчин Гартмана, лактосол).

Зсідання крові (гемостаз). Перші механізми зсідання крові

були запропоновані більше 100 років тому А.А. Шмідтом. **Гемостаз** – зупинка кровотечі під час пошкодження стінки судини, що є результатом спазму кровоносних судин і формування кров'яного згустку. Гемостаз є одним із найважливіших механізмів, спрямованих на підтримку цілісності судинної стінки, попередження й зупинку кровотечі. Кров, яка витікає з рани, починає зсідатися через 3-4 хвилини, а через 5-6 хвилин повністю перетворюється на студенистий згусток. Якщо від нього відмити еритроцити, то можна побачити нитки фібрину світло-жовтого кольору, які є пластичними. Кров, яка не має фібрину, називається дефібринованою. Вона складається з формених елементів і сировотки та не може зсідатися. **Сировотка** – це плазма без фібрину. Система зсідання крові включає формені елементи – тромбоцити, судинну стінку, плазменні та тромбоцитарні фактори зсідання і протизсідання (табл. 12).

Таблиця 12

Номенклатура факторів зсідання крові

№ фактора	Назва фактора
I	Фібриноген
II	Протромбін
III	Тканинний тромбопластин
IV	Іони Ca^{++}
V	Проакцелерин, або АС-глобулін / він же VI фактор
VII	Конвертин
VIII	Антигемофільний глобулін А
IX	Антигемофільний глобулін В або фактор Кристмаса
X	Фактор Стюарта-Прауера
XI	Антигемофільний глобулін С
XII	Фактор Хагемана, або фактор контакту
XIII	Фібриностабілізуєчий фактор
XIV	Фактор Флейгера
XV	Фактор Фитцджеральда

Зсідання відбувається у 4 фази: I фаза – фаза утворення протро-

мбінази; II фаза – перехід протромбіну у тромбін; III фаза – утворення фібрину з фібриногену; IV фаза – ретракція або за-твердіння згустку (рис. 39). Після утворення згустка через 30-40 хвилин починається його скорочення (ретракція), у результаті якого згусток стає більш компактним

Завдяки ретракції згусток стає більш щільним і стягує краї рани, що полегшує її закриття сполучнотканинними клітинами.

Зсіданню крові перешкоджають антикоагулянти: оксалати і цитрати, гепарин, антитромбін III, дикумарин. Гепарин виробляється в печінці, базофілах і тучних клітинах. У нормі його концентрація в крові складає 30-70 мг/л.

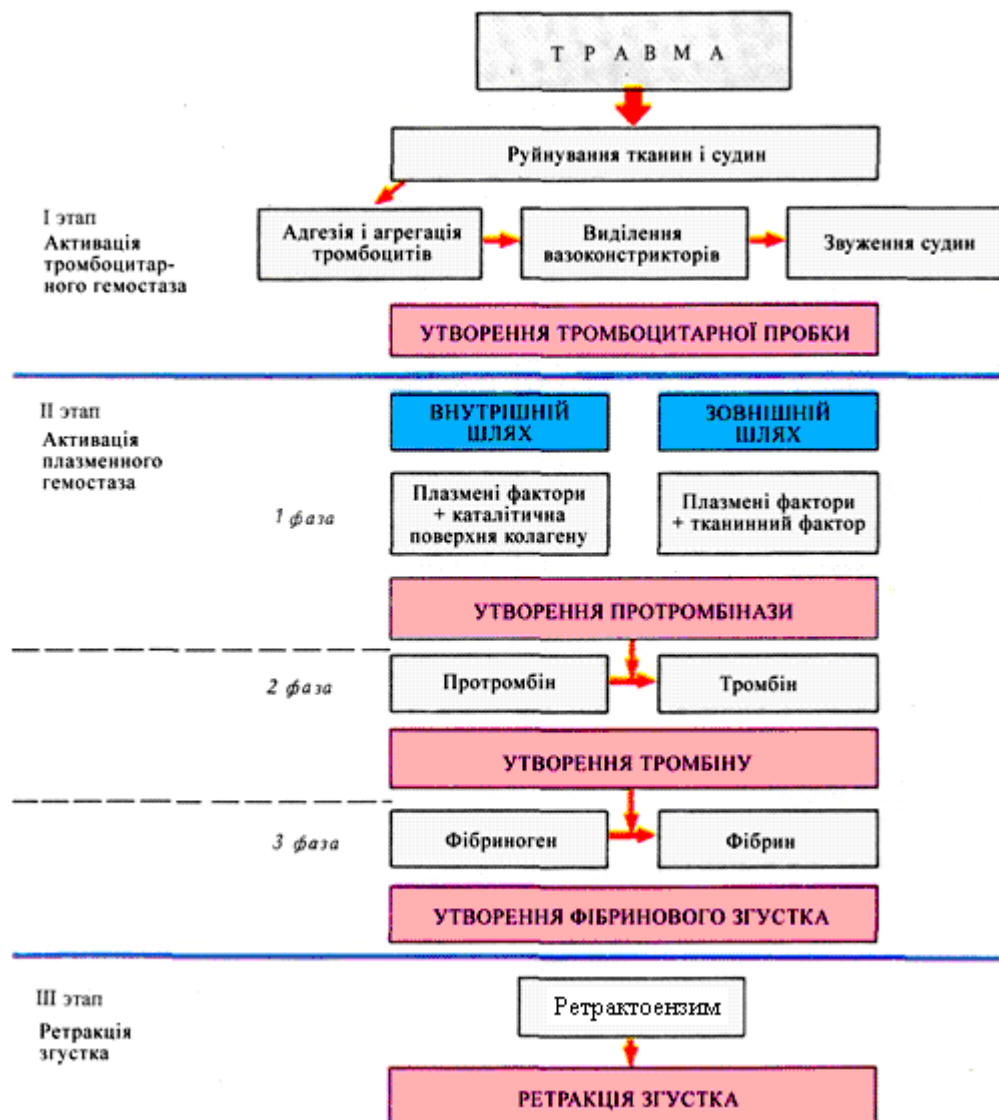


Рис. 39. Етапи і фази зсідання крові

Однак найпотужніший коагулянт організму – це антитром-

бін III, концентрація якого в крові 0,3-0,4 г/л. Він інгибує активність усіх факторів внутрішнього механізму творення протромбінази. Зсідання крові дітей *in vitro*, в перші дні постнатального періоду, настає через 2-3 хвилини. Із 2-7 дня зсідання крові прискорюється і наближається до показників дорослої людини (1-2 хвилини для початку і 2-4 хв. до кінця зсідання). Що стосується тромбоцитарних факторів зсідання у новонароджених, то функціональна активність у них знижена.

Слід відмітити, що концентрація фібриногену в крові новонароджених набагато нижча, ніж у матері. Протягом перших днів життя концентрація фібриногену збільшується і до 8-14 дня досягає рівня дорослої людини. Вміст тканевого плазменого антитромбопластинів у новонароджених знижено.

Порушення зсідання крові. Тому що тромбоцити беруть участь у багатьох ланках процесу зсідання крові, такі стани як тромбоцитопенія (зниження вмісту тромбоцитів у крові) і тромбастенія (утворення функціонально неповноцінних тромбоцитів) супроводжуються різними порушеннями цього процесу. Так при зниженні кількості тромбоцитів до 50000 в 1 мкл крові в усіх органах виникають петехіальні (точкові) капілярні кровотечі, збільшується час кровотечі та гальмується або відбувається неповна ретракція згустку. Зсідання крові нерідко порушується під час тяжких запальних і дегенеративних захворюваннях печінки у результаті різкого зниження синтезу протромбіну і факторів VII, IX, X. Порушення зсідання також виникає під час недостатності вітаміну K, відсутності будь-яких уражень печінки.

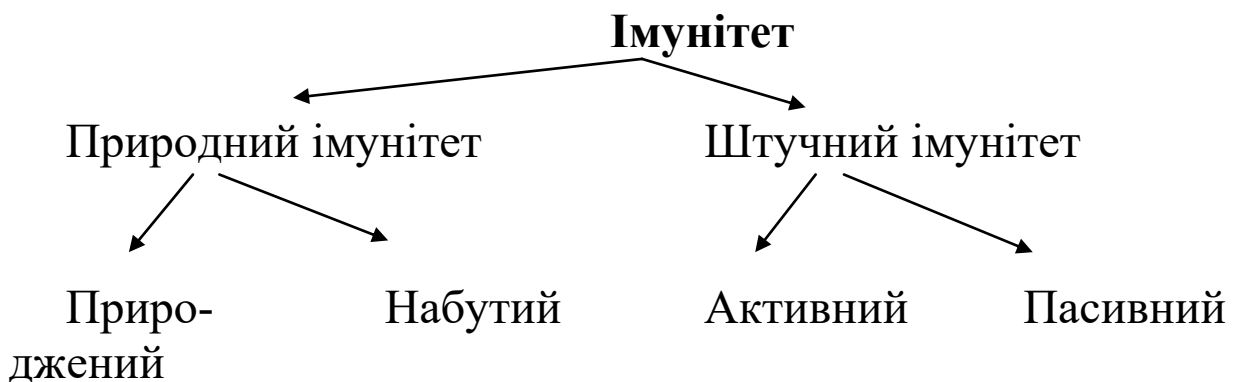
Ендогенний дефіцит вітаміну K виникає під час зниження жовчоутворення. Механізм дії вітаміну K до кінця не з'ясовано, але відомо, що він необхідний для нормального синтезу протромбіну і факторів VII, IX, X. Спадкове захворювання гемофілія – зчеплене зі статтю рецесивна ознака (хворіють чоловіки; жінки є носіями) – виникає, у більшості випадків, при відсутності фактора VIII (антигемофільний глобулін), але в деяких випадках при дефіциті факторів IX і XI.

Знання механізмів зсідання крові необхідно для поняття при-

чин ряда захворювань і виникнення ускладнень, пов'язаних із порушенням гемокоагуляції. У наш час більш ніж 50% людей помирає від хвороб, пов'язаних із порушеннями зсідання крові (інфаркт міокарда, тромбоз судин головного мозку, тяжкі кровотечі в акушерській і хірургічній практиці).

Імунітет – це здатність організму захищати його від живих тіл і речовин, що несуть на собі ознаки чужорідної генетичної інформації. Система організму, що виконує цю функцію, має назву імунна система. Вона репрезентована лімфоцитами, моноцитами, макрофагами, нейтрофілами, базофілами, еозинофілами, а також органами, в яких відбувається розвиток лейкоцитів: кістковий мозок, тимус, селезінка, лімфатичні вузли.

Розрізняють природний імунітет і штучний. **Природний імунітет** виробляється самим організмом без штучних втручань. **Штучний імунітет** виникає під час введення в організм спеціальних речовин.



При природженому імунітеті організм отримує імунні тіла від матері через плаценту або з материнським молоком. При набутому імунітеті антитіла в організмі утворюються після перенесеної хвороби.

Активний імунітет виробляється під час введення вакцини, яка містить ослаблені або вбиті збудники, або їх токсини. Такий імунітет зберігається довго. Створення лікувальних вакцин і введення їх у медичинську практику належить Л. Пастеру. **Пасивний імунітет** може виникати під час введення в організм лікувальної сироватки з уже готовими антитілами. Вид цього імунітету зберігається недовго – 4-6 тижнів.

За сучасною класифікацією імунітет поділяється на такі види:

- 1) специфічний імунітет;
- 2) неспецифічний імунітет;

Специфічний імунітет охоплює специфічний клітинний імунітет і специфічний гуморальний імунітет.

Специфічний клітинний імунітет ґрунтується на суворо вибіркових хімічних реакціях – імунних відповідях. Тобто, під час контакту з певним хвороботворним агентом (антигеном), в організмі виробляються захисні речовини – антитіла (рис. 40).

У цьому комплексі антиген втрачає свої патогенні властивості. Значення антитіл виконують Т-лімфоцити. Цей процес вимагає участі Т-хелперов.

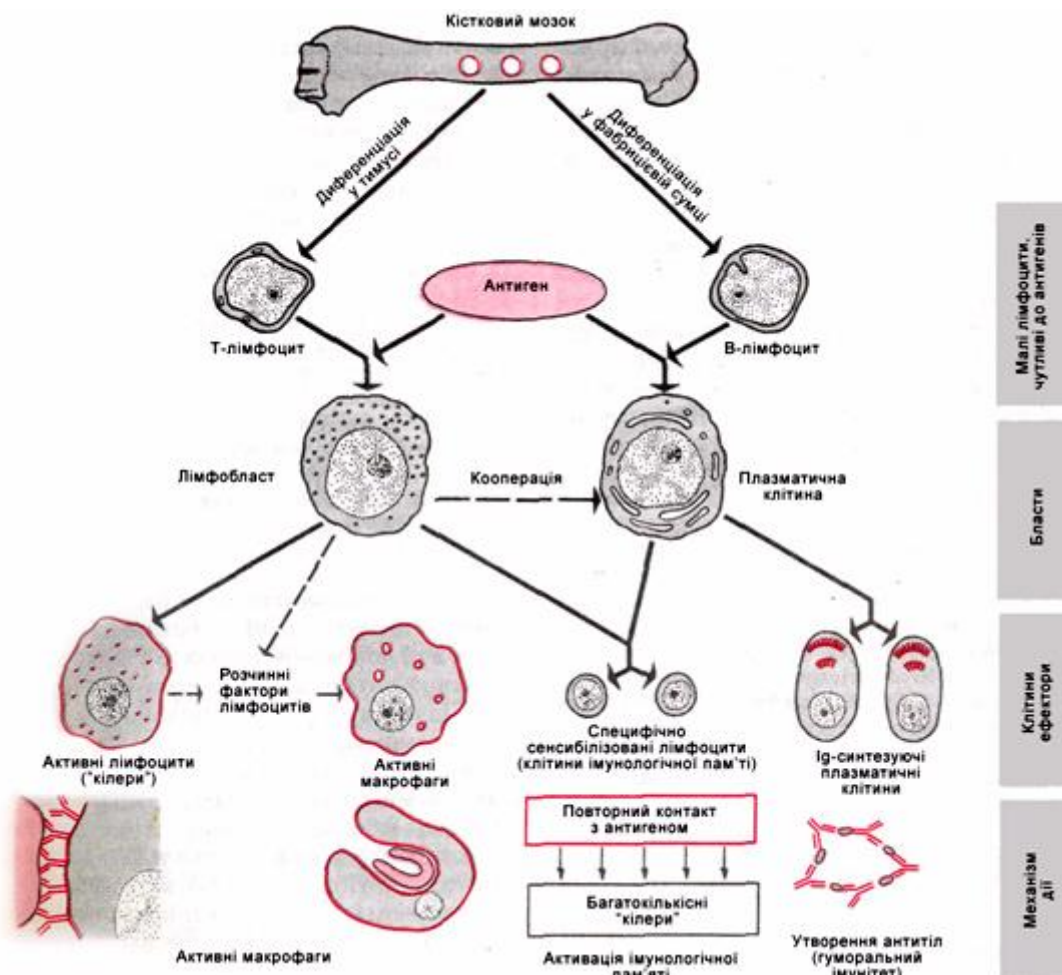


Рис. 40. Схема утворення Т- лімфоцитів і В-лімфоцитів, їх участь у клітинному та гуморальному імунітетах

Інша група дочірніх клітин – це так звані Т-клітини імуноло-

гічної пам'яті. Ці клітини, що володіють великою тривалістю життя, циркулюють в крові, а після першого контакту з антигеном “запам'ятовують” його на багато років. Після повторного контакту клітини імунологічної пам'яті “впізнають” антиген і виникає вторинна імунна відповідь — інтенсивна проліферація. Незважаючи на те, що вторинна клітинна імунна відповідь виникає досить швидко, вона досягає максимуму через 48 годин, її називають імунною відповіддю затяжного (повільного) типу. За типом затяжних імунних відповідей розвивається більшість контактних алергічних реакцій (наприклад, контакт поверхні шкіри з прикрасами, до складу яких входить нікель). **При специфічному гуморальному імунітеті** значення антитіл виконують імуноглобуліни плазми. Імунологічно некомітированні клітини перетворюються в імунокомпетентні клітини не в тимусі, а в інших органах (лімфатичні вузли тонкої кишки, апендикс, горлові мигдалики). У цих органах утворюються В-лімфоцити. Потім вони виходять у кров'яне русло і потрапляють до селезінки, лімфатичних вузлів та інших лімфоїдних утворень.

При першому контакті з антигеном чутливі до нього В-лімфоцити проліфірують. Це так звана початкова активація. Частина дочірніх клітин перетворюється на клітини імунологічної пам'яті та залишають центри розмноження. Друга частина клітин осідає у мозковому шарі лімфатичних вузлів і перетворюється на плазматичні клітини. Ці клітини виробляють гуморальні антитіла і виділяють їх у плазму крові. Під час повторного контакту плазматичних клітин із антигеном вміст імуноглобуліну в крові різко зростає. Гуморальні імунні реакції називають імунними реакціями негайного(неповільного) типу, тому що вони розвиваються швидше, ніж клітинні. До цих реакцій відносять багато алергічних станів (сінна лихоманка, алергічна форма бронхіальної астми тощо).

Неспецифічний імунітет містить неспецифічний клітинний імунітет і неспецифічний гуморальний імунітет.

Неспецифічний клітинний імунітет зумовлений головним чином наявністю в крові лейкоцитів і їх фагоцитарною активні-

стю. Найбільш виражена фагоцитарна активність у моноцитів: ці клітини містять велику кількість лізосомних ферментів, які розщеплюють захоплені часточки.

Неспецифічний гуморальний імунітет відбувається за рахунок антитіл, що виникають у результаті контакту організму з облігатною кишковою флорою. Здійснюється цей імунітет завдяки таким речовинам: лізоцим, пропердин, інтерферон. Лізоцим – основний білок, який має властивості ферментативної активності та загнює ріст і розвиток бактерій і вірусів. Він знаходиться у слизовій оболонці носа, кишечника і слюзній рідині. Пропердин – знаходиться у плазмі здорової людини, має бактерицидні та противірусні властивості. У багатьох клітинах тварин виробляється інтерферон, який має противірусну дію, але механізм його дії вивчений недостатньо. Ці речовини мають бактерицидні та противірусні властивості.

У новонародженого фагоцитоз є, але він “неякісний”, тому що у нього відсутній завершальний етап. Рівень “дорослого” стану фагоцитоз досягає після 5 років. Слід відмітити, що у новонародженого лізоцим уже є у слині, слізній рідині, крові, лейкоцитах; причому рівень його активності навіть вищий, ніж у дорослих. Вміст пропердину у новонароджених нижчий, ніж у дорослих, але вже до 7 днів життя він досягає цих значень. Вміст інтерферонів у крові новонароджених такий самий високий, як і у дорослих, проте у наступні дні він падає; більш низький, ніж у дорослих, вміст спостерігається протягом 1 року до 10-11 років; із 12-18 років – він досягає значень, які характерні для дорослих.

Гуморальний імунітет був відкритий Паулем Ерліхом. У 1882 р. І.І. Мечніков відкрив явище фагоцитозу і розробив на його основі фагоцитарну теорію імунітету (1883). І.І. Мечніков разом з Паулем Ерліхом були відзначені Нобелівською премією (1908) у галузі фізіології і медицини “за праці з імунітету”. Клітинний імунітет виявив російський учений Мечніков.

Алергія (від грец. *allos* – інший, *ergon* – дія) – специфічна реакція імунної системи на дію деяких факторів навколишнього

середовища (мікроорганізмів і продуктів їх життєдіяльності, продуктів харчування, хімічних речовин тощо). Речовини, які викликають алергічну реакцію називаються алергенами. Алергени спричиняють алергічну реакцію у вигляді сінної лихоманки, астми, висипів на шкірі тощо. Алергени зумовлюють виділення імунокомпетентними клітинами антитіл-імуноглобулінів Е (IgE). Молекули IgE прикріплюються до поверхні мастоцитів, локалізованих у шкірі, слизовій оболонці шлунка, верхніх і нижніх дихальних шляхів.

У сенсibilізованої особи повторний контакт з алергеном під час ковтання або вдихання спричиняє приєднання його до молекул IgE. Такі реакції відомі як перехресне зв'язування. Перехресне зв'язування спричинює виділення з гранул, що розміщені всередині мастоцитів медіаторів запалення – гистаміну та простагландинів, які зумовлюють тип алергічної реакції.

Міжклітинна рідина. Тканинна або *інтерстиціальна рідина* – це рідина, яка знаходиться за межами судин. Об'єм її складає 30-35% загального складу рідини в організмі. Склад міжтканинної рідини залежить від складу плазми, характеру процесів обміну в клітині. Міжтканинна рідина безперервно обмінюється складом плазми через лімфатичну систему. Саме тому її склад більш варіативний, ніж плазми чи лімфи. В інтерстиціальній рідині містяться катіони й аніони. Хоча кількість катіонів і аніонів хлору більше, ніж у плазмі, однак вона містить менше білка і відрізняється більшою різноманітністю.

Лімфа – прозора, жовтуватого або опалесцюючого кольору рідина, котра тече від органів у венозну систему. Вона утворюється з міжклітинної рідини в тканинах організму. Коли здійснює рух лімфатичними судинами, то проходить крізь лімфатичні вузли, де її склад суттєво змінюється, в основному за рахунок надходження формених елементів крові – лімфоцитів.

Лімфа здійснює такі функції:

1. Підтримка сталості й об'єму інтерстиціальної (міжклітинної) рідини.
2. Повернення білка з тканинного середовища у кров.

3. Забезпечення гуморального зв'язку між тканинами й органами, лімфатичною системою і кров'ю.

4. Всмоктування і транспорт продуктів гідролізу їжі, особливо ліпідів із шлунково-кишкового тракту в кров.

5. Перерозподіл рідини в організмі.

6. Здійснення транспорту антигенів і антитіл, переносу з лімфатичних органів плазматичних клітин, імунних лімфоцитів і макрофагів. Також лімфа бере участь у регуляції обміну речовин шляхом транспорту білків і ферментів, мінеральних речовин, води і метаболітів.

Об'єм циркулюючої лімфи складає в середньому 1,5-2 л. Вона складається з лімфоплазми і формених елементів, кількість яких різна: у центральній лімфі значно більша, ніж у периферійній.

Питома вага коливається від 1,010 до 1,023; лужна реакція рН знаходиться в межах 8,4 – 0,2. Осмотичний тиск близький до плазми, а онкотичний значно менший. У лімфі міститься Na^+ – 524, K^+ – 9,8, Ca^{2+} – 4,5, Mg^{2+} – 2,71, аніони: Cl^- – 438, HCO_3^- – 48,0, H_3PO_4 – 1,5.

Склад лімфи в різних судинах неоднаковий і залежить від того, звідки вона відтікає, якщо від кишечника – багата на жири, якщо від печінки – насичена білками.

Лімфоцитарна формула лімфи має такий склад: лімфоцитів – 90%, моноцитів – 5%, сегментарних нейтрофілів – 1%, еозинофілів – 2%, інших клітин – 2%. Лімфа містить тромбоцити і фібриноген, завдяки чому вона здатна зсідатися й утворювати згусток. Час зсідання 10 – 15 хвилин.

Процес лімфотворення залежить і регулюється вегетативною та центральною системами. Так адреналін і норадреналін підвищують тиск у венах і капілярах, тим самим збільшують фільтрацію рідини з плазми в інтерстиціальний простір, що призводить до збільшення лімфи. Незважаючи на те, що здатність судин пропускати білки маленька, однак за добу в інтерстиціальний простір надходить близько 100 – 200 г білка.

7. 2. Серцево-судинна система.

Кровообіг забезпечує основні метаболічні процеси, здійснює транспортування живильних речовин усім органами і тканинами, і видалення з них продуктів метаболізму.

Серцево-судинна система людини складається із трьох послідовно з'єднаних відділів: велике, мале та серцеве коло кровообігу.

Функції кровообігу різноманітні:

- 1.Регуляційна функція забезпечує перенесення гормонів і біологічно активних речовин, перерозподіл рідини.
- 2.Підтримка температурного балансу в організмі.
- 3.Екскреторна функція сприяє видаленню продуктів клітинного метаболізму через органи виділення.
- 4.Киснево-транспортна функція полягає у перенесенні кисню.
- 5.Транспортна функція — живильних речовин тощо.

Загальна схема кровообігу:

- 1.Велике (системне) коло кровообігу. Насосом цього відділу є ліва половина серця.
- 2.Мале (легеневе) коло кровообігу. Рух крові у цьому відділі здійснюється правою половиною серця.

Мале коло кровообігу було відкрите Мигуелем Серветом у 1540 році. Воно розпочинається легеневим стовбуром, який відходить від правого шлуночка. Ним надходить до системи легеневих капілярів. На рівні капілярів здійснюється газообмін: венозна кров віддає вуглекислий газ і насичується киснем, тобто відбувається процес оксигенації. Таким чином, кров із венозної перетворюється в артеріальну. Потім кров чотирма великими легеневими венами відтікає до лівого передсердя.

Велике коло кровообігу було відкрите Вільямом Гарвеєм у 1628 році. Велике коло кровообігу розпочинається із лівого шлуночка, що викидає кров в аорту. Від аорти відходять численні артерії, як наслідок, кровотік розподіляється на декілька рівнобіжних регіональних судинних мереж, кожна з яких постачає кров'ю окремий орган: серце, печінку, нирки, головний мозок, шкіру тощо. Артерії діляться дихотомічно, і по мірі змен-

шення діаметру окремих судин загальна кількість їх зростає. У результаті розгалуження дрібних артерій (артеріол) утворюється капілярна мережа. Загальна площа поверхні усіх капілярів в організмі складає близько 1000м^2 . Саме на рівні капілярів забезпечується двосторонній обмін різноманітними речовинами між кров'ю та клітинами. Після злиття капілярів утворюються венули, які збираються у вени, а потім двома, верхньою та нижньою, порожнистими венами впадають у праве передсердя (рис. 41). Опір у судинах малого кола кровообігу менший, ніж у судинах великого кола кровообігу, бо довжина їх менша, ширина дрібних артерій великого кола кровообігу менша від ширини судин малого кола кровообігу. Усе це зумовлює малий кров'яний тиск у малому колі кровообігу. Судини малого кола кровообігу легко розширюються, а тому під час вдиху до легенів приливає більше крові, ніж під час видиху.

Між судинами великого і малого кіл кровообігу існує зв'язок через нервову систему, завдяки якій рефлекторно регулюється кровонаповнення і тиск в обох системах кровообігу.

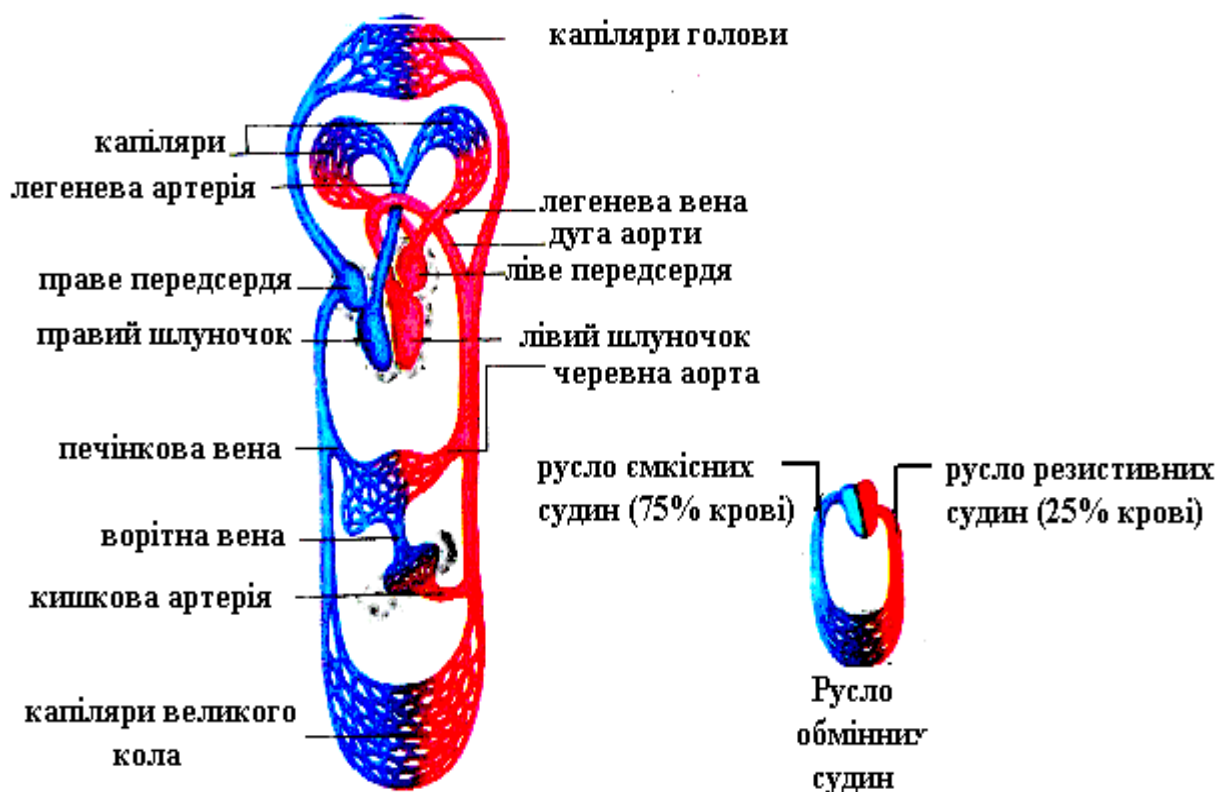


Рис. 41. Схема кровообігу

Кровообіг плоду. Із 20-21-го дня внутрішньоутробного роз-

витку у ембріона починає функціонувати жовтковий кровообіг, під час якого серце виштовхує кров до жовткових судин. Із моменту утворення плаценти, тобто з 8-9-го тижня, і до народження плоду функціонує плацентарний кровообіг. При цьому серце плоду за своєю будовою порівняно з серцем дитини після її народження має наступні відмінності – наявність овального отвору у перегородці між правим та лівим передсерддями та боталової протоки, яка з'єднує між собою легеневий стовбур із низхідною (спадною) гілкою аорти. Через овальний отвір і боталову протоку відбувається перехід крові від правої половини серця до лівої в умовах функціонуючого у плоду малого кола кровообігу. Судинні русла плоду та матері контактують між собою через плаценту, де відбувається обмін газами, поживними речовинами та кінцевими продуктами метаболізму плоду.

Від плаценти до плоду йде пупкова вена, яка несе у собі артеріальну кров, а від плоду до плаценти венозна кров притікає двома пупковими артеріями. Ці судини об'єднуються у пупковому канатику, що тягнеться від пупкового отвору плоду до плаценти. Пупкова вена під час підходу до печінки плоду розділяється на дві гілки – одна із них впадає у ворітну вену, якою артеріальна кров спрямовується до печінки. Коли вона пройшла через печінку, венозна кров вливається у нижню порожнисту вену. Друга гілка пупкової вени – венозна (аранцева) протока – вливається у нижню порожнисту вену безпосередньо. Таким чином, на рівні нижньої порожнистої вени у плоду відбувається перше змішування артеріальної крові, яка йде від плаценти, з венозною кров'ю, яка йде від нижніх кінцівок і тулуба плоду. Після першого змішування кров (артеріально-венозна) нижньою порожнистою веною поступає до правого передсердя, де вона могла бути змішана з безпосередньо венозною кров'ю, яка поступає до правого передсердя верхньою порожнистою веною. Проте, більша частина крові з нижньої порожнистої вени проходить через овальний отвір із правого передсердя у ліве і далі спрямовується звичайним шляхом великого кола кровообігу – до лівого шлуночка та аорти. Висхідною гілкою та дугою аорти

кров поступає до судин голови, серця і верхніх кінцівок. Таким чином, головний мозок плоду та верхня частина тіла отримують кров практично після першого її змішування із венозною кров'ю. Кров нижньої порожнистої вени, яка не пройшла через овальний отвір, у правому передсерді та правому шлуночку повністю змішується із венозною кров'ю із верхньої порожнистої вени – це друге змішування крові. Із правого шлуночка кров після другого змішування поступає до легеневого стовбура, із якого боталовою протокою поступає до низхідної частини аорти, де й відбувається третє змішування крові. Низхідною гілкою аорти кров надходить до м'язів і органів тулуба та до нижніх кінцівок (рис. 42).

Пройшовши судинами великого кола кровообігу через м'язові структури та через органи тіла, венозна кров пупковими артеріями підходить до плаценти, де й відбувається обмін дихальними газами, поживними субстратами та продуктами обміну між кров'ю плоду і матері.

У кінці вагітності частота серцевих скорочень плоду досягає 120-140 уд/хв, хвилинний об'єм кровотоку – 750 мл, причому 65 % об'єму призначено для плацентарного обміну, і тільки 35 % – безпосередньо для плоду. У цей період переважно для серця характерна адренергічна регуляція.

У процесі народження за рахунок перев'язки пуповини та початку дихання виникають наступні зміни. Передусім, припиняється плацентарний кровообіг. У судинах великого кола кровообігу опір зростає у 2 рази, у зв'язку з чим тиск у лівому передсерді та лівому шлуночку також підвищується. Із цієї причини у передсерді закривається овальний отвір й одночасно знижується перехід крові із боталової протоки до аорти. У цей період легеневі клітини Кульчицького у великими кількостями утворюють брадикінін. Разом із підвищенням вмісту кисню в альвеолах це викликає розслаблення гладких м'язів кровоносних судин малого кола кровообігу та зниження у ньому й у правому серці тиску.

Це призводить до початку функціонування малого кола кро-

вообігу. Закриття артеріальної (боталової) протоки відбувається на 1-8-му добу після народження (за рахунок зростання скорочувальної активності гладких м'язів протоки у відповідь на підвищення вмісту в крові кисню), анатомічне закриття відбувається до 5-7-го місяця. Венозна (аранцева) протока закривається у перші 5 хвилин після народження через спазму гладких м'язів, а заростає до 2 місяців після народження. У новонародженого хвилиний об'єм кровотоку досягає майже 490 мл, частота серцевих скорочень – 140 уд/х.

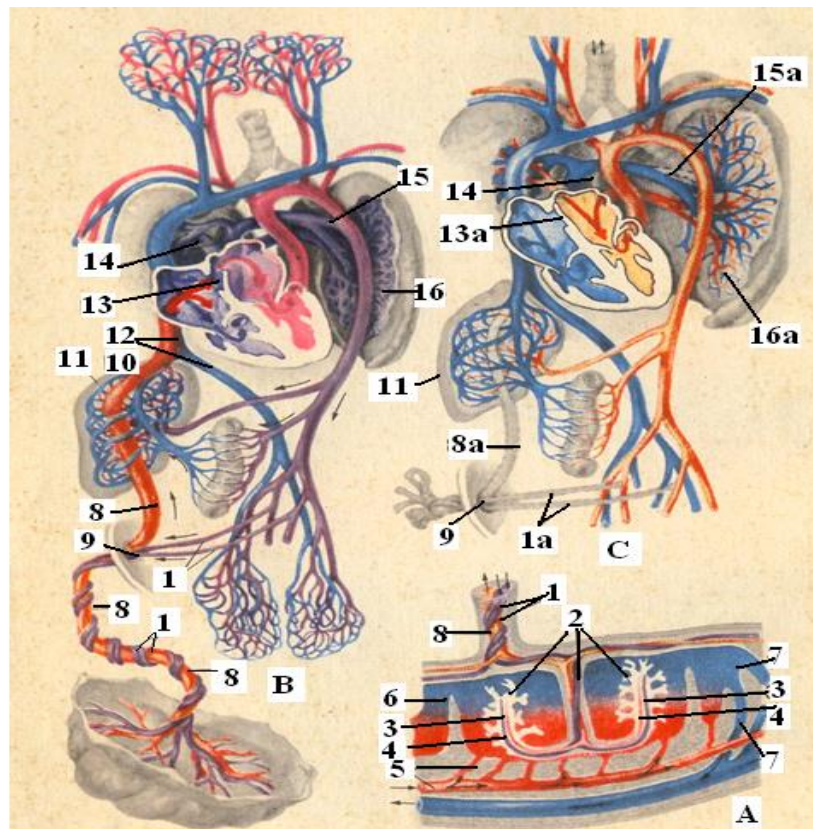


Рис. 42. Зміни у кровообігу людини при народженні (схеми): *A* – рух крові по плаценті; *B* – кровообіг плоду; *C* – кровообіг після народження; 1 - пупкова артерія; 1a – бокові пупкові зв'язки (зарощені артерії); 2 – ворсинки; 3 – артеріола, яка приносить венозну кров; 4 – початкова вена, яка уносить артеріальну кров; 5 – артерії материнського організму, які виливають кров у лакуни (б); 7 – вени материнського організму; 8 – пупкова вена; 9 – пупкове коло; 10 – венозна протока; 11 – печінка; 12 – нижня пола вена; 13 – овальний отвір; 13a – овальна ямка (зарощений отвір); 14 – легенева артерія; 15 – боталлова протока; 15a – боталлова зв'язка (зарощена протока); 16 – легеня плоду; 16a – легеня після народження

Судини. *Артеріями* є собою трубки циліндричної форми.

Ними кров транспортується від серця до органів і тканин. Стінка артерій тонка і складається з трьох оболонок: зовнішньої – сполучнотканинної, середньої – гладеньком'язової, внутрішньої – ендотеліальної. За рахунок еластичних мембран, які розташовуються між зовнішньою і середньою оболонками, а також внутрішньої оболонки артерій стінки артерій отримали додаткову міцність і пружність.

Капіляри – це мікроскопічні судини, товщина стінки біля 1 мкм, довжина не перевищує 0,2-0,7 мм. У середньому діаметр багатьох капілярів складає 3-5 мкм. Стінка капілярів складається з одношарового ендотелію та базиллярної мембрани. Найвища капіляризація характерна для міокарда: 1 мм³ тканини містить 2500-3000 капілярів, а 1 мм³ тканини скелетних м'язів – 300-400 капілярів. У стані спокою частина капілярів закрита.

Вени. Стінки вен набагато тонкіші та слабкіші за артеріальні, але складаються із таких самих трьох оболонок. Через менший вміст гладком'язових та еластичних елементів стінки вен можуть легко спадатися.

Кровоносні судини з віком змінюються. У дітей грудного віку спостерігаються переважно розширення кровоносних судин. Судинні реакції досягають рівня дорослих при застосуванні тепла в 3-5 років, а холоду – в 5-7 років. Спочатку збільшується ширина судин і потовщуються їх стінки. До 12 років легенева артерія ширша за аорту, після статевого дозрівання аорта стає ширшою за легеневу артерію: вени вузькі, їх просвіт дорівнює просвіту артерій, тоді як у дорослих він удвоє ширший за просвіт артерій. У дорослої людини ширина артерій деякий час ще збільшується, що пов'язане із збільшенням навантаження. У старих людей артерії помітно змінюються структурно і функціонально – звужується просвіт судин, потовщуються через відкладення холестерину і солей кальцію, втрачається еластичність, і судини стають крихкими. У артерій помічається звивистість. Стінки вен також потовщуються, а їх міцність зменшується.

Будова серця. Серце людини є порожнистим м'язовим органом, що ритмічно скорочується протягом усього життя організ-

му. Серце людини складається з чотирьох відділів: двох шлуночків — правого та лівого, і двох передсердь — правого та лівого. Форма серця конусоподібна, основа конуса обернена назад, вправо і догори, а верхівка вперед, вліво і вниз. Серце розташовується у середньому середостінні(рис. 43).

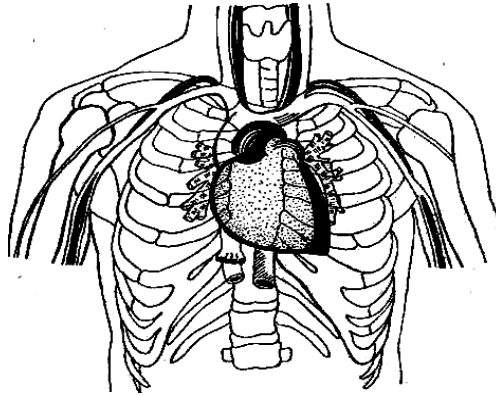


Рис. 43. Розташування серця в грудній клітці

Внутрішній шар перикарда складається з двох листків: вісцерального (епікард) і парієтального. Між двома листками серозного перикарда виділяється серозна рідина, яка зменшує тертя між стінками серця і навколишніми тканинами. Вісцеральний листок (епікард) зростається з м'язовим шаром серця - міокардом, а парієтальний листок - з фіброзною тканиною.

Нееластичний у цілому характер перикарда перешкоджає зайвому розтягуванню серця і переповненню його кров'ю. **Міокард** — середній шар серцевої стінки, найбільш потужний (рис. 44). Утворений він поперечносмугастою серцевою м'язовою тканиною. Міокард шлуночків має три шари м'язів, а міокард передсердь — два шари. Ендокард — внутрішній шар серця, є тонкою оболонкою із ендотеліальних клітин, розташованих на сполучнотканинному шарі з еластичними волокнами і гладенькими м'язовими клітинами.

Серце складається із двох половин — правої і лівої, які не сполучаються між собою. У праву половину впадають вени, що приносять венозну кров, тому праву половину називають венозним серцем. У ліву половину серця легеневими венами надходить артеріальна кров, тому ліву половину серця називають

артеріальним серцем. Кожна половина серця поділяється на дві камери — передсердя і шлуночок.

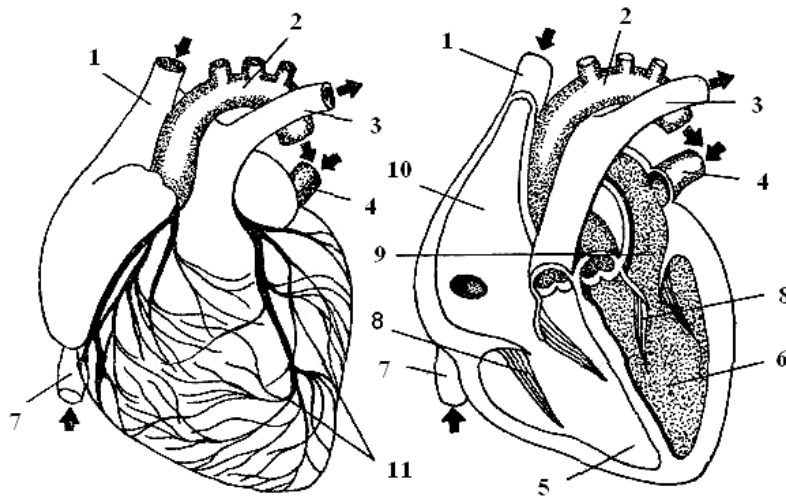


Рис. 44. Будова серця: 1 - верхня порожниста вена; 2 - дуга аорти; 3 - легенева артерія; 4 - легенева вена; 5 - правий шлуночок; 6 - лівий шлуночок; 7 - нижня порожниста вена; 8 - стулкові клапани; 9 - ліве передсердя; 10 - праве передсердя; 11 - вінцеві судини

Праве передсердя є порожниною, яка спереду переходить у порожнистий відросток — праве вушко. У порожнину правого передсердя відкриваються верхня і нижня порожнисті вени. Місце впадіння порожнистих вен називається **венозним синусом**, який у людини є частиною правого передсердя. У праве передсердя також відкриваються невеликими отворами численні дрібні вени серця.

На межі правого передсердя і правого шлуночка знаходиться правий передсердно-шлуночковий отвір. Кров із передсердя надходить до шлуночка через правий передсердно-шлуночковий отвір. По краю цього отвору розташований тристулковий клапан. Кожна його стулка, що складається із волокнистої тканини і покрита ендотелієм, є складкою внутрішньої оболонки серця (ендокарда).

До вільних країв стулок прикріплюються хорди, що своїми протилежними краями приєднані до верхівок сосочкових м'язів. Хорди і сосочкові м'язи не дозволяють вивертатися стулкам клапана у передсердя під час скорочення шлуночка, коли під

тиском крові стулковий клапан захлопується. Із правого шлуночка виходить велика судина - легеневий стовбур. В усті легеневого стовбура розташовані три півмісяцевих клапани, що вільно пропускають кров від шлуночка у легеневий стовбур, але перешкоджають зворотному потоку (рис. 45).

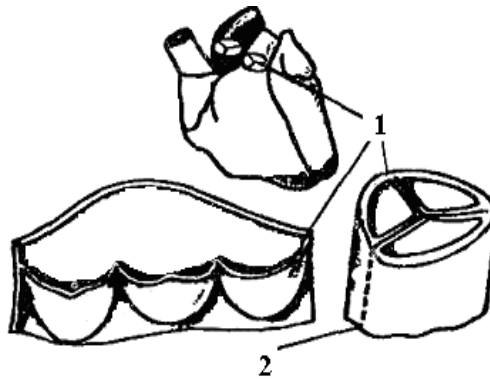


Рис. 45. Схема півмісяцевого клапану: 1 - півмісяцевий клапан;
2 – лінія поздовжнього розрізу судини

Ліве передсердя знаходиться позаду і ліворуч біля основи серця. Його вушко виходить на передню поверхню серця. У ліве передсердя впадає чотири легеневі вени. На межі лівого передсердя та лівого шлуночка знаходиться лівий передсердно-шлуночковий отвір. По краю лівого передсердно-шлуночкового отвору розташований двостулковий клапан (мітральний) (рис. 46). До вільних країв стулок прикріплені сухожилкові нитки, що своїм протилежним кінцем приєднані до двох сосочкових м'язів. Від лівого шлуночка починається аорта.

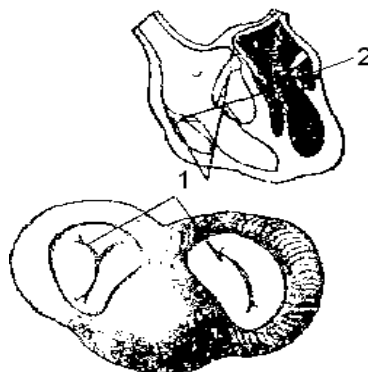


Рис. 46. Стулкові клапани: 1- стулкові клапан; 2 - напівсухожилкові нитки

В усті аорти, так само як в усті легеневого стовбура, розташовані три півмісяцевих клапани. На ранніх етапах онтогенезу

відбуваються морфологічні зміни серцево-судинної системи. У новонароджених передсердя порівняно із шлуночками мають більший об'єм, ніж у дорослих.

Правий і лівий шлуночки приблизно рівні між собою. Із віком нарастає маса серця (особливо інтенсивно – у перші роки життя, а також у віці 12-14 та 17-20 років). Із 20-30-го дня після народження починається домінування (за масою) лівого шлуночка над правим. До 2 років життя продовжується диференціювання скорочувальних волокон міокарда, його провідної системи та судин

Протягом перших 15 років життя відбувається серія поворотів і переміщень серця всередині грудної клітки. Зокрема, у грудному віці починається поворот серця справа наліво навколо вертикальної осі. У процесі онтогенезу змінюються розміри та будова кровоносних судин і серця (табл. 13). Проте темп росту магістральних судин, повільніший, ніж у серця. Кровоносні судини новонароджених тонкостінні, у них недостатньо розвинені м'язові та еластичні волокна; відношення просвіту вен й артерій – приблизно 1:1.

Таблиця 13

**Вікові особливості зміни довжини і ширини серця
у дітей та підлітків**

Вік	Довжина серця на передній поверхні, см	Найбільша ширина, см
Новонароджений	2,7-3,3	2,7-3,9
1 рік	4,8-5,3	4,7-4,8
4 роки	5,7-6,7	6,0-6,3
5 років	6,2-6,8	5,2-7,6
7 років	5,8-6,4	6,2-6,6
8 років	6,5-6,8	6,9-8,1
10 років	6,8-7,5	6,5-8,5
14 років	7,8-8,4	9,0-9,7
16 років	7,8-8,7	8,3-8,8

Вени ростуть швидше за артерії, тому до 16 років це співвідношення дорівнює 2:1. Із ростом судин відбувається розвиток у

них м'язової оболонки та сполучнотканинних елементів. У судинах малого кола кровообігу, навпаки, м'язова оболонка стає тоншою, а їх просвіт зростає.

Серцевий цикл. Нагнітальна функція серця виконується в результаті перемінного ритмічного скорочення та розслаблення м'язових волокон, які утворюють стінку передсердь і шлуночків. Скорочення міокарда називається систолою, а розслаблення – діастолою.

Цикл роботи серця (0,8сек.) складається з трьох фаз: скорочення передсердя – 0,1 сек., скорочення шлуночків - 0,3 сек., загальна пауза – 0,4 сек., під час якої розслаблені передсердя і шлуночки. Протягом серцевого циклу передсердя скорочуються 0,1 сек. і 0,7 сек., знаходяться в розслабленому стані, шлуночки скорочуються 0,3 сек. і 0,5 сек., відпочивають. Цим і пояснюється здатність серцевого м'яза п Систола і діастола передсердь та шлуночків у нормальних фізіологічних умовах певним чином між собою узгоджені та складають цикл роботи серця.

Під час **систоли шлуночків** розрізняють 2 періоди.

I період складається із двох фаз.

1.Фаза асинхронного скорочення або фаза зміни форми шлуночків (тривалість – 0,05 сек.) - тиск не змінюється, клапани закриті.

2.Фаза ізометричного скорочення (0,03 сек.). У цю фазу м'язові волокна розвивають напругу, але вони не стають коротшими, клапани закриті. У результаті напруження шлуночків тиск стає вищим, ніж тиск у легеневій артерії та аорті, півмісяцеві клапани відкриваються і настає другий період – період виштовхування крові – тиск при цьому в правому – 6-12 мм рт. ст., у лівому – 65-75 мм рт. ст.

II період вигнання крові поділяється на дві фази.

1.Фаза швидкого вигнання (0,10 – 0,12 сек.).

2.Фаза повільного вигнання (0,10 – 0,15 сек.).

рацювати не втомлюючись протягом усього життя (рис. 47).

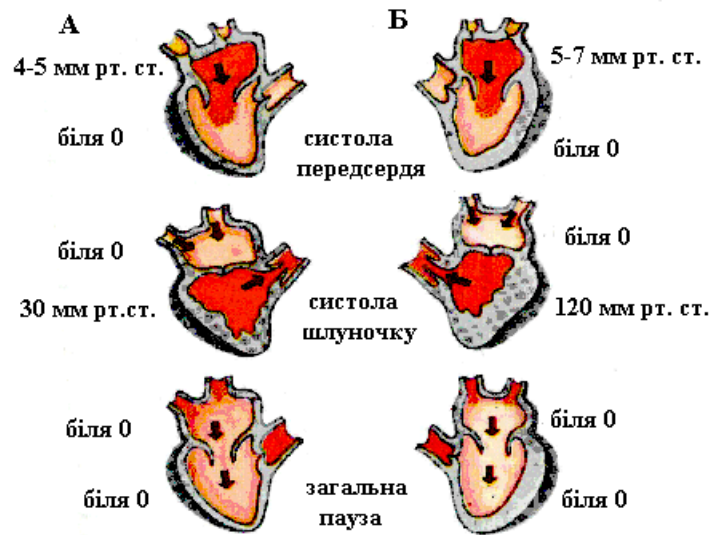


Рис. 47. Тиск у порожнинах серця в різні фази серцевого циклу: *А* – права половина серця; *Б* – ліва половина (верхні цифри – тиск у передсердях; нижні – у шлуночках)

Оскільки кров — це рідина, а рідина практично не стискується, то у результаті відкриття клапанів та скорочення волокон міокарда, кров'яний тиск швидко підвищується і на висоті систоли у нормальних фізіологічних умовах досягає у правому шлуночку – 25-30 мм рт. ст., у лівому – 115-125 мм рт. ст. Після систоли шлуночків настає діастола.

Діастола шлуночків включає 4 фази. **I фаза** називається протодіастолічний період. Це час від початку розслаблення шлуночків до закриття півмісяцевих клапанів (0,04 сек.). **II фаза** ізометричного розслаблення (0,08 сек.). Мускулатура шлуночків продовжує розслаблюватися під час закритих атріовентрикулярних і півмісяцевих клапанів (поки тиск не стане нижчим або зрівняється з тиском у передсердях). У результаті цього відкриваються атріовентрикулярні клапани і настає 3 фаза. **III фаза** наповнення шлуночків кров'ю (0,25 сек.). Вона включає: а) підфазу швидкого наповнення (0,08 сек.) та б) підфазу повільного наповнення. **IV фаза** наповнення шлуночків кров'ю, обумовлена систолою передсердь, або пресистола (0,1 сек.).

Тиск крові під час діастоли шлуночків у аорті та легеневій артерії поступово знижується відповідно до відтоку від них крові і до кінця діастоли дорівнює в аорті – 65-75 мм рт. ст., а у

легеневій артерії – 6-12 мм рт. ст. Настає нова систола шлуночків.

Методи вивчення серцевої діяльності. Робота серця супроводжується механічними і звуковими проявами. Виділяють декілька методів вивчення функціонування серця: електрокардіографія, езофагокардіографія, балістокардіографія, динамокардіографія, фонокардіографія, ехокардіографія.

Електрокардіографія. Електрокардіограма (ЕКГ) – це запис електричної активності (деполяризації і реполяризації) серця, зареєстрованої за допомогою прибору-електрокардіографа, електроди якого поміщені не безпосередньо на серце, а на різні ділянки тіла (відведення) (рис. 48).

Відведення. Запис, який одержують під час відведення електричної активності безпосередньо від серця, називається ***електрокардіограмою (ЕКГ)***. Під час накладання електродів на різній відстані від серця одержують непрямі відведення, у тому числі відведення від кінцівок і грудні відведення, які позначають V. Ці відведення можуть бути не лише уніполярними, але й біполярними.

При біполярних відведеннях електрична активність уловлюється обома електродами, а при уніполярних використовується один активний і один неактивний (нульовий, індиферентний) електрод. Різниця потенціалів, яка реєструється при уніполярному відведенні, приблизно удвічі менша, ніж при біполярному. Гольдбергер запропонував посилити стандартні уніполярні відведення таким чином, щоб величина різниці потенціалів, що реєструється, складала близько 70 % амплітуди біполярного відведення. Такі відведення називаються посиленими уніполярними відведеннями від кінцівок (а VR – від правої руки, а VL – від лівої руки, а VF – від лівої ноги).

Стандартні відведення від кінцівок. До цих біполярних відведень належать: перше (I) відведення (права рука, ПР - ліва рука, ЛР); друге (II) відведення (права рука, ПР – ліва нога, ЛН) і третє (III) відведення (ліва рука, ЛР – ліва нога, ЛН). Можна вважати, що ці три відведення утворюють рівнобічний трикут-

ник, біля центру якого розташоване серце.

Грудні, або прекардіальні, відведення. Щоб зняти ці уніполярні відведення активний електрод накладають на різні точки грудної клітки, які позначають цифрами ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$). Ці відведення відображають електричні процеси в дібраних локалізованих ділянках і допомагають виявляти низку серцевих захворювань (табл. 14, 15), (рис. 48). Електрокардіографія надто важлива для клінічної кардіології, для виявлення порушення роботи серця.

Таблиця 14

Зубці нормальної ЕКГ людини

Позначення	Характеристика	Діапазон тривалості, с	Діапазон амплітуди у I, II, III відведенні, мм
P	Відображає деполяризацію передсердь; звичайно позитивний.	0,08– 0,12	0,55 – 1,25
Q	Відображає початок деполяризації шлуночків, негативний, може бути відсутнім.	-	0,36 – 0,61
R	Головний зубець деполяризації шлуночків, позитивний (спрямований вгору).	див. QRS	5,5 – 11,5
S	Відображає закінчення деполяризації, негативний, може бути відсутнім.	-	1,5 – 1,7
QRS	Сукупність зубців, що відображають деполяризацію шлуночків.	0,08– 0,10	-
T	Відображає реполяризацію, у людини позитивний (спрямований вгору).	коливається, у середньому 0,28	1,2 – 3,0

Інтервали ЕКГ

Позначення інтервалу	Характеристика інтервалу	Тривалість, сек.
P-R	Від початку інтервалу Р до початку R (або Q, якщо такий є)	0,18 – 0,20
	Від початку R (або Q, якщо такий є) до кінця S (або R, якщо S відсутній)	0,08
Q-T	Від початку Q до кінця T; відповідає деполяризації і реполяризації шлуночків	0,38 – 0,31
S-T	Від кінця S до початку T	-

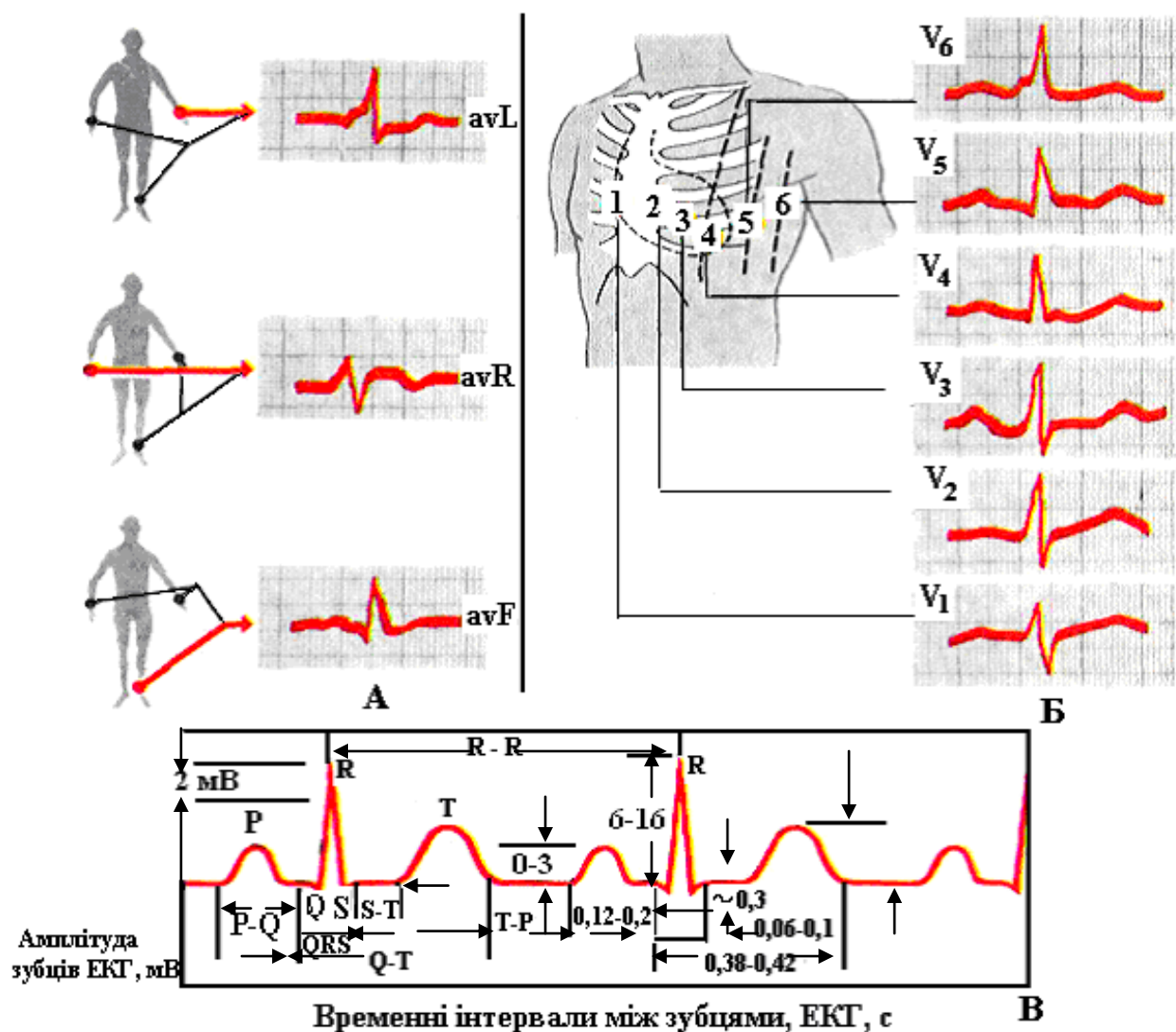


Рис. 48. Електрокардіографія (уніполярні відведення): *А* – відведення від кінцівок; *Б* – грудні відведення; *В* – електрокардіограма (схема)

Вікові особливості ЕКГ та ФКГ. У новонароджених дітей через недорозвиненість лівого шлуночка на ЕКГ є ознаки правого (R_{III} > R_I). Окрім того, у них висока амплітуда зубця Р (за рахунок відносно великого передсердя) і зубця Т. У грудних дітей електрична вісь серця зміщується вліво. У середньому ЕКГ набуває риси як у дорослої людини у 13-15 років.

У дітей за рахунок меншої звукоізолюючої здатності тканин яскравішою є аускультативна картина. Тому у них частіше вислуховується ІІІ тон, акцентуація і розщеплення ІІ тону на легеневої артерії та більш багата гама шумів серця. Картина ФКГ наближається до “дорослого” варіанту після 7 років.

Властивості серцевого м'яза. Основними властивостями серцевого м'яза є автоматія (автоматизм), збудливість, провідність, скоротливість.

Автоматизм – це здатність до самозбудження. Клітини, здатні до автоматичної генерації збудження, утворюють вузли автоматії (водії ритму або пейсмекери). Виділяють 2 основних вузли автоматії (рис. 49).

1. **Синоатріальний вузол** (синусний вузол, Кейт Фляка). Саме цей вузол є водієм ритму у нормі, він розташований біля місця впадання у праве передсердя, верхньої та нижньої порожньої вени.

2. **Передсердно-шлуночковий** або **атріовентрикулярний** (Ашоф-Тавара), розташований у правому передсерді на межі з правим шлуночком. Він має важливе значення як передавальна станція, а також здійснює функцію “атріовентрикулярної” затримки.

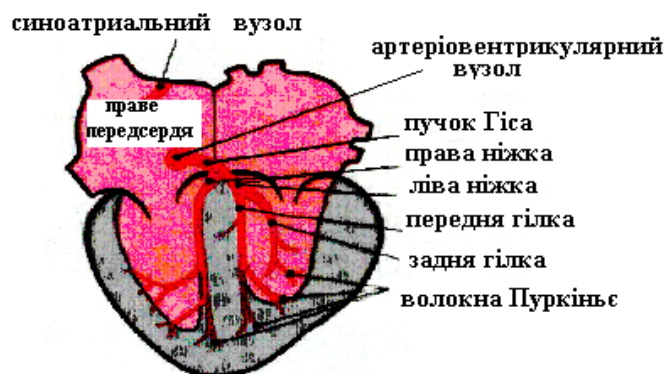


Рис. 49. Схема розташування водія ритму (пейсмекера) і провідної системи на фронтальному розрізі серця

Безперервна ритмічна активність серця протягом усього життя можлива лише у випадку ефективної роботи іонних насосів міоцитів вузлів. Під час діастолі з клітини виводяться іони Na^+ , а в клітину повертаються іони K^+ . Іони Ca^{2+} , які проникли в саркоплазму, повертаються в саркоплазматичну сітку. Ці процеси відбуваються з великою затратою енергетичних потенціалів. Тому зменшення запасів АТФ і креатинфосфату під час порушення кровообігу серця призводить до порушення роботи іонних насосів, наслідком чого є зменшення електричної і механічної активності клітин як провідної системи, так і м'язової посмугованої тканини серця.

Збудливість - здатність у процесі дії подразників набувати стану збудження, за якого змінюються біохімічні та біофізичні властивості. У природних умовах клітини міокарда постійно знаходяться у стані ритмічної активності (збудження), тому про потенціал спокою говорять умовно. ПС – 90 мВ. Збудливість міокарда змінюється протягом усього періоду скорочення. Розрізняють три фази збудливості. Фаза незбудлива, або фаза абсолютної рефрактерності. Це стан збудженого міокарда, коли він не може відповідати на нові подразнення. Тривалість її при частоті скорочення 70 ударів за 1 хв – 0,27 с, тобто фаза абсолютної рефрактерності триває майже весь період скорочення серця. Після цього збудливість поступово починає відновлюватись (фаза відносної рефрактерності), а через деякий час вона стає вище початкової – фаза підвищеної, або супернормальної збудливості. У фазі відносної рефрактерності серцевий м'яз скорочується на дуже сильні подразнення, а в супернормальний період – навіть на підпорогові подразнення. У зв'язку з тим що рефрактерна фаза збудливості міокарда займає весь період скорочення, серце не може реагувати на подразнення високої частоти, що перешкоджає його безперервному скороченню, яке призвело б до зупинки серця у систолі. Серцевий м'яз – це єдиний м'яз, який працює впродовж усього життя. Здатність клітин міокарда протягом багатьох десятиліть життя людини бути у стані безперервної активності, забезпечується ефективною роботою насосів усіх клітин.

Провідність. Усі тканини і клітини серця мають властивість провідності. Імпульси, що виникають у синусному вузлі, проводяться мускулатурою передсердь зі швидкістю до 1 м/с, доходять до атріовентрикулярного вузла і під час проходження через нього затримуються на 0,02-0,04 с – це так звана атріовентрикулярна затримка. Потім збудження передається загальним стовбуром, далі зі швидкістю 4 м/с ніжками пучка Гіса до верхівки серця, а звідти ніжками пучка Гіса і волокнами Пуркін'є повертається до основи серця.

Скоротливість – це здатність серцевого м'яза до скорочення. Скорочення серця відбувається послідовно: спочатку передсердя, потім верхівки шлуночків і далі їх основи. Скоротливість серцевого м'яза має одну особливість, відому за назвою закону “все або нічого”. Якщо серцевий м'яз подразнювати струмом зростаючої сили, то починаючи з порогового подразнення, серцевий м'яз проявляє максимально можливу у даних умовах реакцію у відповідь, яка залишається незмінною, незважаючи на збільшення сили подразливого стимулятора (рис. 50).

Тони серця. Робота серця супроводжується звуковими явищами, які називають тонами серця. Розрізняють чотири тони, що чітко фіксуються на фонокардіограмі. Перший тон відповідає початку систоли шлуночків і закриттю передсердно-шлуночкових клапанів. Він пов'язаний із коливанням крові біля стінки шлуночків та з їх вібрацією.

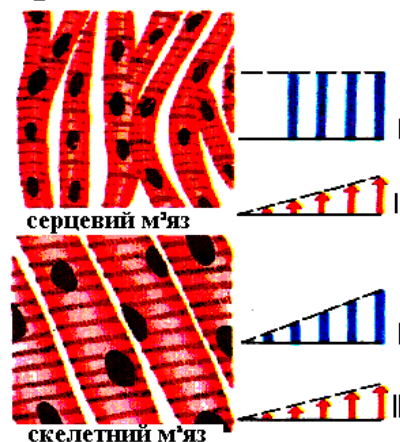


Рис. 50. Скоротливі властивості серцевого (закон “все або нічого”) та скелетного (градуальність) м’язів: *I* – амплітуда скорочень;
II – сила подразнення

Цей тон найбільш гучний. Початок його приблизно відповідає зубцю R на ЕКГ.

Другий тон виникає під час змикання клапанів аорти та легеневого стовбура, що приводить до коливання крові внаслідок “віддачі”. Цей тон короткий і більш високий у порівнянні з першим; початок його відповідає кінцю зубця Т ЕКГ. Третій тон виникає у ранній діастолі внаслідок швидкого притоку крові до шлуночків, він слабкий і низької частоти. Четвертий виникає під час систоли передсердь.

Ритм серцевої діяльності. У нормі частота серцевих скорочень варіює від 60 до 80 за хвилину. У випадку зменшення ритму 40-50 – виникає брадикардія, у разі збільшення ритму від 90 до 150 і більше за хвилину – тахікардія.

Шляхом простої пальпації пульсу поверхневих артерій (наприклад, променевої артерії в зоні кисті) можна отримати важливі попередні дані про функціональний стан серцево-судинної системи.

При цьому оцінюють наступні *якості пульсу*:

1. Частота (нормальний або частий пульс).
2. Ритм (ритмічний або аритмічний пульс). Частота пульсу може коливатися відповідно до ритму дихання: під час вдиху вона зростає, а під час видиху зменшується. Ця “дихальна аритмія” спостерігається у нормі, причому вона стає більш вираженою при глибокому диханні.
3. Висота (високий або низький пульс). Амплітуда пульсу залежить, у першу чергу, від величини ударного об’єму й об’ємної швидкості у діастолі. На неї впливає також еластичність амортизуючих судин.
4. Швидкість (швидкий або повільний пульс). Кривизна зростання пульсової хвилі залежить від швидкості зміни тиску (рис. 51).

Напруження (“твердий” або “м'який”). Напруження пульсу залежить головним чином від середнього артеріального тиску. За напруженням пульсу можна приблизно робити висновок про систолічний тиск. Запис артеріального пульсу називається *сфі-*

сфмографією, прилад - *сфїгмограф*, а крива відповідно — *сфїгмограма*.

Ритм серцевої діяльності в дітей 7-9 років не рівномірний. **Дихальна аритмія** — нормальне фізіологічне явище (звичайно спостерігається затримка серцевих скорочень під час видиху). Аритмія зменшується в 13-15 років, знову збільшується в 16-18 років, а згодом поступово зменшується. Юнацька аритмія, на відміну від аритмії молодшого шкільного віку, характеризується поступовою затримкою і прискоренням пульсу відповідно до фаз дихання.

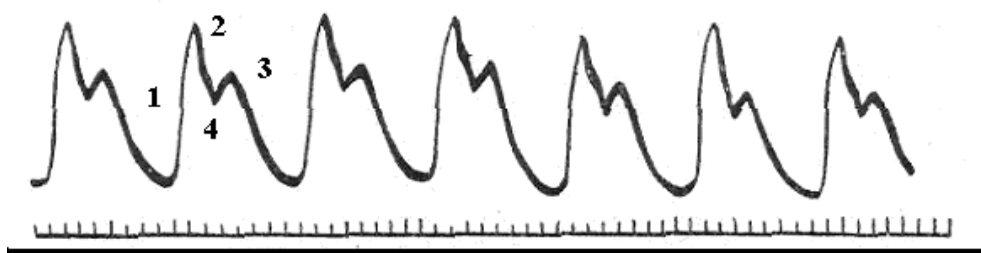


Рис. 51. Запис пульсу на сонній артерії (сфїгмограма): 1 — анакрота; 2 — катакрота; 3 — дикротичний зубець; 4 — інцизура

У юнацькому віці пульс скорочується при вдиханні, а при видиханні — подовжується. Ці зміни пов'язані з диханням, з його ритмом. Про тонус блукаючого нерва можна судити за очно-руховим рефлексом. Тривалість затримки серця в грудних дітей при цьому рефлексі 2-3 хв., у 7-8 років 10-40 с., в 11-12 років і в дорослих 10-25 с.

Венозним пульсом називають коливання тиску й об'єму у венах, розташованих біля серця. Ці коливання передаються ретроградно та спричинені головним чином змінами тиску у правому передсерді. Графічний запис венозного пульсу називається **флебограмою**. Зміни кривих венозного пульсу можуть надати велику допомогу у діагностиці захворювань серця (наприклад, під час діагностики недостатності тристулкового клапана).

Частота серцевих скорочень (ЧСС) у новонародженого — 140 уд/хв; пульс аритмічний. Із віком ЧСС зменшується, особливо швидко — у перший рік життя. У місячної дитини ЧСС складає 136 уд/хв, у 1 рік — 120-125, у 3 роки — 105-110, у 5 років

– 95-100, у 7 років – 85-90, у 10 років – 80-85, у 12 років – 75-80, у 14-17 років – 70-80, у дорослих – 60-80 уд/хв. Зниження ЧСС обумовлено ростом холінергічних впливів на серце. Підвищена рухова активність, а саме спортивні тренування аеробної спрямованості, сприяють більш швидкому віковому зниженню ЧСС. Максимальне підвищення ЧСС у відповідь на фізичну напругу залежить від віку та складає $(220-N)$ уд/хв, де N – число років.

Тиск крові. Змінний тиск, під яким кров впливає на стінки в кровоносній судині, називається *тиском крові*. Існують прямі та непрямі методи визначення величини кров'яного тиску – артеріального і венозного. Одним із перших, хто детально проаналізував показники артеріального тиску, був німецький фізіолог К. Людвіг.

Артеріальний тиск у тварин вимірюють прямим або кровавим методом, вводячи у артерію скляну канюлю або голку, з'єднану із ртутним манометром.

У людини також іноді вимірюють артеріальний тиск прямим методом, але найчастіше користуються непрямим або безкровним методом. Для цього використовуються манжетові способи здавлювання судини кінцівки (прослуховування звуків або тонів Короткова, пальпаторний – Ріва-Роччі, осцилографічний тощо). Для вимірювання тиску використовують різні прилади: осцилометр, осцилограф, механокардіограф та різновидні тонометр.

Вимірювання артеріального тиску прямим і непрямим способом показує дуже близькі результати. У біологічних і медичних дослідженнях загальноприйнятим є вимірювання артеріального тиску у міліметрах ртутного стовпа (мм рт. ст.), а венозного – частіше у міліметрах водного стовпа (мм вод. ст.).

Артеріальний тиск буває систолічним і діастолічним. Максимальний тиск, що виникає у момент виштовхування крові із серця у аорту, називається *систолічним (СТ)*. У діастолу, коли після виштовхування крові із серця аортальні клапани закриваються, тиск падає до величини, яка відповідає так званому *діастолічному тиску (ДТ)*. Різницю між систолічним і діастолічним тиском називають *пульсовим тиском (ПТ)*. Під час дос-

лідження репрезентативних груп населення було виявлено, що артеріальний тиск у стані відносного спокою має виразні індивідуальні коливання. Розподіл отриманих значень тиску відповідає нормальному гаусовому розподілові. У здорових молодих людей пік кривої розподілу систолічного тиску припадає на 120 мм рт. ст., а діастолічного на 80 мм рт. ст. Пульсовий тиск дорівнює 40 мм рт. ст. ($120 - 80 = 40$ мм рт. ст.).

У більшості людей систолічний тиск коливається від 100 до 150 мм рт. ст., а діастолічний від 60 до 90 мм рт. ст.

У повсякденному житті артеріальний тиск зазнає деяких значних коливань під впливом фізичних і психологічних факторів навколишнього середовища. Усі ці фактори можуть впливати або безпосередньо (наприклад, фізичні), або шляхом зміни активності вегетативної нервової системи. Існує загальне правило, згідно з яким під час підвищеної активності тиск зростає, а під час зниженої — знижується. Класичним прикладом підвищення тиску під час психологічного стресу є випереджальна (передстартова) *гіпертензія*, яка спостерігається не тільки на змаганнях або іспитах, але також під час такої події, як відвідування стоматолога.

У випадку, якщо артеріальний тиск перевищує нормальний рівень, говорять про гіпертензію. Підвищеним слід вважати систолічний тиск вищий за 100 мм рт. ст. та діастолічний — вищий за 95 мм рт. ст. (хоча, з огляду на вікові зміни, чіткої грані між нормальним і підвищеним тиском не існує). Результати обстеження великих груп населення свідчать про те, що, очевидно, за верхню межу норми слід приймати 140/90 мм рт. ст. у юному віці, 150/100 — у дорослих до 50-ти років та 160/100 — у людей старших за 50 років.

Гіпертензія (гіпертонія) може виникати або під час збільшення серцевого виштовху, або підвищення периферичного опору або поєднання цих факторів.

Артеріальна гіпотонія — це стан, за якого тиск нижчий за 100 мм рт. ст. Такий стан може спостерігатися або внаслідок зменшення серцевого виштовху, або в результаті зниження пе-

риферичного опору або при поєднанні цих факторів.

У більшості випадків гіпотонія буває пов'язана зі зниженням серцевого виштовху.

Артеріальна гіпотонія, на відміну від гіпертонії, призводить до незначних патологічних змін.

Показники артеріального тиску з віком збільшуються. Систолічний тиск (СТ, мм. рт. ст.) у новонароджених досягає 60-66, у 1 рік – 95, у 3 роки – 102, у 5 років – 103, у 7 років – 104, у 10 років – 106, у 14-17 років – 110, у дорослих – 120 мм рт. ст. Ориєнтовна формула величини СТ для дітей після року: $СТ = 100 + 0,5n$, де n – кількість років. Діастолічний тиск (ДТ, мм рт. ст.) у новонароджених досягає 36-40 мм рт. ст., з 1 року до 10 років він дорівнює 60, у 14-17 років – 70 й у дорослих – 80 мм. Пульсовий тиск (мм рт. ст.) у новонароджених досягає 24-36, у подальші періоди, у тому числі у дорослих – 40-46 мм рт. ст.

У дівчаток усі показники АТ, зазвичай, нижчі, ніж у хлопчиків, у середньому на 5 мм рт. ст. У дітей і підлітків сума ЧСС (уд/хв) і величини систолічного тиску (мм рт. ст.) залишається постійною, рівною 200. При фізичному навантаженні у дорослих звичайно систолічний тиск зростає, а діастолічний тиск – знижується; у дітей переважно відбувається незначне підвищення систолічного тиску.

У дітей відзначається непостійність показників артеріального тиску, залежність цих показників від емоційного стану дитини, розумової та фізичної втоми (при цьому спостерігається виражений ріст величини артеріального тиску). У період статевого дозрівання, коли розвиток серця відбувається більш інтенсивно, ніж судин, може спостерігатися так звана юнацька гіпертонія, тобто підвищення СТ до 130-140 мм рт. ст.

Венозний тиск. Тиск у людини у венах можна виміряти, вводячи у поверхневу (звичайно ліктьову) порожнисту вену порожнисту голку і з'єднуючи її з чутливим електроманометром. У венах, які розташовані поза грудною порожниною, тиск дорівнює 5-9 мм рт. ст. У венах, розташованих поблизу грудної порожнини, тиск близький до атмосферного і варіює в залежності

від фази дихання. Під час вдиху, коли грудна клітка розширюється, тиск знижується і стає негативним, тобто нижчим за атмосферний. Під час видиху відбуваються протилежні зміни і тиск підвищується (під час звичайного видиху він не перевищує 2-5 мм рт. ст.).

Величина центрального венозного тиску у дитини перших років життя досягає 105 мм вод. ст. у підлітків – 86 мм вод. ст. Величина венозного тиску має широкі індивідуальні варіації.

Систолічний і хвилинний об'єм серця. Кількість крові, що виштовхується шлуночком серця за 1 хвилину - це один із найважливіших показників функціонування серця і називається **хвилинним об'ємом кровотоку**, або **хвилинним об'ємом серця**. Даний об'єм однаковий для правого та лівого шлуночків. Коли людина знаходиться у стані спокою, хвилинний об'єм складає в середньому 4,5-5,0 л. **Систолічний об'єм** — це кількість крові, що виштовхується серцем у момент систоли за 1 хвилину. Систолічний об'єм кровотоку можна також обчислити, розділивши хвилинний об'єм на число серцевих скорочень. При ритмі серцевих скорочень 70-75 ударів за хвилину систолічний об'єм дорівнює 65-70 мл крові.

Серцевий викид у людини можна виміряти за допомогою непрямих методів, що не потребують якихось серйозних хірургічних процедур. Ці методи ґрунтуються безпосередньо на принципі Фіка, або на побічно пов'язаних з ним, способах розведення індикатора. Відповідно до принципу Фіка поглинання кисню легеньми (V_{O_2}), артеріовенозна різниця за киснем (AB_{O_2}), легеневий кровотік (Q_L) пов'язані наступним рівнянням.

$$V_{O_2} = Q_L \times AB_{O_2} \quad \text{або} \quad Q_L = \frac{V_{O_2}}{AB_{O_2}}$$

Хвилинний об'єм можна розрахувати за формулою: $V_m = V_s \times \text{ЧСС}$, де: V_s - систолічний об'єм, ЧСС – частота серцевих скорочень.

Систолічний об'єм також можна розрахувати за формулою:

$V_s = 90,97 + 0,54 \text{ ПТ} \times 0,57 \text{ ДТ} - 0,61 \text{ В}$, де: ПТ – пульсовий тиск

(мм рт. ст.), ДТ – діастолічний тиск (мм рт. ст.), В – вік у роках.

Ця формула дає достовірні результати під час обстеження здорових людей у стані спокою (В. Л. Карпман, Л.А. Йофе, 1968, І. В. Аулік, 1991).

Вплив фізичного навантаження. Під час фізичного навантаження серцевий викид збільшується внаслідок збільшення частоти серцевих скорочень серця та ударного об'єму, причому зміни цих величин особливо індивідуальні. Серед здорових молодих людей винятком є високотреновані спортсмени. Серцевий викид рідко може перевищувати 25 л/хв. У тренуваних людей у порівнянні з нетренованими частота серцевих скорочень у спокої менша (близько 40 уд./хв), а ударний об'єм набагато більший. Тому один і той самий серцевий викид у спортсменів або тренуваних людей досягається при меншій частоті серцевих скорочень. Максимальний серцевий викид, об'єм крові та здатність до поглинання кисню у них збільшені.

Систолічний і хвилинний об'єм кровотоку (СОК і ХОК). У середньому протягом усього раннього онтогенезу відносна величина СОК не змінюється та складає приблизно 1 мл/кг маси тіла. Абсолютна величина СОК зростає паралельно масі тіла: у новонародженого вона складає 2,5-3,5 мл; у 1 рік – 10-11 мл; у 3 роки – 13-17 мл; у 5 років – 16-20 мл; у 7 років – 20-25 мл; у 10 років – 28-36 мл; у 14 років – 43-60 мл; у 17 років – 50-60 мл; у дорослих - 60-70 мл. Відносна величина ХОК у процесі раннього онтогенезу знижується із 140 мл/хв на кг маси тіла у новонародженого до 70 мл/хв на 1 кг маси тіла у дорослого. Абсолютна величина ХОК (мл/хв) – зростає: у новонародженого вона складає 490, у 1 рік – 1250, у 3 роки – 1700, у 5 років – 2300, у 7 років – 2500, у 10 років – 3200, у 14-17 років – 3800-4300, а у дорослого – 4200-5000.

З віком підвищується потенційна можливість серця. Так, у 7-8-річних хлопчиків під час фізичних навантажень СОК зростає до 70 мл, ХОК – до 13-16 л/хв, у 14-15-річних дітей – до 100-120 мл та 20-24 л/хв, у той час як у дорослих – до 110-130 мл та 30-35 л/хв відповідно.

Регуляція кровообігу. Регуляція діяльності серця відбувається за рахунок цілого ряду механізмів: внутрішньосерцеві регуляторні механізми і внутріклітинні, механізми гетерометричної саморегуляції (закон серця або закон Франка-Старлінга), гомеометричні механізми саморегуляції (феномен Анрепа, явище Боудича); внутрішньосерцеві периферичні рефлексі; друга група механізмів – внесерцеві, або екстракардіальні – гуморальні та рефлекторні механізми

Нейрогуморальна регуляція серця. *Нервова регуляція* серця здійснюється вегетативною нервовою системою (рис. 52). Вплив на серце симпатичних нервів був вивчений братами Ціон у 1866-1867, а потім І. П. Павловим.

Симпатична іннервація. Центри регуляції роботи серця розташовані з 1-го до 5-ого грудного сегменту спинного мозку. У шийному і верхньому грудному гангліях симпатичного стовбура, зокрема у зірчастому ганглії, ці волокна переключаються на постгангліонарні нейрони, відростки яких підходять до серця у складі серцевих нервів. Симпатичні нерви викликають позитивні ефекти:

1. іотропні (збільшують силу серцевих скорочень);
2. хронотропні (збільшують частоту серцевого ритму);
3. дромотропні (покращують провідність);
4. батмотропні (підвищують збудливість міокардіальних елементів).

Парасимпатична іннервація. У 1845 році братами Вебер вперше був описаний вплив блукаючого нерва на серце. Вони встановили, що подразнення цих нервів гальмує роботу серця аж до зупинки його у діастолі. Парасимпатична іннервація здійснює протилежний симпатичний вплив, тобто викликає негативні ефекти. Вони викликають негативні іотропні, хронотропні, батмотропні, дромотропні та тонотропні ефекти.

Нервові вузли серця у дітей сформовані ще недостатньо, хаотичне диференціювання їх закінчується в 10-12 років. Іннервація серця закінчує свій розвиток у 7-8 років, але м'язи серця в цей час не досягають повного розвитку, тому в молодших шко-

лярів не можна допускати перевантаження серця.

Саморегуляція. Прегангліонарні парасимпатичні серцеві волокна знаходяться у складі гілок, які відходять від блукаючих нервів з обох боків в зоні шиї. Волокна від правого блукаючого нерва іннервують переважно праве передсердя та особливо синоатріальний вузол. До атріовентрикулярного вузла підходять головним чином волокна від лівого блукаючого нерва (рис. 52).

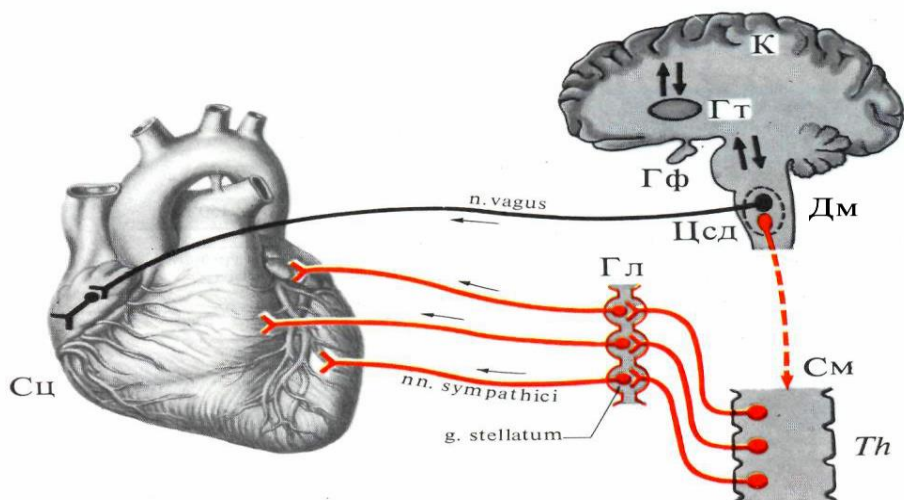


Рис. 52. Симпатична та парасимпатична іннервація

Центральна нервова система постійно отримує інформацію про стан серцево-судинної системи від рефлексогенних зон, розташованих в стінках судин, шкірі, внутрішніх органах. Відокремлюють аортальну зону, синокаротидну, зону в стінках вен (виайшов А.Б. Долго-Сабуров) (рис. 53).

У 1923 році Герінгом було описано рефлексогенну зону в стінці каротидного синусу в області біфуркації сонної артерії. Їм показано що подразнення стінки каротидного синусу в області біфуркації сонної артерії на зовнішню та внутрішню приводить до подразнення баро-хеморецепторів розташованих в цій зоні. Далі по синокаротидному нерву, який іде у складі язико-глоткового нерву, імпульси передаються у довгастий мозок. Якщо тиск у цій ділянці судин збільшується, то по синокаротидному нерву посиляються імпульси в довгастий мозок. При цьому, з одного боку відбувається збудження центру блукаючого нерва, що призводить до зниження серцевої діяльності, зме-

ншенню венозного повернення до серця.

З іншого боку вазодилататорами із судинного центру довгастого мозку імпульси прямують до судин, відбувається розширення судин, що нормалізує тиск.

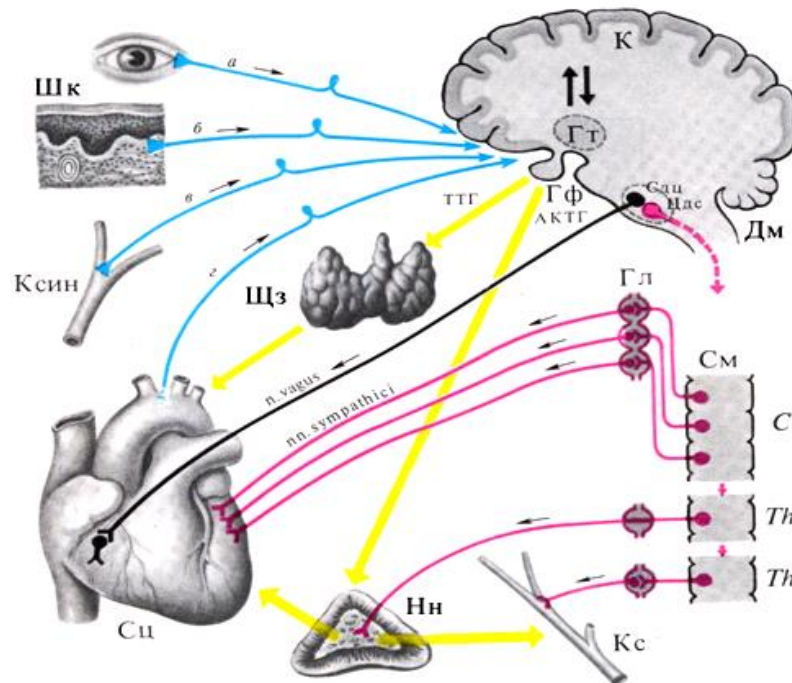


Рис. 53. Регуляція кровообігу: *а, б – імпульси, які прямують у центральну нервову систему від екстерорецепторів; в, г – імпульси, які прямують у центральну нервову систему від інтерорецепторів сонної артерії і аорти*

Подібно синокаротидній зоні аортальна зона (рецептори якої розташовані під ендотелієм дуги аорти) може бути як депресорною, так і пресорною, вона теж бере участь у процесах саморегуляції.

Гуморальна регуляція роботи серця. Гуморальна регуляція роботи серця була відкрита Леві у 1921 році.

Симпатин, до складу якого входить адреналін та норадреналін, що регулює частоту і силу серцевих скорочень.

Гормон щитоподібної залози – тироксин, збільшує частоту серцевих скорочень; K^+ – пригнічує та викликає негативні хронотропні, інотропні, дромотропні ефекти.

Значне збільшення K^+ у крові призводить до зупинки серця у діастолі. Іони Ca^{++} здійснюють позитивний вплив, збільшують

силу і частоту серцевих скорочень. Гіперкальціємія призводить до зупинки серця у систолі.

Гемодинаміка – вчення про рух крові судинами. Кровоносні судини великого та малого кола кровообігу включають наступні судини: еластичного типу (аорта, артерії); м'язового типу (артеріоли середнього і дрібного калібру); резистивні судини, або судини опору (артеріоли середнього і дрібного калібру, метаартеріоли, прекапілярні сфінктери); капіляри або обмінні судини, в яких відбувається обмін газів та інших речовин між кров'ю і тканинною рідиною; ємкісна ланка судинної системи (посткапілярна ланка, венули тощо), які завдяки здатності розтягуватись більше, ніж інші судини, можуть вміщувати або викидати великий об'єм крові без істотних змін параметрів кровотоку (рис. 54).

Фактори, що впливають на рух крові судинами: різниця тисків на початку і в кінці судин, діаметр судин, опір у судинах, в'язкість крові. Кровоток у судинній системі в основному має ламінарний (шаруватий) характер. Але під час переходу одного калібру судин в інший змінюється діаметр судини, що викликає зміни швидкості руху крові та виникнення турбулентних рухів.

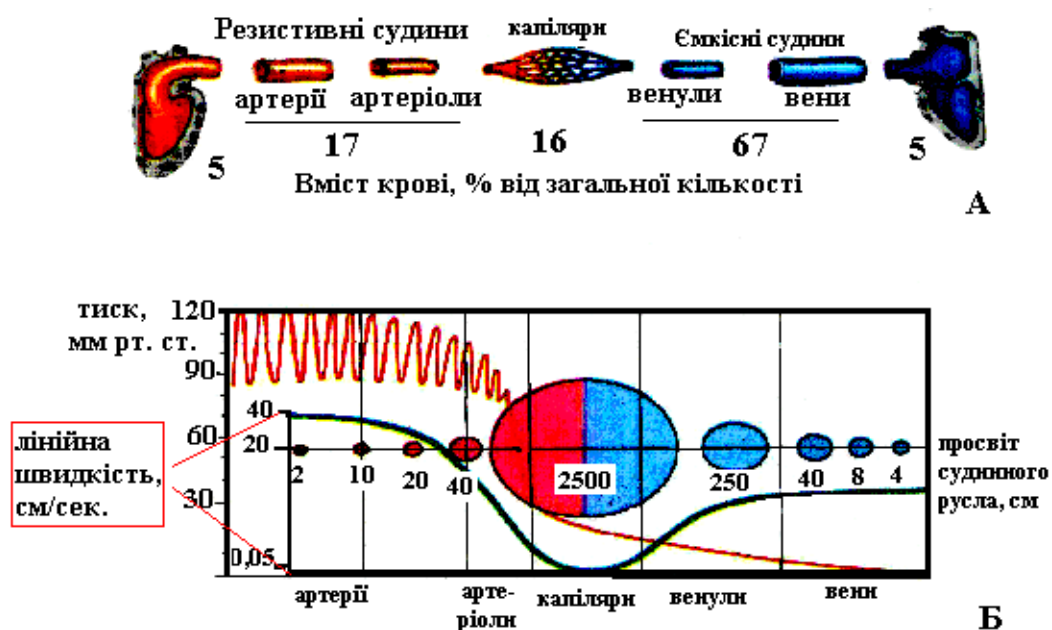


Рис. 54. Показники гемодинамики в різних відділах судинного русла:

А – розподіл крові; Б – рівень кров'яного тиску, сумарний просвіт судин і лінійна швидкість кровотоку

Основними гемодинамічними показниками руху крові судинами є об'ємна швидкість, лінійна швидкість, швидкість кровообігу, а також тиском у різних відділах судинного русла.

1. **Об'ємна швидкість** визначається кількістю крові, що проходить через поперечний переріз судини за одиницю часу і визначається формулою: $Q = \frac{P_1 - P_2}{R}$, де

Q – об'ємна швидкість; P_1 – тиск на початку судини; P_2 – тиск в кінці судини; R – опір судини.

2. **Лінійна швидкість** – це відстань, яку кров проходить за одиницю часу. Вона різна у визначених ділянках судинної системи і залежить від сумарного поперечного перерізу судини даного калібру. Під час руху крові судинним руслом вона змінюється. Так, у аорті – 50-60 см/с; артеріях – 20-40 см/с; артеріолах – 5 мм/с; капілярах – 0,5 мм/с; венах – 7-20 см/с. Лінійна швидкість визначається за формулою: $V = \frac{Q}{\pi r^2}$, де V – лінійна швидкість; Q – об'ємна швидкість; r^2 – радіус судини.

3. **Швидкість кровообігу** характеризується часом, протягом якого кров проходить великий і малий кола кровообігу і дорівнює 20-25 с.

Швидкість кругообігу дітей у спокійному стані більша, ніж у дорослих. У новонароджених вона дорівнює 12 мм/с, у 3 роки – 15 мм/с, у 14 років – 15,5 мм/с.

Кров у судинах рухається під різним тиском. Це обумовлено різним діаметром судин. Так, у артеріях тиск дорівнює 120/80 мм рт. ст., у артеріолах – 80/60 мм рт. ст., у капілярах – 30/10 мм рт. ст., у венах, розташованих далеко від серця – 5-10 мм рт. ст., близько до серця – 5 мм рт. ст. (рис. 54).

Регуляція судинного тону. Судинний тонус – це деяке постійне напруження судинних стінок.

Розрізняють дві основні категорії, що беруть участь у регуляції тону: I – нейрогуморальні механізми, які забезпечують кровообіг під час загальних адаптивних реакцій організму; II – місцеві регіональні, спрямовані на потреби даного органа.

Одним з факторів регуляції судинного тону, є еферентна іннервація судинної стінки, що створює вазоконстрикторний

(судинозвуження) і вазодилататорний (судинорозширення) ефект.

Гуморальні фактори, що регулюють судинний тонус – це хімічні реагенти, які циркулюють у кровоносному руслі та змінюють діаметр як крупних судин, так і судин мікроциркуляторної системи. Ці речовини поділяються на три групи: справжні гормони, місцеві гормони і продукти метаболізму.

Справжні гормони, або регулятори відносяться до першої групи, діють на відстані, приносяться до місця дії кров'ю і утворюються у залозах внутрішньої секреції. Виділяють наступні гормони:

- вазопресин – гормон задньої долі гіпофіза, здійснює звужувальну дію на артеріоли, підтримуючи капіляри у стані спазму;
- адреналін – гормон мозкового шару надниркових залоз. У великих дозах викликає звужувальний ефект, а у малих дозах розширює судини серця, скелетних м'язів та мозку;
- норадреналін – гормон мозкового шару надниркових залоз та медіатор симпатичної нервової системи, близький за дією до адреналіну;
- ренін – відіграє важливу роль у тонусі судин. Він виробляється у великих кількостях під час кровотеч, коли ослаблюється кровопостачання нирок;
- альдостерон – гормон коркового шару надниркової залози, активує дегідрогеназу бурштинової кислоти у клітинах епітелію ниркових каналців, завдяки чому в нирках посилюється реабсорбція йонів натрію;

Місцеві гормони, які утворюються в певних клітинних елементах і в нервових закінченнях. До них відносяться:

- гістамін – продукується жирними клітинами, викликає розширення судин серця, печінки і різке падіння тиску;
- серотонін – міститься у клітинах мозку, у жирних клітинах слизової кишечника і тромбоцитів; у малих дозах викликає судинорозширювальний ефект, у великих – судинозвужувальний;
- ацетилхолін – медіатор виділяється у закінченнях парасимпатичних нервів, викликає розширення вен та інших судин;

- брадикінін – утворюється в плазмі крові, розширює судини скелетних м'язів верхніх і нижніх кінцівок, коронарні судини, судини мозку;

Продукти метаболізму – це продукти аеробного й анаеробного обміну, які постійно присутні в будь-якій тканині навколишньої судини.

- CO_2 – вазодилататорний ефект викликає для судин мозку, кишечнику, мускулатури кінцівок.

- Молочна і піровиноградна кислоти викликають місцевий судинорозширювальний ефект.

- Аденозин – розширює судини серця.

- Іони K^+ – розширюють судини скелетних м'язів, шкіри, кишечнику. Під час стомлення і роботи, недостатності артеріального кровопостачання і пов'язаної з цим гіпоксії йони калію можуть виходити з клітин у тканинну рідину, а потім в кров і розширювати судини.

- Іони Na^+ – сприяють виникненню судинного спазму.

У новонароджених дітей активація блукаючого нерва призводить до зниження частоти серцевих скорочень; у них виражений окосерцевий рефлекс, тобто зниження частота серцевих скорочень під час надавлювання на очні яблука. У той же час адренергічна реакція серця не виражена. У цілому серце новонародженого слабо реагує на потоки імпульсів від рефлексогенних зон. Із віком зростає ступінь впливу на серце холінергічного й адренергічного механізмів, а також кори великих півкуль, особливо у дітей з підвищеною руховою активністю. Дихальна аритмія вперше з'являється у 1 рік (17 % дітей); у віці 3-7 років вона спостерігається у 39 %, а у 15-17 років – у 100 %. Розвиток іннерваційного апарату серця завершується до 7 років.

У новонароджених дітей судини переважно мають симпатичну іннервацію. Із віком ступінь її впливу на тонус судинних гладких м'язів зростає.

Становлення центрів регуляції судинного тонузу зв'язане із розвитком локомоцій. До 1 року починають формуватися перерозподільні механізми, наприклад, посилення під час ходьби

кровотоку у скелетних м'язах. У підлітковому віці порушується адекватна регуляція судинного тону, у зв'язку з чим нерідкі явища юнацької гіпертонії або юнацької гіпотонії, порушення периферичного кровотоку (поява акроціанозу, синюшності шкірних покривів).

Умовні серцеві та судинні рефлексії переважно починають добре проявлятися у 7-8 років (наприклад, у цей період спостерігається передстартова реакція системи кровообігу).

У відповідь на динамічне навантаження, наприклад, під час гри, діти відповідають збільшенням частоти серцевих скорочень і систолічний тиск. Чим більший вік дитини, тим меншим є приріст частоти серцевих скорочень, але більше виражений ріст систолічного тиску (тобто більше виражене підвищення систолічного об'єму крові). У тренуваних дітей характер реакції у відповідь стає таким самим, як у дорослих, тобто відповідь стає більш економною: у них також вища швидкість відновлення частоти серцевих скорочень та артеріального тиску після навантаження, ніж у нетренуваних ровесників. У відповідь на статичне фізичне навантаження діти, особливо школярі, відповідають значним підвищенням систолічного тиску та діастолічного тиску, що обумовлено генералізованим спазмом периферичних судин; така реакція може зберігатися до 5 годин. Це вказує на небажаність тривалих статичних навантажень для дітей, тому що вони можуть призводити до розвитку у них гіпертонічного стану.

Гігієна серцево-судинної системи. Перший і найефективніший засіб профілактики серцево-судинних захворювань — фізична праця та спорт. Систематичне тренування серця за допомогою рухливих ігор, спортивних розваг, гімнастики, бігу, плавання, велоспорту, ігрових видів спорту, фізичної праці, має велике значення для нормального розвитку і зміцнення серця дитини, дає можливість пристосуватись до підвищеного навантаження. Давно відомо, що всі ліки можуть бути замінені фізичними навантаженнями, які укріплюють серцевий м'яз, підвищують його працездатність і тонус судин.

Інтенсивність навантажень індивідуальна та залежить від рівня функціональних можливостей організму. Її визначають за частотою серцевих скорочень. Здоровим юнакам для підтримання функціонального стану організму необхідне навантаження три рази на тиждень по півгодини з частотою серцевих скорочень 130-140 уд./хв.

Часом у старших школярів помітно підвищений артеріальний тиск до 140 мм. рт. ст. Таке явище проходить, якщо немає гіпертрофії серця, але воно потребує обережності з навантаженням під час праці та фізичних вправ. При такому підвищенні тиску потрібне раціональне тренування.

Серце слід берегти і зміцнювати. Надмірна розумова і фізична робота, емоції, паління, спиртні напої порушують функції серцево-судинної системи. Слід уникати вузьких комірців, тугої одежі та поясів, тісного взуття, бо все це порушує нормальний кровообіг.

Засвоєння початкових уявлень про те, як берегти серце, відіграє велику роль у виховуванні свідомого ставлення учнів до виховання важливих гігієнічних вимог.

Потрібно пам'ятати, що після перенесення інфекційних хвороб (ангіни, грипу) фізичні навантаження можливі лише після повного одужання, інакше може виникнути ускладнення. Важливо для запобігання серцево-судинних захворювань уникати негативних емоцій. Стриманість, дружелюбність, відсутність страху – запорука не лише хорошого настрою, але й здоров'я.

Загартовування зміцнить не тільки вашу нервову систему, але також покращить регуляцію судин.

Дотримання режиму харчування, не вживання надлишку жирної їжі, солі, цукру та споживання продуктів харчування з достатнім вмістом вітамінів збереже судини еластичними.

7.3. Будова органів дихання, їх функції та вікові особливості

Дихання – це складний біологічний процес, у результаті якого живий організм із зовнішнього середовища споживає кисень, а у нього виділяє вуглекислий газ та воду.

Система дихання складається з повітропровідного шляху (носова порожнина, носоглотка, гортань, трахея, бронхи) і легень.

Дихання включає такі процеси:

1. Обмін повітря між зовнішнім середовищем і альвеолами легень (легенева вентиляція).

2. Обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю (дифузія газів у легенях).

3. Транспорт газів кров'ю.

4. Газообмін між кров'ю, тканинами і клітинами.

Використання кисню клітинами і виділення ними вуглекислого газу (тканинне або клітинне дихання) (рис. 55).

Дихання забезпечує газообмін, який є основною ланкою обміну речовин. Повітря із навколишнього середовища до легень проходить послідовно через порожнину носа чи рота, глотку, гортань, трахею та бронхи.

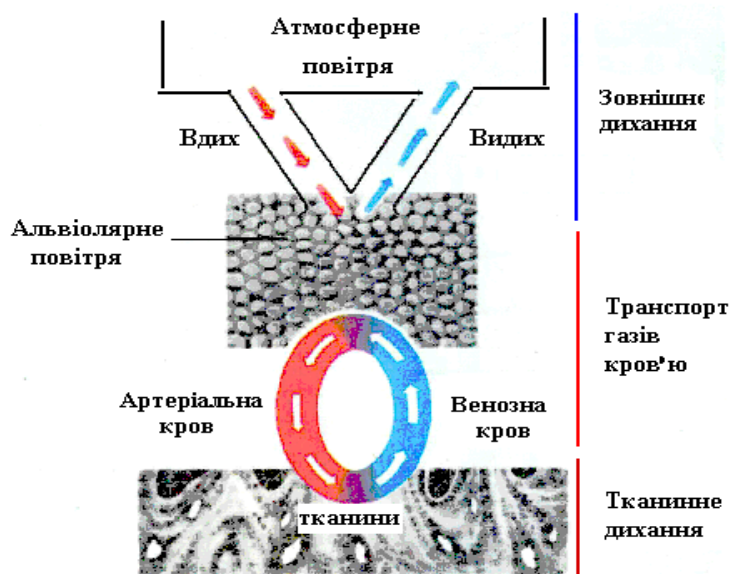


Рис. 55. Газообмін між зовнішньою середою і організмом (три етапи дихання)

Характерною особливістю повітроносних шляхів є те, що стінки їх не спадаються під час нахилів та поворотів тіла, зміщення органів тощо, у зв'язку із наявністю твердої хрящової основи.

Носова порожнина. Носова порожнина, знаходячись на початку дихального шляху, пристосована безперешкодно пропускати повітря під час дихання. Вдихуване повітря у ній трохи очищається, зволожується та зігрівається, а орган нюху, який знаходиться тут, бере участь у сприйнятті запахів. Тому корисніше носове дихання, а не ротове.

Із носової порожнини повітря надходить через хоани до глотки (при вході через рот – до зіву, а потім до глотки), а звідти до гортані.

Дихальні шляхи у дітей значно вужчі, ніж у дорослих. Це сприяє більш легкому проникненню інфекції в організм дитини.

Носоглотка у дітей широка і коротка, слухова труба знаходиться низько. У 4-14 річних дітей утворюються аденоїди розрощення, тобто розрощення лімфатичної тканини у ділянці глотки, а також у носі. Крім того, аденоїдні розрощення можуть негативно впливати на загальний стан здоров'я і працездатність дітей.

Гортань. Гортань розташована на передній поверхні ший на рівні 4-6-го шийного хребців. Оскільки гортань знаходиться на шляху руху повітря до легень та із легень, просвіт її повинен завжди зятися. Разом з тим повинен закриватися під час проходження їжі. Окрім того, людина може довільно змінювати просвіт гортані і цим регулювати звук голосу. Все це стає можливим завдяки особливій будові гортані. Скелетом гортані, її твердою основою, є хрящі: щитоподібний, перснеподібний, черпакуватий і надгортанник. Всі вони гіалінові, окрім надгортанника та голосового відростка черпакуватого хряща, які складаються із еластичної хрящової тканини. Наявність між хрящами суглобів і м'язів із поперечносмугастої м'язової тканини дозволяє приводити їх (особливо черпакуватий) у рух або фіксувати у певному положенні (рис. 56). Гортань до трьох років у дівчаток і хлопчиків однакова; з 7-10 років починаються помітні зміни,

характерні для гортані чоловіків. Голосові зв'язки спочатку короткі, енергійний ріст їх помітний на першому році та в 14-15 років. З 12 років голосові зв'язки у хлопчиків стають довші, ніж у дівчаток.

Трахея та бронхи. Трахея, або дихальне горло, є трубкою довжиною близько 11-13 см. Угорі, на рівні 6-го шийного хребця, вона з'єднується із перснєподібним хрящем гортані, унизу, на рівні 4-5-го грудних хребців, розділяється на правий та лівий головні бронхи. Позаду трахеї розташований стравохід (рис. 56).

Основу трахеї складають 16-20 незамкнених хрящових кілець, з'єднаних один із одним зв'язками. Задня стінка трахеї перетинчаста, хрящів не має, що сприяє безперешкодному проходженню грудки їжі стравоходом. Ззовні трахея має сполучнотканну оболонку, а з внутрішнього боку – слизову оболонку, яка містить бокалоподібні клітини та слизові залози, що зволожують її. Слизова оболонка вкрита миготливим епітелієм, війки якого очищують вдихуване повітря від пилу.

Від місця поділу трахеї головні бронхи розходяться у боки та вниз у напрямку до воріт легень. Правий бронх коротший і ширший, ніж лівий, у зв'язку з чим сторонні тіла зазвичай потрапляють до правого бронха. Будова стінки головних бронхів така сама, як і стінки трахеї.

Ріст трахеї відбувається паралельно з ростом тулуба. Трахея швидко росте перші 6 місяців, а найбільше – в 14-16 років. Верхній кінець трахеї поступово спускається з четвертого до шостого шийного хребця. Трахея ділиться на бронхи; місце такого поділу у новонародженої дитини знаходиться на рівні третього грудного хребця, в 4-6 років – на рівні четвертого, а в 12 років спускається до п'ятого хребця. Правий бронх є продовженням трахеї, а лівий відходить від боку трахеї.

Легені. Легені – парний орган, який розташований у грудній порожнині по обидва боки від середостіння. Серце трохи зміщене вліво, тому права легеня коротша та ширша за ліву. У правій легені три частки, а у лівій – дві. Кожна легеня має форму конусу.

Верхня, звужена, частина її називається верхівкою легень, а нижня, розширена – основою. У легені розрізняють три поверхні: реберну, діафрагмальну та медіальну, звернену до серця. Легені таким чином складаються із бронхіального дерева та його кінцевих утворень – легеневих пухирців – альвеол.

Із зменшенням розміру бронхів зменшується кількість хрящової тканини і у них і відносно збільшується кількість гладких м'язових клітин й еластичних волокон.

Структурною основною одиницею легені є легенева часточка, а функціональною одиницею легеневої частки є ацинус, що представляє собою розгалуження кінцевого бронха та зв'язаних із ним альвеол, загальна поверхня яких досягає 100 м^2 . Зливаючись, 20-30 ацинусів утворюють часточку величиною до 1 см у діаметрі. Часточки відокремлені одна від одної сполучною тканиною, у якій проходять судини та нерви. Із сукупності часточок (2000-3000) утворюються бронхолегеневі сегменти, а із останніх – частки легень. Важливе значення для газообміну має альвеола, стінка якої дуже тонка та складається із одного шару альвеолярного епітелію із базальною мембраною.

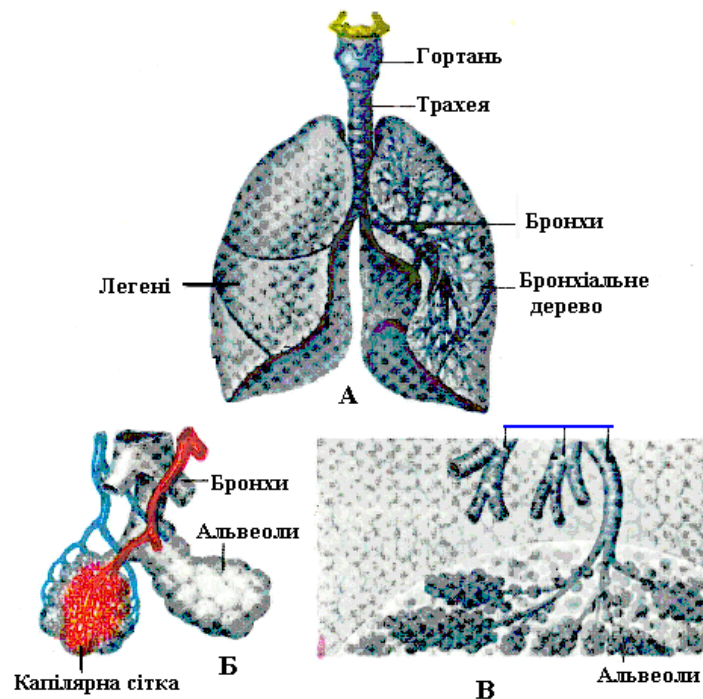


Рис. 56. Будова легенів: *A* – повітроносні шляхи і респіраторні відділи; *Б* – легеневі альвеоли та їх кровопостачання; *В* – долька легені

Альвеоли зовні обплетені густою сіткою кровоносних судин. Через стінку альвеоли і відбувається газообмін між кров'ю, що протікає капілярами, та видихуваним повітрям, багатим на кисень.

Легені ростуть безперервно, причому з віком збільшується об'єм альвеол. Посилено ростуть легені в перші місяці життя і під час статевого дозрівання. Ємкість легень новонародженої дитини становить 65-67 мл, у восьмирічної дитини вона збільшується в 8 разів, до 12 років – у 10, а в 20 років – у 20 разів порівняно з об'ємом легень новонародженої дитини.

Вага легень становить $1/34$ – $1/54$ ваги тіла. У 6 місяців вона подвоюється, в 1 рік потроюється, а в 12 років збільшується в 10 раз.

Акт вдиху та видиху. Акт вдиху відбувається у результаті збільшення об'єму грудної клітки за рахунок підйому ребер та опускання купола діафрагми. Під час вдиху купол діафрагми стає пласким, черевні нутрощі відтісняються вниз та уперед, у результаті чого об'єм грудної порожнини збільшується, тиск у грудній клітці зменшується та повітря поступає у легені. Вдих представляє собою активний процес. Видих при спокійному диханні здійснюється пасивно, тому що грудна клітка та легені після вдиху прагнуть зайняти вихідні положення. У результаті чого об'єм черевної порожнини зменшується скорочуються внутрішні косі міжреберні м'язи – відбувається опускання ребер та підвищується тиск у ній, який через органи черевної порожнини передається на діафрагму та підіймає її (рис. 57).

Дихальні м'язи. Дихальні м'язи – це скелетні м'язи, що збільшують об'єм грудної клітки під час дихання. Головна робота дихальних м'язів припадає на процес вдиху, тому що видих звичайно відбувається у значній мірі пасивно та здійснюється головним чином внаслідок ваги стінок грудної клітки, еластичності легенів та реберних хрящів, а також тонусу черевних м'язів. У процесі спокійного дихання в акті вдиху бере участь незначна кількість м'язів, а саме: діафрагма, зовнішні міжреберні та міжхрящові м'язи.

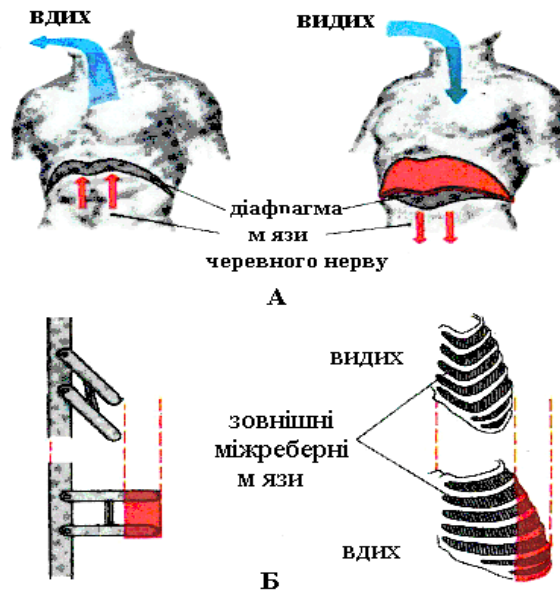


Рис. 57. Механізм дихальних рухів: *А - зміни об'єму грудної клітки (за рахунок діафрагми і м'язів черевного пресу); Б - скорочення зовнішніх міжреберних м'язів (зліва модель руху ребер)*

Під час посиленого напруженого вдиху діють м'язи тулуба. У процесі посиленого напруженого видиху беруть участь міжкісткові частини, м'язи черевного пресу.

Переважно дія дихальних м'язів зводиться до збільшення та зменшення об'єму грудної порожнини.

Під час вдиху вона збільшується у вертикальному напрямку за рахунок опускання діафрагми, а в сагітальному та фронтальному – за рахунок підняття та розходження при цьому ребер.

При посиленому видиху зменшення об'єму грудної порожнини досягається дією м'язів, які опускають ребра та черевний прес, що підвищує тиск у черевній порожнині, внаслідок чого діафрагма відтісняється догори.

Основні типи дихання. *Зовнішнє дихання* – це обмін газів між зовнішнім середовищем і кров'ю – здійснюється спеціальними органами. У людини дихання через шкіру і травний тракт складає всього 1-2 % із загальної величини газообміну. Газообмін між зовнішнім повітрям і кров'ю у легенях відбувається тільки в альвеолах, яких налічується понад 700 млн. Вони покриті густою сіткою кровоносних капілярів. Кожна альвеола має діаметр 0,2 мм, товщину стінки – 0,04 мм. Загальна площа їх

поверхні, через яку відбувається газообмін, у середньому дорівнює 90 м^2 .

У людини розрізняють грудний, черевний, діафрагмальний і змішаний тип дихання.

У процесі грудного типу дихання грудна порожнина розширюється переважно у передньо-задньому (підйом ребер) і бічному (обертання ребер) напрямках.

Під час черевного – у вертикальному (скорочення та опускання діафрагми).

Під час змішаного – рівномірне розширення у всіх трьох напрямках.

Особливості зовнішнього дихання плоду. Дихання плоду реалізується плацентою. Проте вже з 11 тижня у плоду спостерігається скорочення діафрагми та міжреберних м'язів. Ці рухи сприяють розвитку легенів плоду, активізують його кровообіг, а також формують ансамбль нейронів, який бере участь у регуляції дихання. Гіпоксія, гіперкапнія та ацидоз збільшують частоту дихальних рухів плоду. Вимірювані за допомогою ультразвуку дихальні рухи плоду (як компонент його біофізичного профілю) дозволяють робити висновок про функціональний стан плоду.

Механізм першого вдиху новонародженого. Перший вдих звичайно настає через 15-70 сек. після народження. Він обумовлений розвитком гіпоксії (у процесі пологів та особливо після перев'язки пуповини й відшарування плаценти), зростанням потоку аферентної імпульсації від рецепторів шкіри, пропріо- та вестибулорецепторів, а також усуненням рефлексу “нирця” (видалення рідини із носової порожнини), що гальмував активність центрального дихального механізму.

Морфологічні особливості системи зовнішнього дихання в онтогенезі. У новонароджених дітей ребра розташовані майже під прямим кутом до хребта, тому реберне дихання, яке переважно виникає під час крику, у них малоефективне, на відміну від діафрагмального. Для новонароджених характерні низька розтяжність тканини легень і висока піддатливість стінок груд-

ної порожнини. Усе це породжує низьку величину еластичної тяги легень під час видиху та пояснює нижчу величину від'ємного тиску плевральної порожнини, ніж у дорослих (0,2-0,9 проти 2,0 см вод. ст.), але вищу – під час вдиху (5,0 проти 2-3 см вод. ст.).

У процесі раннього онтогенезу у системі зовнішнього дихання відбуваються анатомічні, біофізичні та фізіологічні зміни, змінюється структура дихального центру. Зростає дихальна поверхня легень, знижується частота дихання, зростають дихальний об'єм, життєва ємність легень та її складові компоненти, хвилинний об'єм дихання, споживання кисню, а також показники, що характеризують резервні можливості зовнішнього дихання (максимальна вентиляція легень, максимальне споживання кисню). Провідним чинником всіх цих перемін є зміна споживання кисню в умовах спокою та під час фізичного навантаження.

Порівняно з ровесниками у юних спортсменів, зазвичай, вищі ЖЄЛ, МСК, МВЛ, потужність форсованого вдиху та видиху (тобто показники тахометрії), вища стійкість до гіпоксії та гіперкапнії (тобто показники функціональних дихальних проб, наприклад, проби Штанге), знижена потреба у кисні в умовах спокою та під час фізичного навантаження, тобто у них робота здійснюється більш економно.

Спірометрія та спірографія. *Спірографія* – визначення усіх ємностей і об'ємів легень за допомогою спірографа типу “Мета-тест-1”. Крива, яка виходить під час запису показників зовнішнього дихання за допомогою цього прилада, називається спірограмою. Спірометрія – це визначення життєвої ємності легень за допомогою прилада, який називається спірометром. Спірометрами називаються прилади, що уміщають різну кількість повітря при постійному диханні. Найбільш поширений водний спірометр. Цей прилад є циліндром, розміщеним дном догори у резервуарі з водою. Повітря, що потрапило до цього циліндра, не сполучається із зовнішнім середовищем. Сам циліндр урівноважується противагою. Повітроносні шляхи досліджуваного спо-

лучаються за допомогою широкої трубки і загубника із простором всередині циліндра. Під час видиху об'єм повітря у циліндрі збільшується, і він спливає; а під час вдиху циліндр занурюється. Ці переміщення можуть бути обмірювані за допомогою калібрувальної шкали.

Спірометрія застосовується у дітей віком після 5-6 років, оскільки вона потребує певної активності випробуваного. У дітей раннього віку дослідження зовнішнього дихання обмежується клінічним спостереженням, рахунком дихання, пневмографією. Більш складні методи дослідження легеневої вентиляції, межі та резерву дихання потребують спеціальних приладів. На результати дослідження зовнішнього дихання значно впливає тренуваність дитини, і тому у дітей, які систематично займаються спортом, ці показники значно вищі.

Частота дихальних рухів складає 12-16 разів у хв. – такий тип дихання називають ейпное (нормальне дихання).

Легеневі об'єми та ємності. Легенева вентиляція визначається глибиною дихання (дихальним об'ємом) і частотою дихальних рухів. Обидва ці показники широко варіюють у залежності від потреб організму.

Легеневі об'єми. У спокої легеневий об'єм малий порівняно із загальним об'ємом повітря у легенях. Таким чином, людина може як вдихнути, так і видихнути великий додатковий об'єм. Проте навіть під час найглибшого видиху у альвеолах і повітроносних шляхах легень залишається деяка кількість повітря. Для того, щоб кількісно описати всі ці взаємовідношення, загальну ємність легень розділили на декілька компонентів; при цьому під терміном ємність розуміють сукупність двох або декількох компонентів.

З усіх цих величин найбільше практичне значення мають дихальний об'єм, життєва ємність легень і функціональна залишкова ємність.

Вікові особливості життєвої ємності легень. *Життєва ємність легень (ЖЄЛ)* є показником рухливості легень і грудної клітки. Незважаючи на її назву, вона не має життєво важливого

значення, тому що навіть при найбільш високих потребах організму щодо дихальної системи, глибина дихання ніколи не досягає максимально можливого значення.

Із практичної точки зору недоцільно встановлювати “єдину” норму для ЖЄЛ, тому що ця величина залежить від низки чинників, зокрема від віку, статі, розмірів і положення тіла та ступеня тренуваності.

Життєва ємкість легень з віком (особливо після 40 років) зменшується. Це пов’язано зі зниженням еластичності легенів і рухливості грудної клітки. У жінок ЖЄЛ у середньому на 25 % менша, ніж у чоловіків. Цілком очевидно, що ЖЄЛ залежить від росту, тому що величина грудної клітки пропорційна іншим розмірам тіла. У молодих людей ЖЄЛ можна обчислити, виходячи із наступного емпіричного рівняння:

$$\text{ЖЄЛ (л)} = 2,5 \times \text{зріст (м)} \quad (\text{I})$$

Таким чином, у чоловіка ростом 180 см життєва ємність легень повинна складати 4,5 л. ЖЄЛ залежить від положення тіла: у вертикальному положенні вона дещо більша, ніж у горизонтальному (це пов’язано з тим, що у вертикальному положенні у легенях міститься менше крові). У більшості досліджень ЖЄЛ визначалась у лежачому положенні. Нарешті, життєва ємність легень залежить від ступеня тренуваності. У осіб, що займаються такими видами спорту, де необхідна витривалість, ЖЄЛ значно вища, ніж у нетренованих людей. Вона особливо велика у плавців та веслярів (до 8 л), тому що у цих спортсменів сильно розвинені допоміжні дихальні м’язи (великі та малі грудні). Визначення життєвої ємності легень має значення головним чином для діагностики (рис. 58).

Життєву ємність легень (ЖЄЛ) вдається замірити з 4 років. У цьому віці вона складає 1100 мл, у 5 років – 1200, у 7 років – 1200-1400, у 10 років – 1400-1800, у 14-17 років – 2500-2700 (дітвчата), 2700-3900 (юнаки), у дорослих – 4000-5000 мл.

Функціональна залишкова ємність. Фізіологічне значення функціональної залишкової ємності (ФЗЄ) полягає у тому, що завдяки наявності цієї ємності у альвеолярному повітрі вирів-

нюються коливання вмісту O_2 та CO_2 , пов'язані з різною концентрацією цих газів у вдихуваному та видихуваному повітрі. Якщо б атмосферне повітря поступало безпосередньо до альвеол, не змішуючись із повітрям, що вже міститься у легенях, то вміст O_2 та CO_2 у альвеолах би коливався відповідно до фаз дихального циклу. Проте цього не відбувається: вдихуване повітря змішується із повітрям, що міститься у легенях, і, оскільки функціональна залишкова ємність у декілька разів більша за дихальний об'єм, зміни складу альвеолярного повітря відносно невеликі.

Функціональна залишкова ємність дорівнює сумі залишкового об'єму та резервного об'єму видиху, і величина її залежить від низки чинників. Середні показники складають у молодих людей 2,4 л, а у більш похилому віці – 3,4 л. У жінок функціональна залишкова ємність приблизно на 25 % менша, ніж у чоловіків.

1. **Дихальний об'єм** – кількість повітря, яку людина вдихає та видихає під час спокійного дихання (рис. 58).

2. **Резервний об'єм вдиху** – кількість повітря, яку людина може додатково вдихнути після нормально вдиху (рис. 58).

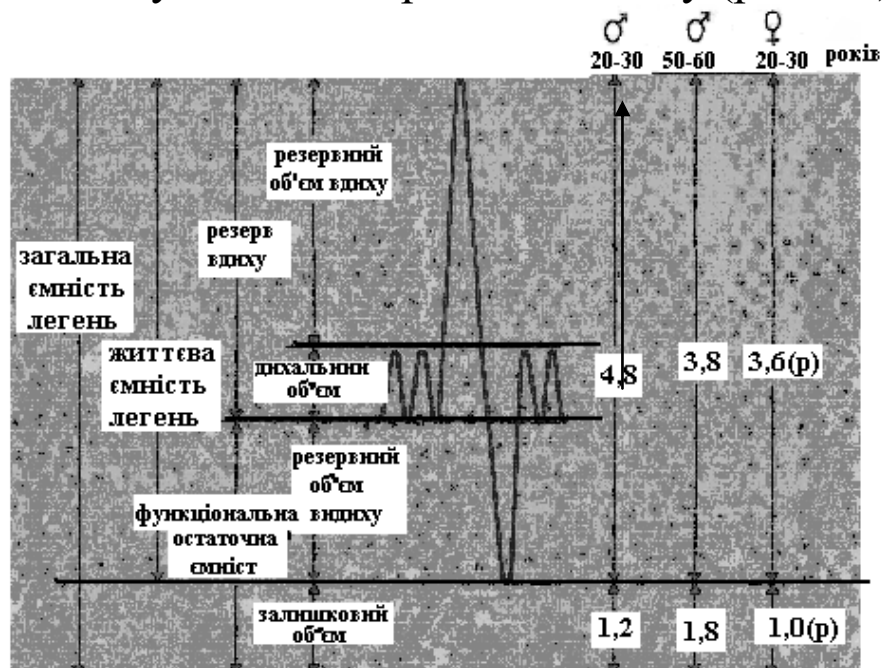


Рис. 58. Легеневі об'єми та ємності, залежність ЖЄЛ і ЗО від статі і віку

3. **Резервний об'єм видиху** – кількість повітря, яку людина може додатково видихнути після спокійного видиху (рис. 58).

4. **Залишковий об'єм** – кількість повітря, що залишається у легенях після максимального видиху (рис. 58).

5. **Життєва ємність легень** – найбільша кількість повітря, яку можна видихнути після максимального вдиху. Дорівнює сумі дихального об'єму, резервного об'єму вдиху та резервного об'єму видиху.

6. **Резерв вдиху** – максимальна кількість повітря, яку можна вдихнути після спокійного видиху. Дорівнює сумі дихального об'єму та резервного об'єму вдиху (рис. 53).

7. **Функціональна залишкова ємність** – кількість повітря, що залишається у легенях після спокійного видиху. Дорівнює сумі залишкового об'єму та резервного об'єму видиху (рис. 58).

8. **Загальна ємність легень** – кількість повітря, що міститься у легенях на висоті максимального вдиху. Дорівнює сумі залишкового об'єму та життєвої ємності легень (рис. 58).

Дихальним мертвим простором називається той об'єм дихальних шляхів, у якому не відбувається процесу газообміну між повітрям і кров'ю. У людини середнього віку об'єм дихального мертвого простору складає 140-150 мл, або $\frac{1}{3}$ дихального об'єму під час спокійного дихання.

В альвеолах до кінця спокійного видиху знаходиться близько 3000 мл повітря (функціональна залишкова ємність), тому під час кожного спокійного вдиху оновлюється лише $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{10}$ альвеолярного повітря (рис. 59).

Показниками вентиляції легень є:

а) **хвилинний об'єм дихання**, що визначається як добуток дихального об'єму на число дихань на хвилину. У дорослої людини у спокійному стані хвилинний об'єм дихання складає 6-8 л на хвилину, при фізичному навантаженні – від 30 до 100-250 л на хвилину;

б) **частота дихальних рухів у спокої**, що складає 12-16 на хвилину.

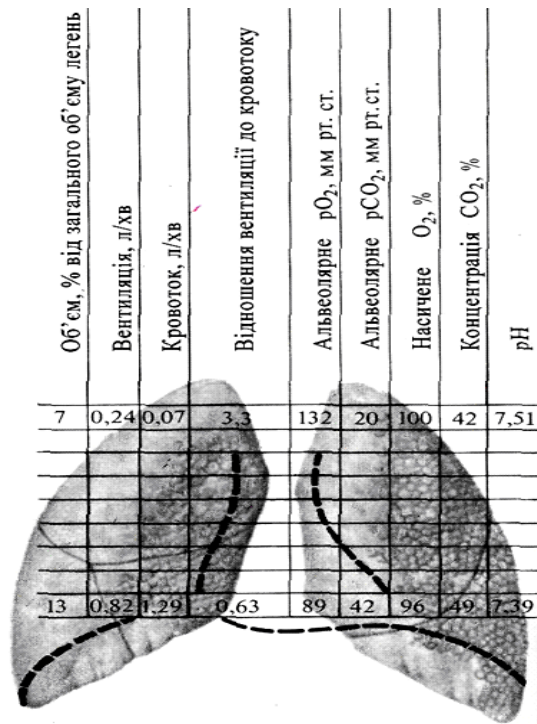


Рис. 59. Схема вентиляції кровотоку і газообміну верхнього і нижнього горизонтальних шарів нормальної легені

Частота дихання (ЧД), дихальний об'єм (ДО) та хвилинний об'єм дихання (ХОД). Новонароджений здійснює 30-70 дихань за 1 хв, діти у 1 рік – 30-35, у 3 роки – 25-30, у 5 років – 20-25, у 7 років – 23-24, у 10 років – 20, у 14-17 років – 18, дорослі – 12-18 дихань на 1 хвилину. Дихальний об'єм у новонародженого складає 15-20 мл повітря, у 1 рік – 60, у 3 роки – 95, у 5 років – 140, у 7 років – 160, у 10 років – 210, у 14-17 років – 260-300, у дорослих – 400-500 мл повітря. Хвилинний об'єм дихання у новонародженого – 600-700 мл повітря/хв, у 1 рік – 2200-2700, у 3 роки – 2900-3100, у 5 років – 3200-3500, у 7 років – 3700-3900, у 10 років – 4300-4500, у 14-17 років – 5000-5200, у дорослих – до 6000 мл/хв.

Газообмін, дифузія газів у кров. Дифузія газів із навколишнього середовища у рідину та із рідини у повітря підкоряється законам руху газів. Якщо над рідиною знаходиться суміш газів, то кожний газ розчиняється у рідині відповідно до його парціального тиску. **Парціальний тиск** – це той тиск газу, який припадає на його частку від загального тиску суміші газів. Таким чином, парціальний тиск пропорційний вмісту кожного газу у

суміші. Згідно із законами руху газу із зони з високим парціальним тиском переходять у зону з низьким парціальним тиском. Тому вдихуване (атмосферне) та видихуване повітря відрізняються за вмістом у ньому O_2 та CO_2 (табл. 16).

Таблиця 16

Вміст газів у вдихуваному, видихуваному та альвеолярному повітрі

Вміст газу, %	Повітря		
	вдихуване	видихуване	альвеолярне
Кисень	20,94	16,0	14,0
Вуглекислий газ	79,03	80,0	5,6
Азот*	0,03	4,0	80,4

Примітка: * беруться до уваги азот і всі інертні гази

Напрямок та інтенсивність переходу O_2 із альвеолярного повітря у кров легеневих мікросудин, а CO_2 у зворотному напрямку визначає різниця між парціальним тиском у альвеолярному повітрі та напругою розчиненого газу у крові (рис. 60).

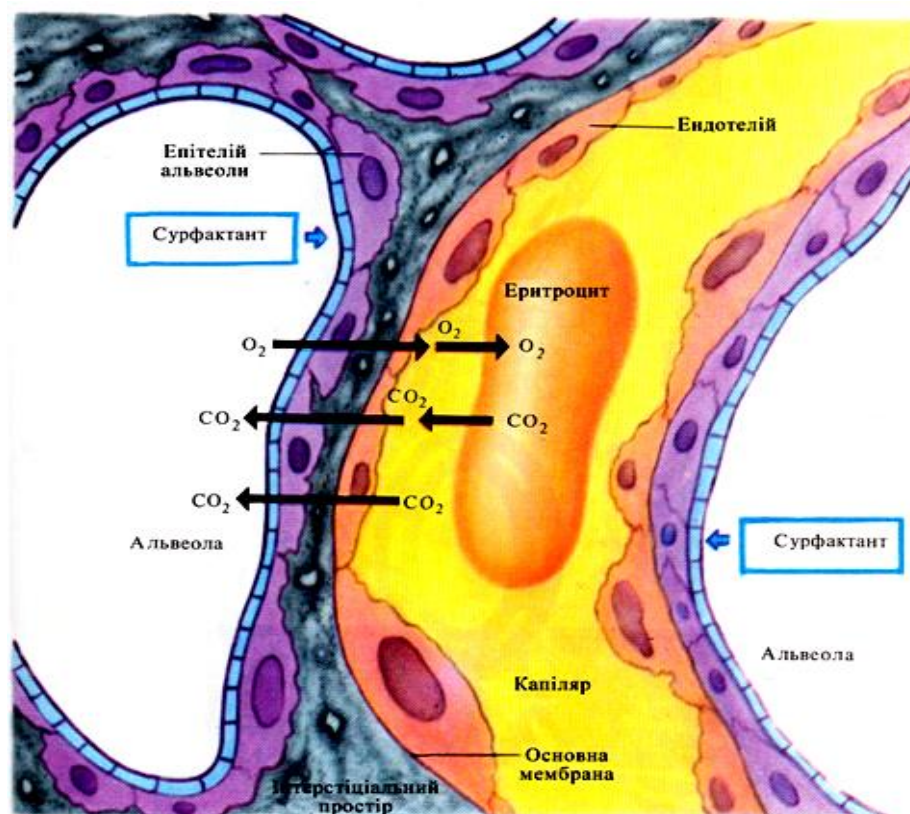


Рис. 60. Бар'єр між кров'ю та альвеолярним повітрям

Так, для O_2 парціальний тиск у альвеолах складає 102 мм рт. ст., а напруга у крові, що поступає до легень, 40 мм рт. ст.

Отже, O_2 із альвеолярного повітря буде дифундувати у кров. Для CO_2 парціальний тиск складає у альвеолярному повітрі 40 мм рт. ст., а напруга його у крові, що притікає до легень, 47 мм рт. ст. Тому CO_2 буде дифундувати із крові у альвеолярне повітря.

Кисень у крові знаходиться у розчиненому вигляді (менше 1 %) та у сполуці з Hb (99 %). Кожний грам Hb здатний зв'язати 1,34 мл O_2 і, отже, (при вмісті Hb 150 г/л), кожен 100 мл крові можуть переносити біля 21 мл O_2 . Ця величина характеризує кисневу ємність крові (КЄК). Під час затримки дихання під час глибокого вдиху величина дифузії газів виявляється найбільшою.

За рахунок гравітаційного перерозподілу кровотоку й об'єму крові у легеневих капілярах дифузна поверхня легенів у положенні лежачи більша, ніж у положенні сидячи, а сидячи - більша, ніж у положенні стоячи. Із віком дифузна здатність легенів знижується.

Транспорт газів кров'ю. Із альвеолярного повітря у кров поступає кисень, а із тканин – вуглекислий газ переноситься кров'ю. Кисень далі надходить до тканин, а вуглекислий газ до легенів. Основна маса переноситься Hb. Hb утворює з O_2 слабку сполуку, яка дисоціює – оксигемоглобін $Hb(O_2)$. У цій формі він транспортується тканинам. У тканинах оксигемоглобін легко віддає O_2 (за рахунок різниці парціального тиску) і перетворюється у відновлений Hb (HHb), який знову транспортується до легень. CO_2 поступає із тканин. У тканинних капілярах CO_2 , який розчиняється у плазмі, за рахунок різниці парціального тиску дифундує до еритроцитів, де під впливом ферменту карбоангідрази перетворюється у вугільну кислоту ($CO_2 + H_2O = H_2CO_3$).

Вугільна кислота дисоціює у еритроцитах на іони H^+ та HCO_3^- , оскільки мембрана еритроцитів проникна для аніонів, то іони HCO_3^- дифундують у плазму. Замість іона HCO_3^- до еритроцитів

потрапляють іони хлору. У плазмі завдяки переходу іонів хлору до еритроцитів звільняються іони натрію, з якими сполучаються іони HCO_3^- , утворюючи NaHCO_3 . Звільнений H^+ , іон вугільної кислоти, у еритроцитах зв'язується з Нб і утворює відновлений $\text{Hb}(\text{HHb})$ (рис.61).

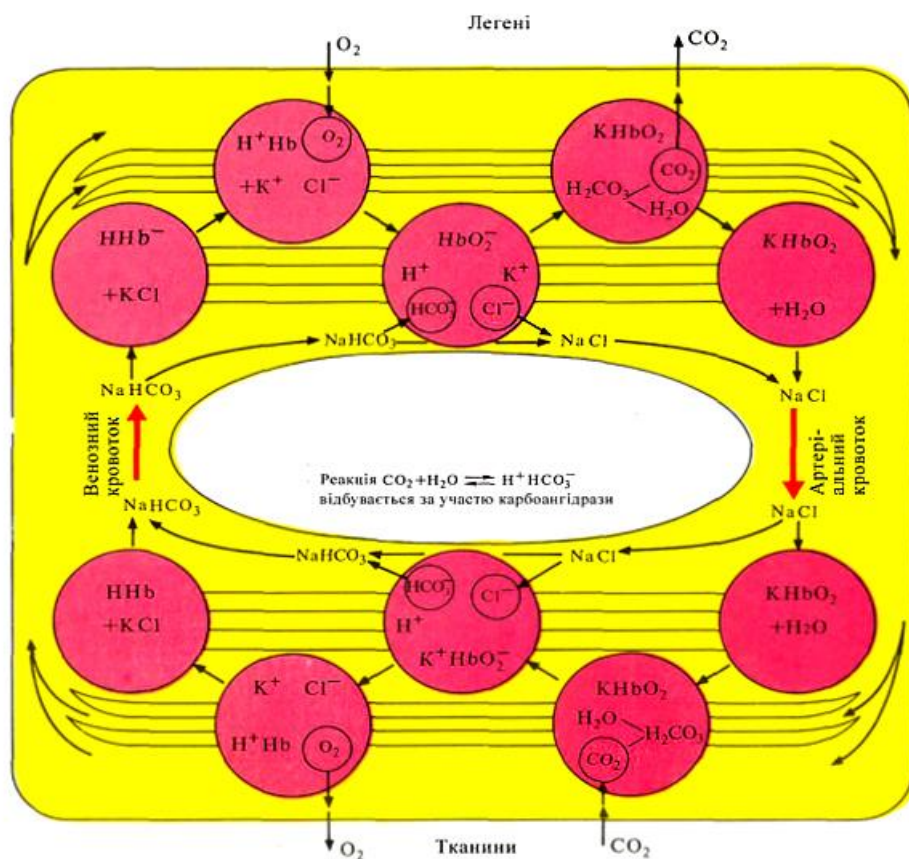


Рис. 61. Бар'єр між кров'ю та альвеолярним повітрям

Окрім того, CO_2 (близько 10 % від загальної кількості) з'єднується з Нб, утворює карбоксигемоглобін HbCO_2 . З'ясовано, що CO_2 приєднується до аміної групи Нб шляхом карбамінового зв'язку. Таким чином, CO_2 , що поступає у кров із тканин, переноситься у кров у вигляді бікарбонату, у вигляді карбоксигемоглобіну та вільно – у розчиненому стані.

Особливості транспорту O_2 та CO_2 . У новонароджених підвищений вміст гемоглобіну та високий рівень фетального гемоглобіну (HbF) – все це підвищує киснево-зв'язуючу здатність крові і тим самим адаптаційні можливості організму. Активність карбоангідрази у новонароджених складає 30 % від активності у дорослих; але до кінця 1-го року життя ці відмінності зникають.

Регуляція дихання. Регуляція дихання здійснюється рефлексним і гуморальним шляхами. Обидва ці механізми забезпечують ритмічний характер дихання та зміну його інтенсивності, пристосовуючи організм до різних умов навколишнього середовища.

Дихальний центр розташований у довгастому мозку. Нервовий центр – парний. Від груп нервових клітин у правій половині довгастого мозку імпульси поступають до дихальних м'язів правої половини тіла. Від груп клітин у лівій половині – до м'язів лівої половини тіла. У свою чергу дихальний центр складається із центру вдиху (інспіраторного центру) і центру видиху (експіраторного центру). До дихального центру також належить група клітин верхньої частини варолієвого мосту. Це так званий пневмотаксичний центр (рис. 62).

Для дихального центру характерна автоматія, тобто здатність генерувати ритмічні імпульси без надходження до нього будь-яких збуджень. Вдих і видих забезпечується наступними нервовими процесами. Аферентні імпульси (до мозку) дихальний центр отримує від механорецепторів легенів, дихальних шляхів, дихальних м'язів, а також від хеморецепторів судинних рефлексогенних зон.

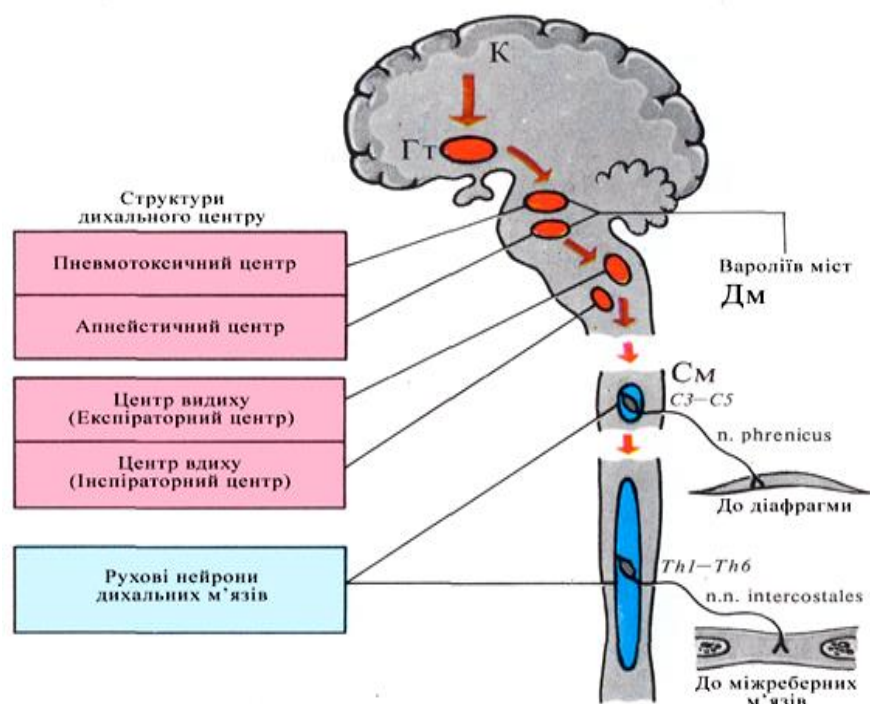


Рис. 62. Дихальний центр (його компоненти) та еферентні нерви

Завдяки автоматії та подразливому впливу аферентних імпульсів відбувається збудження центру вдиху, від якого нервова імпульсація поширюється по еферентних шляхах. Це призводить до скорочення дихальних м'язів, у результаті чого відбувається вдих. Розтягання м'язів під час вдиху викликає збудження механорецепторів, які знаходяться у стінках альвеол. Імпульси від цих рецепторів поширюються чутливими волокнами блукаючого нерва до нейронів центру видиху та збуджують його. Одночасно імпульси від інспіраторних нейронів поступають до центрів пневмотаксису, а від нього приходять до нейронів експіраторного центру і також збуджують його.

Виникле збудження центру видиху гальмує інспіраторний центр, внаслідок чого імпульсація до дихальних м'язів припиняється. У результаті легені спадаються – відбувається видих. Завдяки цьому збудження механорецепторів, які подають імпульсацію до експіраторного центру, переривається. Потім припиняється гальмуюча дія нейронів центру видиху на інспіраторний центр. Це призводить до нового збудження інспіраторних нейронів і відбувається новий вдих (рис. 63).

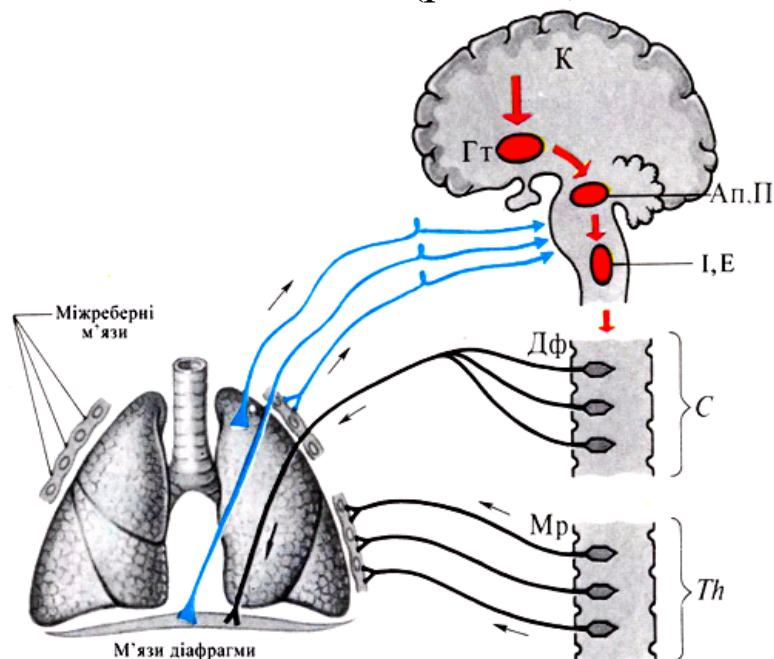


Рис. 63. Іннервація органів дихання: Гт – представництво дихального центру в гіпоталамусі; К – коркове представництво дихального центру (умовно); Ап, П – апнейстичний і пневмотоксичний центри моста; І, Е – інспіраторний та експіраторний бульбарні центри; Дф і Мр – центри діафрагмального і міжреберних нервів у спинному мозку

Окрім того, рефлекторна регуляція дихання здійснюється під впливом гуморальних чинників. Специфічним гуморальним регулятором дихальних рухів є CO_2 , який накопичується у крові та викликає збудження дихального центру, дихання при цьому стає глибшим. Нестача O_2 у крові, що омиває нейрони дихального центру, впливає на їх активність і дихання стає частішим.

Особливості регуляції дихання у дітей. У новонароджених дихальна періодика нерегулярна, серії частих дихань чергуються з більш рідкими; приблизно 1 раз за 1-2 хвилини виникають глибокі вдихи. Можливі раптові зупинки дихання, що пояснюється низькою чутливістю нейронів дихального центру до гіперкапнії. Проте у новонароджених є одне важливе пристосування – дуже висока стійкість до гіпоксії. Це дозволяє їм витримувати тривале апное. Важливу роль у регуляції дихання новонароджених відіграє рефлекс Герінга-Брейєра. Під час грудного вигодовування частота дихання відповідає частоті смоктальних рухів: центр ссання нав'язує інспіраторним нейронам свій ритм збудження. Із віком удосконалюється діяльність дихального центру – розвиваються механізми, що забезпечують чітку зміну дихальних фаз і формується здатність до довільної регуляції дихання.

Порушення фізіології дихання. Патологічне дихання - це об'єктивно конструйоване порушення фізіологічного дихання внаслідок нервово-рефлекторних і гуморальних впливів на дихальний центр.

Причинами появи патологічного дихання можуть бути:

1) порушення функцій дихального центру – склероз судин, спазм їх, емболії, тромбози, стискання пухлинами, а також деякі захворювання головного мозку (крововилив у мозок, пухлини мозку, менінгіт, набряк мозку);

2) патологічні рефлекторні імпульси до дихального центру, що йдуть аферентними нервами із усяких органів і тканин, але головним чином із легеневих закінчень гілок блукаючого нерва;

3) патологічні безпосередні впливи на дихальний центр циркулюючих у крові недоокислених продуктів кислого характеру,

вуглекислого газу, а також продуктів, що з'являються у крові у зв'язку з інтоксикаціями, викликаними порушеннями обміну під час важких ураженнях печінки, нирок, цукровому діабеті, деяких видах отруєнь.

Патологічне дихання виражається у змінах частоти, глибини та ритму дихання. Збільшення або зменшення числа дихальних рухів, більш або менш тривала зупинка дихання можуть спостерігатися й у фізіологічних умовах. Оскільки дихальний центр зв'язаний із регуляцією кори головного мозку, то частота, глибина і ритм дихання можуть бути короткочасно довільно змінені.

Патологічним порушенням слід вважати деякі тривалі зміни частоти, глибини та ритму дихання, що викликані різними патологічними змінами в організмі.

Прискорення дихання – тахіпное – можуть викликати наступні причини:

- зменшення дихальної поверхні легенів;
- застій крові у легенях;
- недокрів'я, що супроводжується зменшенням числа еритроцитів та гемоглобіну;
- підвищення температури тіла;
- прискорене дихання може також спостерігатися під час нервового збудження.

Зміна частоти дихання нерідко супроводжується також змінами глибини дихання. Прискорене дихання звичайно буває і поверховим, а уповільнене дихання буває більш глибоким. Тривала пауза або тимчасова зупинка дихання – апное – спостерігається у новонароджених, а також після посиленої вентиляції легенів, викликаній частими та глибокими дихальними рухами. Порушення ритму дихання, так зване періодичне дихання, спостерігається під час зниження збуджуваності дихального центру через недостатнє постачання киснем або інтоксикацію (наприклад, морфіном). Найчастішим і важливим проявом патологічного дихання є задишка – диспное – утруднене дихання, що характеризується порушенням частоти, глибини та ритму дихан-

ня.

Профілактика захворювань дихальної системи (ДС) в значній мірі визначається успішними протиепідемічними заходами щодо запобігання найбільш поширених інфекційних захворювань (грипу, кору, коклюшу та ін.), проведенням щеплень, заходів ізоляції людей, які захворіли, й обмеження контактів з ними.

Рішуча відмова від шкідливих звичок (паління, зловживання алкогольними напоями) надзвичайно важлива для збереження дихальної системи.

Істотну роль відіграє також гігієна приміщення. У погано провітреному приміщенні у повітрі зменшується концентрація кисню, збільшується вміст вуглекислоти й інших шкідливих речовин, а тривале перебування у сирому прохолодному приміщенні сприяє захворюванням верхніх дихальних шляхів. Оптимальний стан повітря у приміщенні (температура – 18-20 °С, вологість 60-80 %) досягається шляхом багаторазового провітрювання його, обігріву холодного повітря, зволоження у випадку надлишкової його сухості. Корисний сон із відкритою кватиркою або на свіжому повітрі.

Профілактика загострень хронічних запальних захворювань бронхів і легенів передбачає систематичні заняття дихальною гімнастикою. Важливо підвищувати опірність організму до інфекції. Систематичне загартовування організму та тренування – дієві засоби захисту від впливу несприятливих чинників. Загартовування повинно бути поступовим і тривалим. Існує великий комплекс заходів загартування: повітряні ванни, обтирання, купання тощо. Внаслідок їх впливу відбувається перебудова всіх органів та їх систем, особливо серцево-судинної, дихальної та нервової систем, що забезпечує стійкість організму до охолодних чинників.

Сприятливо впливають на кровообіг, на теплообмін, на вентиляцію легенів фізичні вправи. Лікувальній гімнастиці належить особливе значення у профілактиці саме застійних пневмоній.

Стійкість організму до інфекції підвищують введенням дос-

татньої кількості вітамінів, особливо С, дефіцит якого найгостріше відчувається навесні. Особливу увагу потрібно приділити якості харчування. Дієта повинна бути багата на білки та містити вітаміни А, Д, С і групи В.

РОЗДІЛ 8. Обмін речовин та енергії, гігієнічні вимоги організації харчування

8.1. Загальна характеристика системи травлення, вікові особливості її формування в процесі онтогенезу

Організм людини у процесі життєдіяльності витрачає різні речовини та значну кількість енергії. На покриття цих витрат із довкілля повинні надходити речовини, що відновлюють структурні й енергетичні потреби організму. Цими поживними речовинами є білки, жири, вуглеводи. Велику роль відіграють вітаміни, органічні кислоти, мінеральні речовини, без яких неможливе засвоєння речовин в організмі.

Вода, мінеральні речовини, деякі органічні речовини можуть всмоктуватися в кров у незмінному вигляді. Разом з цим організм людини не може безпосередньо засвоювати білки, вуглеводи, жири без попередньої їх обробки. Цю найважливішу функцію в організмі здійснює травна система.

Травлення – це складний процес фізико-хімічної переробки їжі, в результаті якого стає можливим всмоктування розчинних продуктів гідролізу в кров і лімфу, засвоєння їх організмом.

Шлунково-кишковий тракт має суцільну трубку, яка складається із ротової порожнини, глотки, стравоходу, шлунка, тонкого і товстого кишечника. У шлунково-кишковий тракт поступають продукти секреції декількох органів, а саме слинних і підшлункових залоз, печінки (рис. 64). У шлунково-кишковому тракті відбуваються складні фізико-хімічні перетворення їжі, які здійснюються завдяки моторній, секреторній і всмоктувальній функціям. Крім цього, органи системи травлення виконують і екскреторну функцію, завдяки якій виводяться із організму за-

лишки неперетравленої їжі та деякі продукти обміну речовин.

Починається процес травлення з фізичної обробки їжі (роздіблення, розмішування, розчинення) і виділення травних секретів. Хімічні зміни їжі здійснюються під впливом гідролітичних травних ферментів, які виробляються секреторними клітинами травних залоз.

Ферменти (ензими) – це біологічні каталізатори (прискорювачі) хімічних реакцій, вони мають білкову природу. Ферменти травних соків розчепляють білки, жири і вуглеводи на дрібні фрагменти, які здатні всмоктуватись (перетравлення). Разом з водою, мінеральними солями і вітамінами кінцеві продукти перетравлення поступають із просвіту кишечника через клітини його слизової оболонки в кров і лімфу (всмоктування).

Із метою рівномірного і більш повного перетравлення їжі необхідне її перемішування і пересування по шлунково-кишковим трактом. Це забезпечується моторною функцією кишкового травного тракту, завдяки скороченню гладеньких м'язів стінок шлунка і кишечника, а також підшлункової залози і печінки.

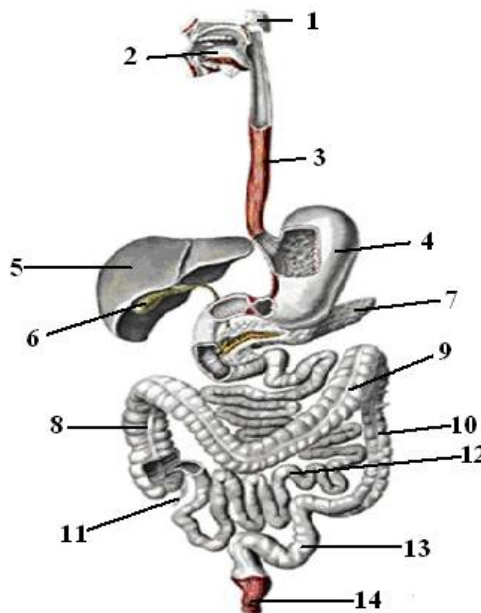


Рис. 64. Загальний вигляд системи травлення: 1 – слинні залози; 2 – язик; 3 – стравохід; 4 – шлунок; 5 – печінка; 6 – жовчний міхур; 7 – підшлункова залоза; 8 – висхідна ободова кишка; 9 – поперечна ободова кишка; 10 – низхідна ободова кишка; 11 – червоподібний відросток сліпої кишки; 12 – тонка кишка; 13 – сигмовидна кишка; 14 – пряма кишка

Їх рухова активність характеризується перистальтикою, ритмічною сегментацією, маятникоподібними рухами і тонічним скороченням.

Шлунково-кишковий тракт має велику ентеральну, або внутрішню нервову систему, яка називається також „кишковим мозком”. Вона функціонує незалежно від зовнішньої вегетативної нервової системи і регулює моторну і секреторну функцію шлунка і кишечника. Значний вплив на моторну і секреторну функцію шлунково-кишкового тракту виявляє зовнішня вегетативна нервова система.

Секреторна функція шлунково-кишкового тракту здійснюється клітинами, які входять до складу слинних залоз порожнини рота, залоз шлунка і кишечника, а також підшлункової залози та печінки. Травний секрет містить розчин електrolітів, який формує ферменти та інші речовини.

Основні властивості ферментів:

1) специфічність дії – кожен фермент розщеплює поживні речовини тільки певної групи (білки, жири чи вуглеводи) і не розщеплює інших;

2) ферменти діють тільки у певному хімічному середовищі – одні в лужному, другі в кислому;

3) найбільш активно ферменти діють за t тіла, а за $t - 70-100^{\circ}\text{C}$ вони руйнуються;

4) невеличка кількість ферменту може розщепити велику масу органічної речовини.

Виділяють ***три групи ферментів, які приймають участь у травленні:***

1) розчеплюючі білки – протеази;

2) розчеплюючі жири – ліпази;

3) розчеплюючі вуглеводи – карбогідролази.

Без хімічної обробки їжі у травному тракті більшість вміщених у ній поживних речовин — білків, жирів, вуглеводів мають високо-молекулярні сполуки, не можуть всмоктуватися і використовуватись клітинами організму. У кров або лімфу поступають через стінку травного тракту лише утворені у ньому більш

прості добре розчинні у воді та позбавлені видової специфічності хімічні сполуки. Такими речовинами є продукти розчеплення білків (амінокислоти і низькомолекулярні поліпептиди), жирів (ди- і моногліцериди, гліцерин і солі жирних кислот) і вуглеводи (моносахариди). Тільки вода, мінеральні солі і невелике число органічних сполук в організмі є незмінними.

Інкреторна, або внутрісекреторна функція полягає у виробленні ряду гормонів, які виявляють регулюючий вплив. Шлунково-кишковий тракт відноситься до органів, які найбільше зазнають гормональних впливів, як за різноманітністю діючих на нього гормонів, так і за діапазоном ефектів. Виявлено 18 видів клітин, які виробляють важливі для функцій шлунково-кишкового тракту гормони або пептиди. До класичних гормонів шлунково-кишкового тракту відноситься гастрин, секретин, холецистокінін, які виділяються в кров під дією спеціальних стимулів і впливають на ефекторні органи. В останні роки відкрито цілий ряд біологічно активних пептидів, які не будучи класичними гормонами, діють на шлунково-кишковий тракт в основному так само, як гормони (табл. 17).

Регуляція секреторної, моторної і всмоктувальної функцій шлунково-кишкового тракту здійснюється: 1) за допомогою цілого ряду гормонів і біологічно активних пептидів; 2) за рахунок скоротливої активності гладеньких м'язів; 3) вегетативної нервової системи.

Методи дослідження процесів травлення. Російський фізіолог І.П. Павлов розробив принципово нові методичні підходи, що дозволили відкрити закономірності слиновиділення, виділення шлункового соку і жовчі; зібрати чисті, не змішані з їжею травні соки, визначити їхній склад, вивчити регуляцію травлення у природних умовах. За ці праці І.П. Павлову було присуджено Нобелівську премію. Свої досліді він робив на собаках. І.П. Павлов розробив метод фістул. **Фістула** – це сполучення порожнини будь-якого органа зі зовнішнім середовищем.

**Гормони і біологічно активні пептиди
шлунково-кишкового тракту**

Гормони	Основні функції
Гастрин	Стимулює шлункову секрецію, викликає трофічні ефекти
Секретин	Стимулює панкреатичну секрецію (бікарбонати, ферменти), скорочення жовчного міхура
Біологічно активні пептиди	
Соматостатин	Пригнічує секрецію (шлунок, підшлункова залоза)
Панкреатичний поліпептид	Пригнічує секрецію панкреатичного соку, жовчі
Урогастрон	Пригнічує секрецію (шлунок)
Ентероглюкагон	Пригнічує секрецію (шлунок, підшлункова залоза), стимулює жовчовиділення
Нейротензин	Пригнічує секрецію і опорожнення шлунку, викликає звуження судин
ГПП (глюкозалежний інсулінотропний пептид)	Викликає вивільнення інсуліну
Нейропептиди	
ВІП (вазоактивний інтестинальний поліпептид)	Пригнічує шлункову секрецію, стимулює панкреатичну секрецію і жовчовиділення
Речовина Р	Стимулює слинні залози і скорочення гладеньких м'язів
Енкефаліни, ендорфіни	Пригнічує скорочення гладеньких м'язів

У даний час використовують нові **сучасні методи дослідження**:

- широко відомий **метод зондування** (введення в шлунок або в 12-палу кишку гумового зонду для взяття соків, які потім досліджують у біохімічних лабораторіях);

- **метод ендоскопії** – введення у травний канал гнучкої пластикової трубки з освітлювальними приладами, що дає змогу

безпосередньо оглянуту порожнину травного каналу. Через трубку спеціальним маніпулятором забирають маленькі шматочки слизової оболонки для цитологічного дослідження;

- **електрогастрографія** – реєстрація електричних струмів шлунка – дає змогу визначити його рухову активність;

- **рентгенологічне дослідження** дає можливість виявити пухлини травного тракту, виразки шлунка та 12-палої кишки, кишкову непрохідність, пухлини товстого кишечника.

Для вивчення стану товстого кишечника (глисти, кровотеча, мікроорганізми) застосовують методи дослідження калу. Для виявлення пухлин, виразок кишечника застосовують **ендоскоп** через відхідник.

Травлення у різних відділах шлунково-кишкового тракту. Процеси травлення у різних відділах шлунково-кишкового тракту має свої особливості. Ці відмінності стосуються фізичної і хімічної переробки їжі, секреторної, моторної, всмоктувальної функції органів травлення.

Травлення в ротовій порожнині, вікові особливості. Переробка їжі починається в ротовій порожнині. Тут вона розділяється зубами, змочується слиною, відбувається аналіз смакових властивостей їжі, початковий гідроліз деяких харчових речовин і формування харчового комка. Їжа в порожнині рота затримується впродовж 15-18 сек. У ротовій порожнині міститься язик і зуби. **Язик** (*lingua*) – м'язовий орган, вкритий слизовою оболонкою з розташованими в ній рецепторами. Він бере участь у перемішуванні їжі в порожнині рота, прощтовхуванні харчового комка до глотки та стравоходу, акті ковтання та формуванні мовлення (рис. 65). У ньому розрізняють: кінчик, тіло і корінь. Язик має спинку, нижню поверхню та два краї. На спинці, на межі між тілом і коренем видно пограничну борозну язика, що має обриси кута, відкритого вперед. Слизова оболонка спинки язика на всьому її протязі товста, груба, непрозора, міцно зрощена з м'язами і спереду від пограничної борозни вкрита різної форми сосочками, які зумовлюють нерівномірність рельєфу язика.

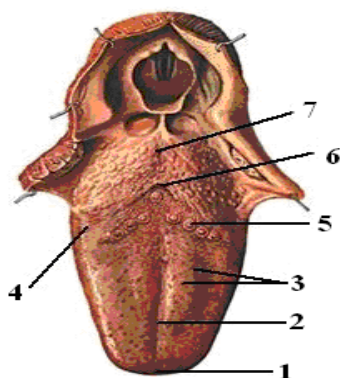


Рис. 65. Будова язика: 1 – кінчик язика; 2 – серединна борозенка; 3 – нитковидні сосочки; 4 - листовидні сосочки; 5 – сосочки, оточені валиком; 6 – сліпий отвір; 7 – корінь язика

Тіло язика формує харчову грудочку, корінь бере участь у ковтальних рухах, які здійснюються рефлексорно.

Зуби (*dentes*) розташовані в ротовій порожнині й призначені для відкушування, утримання та пережовування їжі, а також беруть участь в утворенні деяких звуків мови. За формою і функціями розрізняють різці, ікла, малі та великі кутні зуби. У дорослої людини 32 зуба (16 у кожній щелепі: 8 різців, 4 ікла, 8 малих кутніх і 12 великих кутніх). Кожний зуб має коронку, що виступає з ясен, яка переходить у шийку і корінь, занурений у зубну лунку ясен (рис. 66).

Великі кутні зуби на нижній щелепі мають два, а на верхній – три корені. Решта зубів однокорінні. Зовнішня поверхня зубів – коронка – вкрита емаллю. Емаль є найтвердішою речовиною організму людини (на 97 % складається із мінеральних солей, в основному з кальцію, а також фосфору і фтору), що захищає зуб від руйнування та проникнення інфекцій.

Під емаллю міститься основна речовина – дентин (містить 72 % мінеральних солей, 28 % органічних речовин і води), яка зумовлює також шийку та корінь зуба і за міцністю подібна до кісткової тканини.

У корені дентин вкритий цементом, який є видозміненою кістковою тканиною, що містить багато фосфату кальцію. У середині зуба є порожнина заповнена ніжною сполучною тканиною – пульпою, в якій розміщені кровоносні судини і нерви.

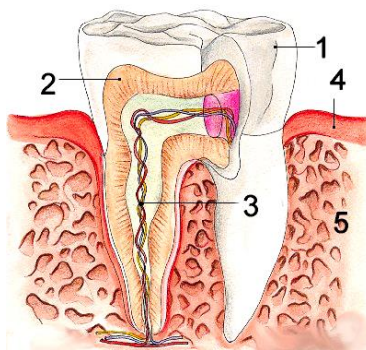


Рис. 66. Будова зуба: 1 – емаль; 2 – дентин; 3 – пульпа; 4 – десна;
5 – кісткова тканина

Тут відбувається інтенсивний обмін речовин зуба, із пульпою пов'язаний відновлений процес у разі якихось пошкоджень дентину.

Зуби складаються і розвиваються в товщі щелепи ще в утробному періоді. У новонароджених зубів немає. Прорізання зубів у здорових дітей починається з 6-7 місяців. Першими прорізаються два середніх нижніх різців. У 8-12 місяців показується решта 6 різців. Таким чином, в однорічній дитини повинно бути 8 зубів. У 12-16 місяців показуються передні малі кутні зуби, у 18-20 місяців – ікла, а в 20-24 місяці задні малі кутні зуби. Дворічна дитина має 20 молочних зубів.

У 6-7 років у дітей починають випадати молочні зуби і замість них поступово наростають постійні зуби. Вони прорізаються у такому порядку: у 6-7 років – перші великі кутні зуби, у 7-8 років – внутрішні різці, у 8-9 років – зовнішні різці, у 10-11 років – передні малі кутні зуби, у 11-12 років – задні малі кутні зуби і другі великі кутні зуби, у 19-25 років – зуби мудрості (іноді вони відсутні). Прорізання постійних зубів закінчується до 14-15 років. Виняток становить поява зубів мудрості, поява яких затримується до 25-30 років.

Після роздріблення і перетирання їжа піддається хімічній обробці завдяки дії гідролітичних ферментів слини. У порожнину рота відкриваються протоки трьох пар слинних залоз: слизистих, серозних, змішаних. Численні залози ротової порожнини виділяють слину, яка багата муцином. Привушні залози секретують рідку серозну слину, яка багата ферментами, а підщелеп-

ні та під'язикові виділяють змішану слину. Білкова речовина муцин робить харчовий комок слизьким, що полегшує глотання їжі та проникнення її до стравоходу. **Слина** – перший травний сік, який містить гідролітичні ферменти, що розщеплюють вуглеводи. Фермент слини амілаза перетворює крохмал в дисахариди, фермент мальтоза – дисахариди в моносахариди. У склад слини входить також кисла і лужна фосфатази, невелика кількість протеолітичних, ліполітичних ферментів і нуклеаза. Слина характеризується вираженими бактероцидними властивостями, зумовленими наявністю в ній фермента лізоцима, який розчиняє оболонку бактерій. Оптимум дії слинних ферментів виявляється при рН – 6,7, бо амілаза діє в лужному, нейтральному, слабокислому середовищі. Слинні залози новонародженої дитини перебувають у зачатковому стані; вони розвиваються на 3-4-му місяці життя. У слині новонароджених є амілаза, але не має мальтази. Добова кількість слини у дітей 11-12 років – 8 мл на харчові речовини і 600 мл без їжі, а всього 800 мл за добу. Кількість слини з віком збільшується і в дорослої людини 1,5 л за добу.

Слина виділяється рефлексорно. Їжа подразнює рецептори язика і слизової оболонки. Нервові імпульси від рецепторів чутливими нервовими волокнами надходять до довгастого мозку, де розташований центр слиновиділення. Від нього руховими нервовими волокнами нервові імпульси надходять до слинних залоз і стимулюють виділення слини. Це **безумовнорефлексорне слиновиділення**.

Слина може також виділятися і тоді, коли людина бачить їжу, відчуває її запах або навіть думає про неї. Це **умовнорефлексорне слиновиділення**.

Слиновиділення знаходиться під контролем симпатичної і парасимпатичної нервової системи. Індукують слиновиділення секреторні центри довгастого мозку, які одержують аферентні сигнали із ротової порожнини і піднебіння (смакові та тактильні), із носової порожнини (запахи) і з вищих відділів мозку. Парасимпатична стимуляція викликає утворення великої кількості

слини з низьким вмістом білка. У той же час симпатична стимуляція (введення в шийну артерію норадреналіну) викликає секрецію відносно невеликої кількості в'язкої слини із підщелепних і під'язикових залоз. Під час відсутності стимуляції слинні залози секретують слину зі швидкістю близько 0,5 мл/хв. Обезводнення, страх або стрес зменшують слиновиділення. Під час сну і наркозу слиновиділення майже припиняється. Нюхові стимули можуть вдвоє підвищити слиновиділення, а при жуванні вона збільшується у 2 і 2,5 рази. Із досвіду відомо, що умовні рефлексі, викликані виглядом їжі, звуками, які супроводжують її приймання, або просто думкою про неї можуть підвищити слиновиділення.

Пережована їжа, змочена слиною, за допомогою узгоджених рухів щік і язика просувається до кореня язика, де подразнює рецептори слизової оболонки зів'язи і м'язового піднебіння. Нервові імпульси передаються до центру ковтання, що розташований у довгастому мозку. **Відцентрові** імпульси надходять до м'язів глотки, язика, дихальної системи. Сформований харчовий комок ковтається, що є складним рефлексорним актом, за допомогою якого їжа пересувається в глотку, а потім у стравохід. Акт ковтання здійснюється з участю центрів довгастого мозку, аферентних та еферентних нервів (трійчастий, язиковоглотковий, верхньогортанний, під'язиковий, блукаючий). Цей рефлексорний процес здійснюється у такій послідовності: м'яке піднебіння піднімається і закриває носову частину глотки, надгортанник опускається і закриває вхід у дихальні шляхи, дихання припиняється і їжа коренем язика проштовхується в глотку, а далі в стравохід. **Стравохід** – це вузька (2 см у діаметрі) трубка завдовжки 25-30 см, яка з'єднує глотку зі шлунком. Він складається зі **шийної, грудної та черевної** частин і має чотири оболонки: **слизову, підслизову, м'язову та зовнішню сполучнотканинну**. Підслизова та м'язова утворюють складки, для розтягування під час проходження харчової грудки. М'язова оболонка верхньої третини стравоходу утворена поперечносмугастою м'язовою тканиною. У середній третині органа до цих м'язових

волокон приєднуються гладкі міоцити. М'язова оболонка нижньої третини стравоходу утворена гладкою м'язовою тканиною. Після надходження до стравоходу їжа просувається перистальтичною хвилею до шлунка. Перистальтична хвиля поширюється вздовж стравоходу. Пересування їжі полегшує слиз, який виділяється слизовими залозами. Стравохід новонародженої дитини не має залоз. У ньому недостатньо розвинена еластична та м'язова тканини. Довжина його до року 12 см. Із віком збільшується довжина стравоходу у 5 років – 16 см, у 15 років – 19 см, у дорослих – 25 см.

Будова шлунка, травлення в ньому і нервово-гуморальна регуляція його діяльності. *Шлунок* (*gaster*) – це розширений відділ травного каналу. Форма шлунка має індивідуальну особливість і залежить від положення тіла та наповнення шлунка їжею (серпоподібно зігнутий). Розміщується у верхній частині черевної порожнини під діафрагмою. У шлунку розрізняють малу та велику кривизну, а також вхідну частину, дно, тіло і воротарну (вихідну або пілоричну) частину (рис. 67).

Пілорична частина – місце переходу шлунка в дванадцятипалу кишку, там містяться кільцеподібні м'язи, що утворюють зажим (пілоричний сфінктер). **Стінки шлунка** складаються з чотирьох шарів: **1) внутрішній** – слизова оболонка – продукує шлунковий сік; **2) підслизова оболонка** – дає можливість слизовій збиратися у складки, а самому шлунку – розтягуватися і збільшувати об'єм;

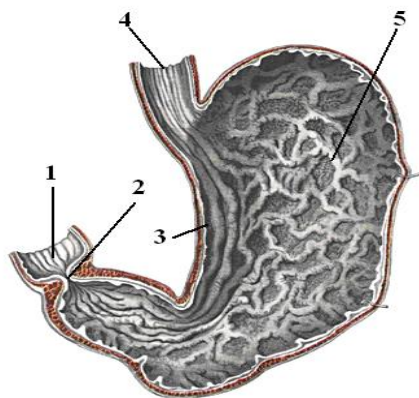


Рис. 67. Будова шлунку: 1 – дванадцятипала кишка; 2 – вихід з пілоричним сфінктером; 3 – шлункова доріжка; 4 – вихід у шлунок з кардіальним сфінктером; 5 – складки слизової оболонки

3) м'язова оболонка — складається з трьох шарів непосмугованих м'язів, що мають поздовжній, косий і коловий напрямки, завдяки яким шлунок може виконувати складні рухи;

4) зовнішня — сполучнотканинна оболонка, є частиною очеревини.

Шлунок, це розширений відділ травного каналу, де відбувається хімічна і механічна обробка їжі. У дітей до 1,5 року форма шлунка округла, до 2-3 років грушоподібна, до 7 років шлунок набуває форми дорослих. На стінках шлунку у новонароджених і дітей першого року життя є рясна мережа найдрібніших нервових гілочок, при цьому розвиненіша, ніж у дітей старшого віку. Із віком збільшується кількість крупних нервових стовбурів. Поверхня слизистої оболонки шлунку складає в середньому $40\text{—}50\text{ см}^2$, а у дорослого вона досягає 750 см^2 . Місткість шлунка збільшується з віком: у новонароджених 30-35 мл, до кінці першого року життя збільшується в 10 разів, у 10-12 років місткість шлунка досягає 1,3 л. Його місткість у дорослої людини дорівнює 3 л, але може збільшуватись 5-10 л.

Слизова оболонка шлунка має численні залози трубчастої форми, які відкриваються на дні шлункових ямок, шлунок дітей має багато кровоносних судин, але шлункових залоз у нього менше, ніж у шлунка дорослих (кількість їх складає 120—123 на 1 мм^2 поверхні слизистої оболонки, всього їх близько 500000, у дорослого — 260—270 на 1 мм^2 , усього близько 35 млн.), і вони недорозвинені.

Шлунок виконує наступні функції: депонування їжі, її механічну та хімічну обробку і поступову евакуацію харчового вмісту в дванадцятипалу кишку. Хімічна обробка їжі здійснюється шлунковим соком, якого у людини утворюється 2,0-2,5 л за добу. Шлунковий сік виділяється численними залозами тіла шлунка, які складаються із головних, обкладинкових і додаткових клітин. Головні клітини секретують травні ферменти, обкладинкові — соляну кислоту, і додаткові — слиз.

Основними ферментами шлункового соку є протеази і ліпаза. До протеаз відноситься декілька пепсинів, а також желатиназа і

хімозин. Пепсини виділяються в вигляді неактивних пепсиногенів. Перетворення пепсиногенів в активний пепсин здійснюється під впливом соляної кислоти. Пепсин гідролізує пептидні зв'язки в середині білкових молекул. Останні розпадаються на пептони та окремі амінокислоти. Остаточний розпад пептонів до амінокислот відбувається в тонких кишках. Хімозин здійснює зсідання молока, тобто білок молока – казеїн – випадає у вигляді кальцієвої солі. Желатиназа гідролізує білки сполучної тканини. Під впливом ліпази у шлунку відбувається також гідроліз емульгованих жирів з утворенням гліцерину і жирних кислот. Оскільки серед ферментів шлунку не має карбогідраз, травлення вуглеводів здійснюється тільки під впливом ферментів слини. Цей процес відбувається поки підшлунковий сік не проникне всередину шару травної маси, оскільки соляна кислота припиняє дію амілаз.

Соляна кислота викликає набухання і денатурацію білків, чим полегшує подальший гідроліз; активує пепсиноген, утворює кисле середовище шлункового соку, необхідне для дії пепсину; діє антибактеріально, стимулює рух шлунка. Функція синтезу соляної кислоти розвивається в період від 2-4 років. У віці від 4-12 років загальна кислотність шлункового соку нижча, що знижує його бактерицидні властивості та пояснює схильність дітей до шлунково-кишкових захворювань. У дорослих людей соляна кислота викликає зсідання молока, бо у них хімозин майже не виділяється.

Слиз має лужну реакцію і частково нейтралізує соляну кислоту. Допомагає харчовій грудці пересуватися до тонкого кишечника, захищає стінку шлунка від самоперетравлювання під дією соляної кислоти і шлункових ферментів. Шлунковий слиз складається із глюкопротеїдів і інших білків у вигляді колоїдних розчинів, епітеліальних клітин і лейкоцитів. Муцин покриває слизову оболонку шлунку на всій його поверхні та захищає її від механічного пошкодження, самоперетравлення. Глюкопротеїд шлункового соку називають внутрішнім фактором кровотворення. Тільки за його наявності можливе всмоктування ція-

нокобаламіну (віт. В₁₂), відсутність якого призводить до захворювання крові – перніціозної анемії.

У немовлят при правильному грудному вигодовуванні шлунок звільняється через 2-3 години, при вигодовуванні коров'ячим молоком – через 3-4 год. Їжа, яка містить значну кількість білків і жирів затримується 4,5-6,5 год., перетравлення їжі у шлунку дорослих відбувається 6-8 годин. Тривалість цього процесу залежить від складу їжі, її об'єму і консистенції, а також від кількості виділеного соку. Особливо довго затримується жирна їжа – 8-10 годин.

Шлунковий сік виділяється протягом доби, але вживання їжі значно посилює його виділення. Секреція шлункового соку, у кількісному та якісному відношенні тонко пристосована до характеру їжі, що досягається завдяки нервовій і гуморальній регуляції. Увесь *процес шлункової секреції* прийнято поділяти на 3 фази: складнорефлекторну (мозкову), нейрохімічну (шлункову) і кишкову (доуденальну).

Мозкова фаза починається з вироблення шлункового соку під впливом умовних рефлексів (під час подразнення рецепторів слуху, зору, нюху). Очікування їжі або її вид супроводжується виділенням не тільки слини, а й шлункового соку.

Коли їжа потрапляє у рот, збуджуються смакові та нюхові рецептори, що призводить до додаткового безумовнорефлекторного посилення секреції. Нервові імпульси, які виникають під подразнення рецепторів ротової порожнини виконують функцію механізму, що запускає діяльність клітин шлунка. Нервові імпульси ідуть до центрів секреторних рефлексів, а звідти до секреторних клітин, які виділяють гастрин – гормон (посилює секрецію шлункового соку).

Шлункова фаза починається через 5 хв. після вживання їжі та триває близько 2 годин із поступовим зменшенням секреції.

Під час цієї фази соковиділення відбувається внаслідок подразнення рецепторів слизової оболонки шлунка і під впливом нейрогуморальних факторів кишок.

Механічні подразнення шлунка через нервові шляхи спричи-

нююють виділення клітинами шлунка гормонів.

Кишкова фаза шлункової секреції полягає в тому, що стимулюючі імпульси на залози шлунка надходять із кишок. Такими факторами можуть бути речовини, що знаходяться у самій їжі (відвари м'яса, риби, овочів). Надходячи з кишок у кров, вони великим колом кровообігу потрапляють до залоз шлунка і стимулюють їх діяльність.

Центри секреторних рефлексів знаходяться у довгастому (проміжному мозку), підзоровогорбовій ділянці та лімбічній корі. Нервові імпульси до шлунка надходять волокнами блукаючого нерва, під час подразнення якого виділяється ацетилхолін, що збуджує секреторну клітину і викликає виділення гастрину. Гастрин – активний поліпептид, який посилює секрецію шлункового соку. До стимуляторів шлункових залоз відноситься гістамін, який утворюється в слизистій оболонці шлунку. Стимулюючий ефект гастрину і гістаміну залежить від збереження іннервації шлункових залоз блукаючими нервами. Шлункову секрецію збуджують продукти перетравлення білків, які всмоктуються у кров, а також бомбезин і мотелін.

Шлункова секреція не тільки збуджується і підтримується, але й гальмується нервовими і гуморальними факторами. Симпатичні нерви виявляють гальмівний вплив на залози шлунка, посилюючи об'єм секреції. Гальмівний ефект на шлункову секрецію здійснює секретин, який утворюється в слизистій оболонці дванадцятипалої кишки, та інші речовини, що виробляються клітинами кишок. Пригнічує шлункову секрецію жир, навіть вживання його невеликої кількості гальмує соковиділення шлунку. Внаслідок скорочення м'язових волокон шлунка вміст його переміщується і пересувається у дванадцятипалу кишку. Крім того, під час вживання їжі відбувається додаткове розслаблення шлунка під дією блукаючого нерва (об'ємна адаптація) (рис. 68). Рухи шлунка поділяють на дві основні форми, а саме: тонічні та перистальтичні. Перистальтичні скорочення поздовжнього та косого шарів непосмугованих м'язових волокон шлунка хвилеподібно розповсюджується стінками зі швидкістю 10-

40 см/с та з інтервалом 3-4 рухи за хвилину.

Вони відбуваються на фоні тонічних скорочень і, починаючись з вихідної частини, поступово доходять до воротарної частини шлунка. Всмоктувальна функція шлунка невелика.

Мало всмоктуються розчини солей і цукру, вода і продукти розчеплення білків. Всмоктування відбувається в основному у кишечнику. У дітей грудного віку всмоктування відбувається в шлунку і в кишках, які мають густу сітку кровоносних судин. Із віком всмоктування у шлунку зменшується, але у 8-10-річних дітей ще добре проявляється. У дорослих у шлунку добре всмоктується лише алкоголь.

Регуляція рухів шлунка здійснюється інтрамуральними нервовими сплетіннями утвореними волокнами блукаючого нерва і симпатичного стовбура та гормонами травного каналу. Механізми регуляції рухів шлунка підпорядковані блукаючому нерву. Після його перерізування рухи припиняються, але через деякий час поновлюються, хоча залишаються значно пригніченими. Під час збудження симпатичних нервів рухи шлунка гальмуються.

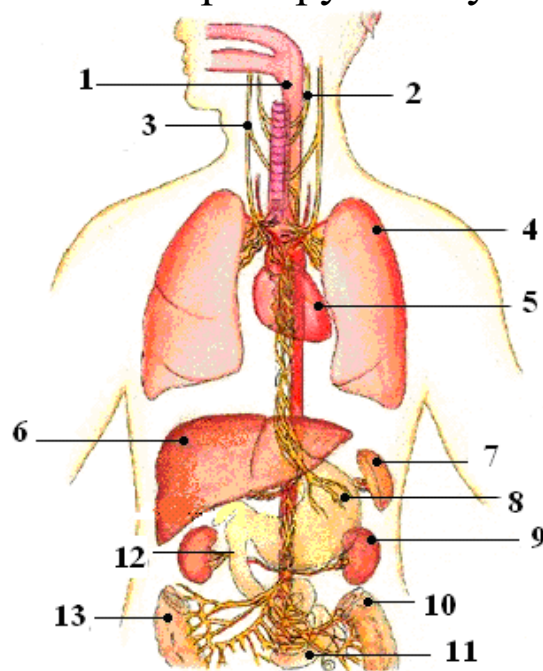


Рис. 68. Іннервація системи травлення блукаючим нервом: 1 – стравохід; 2 – головний нерв; 3 –серцеві відростки верхнього шейного блукаючого нерва; 4 – легеня; 5 – серце; 6 – печінка; 7 – селезінка; 8 – шлунок; 9 – нирка; 10 - низхідна ободова кишка; 11 – тонка кишка; 12- дванадцятипала кишка; 13 – висхідна ободова кишка

Хімічні сполуки гастрин, гістамін, холін, коли потрапляють у кров, посилюють рухи шлунка, адреналін і норадреналін гальмують їх. Випорожнення шлунка здійснюється періодично. Цей процес регулюють зазначені механізми, а також ентерогастральний рефлекс. Його суть полягає в тому, що хімус (харчові маси), досягаючи певної консистенції і рН подразнює м'язи воротної частини, яка відкривається, і невеликою порцією (6-12 мл) харчові маси переходять у дванадцятипалу кишку.

Кишковий відділ травного каналу складається із тонких і товстих кишок, які функціонують як єдина система, тому що гідроліз хімусу відбувається у лужному середовищі, яке формується на початку процесу. У кишках відбувається остаточне розщеплення всіх полімерів до мономерів, їх всмоктування і формування калових мас з неперетравлених залишків їжі.

Дванадцятипала кишка (*duodenum*) – порівняно короткий (25 см), але важливий відрізок, у якому здійснюється основне травлення. Реакція середовища лужна, нейтралізує кисле середовище шлункового вмісту, що поступає сюди. Сюди відкриваються протоки підшлункової залози і печінки. У 12-палій кишці багато різних ферментів: як своїх (ентерокіназа), так і тих, що поступають до складу жовчі та підшлункового соку. Ентерокіназа перетворює неактивний фермент трипсиноген в активний – трипсин. Крім того, у стінці дванадцятипалої кишки розташовані невеликі залози, сік яких містить протеолітичні, амілолітичні та ліполітичний ферменти. Гідролітична активність цих ферментів нижча, ніж у ферментів підшлункової залози. У кишечному соці міститься також фермент ентерокіназа. Ферменти власного кишкового соку приймають участь лише у пристінковому травленні, яке знаходиться у тісному зв'язку з порожнинним травленням.

Підшлункова залоза (*pancreas*) розміщена позаду від шлунку, довжина 12-15 см. Виділяють: голівку, тіло і хвіст залози. Зовні покрита тоненькою капсулою, дольчатої будови. Дольки складаються із залозистих клітин, де синтезуються різноманітні травні ферменти. Залоза наділена двома видами секреції:

зовнішньої і внутрішньої. Як залоза зовнішньої секреції виділяє підшлунковий сік. У нормі сік стікає в дрібні протоки, які об'єднуються в головний вивідний протік, що відкривається в дванадцятипалу кишку, поряд із жовчним протоком.

Травна функція підшлункової залози полягає у виділенні підшлункового соку (1,5-2 л) безбарвної прозорої речовини лужної реакції ($\text{pH}=8 - 8,5$), що містить велику кількість ферментних систем. Ріст і розвиток підшлункової залози триває 11 років, найінтенсивніше вона росте від 6 місяців до 2 років. Ферменти підшлункової залози трипсин, хімотрипсин, карбоксипептидаза А і В та пептиди гідролізують білки. Трипсин утворюється із трипсиногену після його активації ентерокиназою Трипсин каталізує перетворення хімотрипсиногену і карбоксипепсидази. Підшлунковий сік містить також амілазу, яка розщеплює крохмаль до дисахаридів, мальтазу, яка перетворює дисахариди до моносахаридів; лактазу, яка розщеплює цукор молока до дисахаридів; нуклеазу, дія якої спрямована на нуклеїнові кислоти; ліпазу, що розщеплює жири на гліцерин і гліцеринові кислоти. Кишковий сік на відміну від соку підшлункової залози мутнуватий, бо вміщує клітини злушеного епітелію та інші елементи. У ньому знаходяться ферменти пептидази, що розщеплюють поліпептиди до амінокислот, а також вуглеводні ферменти: сахараза, лактаза, мальтаза й ентерокиназа та ліпаза.

Секреція підшлункової залози регулюється нервовими і гуморальними механізмами. Подразнення блукаючого нерва зумовлює виділення невеликої кількості підшлункового соку, який багатий ферментами. Симпатичні волокна, які іннервують підшлункову залозу гальмують її секреторну активність. Травна секреція підшлункового соку забезпечується нейрохімічними механізмами, що стимулюються секретином і холіцистокініном – гормонами, які виробляються слизовою оболонкою дванадцятипалої кишки. Перший виробляється й активується під дією соляної кислоти, другий – жовчі.

Жовч – густа зеленувато-жовта рідина, яка містить 98 % води; 0,8 % - жовчних кислот та їхніх солей; 0,2 % - жовчних піг-

ментів; 0,6 % - холестерину; 0,4 % - різних мінеральних солей, а також ферменти – фосфатази, яка є продуктом секреції клітин печінки, що проходить безперервно й у проміжках між травленням зберігається у жовчному міхурі. Під час травлення жовч надходить у дванадцятипалу кишку із жовчного міхура й із печінки.

Печінка (*hepar*) 1,5 кг – одна з найбільших залоз тіла людини. Розміщена у правому підребер'ї, під діафрагмою (рис. 69). Зовні покрита капсулою. Розрізняють праву та ліву долі печінки. В клітинах печінки – гепатоцитах виробляється жовч за добу 500-1200 мл.

У заглибленні нижньої поверхні печінки розташований **жовчний міхур** (у вигляді мішечка об'ємом 40-70 мл), вивідний протік якого зливається із загальним жовчним протоком. Та частина жовчі, що депонується і концентрується в жовчному міхурі, використовується в міру необхідності, залежно від наявності та складу вжитої їжі.

Функції печінки: регулює обмін жирів, вуглеводів, білків, вітамінів (синтезує вітамін К) і мікроелементів; знешкоджує різні отруйні речовини, тобто виконує бар'єрну (захисну) функцію (за 1 хв. протікає 2,5 л крові) відкладає про запас поживні речовини, зокрема глікоген; бере участь у кровотворенні (здатна накопичувати залізо, збираючи його із загиблих еритроцитів) і процесах згортання крові (синтезує білки крові – протромбін і фібриноген, вітамін К); є одним з основних джерел тепла в організмі.

Печінка у дітей відносно більша, ніж у дорослого і її маса подвоюється до 8-10 місяців, найінтенсивніше росте печінка в 14-15 років, досягаючи маси 1300-1400 гр. Жовчевиділення спостерігається вже у три місячного плоду. Із віком жовчовиділення посилюється.

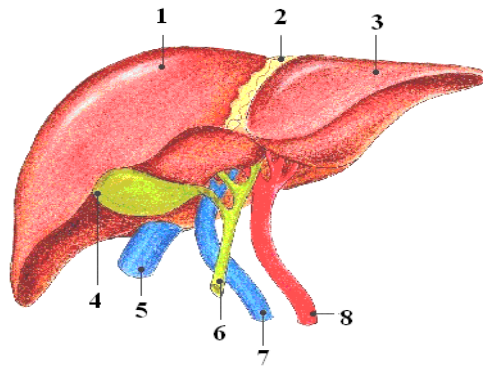


Рис. 69. Будова печінки: 1 – права частка; 2 – кругла зв’язка; 3 – ліва частка; 4 – жовчний міхур; 5 – нижня порожниста вена; 6 – жовчна протока; 7 – ворітна вена; 8 – печінкова артерія

У новонародженої дитини печінка перебуває у стані функціональної недостатності, внаслідок чого частина жовчі надходить до крові. Перші місяці після народження печінка виробляє мало жовчі. Дитяча жовч характеризується малою кількістю жовчних кислот. Жовч активує ферменти підшлункового і кишкового соків, емульгує жири; натрієві солі жовчних кислот зменшують поверхневий натяг води та жирів, чим сприяють емульсії.

Регуляція жовчовиділення забезпечується нервовою системою і гуморально. Під час травлення секреція жовчі може збільшуватися вдвічі, що зумовлено секретином. Гуморально діють продукти гідролізу білків і жиру, які надходять у дванадцятипалу кишку, екстрактивні речовини їжі. Жовчогінні властивості має сама жовч, яка, всмоктуючись у кров, стимулює діяльність печінкових клітин. До травних соків, що надійшли з дванадцятипалої кишки, додається кишковий сік який утворюється в залозах слизової оболонки тонкої кишки, він містить комплекс ферментів, здатних закінчити гідроліз білків, вуглеводів і жирів.

У **тонких кишках** одночасно відбувається перетравлення їжі та всмоктування продуктів гідролізу. Слизова оболонка тонких кишок має велику перетравно-всмоктувальну поверхню площею до 500 м^2 , утворену великою кількістю складок та ворсинок всередині яких розміщені кровоносні та лімфатичні судини. У стінці тонкої кишки розташовані непосмуговані м'язові волокна, під час автоматичних скорочень яких ворсинка безперервно

робить ритмічні рухи. Епітеліальні клітини ворсинок вкриті мікроворсинками (рис. 70). Харчові маси (хімус) із дванадцятипалої кишки переміщаються у відділи тонкого кишечника, де продовжується їх перетравлення травними соками.

Таким чином, у тонкій кишці відбувається порожнинне і мембранне травлення. Порожнинне травлення особливо ефективне під час розщеплення великих харчових молекул, цілих клітин, їх агрегатів тощо, а мембранне – при розщепленні проміжних продуктів гідролізу. Розщеплення у мікроворсинках відбувається тільки тоді, коли розміри харчового субстрату менше розмірів пор мікроворсинок. У тонких кишках знаходиться велика кількість мікроорганізмів, але вони не можуть проникнути у кровоносне русло, тому що пори війкової облямівки менші, ніж розміри тіла мікроорганізмів. Таким чином, заключний етап гідролізу проходить у стерильних умовах.

У тонких кишках спостерігається два типи рухів: перистальтичні та маятникоподібні. **Моторна діяльність тонкого кишечника** забезпечує перемішування хімусу з травними соками і просування його завдяки перистальтичних рухів (скорочень колового м'язового шару) і скорочень поздовжніх м'язових шарів (маятникоподібні рухи). Для товстих кишок характерні **антиперистальтичні рухи**. У зв'язку з посиленням перистальтики дефекація у дітей відбувається частіше, ніж у дорослих.

На кінець першого року життя дефекація стає довільнішою.

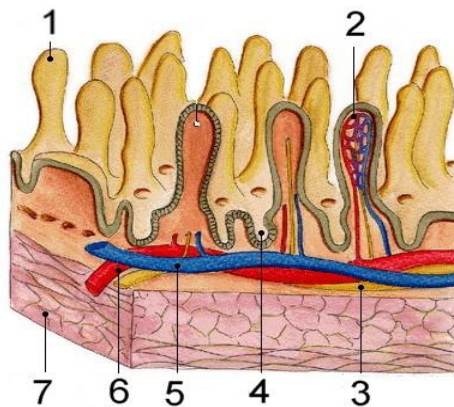


Рис. 70. Будова ворсинок тонкої кишки: 1 – ворсинка; 2 – капіляри; 3 – лімфатична судина; 4 – слизова порожнина; 5 – вена; 6 – артерія; 7 – м'язова оболонка

Регуляція рухів кишок здійснюється рефлексорно та гуморально. Парасимпатична система посилює, а симпатична – пригнічує рухову активність м'язів кишок. Ацетилхолін і гістамін є медіаторами парасимпатичних закінчень, а адреналін і норадреналін – симпатичних. У слизовій оболонці синтезується гормон ентерокінін, який посилює рухи.

Кишечник дитини в 6 раз довший за довжину її тіла, тоді як у дорослих тільки у 4 рази. Найдовші кишки бувають на першому році життя, потім довжина їх порівняно з довжиною тіла поступово зменшуються (до 8 років), а тоді знову зростає. Тонка кишка новонародженого має довжину 1,2—2,8 м, тобто вона в 2 рази коротше, ніж у дорослого. Петлі тонких кишок розташовуються високо (початок на рівні I поперекового хребця, а у дорослих — на рівні II-го) і у зв'язку з відсутністю сальника примикають безпосередньо до парієтальної очеревини, що вистилає зсередини передню черевну стінку. Просвіт тонкої кишки у новонароджених відносно менший, ніж у дітей грудного віку. Слизова оболонка тонка, володіє великою проникливістю, тому в кров можуть проникати неповністю переварені продукти, токсини і навіть мікроби. Кишкові крипти — більшої величини, ніж у дорослого. Складки і ворсинки слизової оболонки розвинені слабо. У підслизовому шарі є сильно розвинена мережа кровоносних і лімфатичних судин. М'язова оболонка, особливо поздовжній шар, розвинена слабо, а її лімфатичні судини численні та мають широкий просвіт.

Травлення, формування калових мас і виведення їх з організму відбувається у товстому кишечнику. **Товста кишка** коротша від тонкої (1,5-2 м). Вона має більший діаметр, звідси і назва. В ній виділяють такі частини: **сліпу з черевоподібним відростком** (апендиксом), **ободову** (*colon*), **сигмовидну** і **прямую** (*rectum*), яка закінчується анальним отвором. Її стінка має чотири оболонки: слизову, підслизову, м'язову та зовнішню сполучнотканинну. **Слизова оболонка** не має ворсинок, бо в ній не всмоктуються складні молекули — тільки вода, мінеральні солі (зокрема Na, Cl) та деякі вітаміни (B₁₂). Але в її порожнині живе чимало корис-

них мікроорганізмів, які синтезують деякі вітаміни (наприклад В₆, К), остаточно розщеплюють грубі рослинні рештки (клітковину), знешкоджують різні хвороботворні бактерії. Бактерії виробляють ряд отруйних для організму речовин, які після всмоктування у кров потрапляють у печінку, де і знешкоджуються. До статевого дозрівання інтенсивно ростуть товсті кишки. Довжина товстої кишки новонародженого приблизно 60 см (у дорослого — від 1,5 до 2 м). У ній немає сальникових відростків, поздовжні стрічки ободової кишки, характерні для дорослого, видно слабо, гаустри відсутні і з'являються лише в 6 місяців після народження дитини. Будова стінки товстої кишки, характерна для дорослого, встановлюється після 3 - 4 років життя. Довжина всього кишечника новонародженої дитини рівна 340 - 460 см, протягом першого року життя вона збільшується на 50 %. Співвідношення між довжиною кишечника і тіла у новонародженого складає 8,3:1, на першому році життя - 6,6:1, в 16 років - 7,6:1, у дорослого воно досягає 5,4:1. Співвідношення між товстою і тонкою кишкою у новонародженого складає 1:5, воно не змінюється у немовляти.

У товстому кишечнику формуються калові маси, до складу яких входять рештки харчових речовин, відмерлі клітини слизової оболонки, холестерин, жовчні пігменти, бактерії, мінеральні солі.

Пряма кишка закінчується анальним отвором, що має два стискувачі (сфінктери), один із яких утворений гладенькими м'язами, а другий (зовнішній) поперечносмугастими м'язами. У ділянці сфінктерів знаходяться значні венозні сплетення.

Періодичне випорожнення кишки, або **акт дефекації**, відбувається рефлекторно внаслідок перерозтягнення кишки каловими масами. Під час цього акту розслаблюються обидва сфінктери і одночасно скорочуються м'язи кишки, черевного пресу та діафрагми. Автоматичний центр дефекації знаходиться в крижовому відділі спинного мозку, його діяльність контролюється корою великих півкуль головного мозку, про це свідчить мож-

ливисть довільної затримки акту дефекації.

Істотну роль у процесах травлення у товстій кишці відіграє **мікрофлора**. Якщо у тонкій кишці міститься незначна кількість мікробів, то в товстій їх наявність конче потрібна для нормального існування організму. До 90% мікрофлори припадає на безспорові анаероби, 10% - на молочнокислі бактерії, кишкову паличку, стрептококи та спороносні анаероби.

Під дією мікроорганізмів відбувається остаточний розпад залишків неперетравлених речовин і компонентів секретів, створюється імунний бар'єр шляхом гальмування патогенних мікроорганізмів, синтезуються деякі вітаміни та інші біологічно активні речовини. Мікрофлора також бере участь в обміні речовин.

У немовлят порожнина товстої кишки стерильна. Вона заселяється мікроорганізмами протягом перших місяців життя. Під дією мікробів неперетравлені вуглеводи в результаті бродіння розпадаються на молочну та оцтову кислоти, алкоголь, CO_2 і H_2O . Білки, що збереглися, гниють із утворенням токсичних речовин. При збалансованому харчуванні процеси гниття і бродіння зрівноважуються. Так, утворювані під час бродіння кислі продукти перешкоджають гниттю. Одноманітне харчування призводить до розладу вказаних процесів.

Гігієна травлення. Збудники інфекцій потрапляють в організм частіше всього з їжею і повітрям. Деякі з них викликають тяжкі захворювання травного апарату (дизентерія, черевний тиф, холера). Із немитими овочами, фруктами в організм людини можуть потрапити цисти найпростіших, яйця аскариди й інших паразитичних червів. Зараження гельмінтами відбувається і під час споживання неперевареного або мало прожареного м'яса або риби.

Із метою профілактики цих захворювань необхідно мити добре руки, перед споживанням ягоди, овочі, фрукти, знищувати мух, які можуть бути переносниками збудників інфекцій та інвазій. М'ясо і рибу необхідно добре проварювати і прожарювати, не можна використовувати в їжу несвіжі продукти, особливо

консерви, в яких під час неправильного зберігання утворюються отруйні речовини.

На травну систему надзвичайно шкідливо впливають паління та алкоголь. Нікотин знижує виділення шлункового соку, а алкоголь, подразнюючи оболонку шлунка, призводить до розвитку запалення шлунка і дванадцятипалої кишки, особливо це проявляється у недостатньо сформованому дитячому організмі.

Одним із важливих питань гігієни травної системи є проблема раціонального харчування, яка зумовлена не тільки змінами умовами життя, але й надлишком споживання поживних речовин у процесі значної гіподинамії більшості населення, що веде до надмірної повноти й ожиріння.

Для забезпечення здоров'я людини необхідна організація раціонального харчування. Це запобігає підвищеному відкладанню жиру під час недостатнього фізичного навантаження; розвитку атеросклерозу, недостатності кровопостачання серця, інфаркту міокарда, гіпертонічної хвороби, захворюванням травної і видільної систем.

8. 2. Обмін речовин та енергії. Значення вітамінів

Життєдіяльність організму забезпечується постійним обміном речовин шляхом перетворення потенціальної хімічної енергії їжі в результаті її обробки в шлунково-кишковому тракті на кінетичну, передусім – теплову, механічну, електричну. За походженням хімічна енергія – це енергія сонця (первинна енергія), яка накопичується в рослинах у вигляді потенціальної енергії макроергічних зв'язків у процесах фотосинтезу.

Обмін речовин та енергії – це сукупність хімічних, фізичних і фізіологічних процесів перетворення речовин та енергії організмі людини, їх обмін між організмом та навколишнім середовищем.

Для підтримки процесів життєдіяльності обмін речовин та енергії забезпечує пластичні й енергетичні потреби організму.

В обміні речовин (метаболізмі) та енергії виділяють два взаємопов'язаних, але різнонаправлених процеси: анаболізм, осно-

ву якого складають процеси асиміляції, і катаболізм, в основі якого лежать процеси дисиміляції.

Асиміляцією називається процес засвоєння речовин із зовнішнього середовища і утворення з них більш складних, властивих організму органічних речовин (на рівні клітини цей процес називають анаболізмом). Асиміляція відбувається з поглинанням енергії, забезпечує ріст, розвиток, оновлення біологічних структур, а також безперервний ресинтез макроергів і накопичення енергетичних субстратів.

Дисиміляція – процес розпаду і окислення складних речовин до більш простих із виділенням енергії (на рівні клітини цей процес називається катаболізмом). У живому організмі обидва процеси протікають паралельно і невіддільні один від одного. Під час асиміляції поглинається частина енергії, що виділилась внаслідок дисиміляції. З іншого боку, в ході дисиміляції розпадаються ті речовини, що утворились під час асиміляції. Енергія, яка звільняється під час дисиміляції, забезпечує всі прояви життєдіяльності.

Під обміном речовин розуміють сукупність процесів асиміляції та дисиміляції, що відбуваються з речовинами від моменту їх надходження до організму з навколишнього середовища до моменту утворення кінцевих продуктів розпаду і виведення їх з організму.

Етапи обміну речовин:

I етап – травлення: розщеплення у шлунково-кишковому тракті під дією травних ферментів складних молекул поживних речовин до простих.

II етап – всмоктування в кишечнику та надходження у кров і лімфу, рознесення по організму простих молекул поживних речовин, а також кисню, вітамінів, мінеральних солей і води.

III етап – побудова клітинними структурами з простих речовин, що надійшли в клітину, складних молекул, потрібних даному організмові.

IV етап – розщеплення синтезованих складних сполук, вивільнення при цьому енергії та утворення проміжних продуктів

обміну речовин.

V етап – використання енергії АТФ на виконання різноманітних функцій організму й виведення з нього кінцевих продуктів обміну.

Кінцевою метою обміну речовин та енергії є збереження гомеостазу – тобто умов, необхідних для життя.

Забезпечення енергією процесів життєдіяльності здійснюється за рахунок анаеробного й аеробного катаболізму речовин, що поступають в організм з їжею білків, жирів і вуглеводів. *У ході анаеробного зброджування глюкози (гліколіз) або глікогену (глікогеноліз)* перетворення 1 моля глюкози в 2 моля лактату приводить до утворення 2 моля АТФ ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3 + 2ATP$). Цього явно недостатньо для процесів життєдіяльності і процеси анаеробного гліколізу можуть задовольняти лише короточасні обмежені потреби клітини (наприклад, еритроцитів).

При аеробному катаболізмі розщеплюються всі органічні речовини, а саме продукти анаеробного обміну до кінцевих речовин: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 25,5 ATP$.

Загальна кількість молекул АТФ під час повного окислення 1 моля глюкози до CO_2 і H_2O складає 25,5 молей, приблизно стільки ж утворюється енергії під час окислення білків, а під час окислення жирів енергії утворюється значно більше. Так, під час повного окислення 1 моля пальмітинової кислоти утворюється 91,8 молей АТФ.

Основним джерелом енергії відновлення для реакції біосинтезу жирних кислот, холестерину, амінокислот, стероїдних гормонів, попередників синтезу нуклеотидів і нуклеїнових кислот є НАДФ-Н (нікотин-амідаденін-динуклеотифосфат). Його утворення відбувається в цитоплазмі клітини у процесі фосфоглюконатного шляху катаболізму глюкози. Під час такого розщеплювання 1 моля глюкози утворюється 12 молей НАДФ-Н.

Процеси анаболізму та катаболізму знаходяться у організмі в стані динамічної рівноваги або переважання одного з них. Відношення цих процесів залежить від віку (у дитячому, юнацько-

му віці переважає анаболізм, а похилому віці – катаболізм) стану здоров'я, фізичного або психоемоційного навантаження тощо.

Білки є своєрідним будівельним матеріалом для пластичних процесів (структурний метаболізм) та для ферментів, які забезпечують усі обмінні процеси.

До складу білків входить 20 амінокислот, 8 із яких незамінні (лейцин, ізолейцин, валін, метіонін, лізин, треонін, фенілаланін, триптофан). **Біологічна цінність білків** неоднакова у зв'язку з наявністю незамінних амінокислот. Нестаток останніх супроводжується негативним балансом азоту (N більше виділяється, ніж надходить з їжею), припиненням росту й падінням маси тіла. Розпад білків спостерігається при їх нестачі й достатньому надходженні інших поживних речовин. Розрізняють повноцінні та неповноцінні. Повноцінними називаються ті білки, до складу яких входять всі незамінні амінокислоти. Тваринні білки більш повноцінні, ніж рослинні. Вони легше гідролізуються та всмоктуються у шлунково-кишковому тракті. Однак на засвоєння впливає і кулінарна обробка їжі. Мінімальна кількість білків тваринного походження в їжі повина становити 30 %. У нормі існує азотиста рівновага: кількість виділеного азоту дорівнює кількості його надходження. **Позитивний азотистий баланс** спостерігається внаслідок переважання синтезу білка над розпадом. Зустрічається це під час зростання маси тіла, активації процесів росту, вагітності. У нормальних умовах білки майже, не використовуються для енергетичних затрат організму. Вони виконують такі функції: пластичну (ріст, розвиток, самооновлення), захисну (амортизаційну), імунну, надання специфічності тканинам індивідуума, входять до складу біологічно активних речовин. Енергетичну функцію вони виконують в екстремальних умовах. Коротко - це ферментативна, регуляторна, структурна, рецепторна, транспортна, скорочувальна та захисна функція.

Розрізняють прості та складні білки. **Складні** – це білки плюс біомолекули або іони, пов'язані ковалентними або нековалент-

ними зв'язками. Це – глікопротеїди, ліпопротеїди, нуклеопротеїди, хромопротеїди, фосфопротеїди.

Важливе значення у пластичних процесах відіграють ДНК та РНК – біополімери (біомакромолекули), що складаються з п'яти основних нуклеотидів пуринового та піримідинового ряду і є носіями генетичної інформації. Лінійна послідовність певних мононуклеотидів у складі генетичних молекул нуклеїнових кислот детермінує послідовність амінокислотних залишків у відповідному білку. Сутність генетичного (біологічного) коду полягає в тому, що послідовність із трьох нуклеотидів (триплет, кодон) у молекулі ДНК або РНК відповідає одній із 20 амінокислот, що включається на певне місце пептидного ланцюга, який синтезується. α -амінокислоти – гіркі або без смаку, β -амінокислоти – солодкі, що свідчить про стереоспецифічність смакових рецепторів. Пуриновими основами є аденін і гуанін, піримідиновими – урацил, тимін, цитозин.

Добова потреба в білку на 1 кг маси тіла у дитини на першому році життя становить 4-5 г., від 1 до 3 років – 4-4,5 г, від 6 до 10 років – 2,5-3 г, старше 12 років – 2-2,5 г, у дорослих – 1,5-1,8 г. Отже, залежно від віку і маси діти від 1 до 4 років повинні одержувати на добу 30-50 г білка, від 4 до 7 років – близько 70 г, з 7 років – 75-80 г, для дорослої людини вагою 70 кг - близько 120 г.

Ліпіди (жири і ліпоїди, жироподібні речовини – фосфатиди, стерини) – група речовин, що не розчиняються у воді, але розчиняються в органічних рідинах (спирт, ефір). За складом – це суміші різних тригліцеридів (ефіри гліцеролу) і жирних кислот: тригліцериди (гліцерин + жирні кислоти), фосфоліпіди (гліцерин + жирна кислота + фосфорна кислота + аміноспирти), гліколіпіди (гліцерин + жирна кислота + вуглевод), холестерин, стероїди. Відповідно ліпіди гідролізуються до триацилгліцеринів і жирних кислот; ефіри і фосфогліцерини – до жирних кислот, діацилгліцеролу, 2-моноацилгліцеринів, гліцерину, холестерину, лізофосфатидилхоліну.

У печінці й жировій тканині синтезуються жирні кислоти.

Естерифікуючись із гліцерином (точніше з його похідними – гліцерол-3-фосфатом, що утворюється в печінці під впливом гліцеролкінази), вони утворюють триацилгліцерини.

Жир, що надходить до кишечника, під впливом жирових ферментів розщеплюється на гліцерин та жирні кислоти. Епітелієм слизової оболонки кишечника з продуктів розщеплення утворюється жир, специфічний для даного організму. Від слизової оболонки жир поступає лімфотичною системою у вигляді нейтрального жиру, а частково (до 30%) надходить до кровоносної системи. Жир є структурною частиною оболонок, ядерної частини клітин і включень протоплазми. Жири є розчинниками деяких вітамінів. Навколо деяких органів, у підшкірній тканині та в зморшках очеревини утворюються жирові депо за рахунок жиру, а частково з вуглеводів. Із жирових депо жир може переходити в кров, розщеплюючись до гліцерину і жирних кислот; гліцерин перетворюється в глікоген і використовується в процесі вуглеводного обміну. Жир може безпосередньо окислюватися до вуглекислого газу та води. Під час споживання будь-якого жиру в організмі відкладається жир специфічний для даного організму, і лише під час тривалого споживання жир набуває властивостей з'їденого. Жир структури клітин стійкий, а запасний може варіювати щодо кількості та складу. Жир в жирових депо з участю ліпази розщеплюється, а далі окислюється до вуглекислого газу та води, виділяючи значну кількість енергії. Жир швидко обмінюється в організмі, він весь час розпадається і знову синтезується.

Обмін жирів і ліпоїдів регулюються корою півкуль головного мозку через проміжний мозок і вегетативну нервову систему, яка зумовлює розпад жиру в печінці. Гормони передньої частки гіпофіза, а також гормони статевих залоз, як і тироксин щитовидної залози, посилюють окислення жиру. Під час споживання жирної їжі кількість жиру в крові може досягти 1%. **Добова потреба жирів** на 1 кг маси дорослої людини - 1,5 г жирів (приблизно 80-100 г на добу). Від 1 до 3 років добова потреба в жирі 32,7 г, від 4 до 7 років – 39,2 г, від 8 до 13 років – 38,4 г.

Вуглеводи – це моно-, гомо- та гетерополісахариди. Основна роль цих речовин полягає в забезпеченні організму енергією (функціональний метаболізм), що утворюється під час їх розщеплення в аеробних і анаеробних (гліколіз) процесах. Лактоза (дисахарид молока - галактоза + глюкоза), цукроза (сахар - фруктоза + глюкоза), крохмаль (полісахарид) є найбільш важливими для людини. Велике значення також мають глікоген (гомополісахарид), алкоголь, лактат, піруват, пектин, декстрин, невелика кількість похідних вуглеводів у м'ясі. Обмін вуглеводів і жирів взаємопов'язаний. І ті, та інші під час надмірного надходження можуть відкладатися про запас: ліпіди в жировій тканині у вигляді жирів, вуглеводи в печінці - у вигляді глікогену. Зниження концентрації у крові вуглеводів (наприклад, глюкози) стимулює розпад тригліцеридів і навпаки. Гетерополісахариди складаються з мономерів. Це аміноцукригексозаміни та -ацетильовані похідні, які беруть участь у формуванні мембран, глікокаліксу, сполучної тканини та рецепторного комплексу. Вуглеводи (переважно олігосахариди) входять до складу глікопротеїнів і гліколіпідів мембрани (2 - 10 % від її маси). Із вуглеводами клітинної поверхні взаємодіють лектини. Ланцюги олігосахаридів (ковалентно пов'язані з глікопротеїнами і гліколіпідами плазмолемми), виступаючи на поверхню мембрани, утворюють глікокалікс (поверхневу оболонку).

Під час окиснення білків, жирів і вуглеводів утворюється АТФ і первинне тепло. АТФ витрачається на механічне виконання роботи, хімічні, транспортні та електричні процеси і виділення вторинного тепла.

У кишковому тракті вуглеводи перетравлюються до моносахаридів, найчастіше до глюкози. Виноградний цукор у печінці перетворюється в глікоген; інші моносахариди теж синтезуються в глікоген, пройшовши стадію глюкози. Глюкоза в тканинах (м'язах) також переходить у глікоген. У мірі потреби глікоген перетворюється в глюкозу і надходить в кров. Тут глюкоза циркулює в кількості до 0,1–0,12%. Вуглеводи є основним джерелом енергії, яка йде на підтримання температури тіла та на ско-

рочення м'язів. Обмін вуглеводів може змінюватись різними факторами зовнішнього середовища, але з участю нервової системи кількість цукру в крові підтримується на певному рівні. Проміжний мозок є центром регуляції вуглеводного обміну. Нестача цукру в крові збуджує через рецептори нервовий центр, звідки по відцентрових нервах надходять імпульси до печінки, де глікоген перетворюється в виноградний цукор, який і надходить у кров. Приближення вмісту глюкози в крові до 0,12% припиняє розщеплення глікогену в печінці. Підшлункова залоза теж бере участь у вуглеводному обміні через гормон інсулін, який сприяє відкладенню глікогену в печінці і розпаду глюкози в тканинах. Гормон мозкової частини надниркової залози адреналін допомагає розщепленню глікогену і перетворенню його в глюкозу. Крім того, на вуглеводний обмін впливає гіпофіз, щитовидна залоза та кіркова частина надниркової залози.

Добова потреба у вуглеводах у дітей висока і становить у грудному віці 10-12 г на 1 кг маси тіла. У наступні роки потрібна кількість вуглеводів коливається від 8-9 до 12-15 г на 1 кг маси. Від 1 до 3 років на добу дитині треба давати з їжею в середньому 193 г. вуглеводів, від 4 до 7 років – 287 г, від 9 до 13 років – 370 г, від 14 до 17 років – 470 г, дорослому – 500 г.

Вода створює середовище для життєдіяльності клітин (усі клітини організму ніби "плавають" у водному середовищі). Виділяють внутрішньо- і позаклітинну (тканинну й інтерстиціальну) та воду плазми крові.

Потреба у воді на 1 кг маси тіла з віком зменшується, а абсолютна кількість її зростає. Тримісячній дитині потрібно 150-170 г води на 1 кг маси, в 2 роки – 95 г, в 12-13 років – 45 г. Добова потреба у воді у однорічної дитини становить 80 мл, в 4 роки – 950-1000 мл, в 5-6 років – 1200 мл., в 7-10 років – 1350 мл, в 11-14 років – 1500 мл.

Солі - також складова внутрішнього середовища організму із разом з рН та водою створюють фізико-хімічні й фізіологічні умови для нормального існування клітин. Макроелементи (10^4 більше), крім того, є пластичним матеріалом. Мікроелементи

(10^3 - 10^2) – біологічні каталізатори. Мікроелементи містяться в організмі та їжі в надзвичайно малих концентраціях і поділяються на функціональні (входять до складу вітамінів, гемі, гормонів, ферментів), токсичні (миш'як, свинець, ртуть, талій) та без відомих фізіологічних функцій (бор, срібло, алюміній, телур). Домішки (медикаментозні засоби, метали, добавки – ароматизувальні речовини з барвниками та консервантами, пестициди) – не є необхідними для життєдіяльності, але у високих концентраціях можуть спричиняти токсичну дію. У новонародженого мінеральні речовини становлять 2,55% маси тіла, у дорослого – 5%.

Розрізняють такі *рівні метаболічної активності*: а) рівень активного обміну в активно функціональній клітині залежно від ступеня її активності; б) рівень готовності (рівень метаболізму, який неактивна клітина повинна підтримувати для здатності негайного і необмеженого функціонування); в) рівень підтримки (мінімальний рівень, необхідний для збереження клітинної структури).

Правило ізодинамії (взаємозамінюваності поживних речовин у відповідності з їх калоричною цінністю) неприпустиме для людини, оскільки всі речовини мають і пластичну функцію.

У кінцевому підсумку більша частина енергії витрачається організмом у вигляді тепла, що дозволяє її визначити.

Основний обмін – це та мінімальна кількість енергії, яка необхідна для підтримання життєдіяльності організму за певних умов. Ці умови передбачають проведення досліджень ранком, за відсутності емоційних подразників, натщесерце, при температурі зовнішнього середовища від 18 до 20 °C і відносній вологості 80 – 100 %. Зміни будь-якого з цих факторів обов'язково відобразяться на величині основного обміну.

Основний обмін можна визначити за допомогою фізіологічної калориметрії (прямої і непрямой) та за обчисленням валового обміну. При прямій калориметрії людину поміщають у калориметр (теплоізоляційна камера з теплообмінником) і реєструють кількість виділеного тепла. Воно відображає енергетичні трати

організму, оскільки кінцевим результатом усякої роботи є виділення тепла.

Непряма калориметрія. *Напіввідкритий метод*: людина вдихає атмосферне повітря, а видихає за допомогою спеціального клапана в мішок Дугласа. При **закритому способі** пацієнт вдихає O_2 з резервуара, а видихає його в той самий мішок. Потім суміш, яка була видихнута, аналізують для визначення об'ємів поглинутого O_2 і виділеного CO_2 .

Відношення об'єму виділеного CO_2 до спожитого O_2 становить **дихальний коефіцієнт**. Знаючи його, можна за таблицями розрахувати **калоричний еквівалент O_2** . Це кількість енергії, яка виділяється організмом під час споживання 1 л O_2 . Вирахувавши кількість вжитого O_2 за добу, можна розрахувати основний обмін.

Величина дихального коефіцієнта залежить від виду вжитої їжі. Так, дихальний коефіцієнт найбільший при вживанні вуглеводів і найменший під час розщеплення жирів. Це обумовлено тим, що в жирних кислотах міститься на один атом O_2 менше, ніж у вуглеводах (моносахарах). Тому на початку роботи під час розщеплення вуглеводів дихальний коефіцієнт дорівнює 1. Надалі при зміні розщеплюваних продуктів на жири він знижується до 0,7. Внаслідок тривалої, напруженої і виснажливої роботи під час перемикання обміну на білки дихальний коефіцієнт знову може підвищитися до 0,81. На величину дихального коефіцієнта також впливає початок і кінець м'язової роботи. Під час роботи, внаслідок недостатнього надходження O_2 і утворення його дефіциту, виникає кисневий борг. Недоокиснені продукти метаболізму (молочна кислота) витісняють CO_2 із буферних основ, і його виділяється більше, ніж утворюється в реакціях метаболізму. Тому на початку роботи дихальний коефіцієнт може навіть перевищувати 1. У кінці роботи молочна кислота поступово утилізується, CO_2 затримується у вигляді H_2CO_3 і бікарбонатів, а дихальний коефіцієнт, навпаки, зменшується. Зростання дихального коефіцієнта на початку роботи сприяє і гіпервентиляція, яка спричиняє додаткове вимивання CO_2 .

Вираховування валового обміну проводиться на основі даних кількості кінцевих продуктів розщеплення: азоту та вуглецю сечі. Знаючи кількість поглинутого O_2 і виділеного CO_2 , за допомогою рівнянь з двома невідомими обчислюють, скільки енергії використано організмом за рахунок розщеплення білків, жирів і вуглеводів. Теплотворну здатність поживних речовин (кількість виділеної енергії) можна безпосередньо зареєструвати, спаливши відповідні кількості спожитих продуктів у калориметрі (фізична калориметрія) або під час окислення їх у хімічних реакціях (хімічна калориметрія). Величинами, які характеризують обмін, є одиниці тепла – калорії, джоулі.

Крім того, добову величину основного обміну можна розрахувати за допомогою емпірично підібраних формул залежно від росту, маси, статі та поверхні тіла. Формула Дреєра:

$$H = \frac{\sqrt{W}}{K \cdot A^{0,1333}}$$

де \sqrt{W} - маса тіла; A - вік людини; K - константа (для чоловіків - 0,1015, для жінок - 0,1129).

Для дітей інтенсивність енергетичного обміну в розрахунку на 1 кг значно вища, ніж у дорослих. У проміжку від 20 до 40 років енергетичний обмін відносно постійний, потім поступово зменшується.

Для визначення енергетичних затрат організму в стані спокою використовується рівняння Гарріса - Бенедикта:

для жінок:

$$65,5 + [9,6\text{-Маса (кг)}] - [1,8\text{-Ріст (см)}] - [4,7\text{-Вік (роки)}];$$

для чоловіків:

$$65,5 + [13,7\text{-Маса (кг)}] - [5\text{-Ріст (см)}] - [6,8\text{-Вік (роки)}].$$

Для оцінки функціонального стану організму також використовують коефіцієнт корисної дії – відношення механічної енергії до всієї енергії в процентах. У нормі він становить 16 – 25 % і зростає при тренуванні.

Коефіцієнт фізичної активності – це відношення загальних енерготрат на всі види діяльності за добу до величини осно-

вного обміну.

Стандартний обмін - це належний основний обмін, розрахований за таблицями Гарріса–Бенедикта залежно від маси, віку, росту й статі. Його величину можна також підрахувати за допомогою різних номограм.

Величина енергетичних затрат людини під час виконання роботи називається робочим обміном. Залежно від особливостей професій і добових потреб енергії виділяють чотири групи робочого обміну: I – особи розумової праці (2200 - 3300 ккал); II – працівники механізованої праці (2350 - 3500 ккал); III – працівники частково механізованої праці (2500 - 3700 ккал); IV – працівники повністю фізичної праці (2900 - 4200 ккал). За іншою класифікацією, розрізняють групи осіб, які займаються: розумовою працею, легкою фізичною, фізичною працею середньої важкості, важкою фізичною і дуже важкою фізичною працею.

Специфічнодинамічна дія їжі полягає в тому, що після приймання їжі через годину енергетичні трати організму починають збільшуватись, їх максимум досягається через три години при вживанні їжі, багатой білками. Обмін в середньому збільшується на 15 - 30 %. Ці затрати оновлені механічною і хімічною обробкою їжі, її всмоктуванням.

Особливістю обмінних процесів у дитячому організмі є переважання анаболічних процесів (асиміляція) над катоболічними (дисиміляція). Організму, що росте, потрібні збільшені норми надходження поживних речовин, особливо білків. Для дітей характерний позитивний азотистий баланс, тобто надходження азоту в організм перевищує його виведення. Під час білкового голодування, тяжких хвороб у дітей спостерігається негативний азотистий баланс, який характеризується тим, що кількість введеного азоту, менша виведеного.

Використання поживних речовин йде у двох напрямках:

1. для забезпечення зростання і розвитку організму (пластична функція);
2. для забезпечення рухової активності (енергетична функція).

Для дітей у зв'язку з великою інтенсивністю обмінних процесів характерна вища, ніж у дорослих, потреба у воді та вітамінах. Відносна потреба у воді (на 1 кг маси тіла) із віком знижується, а абсолютна добова величина споживання води наростає: у віці 1 року необхідно 0,8 л, в 4 роки — 1 л, в 7-літньому віці 1,4 л, в 11-14 років — 1,5 л. У дитячому віці також необхідне постійне надходження в організм мінеральних речовин: для зростання кісток (кальцій, фосфор), забезпечення процесів збудження в нервовій і м'язовій тканині (натрій і калій), утворення гемоглобіну (залізо) тощо. Енергетичний обмін у дітей дошкільного і молодшого шкільного віку значно (майже в 2 рази) перевищує рівень обміну у дорослих, знижується найрізкіше до 5 років і незначно впродовж всього подальшого життя. Добова витрата енергії росте з віком: у 4 роки 2000 ккал, в 7 років 2400 ккал, в 11 років 2800 ккал.

Вітаміни. Вітаміни (водорозчинні групи В, С, Р і жиророзчинні групи А, Д, Е і К) входять до складу молекул ферментів, не мають власного значного пластичного значення, суттєво змінюють швидкість обмінних реакцій. Містяться вони в рослинній та тваринній їжі, синтезуються нормальною кишковою мікрофлорою (вітамін К), утворюються в організмі з амінокислот та їх попередників. Вітамін В₃ (холекальциферол) утворюється в шкірі під впливом ультрафіолетового опромінення з 7-дигідрохолестерину. Цей прогормон у печінці під впливом 2,5-гідроксилази перетворюється на 2,5-гідроксихолекальциферол. Надалі в нирках шляхом гідроксилювання під впливом 1-гідроксилази він перетворюється на 1, 2, 5-дигідрохолекальциферол (1,2,5-(ОН)₂В₃). Останній активує синтез кальційтранспортного білка. Паратгормон активує процеси конверсії вітаміну у печінці. Порушення всмоктування вітаміну К спостерігається у відділеннях інтенсивної терапії у процесі незбалансованого харчування, антибіотикотерапії, яка супроводжується загибеллю нормальної мікрофлори шлунково-кишкового тракту (альтернативне джерело вітаміну К). Синтез цього вітаміну блокується специфічним антикоагулянтом - кумарином.

Вітаміни – органічні сполуки, які входять до складу харчових продуктів в дуже малих кількостях. Вони не служать джерелом енергії чи будівельним матеріалом, як білки, жири і вуглеводи. Це самостійна група речовин, що необхідні для життєдіяльності організму. Вітаміни швидко розпадаються в організмі. Більшість з них не відкладаються про запас і не синтезуються в організмі (крім вітаміну К, що синтезується у печінці і кишечнику і В₁₂, що синтезується у товстому кишечнику, вітаміну Д).

Їх існування їх та значення для життя встановив ще в 1880 році російський лікар М.І. Лунін. Назва походить від латинського слова „віта”, що означає життя і кореня другого слова „амін”, як в першочерговому значенні підкреслювало, що до складу вітамінів входять аміногрупи (пізніше стало відомо, що не всі вітаміни містять аміногрупи). Назву дав польський хімік К. Функ.

Роль вітамінів в обміні речовин. Вітаміни є складовою частиною молекул багатьох ферментів і деяких фізіологічно активних речовин, або активують деякі ферменти. Вони беруть участь у синтезі та розщепленні амінокислот, жирів, азотистих основ нуклеїнових кислот, деяких гормонів, медіатора – ацетилхоліну, який забезпечує передачу імпульсів у нервовій системі.

Відомо, що при нестачі або відсутності (гіповітаміноз, авітаміноз) чи надлишку (гіпервітаміноз) вітамінів в організмі розвиваються захворювання. Добова потреба людини у вітамінах незначна – визначається міліграмами та значною мірою залежить від віку, статі, роду діяльності, маси тіла, загального стану. Наприклад: вагітність, лактація, інфекційний процес, променева хвороба, введення антибіотиків і сульфаніламідних препаратів, надмірно важка праця – потреба організму у вітамінах значно збільшується. Відомо більше 20 вітамінів, що мають безпосереднє значення для здоров'я людини. Всі вони поділяються на дві групи: 1) жиророзчинні (А, D, Е, К); 2) водорозчинні (В, С, Р, РР).

Вітамін А (ретинол) – 1-2 мг на добу, міститься у повноцінному вигляді у тваринних жирах: печінці, риб'ячому жири,

нирках, ікрі, вершковому маслі, молоці, яєчних жовтках. В організмі людини може синтезуватися з жовтого пігменту-каротину, що міститься в моркві, абрикосах, кропиві, червоному перці.

Значення: входить до складу пігменту зорових рецепторів – паличок і колбочок, які формують кольоровий і світловий зір, сприяє нормальному росту організму (тому його ще називають вітамін росту), розмноженню та відновленню клітин, які швидко і постійно змінюються – крові, шкіри, слизових оболонок. Завдяки надзвичайному значенню у білковому обміні він підвищує опірність тканин до інфекцій і прискорює процеси загоєння ран. Недостача вітаміну А: куряча сліпота – людина майже нічого не бачить у сутінках, поява виразок, гнояків, недостатній ріст, схильність до інфекційних захворювань.

Вітамін D (D_2 , D_3) (протирахітичний, кальціферол) 0,02 – 0,05 мг. Міститься у жовтках яєць, вершковому маслі, риб'ячому жирі. Може утворюватися у шкірі людини під впливом ультрафіолетового проміння з похідних холестерину та ергостерину, які утворюється в організмі або надходить з їжею. Вітамін D сприяє обміну мінеральних речовин, також разом із гормонами щитовидної залози впливає на процеси кісткоутворення і регулює правильне співвідношення в кістках Са і Р, забезпечує всмоктування їх у тонкому кишечнику, перенесення кров'ю до кісткової тканини.

У разі гіпо- й авітамінозу у дітей виникає захворювання – рахіт; кістки розм'якшуються, тоншають, не заростає тім'ячко, ніжки викривляються, спотворюються, ріст уповільнюється, порушується утворення зубів, можуть бути зміни в нервовій системі.

Вітамін К (Філохінон, антигеморагічний). Синтезується лише у здоровій печінці та кишечнику мікробною флорою. Міститься в достатній кількості в звичайній їжі (капуста, шпинат, салат, кропива). Бере участь у синтезі протромбіну, що відбувається в печінці, підвищує здатність крові до зсідання, запобігаючи кровотечам.

Під час гіповітамінозу – порушення зсідання крові, сильні кровотечі.

Вітамін E (токоферол, вітамін розмноження) 10-15 мг міститься в достатній кількості в звичайній їжі, особливо в рослинних оліях. Необхідний для забезпечення розвитку нащадків. Гіповітаміноз майже не зустрічається. Його проявом може бути загроза спонтанного аборту.

Вітамін C (аскорбінова кислота) 50-100 мг. Основне джерело – сира рослинна їжа: капуста, цибуля, чорна смородина, щавель, лимони, плоди шипшини, обліпіха, китайський лимонник; а також молоко, печінка. Входить до складу ферментів, які забезпечують нормальне засвоєння білка клітиною, а завдяки цьому – міцність сполучної і м'язової тканини, швидке загоєння ран, реакції імунітету, нормальне продукування різних гормонів. Гіповітаміноз – цинга (припиняється синтез білків): утворення виразок на слизових оболонках ясен, травних шляхів, руйнування судин, розхитування і випадання зубів, шкіра плямиста, підшкірні крововиливи, болі в суглобах, м'язах, знижена опірність до захворювань, нервово-психічні розлади.

Вітамін B₁ (тіамін) 2-3 мг. Борошно, печінка, молоко, фрукти, дріжджі. Бобові культури, яєчні жовтки. Підтримує нормальне протікання вуглеводного обміну та синтез ацетилхоліну в нервовій системі. **Гіповітаміноз** – бері-бері: розлади нервової системи, діяльності серця, травного апарату, схуднення, порушення рухів, параліч кінцівок, атрофія м'язів.

Вітамін B₂ (рибофлавін) – 2 мг, яйця, сир, молоко, кефір, крупи, бобові культури, овочі. Бере участь в обміні білків, жирів, вуглеводів, у процесах росту, відновленні клітин шкіри, слизових оболонок, формуванні зору. Гіповітаміноз: шкіра суха, заїди, ураження очей, слизова оболонка рота, затримка росту молодого організму.

Вітамін B₆ (піридоксин) 1-2 мг. Печінка, дріжджі, синтезується нормальною мікрофлорою кишечника (товстого). Забезпечує нормальне засвоєння білків і жирів.

Гіповітаміноз майже не зустрічається (крім надлишку анти-

біотиків при променевій хворобі). При недостатчі вітаміна у дітей: затримка росту, недокрів'я, підвищена дратівливість, травні розлади. У дорослих: запалення шкіри, слизових оболонок, безсоння.

Вітамін B_{12} (ціанокобаламін) 0,001-0,003 мг. Печінка, м'ясо, синтезується бактеріями кишок. Необхідний для нормального перебігу процесів кровотворення. Гіповітаміноз – тяжкі, навіть смертельні (злоякісні) анемії. Засвоєння вітаміну не відбувається під час порушення секреторної функції шлунка.

Фолієва кислота – 1-2 мг. Печінка, яйця, дріжджі, боби, синтезується бактеріями кишок. Потрібний для кровотворення. **Гіповітаміноз** – недокрів'я, шлунково-кишкові розлади.

Вітамін PP (нікотинова кислота) 10-20 мг. Печінка, дріжджі, зародки пшениці. Гіповітаміноз: пелагра – ураження шкіри, порушення травлення, послаблення пам'яті, апатія.

Вміст і способи зберігання вітамінів. Вміст вітамінів у продуктах харчування за різних причин зменшується. Вітаміни – дуже нестійкі сполуки і під час нагрівання харчових продуктів більшість із них швидко руйнуються. Під час варіння м'яса руйнується до 50% вітаміну В. Під час теплової обробки продуктів рослинного походження витрачається 20% вітамінів групи В.

Вітамін С, який міститься в овочах і фруктах, руйнується на повітрі, особливо коли вони почищені. Тому овочі необхідно очищати та нарізати перед самим варінням і класти в емальовану каструлю з гарячою водою. Каструлю під час варіння треба закривати кришкою. Також руйнується вітамін С при контакті з залізом.

Для збереження вітамінів в їжі слід дотримуватись правил заготівлі, зберігання і приготування їжі – виключити переварювання і пережарювання. Для зберігання в зимовий час має значення пристосованість сховищ, забезпечення холодильними камерами. Суттєвим фактором являється правильне транспортування овочів і фруктів.

Кількість вітамінів у їжі знижується під час тривалого збері-

гання продуктів, особливо наприкінці зими – на початку весни.

За звичайних умов потреба здорової людини у вітамінах може бути достатньою, якщо їжа різноманітна та містить у собі продукти і тваринного і рослинного походження.

8. 3. Температура тіла людини та її регуляція

Усі організми залежно від здатності підтримувати температуру тіла поділяються на гомойотермні та пойкилотермні. Гомойотермні можуть інтенсивно продукувати тепло, і їх температура не залежить від температури зовнішнього середовища. Пойкілотермні мають температуру, яка незначною мірою відрізняється від температури зовнішнього середовища. Маючи постійну (ізотермія) температуру тіла гомойотермні організми завоювали значно більший ареал проживання, ніж пойкилотермні. Тим часом, пойкилотермія дає переваги в разі обмеження добування їжі при несприятливих метеорологічних умовах. Постійна температура забезпечується перебігом метаболічних реакцій і є однією з умов оптимуму протікання біохімічних реакцій. Відповідно до правила Ван-Гоффа інтенсивність енергетичних реакцій має прямо пропорційну залежність від температури: при підвищенні температури на 10°C швидкість обмінних реакцій збільшується в 2-4 рази. Однак при температурі понад 43°C у людини спостерігається інактивація ферментів, часткова денатурація білка. Це обумовлює верхню межу можливої температури існування. При зниженні температури сповільнюється протікання біохімічних та фізіологічних реакцій, і при температурі $< 26^{\circ}\text{C}$ зупиняється серце. Окремо кожна клітина підтримує життєдіяльність до моменту замерзання цитоплазми при температурі $- 4^{\circ}\text{C}$. У медицині широко використовують "індуковану" гіпотермію для продовження життєдіяльності клітин організму за відсутності кровообігу: наприклад, під час оперативних втручань на серці. Вимірювання температури тіла проводять контактними (різні термометри) і безконтактними (термометрія – реєстрація інфрачервоного випромінювання) методами.

Температури оболонки тіла і його ядра не збігаються. Так, у

людини температура різних ділянок шкіри неоднакова (від 28°C кінцівок до 34 °C голови). "Середня температура тіла" - це усереднення відповідних середніх значень температури шкіри і внутрішньої температури з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Температура ядра більшості гомойотермних незалежно від маси лежить у межах від 36 °C до 39 °C, у людини вона становить 37,5 °C. Це пов'язано з інтенсивністю метаболізму.

Однак спостерігаються періодичні коливання температури в межах 1°C. Розрізняють коливання циркадні або добові (у людини найменша температура тіла в передранкові часи і максимальна у вечірні); сезонні; залежно від гормонального стану організму; пов'язані з переміщенням з одного часового поясу в інший; обумовлені м'язовою роботою. Отже, у всіх ритмах виділяють циркадні, інфра- (менше одного разу за добу) та ультра-радіанні (більше одного циклу за добу). Коли говорять про сталість температури тіла, то розуміють, що йдеться про температуру його ядра. Температура різних ділянок шкіри може значно відрізнитись не тільки від температури ядра, а й між собою. Про температуру ядра тіла роблять висновок з температури (репрезентативна температура) під пахвою (36,6 °C), у ротовій порожнині (36,7 - 37,0 °C), у грудних дітей у прямій кишці (37,3 - 37,6 °C). Ці ділянки тіла певною мірою репрезентують його внутрішню температуру внаслідок легкодоступності та незначних змін просторової температури. У клінічній практиці більш важлива динаміка температури.

Сталість температури тіла підтримується завдяки динамічному стану термогенезу (теплоутворення) і тепловіддачі в організмі. Теплоутворення в організмі відбувається в результаті екзотермічних реакцій, що постійно протікають у всіх його клітинах, але з різною інтенсивністю. Це – хімічні процеси. Термогенез може відбуватися внаслідок його безпосереднього (первинного) утворення та супутнього (вторинного) виділення завдяки різним процесам життєдіяльності. Тепло утворюється в усіх органах і тканинах, але в різних співвідношеннях. Ці співвідношення змінюють залежно від функціонального стану орга-

нізму. Так, у спокої 20 % тепла утворюється в печінці, 56 % – в інших органах і 20 % – у скелетних м'язах. У процесі фізичного навантаження на м'язи припадає 90 % утвореного тепла. До того ж все теплоутворення зростає в 4 – 5 разів. Термогенез ділиться на скоротливий (м'язовий тонус, м'язове тремтіння і довільні м'язові рухи) і нескоротливий. Останній обумовлений порушенням окиснювального фосфорилування. Відтак метаболізм проходить не шляхом синтезу з АДФ – АТФ, а шляхом утворення і виділення тепла. Досягається це підвищенням концентрації в крові катехоламіну, тироксину і вільних жирних кислот.

Тепловіддача в організмі (фізичні процеси) здійснюється шляхом радіації (60 %), випаровування (перспірація поту із легень – 22 %) і тепловіддача (теплопроведення шляхом конвекції – 15 % і контакту – 3 %). Конвекція може бути природна (ламінарний перенос тепла) і форсована (значно посилює інтенсивність тепловіддачі). Товщина ламінарного шару дорівнює 4-8 мм і зумовлена різницею тепла тіла й навколишнього повітря. Безпосередньо біля шкіри рух повітря має турбулентну течію через підвищенням швидкості руху підігрітого шару повітря. Відповідно до фізичних законів поширення теплових потоків температура поверхневих частин тіла нижча від внутрішніх. Крім того, у кінцівках існують поздовжній (осьовий) і радіальний (перпендикулярний поверхні) температурні градієнти. Коливання температури тіла внаслідок зовнішніх змін температури більш суттєве на поверхні тіла та кінцівках. Тобто спрощено, можна виділити пойкилотермну оболонку (поверхневий шар) і гомойотермну серцевину (внутрішній шар). Залежно від вологості, температури й інших факторів співвідношення шляхів тепловіддачі може змінюватись. Наприклад, при підвищенні температури до 37 °C і вище тепловіддача здійснюється переважно внаслідок випаровування.

Механізм секреції поту полягає в його виділенні власне потовими залозами (утворення первинного секрету, подібного до безбілкового фільтрату плазми крові та з меншою концентрацією глюкози і Na^+) і формуванні вторинного секрету в протоках

потових залоз внаслідок реабсорбції Na^+ і паралельно води. Регуляція потовиділення здійснюється симпатичними холінергічними волокнами та катехоламінами.

Окремі ссавці збільшують тепловіддачу частим поверхневим диханням.

Якщо тепловіддача в організмі здійснюється завдяки фізичним, а **термогенез** – хімічним процесам, то регуляція цих процесів відбувається за допомогою нервових і гуморальних механізмів.

Регуляція забезпечується надходженням інформації від периферичних (шкірних теплових і холодових) терморецепторів до центру терморегуляції – гіпоталамуса. Ця інформація узгоджується з тією, що надходить від центральних терморецепторів (містяться в передоптичній зоні гіпоталамуса, ретикулярній формації, середньому та спинному мозку), внаслідок чого узгоджуються процеси тепловіддачі і теплоутворення з метою підтримання сталої температури ядра тіла. На рівні спинного мозку, ретикулярної формації, середнього мозку також здійснюються деякі рефлекторні реакції регуляції, спрямовані на збереження і підтримання температурної сталості. Однак їх ефективність недостатня.

Тепловіддача регулюється передньою частиною гіпоталамуса (центр тепловіддачі). Під час зруйнування цього відділу тварина втрачає здатність витримувати високу температуру. Зруйнування хвостової частини гіпоталамуса робить тварину нездатною переносити охолодження, що свідчить про знаходження тут центру теплоутворення і робить тварину пойкилотермною. Інформація з периферії в центральні структури передається спіноталамічними і спіноретикулярними шляхами у таламус, гіпоталамус і кору головного мозку. Роль центральних терморецепторів полягає в контролі температури ядра. Сама регуляція здійснюється за допомогою негативного зворотного зв'язку соматичною і симпатичною нервовими системами.

Регуляція ізотермії при зниженні температури спочатку здійснюється нервовою системою (припинення потовиділення,

посилення піломоторного рефлексу, спазм судин, відповідна поведінка: присідання, розмахування руками) і потім гормонами. Збільшення концентрації катехоламінів, тироксину порушує спряження окиснювального фосфорилювання, викликаючи калоригенний ефект. Це термінова, короткотривала адаптація.

Термонеїтральна зона – температурний діапазон, у межах якого температура тіла підтримується на постійному рівні без участі додаткових механізмів теплопродукції або тепловідведення.

Оптимальна температура (температурна зона або зона комфорту) для легко одягнутої людини становить 18-20 °С. Стан комфорту також може бути досягнутий при різній комбінації температури, вологості, конвекції. Така взаємодія цих факторів називається ефективною температурою. Тривале перебування людини в тій або іншій кліматичній зоні супроводжується її адаптацією (акліматизацією). Так, у північних жителів обмін зростає (холодова адаптація), на екваторі – зменшується (теплова адаптація) внаслідок змін рівня концентрації гормонів. Змінюються і процеси теплорегуляції. Наприклад, при тривалому підвищенні температури доквілля не тільки зростає кількість виділеного поту, а й зменшується виділення солей. При тривалих впливах холоду або тепла виникає толерантна адаптація: наприклад поріг розвитку тремтіння зсувається в бік більш низьких температур або більш високих відповідно. Зростає також навантажувальне відхилення з виникненням помірної гіпотермії. Це довготривала адаптація. Окремо потрібно розрізняти поведінкову адаптацію – пошук одягу, теплого затишку.

Гіпертермія – це підвищення температури тіла понад норму. Буває під час інтенсивного фізичного навантаження, перегрівання на сонці, певних захворюваннях. В останньому випадку це обумовлено дією пірогенів (термостабільні ліпополісахариди мембран бактерій у свою чергу стимулюють синтез лейкоцитарних пірогенів – термолабільний пептид, ідентичний інтерлейкіну). Утворений простагландин у циклооксигеназному перетворенні арахідонової кислоти під час ін'єкції в гіпоталамус та-

кож викликає пірогенний ефект. Пірогени змінюють "заданий рівень" температури гіпоталамуса з відповідними наслідками. Гіпертермія при цьому має і позитивне значення – запобігає розмноженню бактерій і вірусів та стимулює власні захисні реакції. Однак у процесі підвищення температури понад 41 °С порушуються процеси терморегуляції, інактивуються ферменти, змінюється проникність мембран, що може призвести до летального кінця.

Діти відрізняються недостатньо налагодженими механізмами теплообміну. Вони легко перегріваються і легко втрачають тепло. Грудні діти реагують на охолодження бурхливими хаотичними рухами, які їх зігрівають. Для них важливе значення має тепловіддача, а саме процеси випаровування водяної пари під час дихання.

У перші роки життя в організмі дитини переважають процеси хімічної терморегуляції. Завдяки високому рівню обмінних процесів організм дитини швидко нагрівається. Температура шкіри і внутрішня температура тіла у дошкільника (37.4-37.6°) вищі, ніж у дорослих.

Велика кількість кровоносних судин у шкірі характеризує швидкий переніс тепла від температурного ядра тіла до його оболонки, а недостатня рефлекторна регуляція просвіту шкірних судин не забезпечує захист від великих теплових втрат. При невеликій м'язовій масі діти мають низьку теплоізоляцію покривних тканин. Високі тепловтрати обумовлені також і відносно великою поверхністю маленького тіла. Все це викликає швидке охолодження тіла дитини, і вимагає особливої уваги до його гартування.

Із переходом до молодшого шкільного віку межі терморегуляції розширюються, а механізми теплообміну удосконалюються. Наростання м'язової маси покращує теплоізолюючі властивості покривів тіла, вдосконалення судинних реакцій, полегшує регуляцію теплообміну на поверхні шкіри. Поліпшується регуляція потовиділення, уточнюється інформація від терморецепторів тіла і діяльність центрів терморегуляції. Все це дозволяє

краще підтримувати постійність температури тіла в різних умовах середовища і при різних формах діяльності. Діти молодшого шкільного віку менше схильні до перегрівання і переохолодження, проте їх стійкість до змін температурних режимів все ще недостатньо ефективна.

8.4 Загальна характеристика і гігієна органів сечовиділення

Система виділення включає нирки; легені; шкіру з потовими, сальними і молочними залозами; шлунково-кишковий тракт із великими й малими секреторними залозами та апарат регуляції. Все це об'єднується в єдине ціле з метою забезпечення гомеостазу внутрішнього середовища організму шляхом виведення води, електролітів, метаболітів. У результаті це забезпечує сталість осмотичного й іонного складу внутрішнього середовища організму.

Нирки дітей молодшого шкільного віку розміщені нижче, ніж у дорослих. До початку другого дитинства поздовжні осі нирок уже спрямовані вгору, а ниркові ворота повернені всередину і дещо назад із-за зсуву верхнього полюса нирок, а нижнього вперед. Ці зміни відбуваються ще в першому дитинстві (до 5-6 років) і зберігаються надалі впродовж всього життя. Будова нирок майже досягає дифінітивних показників. До 20 років вони мають розміри, властиві дорослій людині.

Вага нирки у новонародженої дитини важить 11-12 г, а у 5-6 місяців ця вага подвоюється, у 12 місяців – потроюється, а в 15 років збільшується в 10 раз. У 12-річної дитини нирка важить 100 г, а у дорослої людини – 150 г. Отже, нирки ростуть паралельно з ростом усього організму. Права нирка розташована на 0,5–1 см нижче, ніж ліва.

Через нирки виводяться вода, електроліти, метаболіти; через легені - вода, CO₂, пари алкоголю і летких речовини (ацетон у разі цукрівки, ефір під час наркозу); через шкіру – вода, електроліти, метаболіти; через шлунково-кишковий тракт – солі важких металів, лікарські речовини (морфін, хінін, саліцилати),

сторонні органічні сполуки, а також їх надлишок (амінокислоти, глюкоза – екскреторна функція), вода, пігменти, неперетравлені рештки їжі. Центральним органом цієї системи є нирки. Вони беруть участь у регуляції ряду інших функцій: підтриманні осмотичного тиску і рН, регуляції процесів зсідання крові й еритропоезу, секреції ферментів та інших біологічно активних речовин (інкреторна функція), іонній регуляції, підтриманні об'єму циркулюючої крові та інших рідин організму, регуляції артеріального тиску, метаболічній функції (участь в обміні білків, ліпідів і вуглеводів), виділенні кінцевих продуктів білкового обміну (сечовини, сечової кислоти, креатиніну) і запобіганні самоотруєнню організму.

Нирки складаються з **кіркової** (зовнішній шар) і **мозкової** (внутрішній шар) **речовин** (рис. 71).

Внутрішня будова нагадує піраміди з вершинами до середини. Між пірамідами розташовані ниркові стовпи. Загалом кіркова і мозкова речовини характеризуються упорядкованістю кровоносних судин і сечовивідних структур.

Головною структурно-функціональною одиницею нирок є **нефрон**. Нейфрон має кілька основних частин. Це мальпігієве (ниркове) тільце, яке міститься в капсулі клубочка (капсула Шумлянського-Боумена), де проходять процеси фільтрації з утворенням первинної, провізорної сечі (безбілкового ультрафільтрату плазми крові).

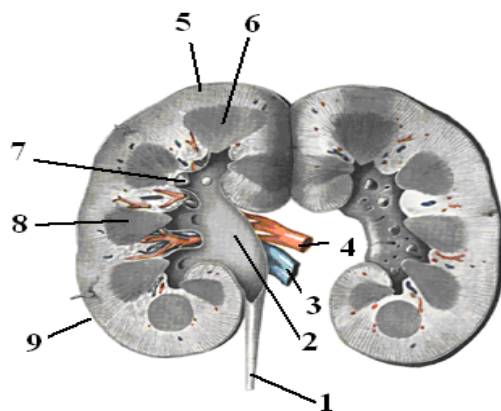


Рис. 71. Будова нирки (фронтальний розріз): 1 – сечовід; 2 – миска; 3 – вена; 4 – артерія; 5 – корковий шар; 6 – мозковий шар; 7 – сосочки; 8 – пірамідка в поперечному розрізі; 9 – фіброзна оболонка

Далі розташований **проксимальний каналець** (звивистий ка-

налець першого порядку), покритий високим епітелієм із щитинистою облямівкою.

У каналці секретуються лікарські речовини, парааміногіпурова кислота, K^+ , NH_4^+ та реабсорбуються амінокислоти, жирні кислоти, глюкоза, електроліти, вода. Каналець переходить у петлю Генле – це низхідна, покрита сплющеним епітелієм із рідкими мікроворсинками (проходить реабсорбція води), і висхідна, покрита сплющеним епітелієм, який переходить у кубічний без облямівки (реабсорбція Na^+), частини. Дистальний звивистий каналець покритий кубічним епітелієм без облямівки, але з великою кількістю глибоких складок (реабсорбується вода, електроліти; секретуються H^+ , K^+ , NH_4^+). Збиральні трубки покриті кубічним епітелієм (реабсорбуються вода, електроліти), не будучи структурною одиницею нефрону (інше ембріональне походження), є невід'ємною його функціональною частиною. Виділяють суперфіціальні (поверхневі), інтракортикальні та юкстамедулярні нефрони. При однотипній схемі будови вони відрізняються величиною та глибиною залягання клубочків і проксимальних каналців, довжиною окремих частин нефрону. Особливості будови визначають і функцію нефронів.

У результаті всіх означених процесів утворюється **дефінітивна (кінцева) сеча**. За цими процесами теорію сечоутворення назвали фільтраційно-реабсорбційно-секреторною.

Кровопостачання нирок має такий ланцюг процесів: ниркова артерія – міжчасточкові (термінальні) артерії – дугові артерії – міжчасточкові кіркової речовини – приносні артеріоли – чудесна сітка капілярів ниркового тільця – відвідні артеріоли (їх діаметр менший, ніж у приносних) – вторинні капіляри, які оплітають звивисті каналці кіркової речовини або прямі судини юкстамедулярних нефронів – венозні сплетіння зірчастих вен – міжчасточкові венули – дугові вени – міжчасточкові вени – ниркова вена. В юкстамедулярних нефронах термінальні артерії дають початок прямим судинам (повторюють хід петлі Генле), які надалі впадають у дугові вени без утворення вторинної капілярної сітки. Причому діаметр приносної і виносної артеріол

однаковий, що зумовлює у них тиск у 40 мм рт. ст. проти 70 мм рт. ст. в інших нефронах. У прямі артерії кров потрапляє з дугових і міжчасточкових артерій і виносної артеріоли.

Кровопостачання нирок має ряд особливостей: а) дуже високий рівень кровопостачання від 20 до 25 % хвилинного об'єму кровообігу;

б) артеріальний тиск у капілярах більший, ніж в інших органах, і становить 70 мм рт. ст., що пов'язано з процесами фільтрації; у капілярах, які обплітають каналці, артеріальний тиск дорівнює 14 – 18 мм рт. ст.; в) довжина капілярів більша, ніж в інших органах, і досягає 40 мм проти 0,5 мм; г) діаметр приносячої артеріоли більший від такої виносної; д) капіляри клубочків не анастомозують тощо.

Фільтрація здійснюється у клубочках, які утворюються під час розгалуження аферентної артеріоли (рис.72). Важливе значення у процесах фільтрації має будова фільтраційної мембрани, що визначає речовини, здатні до фільтрації. Вона містить три шари: а) фенестрований ендотелій капілярів (має пори 0,1 мк); б) базальна мембрана, яка в свою чергу складається з трьох шарів, пори в них дорівнюють 5-6 нм; в) подоцити - плоскі епітеліальні клітини, що утворюють внутрішній листок капсули й охоплюють капіляри.

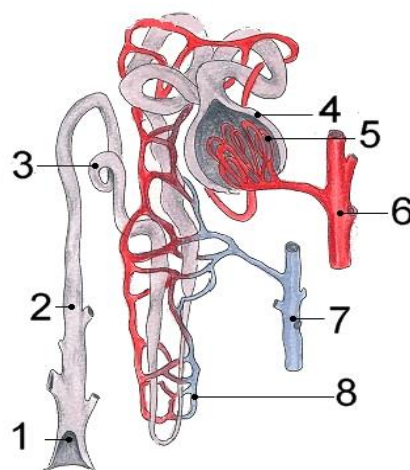


Рис. 72. Будова ниркових нефронів: 1 – початок ниркової лоханки; 2 – збірна трубка; 3 – сечовий каналець; 4 – мальпігіїв клубочок; 5 – кровоносні судини; 6 – артерія; 7 – вена; 8 – капіляри

Ніжки, якими вони прикріплюються до базальної мембрани,

утворюють пори діаметром 6,4 нм. Необхідно зазначити, що на розміри речовин, які фільтруються, впливає і їх просторова конфігурація, а також наявність у порах базальної мембрани негативного заряду. У результаті фільтрації утворюється практично безбілковий ультрафільтрат плазми крові: він містить тільки незначні кількості альбумінів і гемоглобіну. Площа фільтрації (капілярів клубочка) дорівнює $1,5 \text{ м}^2/100 \text{ г}$ нирки.

Сам механізм гломерулярної фільтрації пасивний під впливом різниці прикладених сил – гідростатичного ($P_{г.к}$) і онкотичного ($P_{о.к}$) тисків крові, гідростатичного ($P_{г.п.с}$) тиску первинної сечі. Фільтраційний тиск ($P_{ф}$) у клубочках дорівнює: $P_{ф} = P_{г.к} - (P_{о.к} + P_{г.п.с}) = 70 - (30 + 20) = 20 \text{ мм рт. ст.}$

На величину $P_{ф}$ впливає багато чинників. Так, підвищення системного артеріального тиску викликає збільшення $P_{г.к}$, при гломерулонефритах внаслідок втрат білків зменшується $P_{о.к}$, сечокам'яна хвороба спричиняє закупорювання і порушення відтоку сечі з підвищенням $P_{г.п.с}$. Безумовно, зміниться і швидкість клубочкової фільтрації (F_{in}). Регуляція F_{in} можлива завдяки зміні кількості крові, що припливає до нирок і відтікає від них, або зміни $P_{г.к}$. Останнє змінюється під час значних відхилень артеріального тиску, що можливе під впливом активації симпатичної нервової системи або катехоламінів. Однак, знаючи, що ниркові судини мають виражені ауторегуляторні властивості, величина його під час змін системного артеріального тиску в межах 90-180 мм рт. ст. буде незначною. Тому F_{in} – величина постійна і змінюється рідко.

Гідростатичний тиск залежить від артеріального тиску, опору приносячої та виносячої артеріол. Симпатична нервова система та катехоламіни мало впливають на нирковий кровообіг, крім екстеремальних випадків. Ангіотензин II переважно звужують еферентну артеріолу й тому підвищує фільтрацію.

F_{in} визначають за коефіцієнтом очищення (за кліренсом) плазми крові від певної речовини. Кліренс речовини дорівнює об'єму плазми, яка повністю очищається від цієї речовини нирками за 1 хв. Дана речовина повинна бути нетоксичною, інертною ві-

дносно речовин плазми крові, не зв'язуватися з білками крові, добре розчинятись у воді й повністю фільтруватися під час одноразового проходження через капіляри клубочків. Таким умовам відповідають інулін, креатинін. Частіше використовують інулін або природний компонент плазми – креатинін.

Канальцева реабсорбція. За механізмами *канальцева реабсорбція* поділяється на *пасивну* (фільтрація, дифузія, осмос і полегшена дифузія) й *активну* (первинно-активний і вторинно-активний транспорт). За допомогою першого переносяться вода і електроліти, другого – електроліти, амінокислоти, вуглеводи. Механізми активного і пасивного транспорту ідентичні таким у системі травлення. Раніше вважали, що у проксимальних каналцях спостерігається облігатна (постійна), а у дистальних – факультативна (залежить від функціонального стану організму) реабсорбція. Тепер вважають, що вона облігатна в каналцях першого порядку лише тому, що тут завжди ізоосмія. Тобто, вода рухається за іонами в пропорційному відношенні. У кінцевих частинах нефрона вона залежить від альдостерону й антидіуретичного гормону та швидкості руху рідини каналцями. Крім того, у процесах реабсорбції важливо те, що апікальна (люмінальна), базальна і латеральна мембрани мають різні характеристики і властивості. Внаслідок цього вони по-різному беруть участь у транспорті речовин. Для глюкози мембрани селективні й пропускають її тільки в одному напрямку. Реабсорбція Na^+ у проксимальному кінці каналців створює різницю потенціалів між просвітом каналців (внутрішня сторона заряджається негативно) і навколоканальцевою рідиною. У проксимальній частині вона дорівнює 1,3 мВ, у дистальній - 60 мВ. Існують транспортні білки для кислих, основних, гідрофільних і гідрофобних амінокислот. У міжклітинну рідину (і надалі в кров) через базальну мембрану вони переносяться пасивно. Напрямок активного транспорту завжди спрямований в один бік.

Реабсорбція різних речовин в одному й тому самому відділі каналця неоднакова. У проксимальному каналці інтенсивність реабсорбції Na^+ і глюкози поступово зменшується, секреція па-

рааміногіпурової кислоти зростає. Одні й ті самі речовини мають різний напрямок у різних відділах нефрона. Так, спочатку сечовина фільтрується, надалі внаслідок реабсорбції води її концентрація зростає, і створюється градієнт, за яким вона частково знову дифундує в кров.

За відсутності носія до деяких амінокислот виникають генетично успадковані хвороби з екскрецією цих амінокислот (аміноацидурія).

Глюкоза – порогова речовина, тобто під час збільшення її концентрації в первинній сечі внаслідок зайнятості активних місць усіх носіїв вона з'являється у дефінітивній сечі.

Речовини можуть секретуватися з крові в незмінному вигляді, утворюватись у клітинах каналців і секретуватись як у просвіт, так і в інтерстиціальну рідину.

Значення секреції полягає у виділенні з організму продуктів обміну і сторонніх речовин з крові навіть проти концентраційного й електричного градієнтів. Наприклад, секреція параміногіпурової кислоти. Для її виділення через апікальну мембрану існує спеціальний механізм. Так, секреція цієї кислоти зростає до певного рівня, а потім залишається постійною, незважаючи на зростання її концентрації в крові. Це свідчить, що зайняті всі вільні носії цієї речовини на базальній мембрані, які обмінюють параміногіпурову кислоту на α -кетоглутарат і звільняють її в цитоплазму. Цей процес енергозалежний. Секретуються також сечовина, деякі слабкі органічні кислоти й основи, NH_4^+ , Na^+ K^+ . У недисоційованому стані кислоти й основи розчиняються у жирах і дифундують за градієнтом концентрації. На це впливає рН сечі. При низькому рН кислоти знаходяться переважно в недисоційованому стані, основи - у дисоційованому. Тому реабсорбція слабких кислот зростає, а виділення зменшується; реабсорбція слабких основ зменшується, а швидкість секреції та їх виведення підвищується. При лужному характерові сечі – все навпаки.

Для визначення величини каналцевої реабсорбції визначають F_{in} і вимірюють добовий діурез сечі, їх різниця, виражена в

процентах, дасть величину канальцевої реабсорбції води. У нормі вона дорівнює 99%. Канальцеву реабсорбцію визначають також за різницею концентрації даної речовини в первинній та кінцевій сечі, вираженою у процентах.

Таким чином, кінцева сеча утворюється у результаті процесів фільтрації, реабсорбції та секреції, їх механізми розглянуті вище. Що ж до регуляції, то клубочкова фільтрація величина постійна і мало регулюється. Регуляція канальцевої реабсорбції в первиннозвивистих (проксимальних) канальцях практично відсутня. У вторинно-звивистих (дистальних) канальцях альдостерон збільшує реабсорбцію Na^+ . Паралельно збільшується і реабсорбція води, яка здійснюється зразу ж за змінами осмотичного тиску. Збільшення розтягання передсердь спричиняє секрецію ними атріонатрійуретичного фактора. Останній зменшує реабсорбцію Na^+ у канальцях з паралельним зменшенням і реабсорбції води. У збиральних трубках на проникність їх стінок для води впливає антидіуретичний гормон. Його присутність підвищує проникність стінок збиральних трубок для води й остання більшою мірою реабсорбується. Механізм дії антидіуретичного гормону (через взаємодію з V_2 -рецепторами) пов'язаний з активацією мембранного ферменту аденілатциклази, який у свою чергу стимулює утворення цАМФ з аденозинтрифосфornoї кислоти. У свою чергу цАМФ активує протеїнкіназу А з вбудовуванням водних каналів (аквапоринів) в апікальну мембрану. Активується також гіалуронідаза, яка гідролізує (деполімеризує) гіалуронову кислоту стінок збиральних трубок. Тому їхня стінка стає більш проникною для води.

Альдостерон підвищує реабсорбцію Na^+ і секрецію K^+ . Із позаклітинної рідини через базальну мембрану він проникає у цитоплазму, де з'єднується із рецептором. Утворений комплекс проникає в ядро з утворенням нового комплексу із стереоспецифічним для альдостерону хроматином. Стимулюється транскрипція іРНК із переходом її у цитоплазму й активацією синтезу білків (Na^+ - K^+ -АТФ-ази) та ферментів, які цей процес енергетично забезпечують. Паралельно підвищується проникність апі-

кальної мембрани для K^+ .

Ангіотензин II також прямо стимулює реабсорбцію Na^+ , особливо у проксимальних каналцях.

У нирках синтезуються і виділяються з сечею гіпурова кислота, аміак; всмоктуються у кров ренін, простагландини. Гіпурова кислота синтезується з бензойної кислоти й глікоколу.

Таким чином, розведення і концентрування сечі в нирках можливе внаслідок процесів фільтрації, реабсорбції та секреції. При цьому $\frac{2}{3}$ води реабсорбується у проксимальній частині нефрона, 15 % – у петлі Генле й ще 15 % – у дистальному каналці й збиральній трубці.

При підвищеному вмісті води (гіпергідратації організму) нирки збільшують виведення гіпотонічної відносно плазми сечі (водний діурез). У разі зневоднення (дегідратації) вони зменшують виведення води й виводять гіпертонічну сечу. При діурезі (у присутності антидіуретичного гормону) менше 1 мл/хв його називають антидіурезом. У разі поганої реабсорбції речовин (наприклад, манітол) навіть при високій концентрації в плазмі антидіуретичного гормону спостерігатиметься значне виділення води за даною речовиною (осмотичний діурез). Сеча при цьому буде близька до ізотонічної.

Нирки виділяють сечу безперервно, і вона збирається в нирковій мисці, звідки завдяки скорченню м'язів миски надходить до сечоводів. Далі сеча перестальтикою сечоводів спрямовується в сечовий міхур, місткість якого досягає 350-500 мл і навіть більше. Гладенькі м'язи міхура складаються з трьох шарів: середнього кільцевого і зовнішнього та внутрішньо поздовжніх. Перестальтичні хвилі сечоводів йдуть з швидкістю 20-30 мм/с. За хвилину відбувається 1-6 скорочень.

Скупчення сечі в сечовому міхурі викликає періодичне сечовипускання, що відбувається під час скорочення м'язів міхура. Тонус міхура під час наповнення не підвищується, а навіть знижується відповідно до кількості сечі. Перед скороченням сечового міхура настає позив і далі – акт сечовипускання. Цей процес рефлекторний. Рецептори міхура подразнюються розтягу-

ванням його стінок сечею.

Одночасно з еферентними імпульсами до шийки сечового міхура передаються гальмівні імпульси. У шийці міститься сфінктер, який є потовщенням середнього м'язового шару міхура. При розслабленні сфінктера сеча виходить у сечовивідний канал і назовні. Еферентними нервами йдуть імпульси, що викликають скорочення м'язів міхура і розслаблення сфінктера. Участь у виведенні сечі беруть участь і м'язи черевного преса. Центр сечовипускання міститься в попереково-крижовій частині спинного мозку і перебуває під впливом кори півкуль головного мозку.

Сфінктер сечовивідного каналу складається з поперечносмугастого м'яза, який одержує імпульси з кори півкуль головного мозку через спинний мозок. М'яз перебуває у стані тонусу, закриваючи отвір сечовивідного каналу і перешкоджаючи сечі виходити з сечового міхура. Під час переповнення міхура сеча антиперистальтичними рухами сечоводів може повернутися до ниркової миски, розтягуючи її і затримуючи сечоутворення.

Ниркові миски та сечоводи у дітей відносно широкі; діаметр сечовода відносно, а іноді й абсолютно більший, ніж у дорослих. Еластичні та м'язові елементи сечовода в перші роки мало виявлені, що часом спричиняє застій сечі. Слизова оболонка стінок сечового міхура розвинена добре, а м'язовий шар та еластичні волокна – слабо. З віком ріст іде за рахунок потовщення м'язового шару. Форма сечового міхура грушовидна або веретеноподібна; з віком він заокруглюється; у дівчаток шкільного віку він круглий, а в хлопчиків – овальний. Місткість міхура новонародженої дитини – 50 мл, у тримісячного немовляти подвоюється, до року збільшується в 4 рази, а в 9-10 років досягає 600-900 мл.

Щодоби у нирках фільтрується близько 170 л рідини, яка концентрується приблизно в 1,5 л сечі та виділяється із організму в навколишнє середовище. Сечі у дітей виділяється відносно більше, ніж у дорослих. У місячної дитини сечі виділяється за добу 350-380 мл, на кінець першого року життя – 750 мл, в 4-5

років – близько 1 л, в 10 років – 1,5 л, а в період статевого дозрівання – до 2 л.

Довжина сечовивідного каналу в новонароджених хлопчиків дорівнює 5-6 см, з віком вона збільшується, досягаючи під час статевого дозрівання 12 см, а у дорослих – 14-18 см. У новонароджених дівчаток довжина сечовивідного каналу дорівнює 0,8-1 см, у 16 років – 3,3 см, а в дорослої жінки – 3-6 см.

Внутрішня оболонка сечовивідного каналу також ніжна і легко ранима, що слід враховувати під час догляду за дітьми, а також при спортивних тренуваннях. Забруднення сечовивідного каналу викликає захворювання не тільки каналу, але і сечового міхура.

Немовля виділяє сечу до 15 раз, а доросла людина – 5-8 раз на добу, причому кількість її залежить від кількості випитої води, спожитої їжі. За один раз дитина віком до року випускає сечі – 10-50 мл, після року життя – 50-100 мл, у п'ять років – 90-200 мл, у десять років – 150-250 мл, а з п'ятнадцяти років – 200-300 мл.

8.5. Фізіологія та гігієна шкіри

На відміну від інших органів *шкіра* знаходиться під безпосереднім впливом зовнішнього середовища і це пояснює виконання нею багатьох важливих *функцій*, а саме:

- *захисної* – являється бар'єром між зовнішнім і внутрішнім середовищем організму;
- *бар'єрної* – захищає організм від інфекції, механічних і фізичних ушкоджень і втрати рідини. Крім того, у шкірі ще є потові та сальні залози, що виділяють піт і жир, у яких містяться кислоти, що служать хімічними засобами захисту від грибів і бактерій;
- *рецепторної* – забезпечує різні види чутливості – дотикову, больову, холодову і теплову;
- *терморегуляційної* – відіграє важливе значення у регуляції температури тіла (звуження і розширення кровоносних судин, виділення поту, на шкірі росте волосся, яке створює захист від

холоду).

- **секреторної** – яка виконується потовими і сальними залозами;
- **внутрісекреторної** – вона виділяє у кров фізіологічно активні речовини;
- **дихальної** – близько 1 % газообміну становить шкірне дихання;
- **видільної** – з потом видаляються продукти розщеплення білків, вода, солі;
- **депонування енергетичного матеріалу** – жирів, а при певних умовах – води, мінеральних солей, вітамінів (особливо вітаміну D₃, який тут і утворюється).

Шкіра розвивається з двох ембріональних зачатків. Зовнішній епітеліальний покрив утворюється з ектодерми, а глибокі сполучно-тканинні шари з мезенхіми дерматомів. У перші тижні розвитку зародка епітелій шкіри складається всього з одного шару плоских клітин. Поступово ці клітини стають все більш високими, а в кінці другого місяця внутріутробного розвитку над ними з'являється другий шар клітин. Посилено розмножуючись, клітини першого шару утворюють нові шари епітелію, внаслідок чого вже на 3-му місяці він стає багат шаровим. Одночасно з цим у зовнішніх шарах епітелію починаються процеси ороговіння. На 3-му місяці внутріутробного життя в шкірі закладаються зачатки волосся, залоз і нігтів. Паралельно з розвитком і диференціюванням епітелію розвивається сполучнотканинна основа шкіри. У цей же період життя в мезенхімі починають утворюватися волокна і густа мережа кровоносних судин. У глибоких шарах цієї мережі місцями з'являються вогнища кровотворення. Лише на 5-му місяці внутріутробного розвитку утворення кров'яних елементів у них припиняється, а самі вогнища перетворюються на жирові часточки.

Шкіра новонародженого дуже тонка і ніжна. Її роговий шар настільки ніжний, що місцями ороговілі клітки нещільно прилягають один до одного. Кровоносні судини, прилеглі до шкіри, відносно широкі. Просвічуючись, вони додають шкірі рожевий

відтінок. Тонкість епідермісу, особливо його рогового шару, робить шкіру легкоуразливою. На ній легко виникають ссадини і попрілості під впливом тертя, а також подразнення сечею та слиною. У пошкоджених ділянках часто розвиваються запальні процеси. Сальні залози виділяють секрет із перших днів життя, а потові функціонують дуже слабо. Підшкірна клітковина містить мало жирових клітин.

Власне шкіра впродовж перших місяців життя збагачується еластичними волокнами. До 4-6 місяців сальні залози сильно розростаються, мало відрізняючись за своєю будовою від залоз дорослої людини. До цього ж часу стає помітнішою секреція поту, яка до кінця грудного віку значно посилюється. Починаючи з другого року життя, секреція сальних залоз, особливо потових, дуже мінлива й індивідуально різна. Вміст жиру в підшкірній клітковині різко збільшується протягом перших 6 місяців життя, а починаючи з 2—3 років і до 7—8 років, як правило, залишається на одному і тому ж рівні та навіть дещо зменшується.

Епідерміс до кінця першого року життя залишається майже таким же тонким і ранимим, як у новонароджених. Лише впродовж подальших 3-4 років його роговий шар стає товщим і щільнішим, а тому і менш ранимим. Проте протягом всього дошкільного віку у багатьох дітей чутливість до подразників та інфекцій залишається підвищеною.

Дуже поволі розвиваються у дітей потовиділення і судинні реакції шкіри на зміни температури повітря. У грудному віці реакції на тепло і холод майже однакові; виникають вони не відразу після народження і вкрай нестійкі. Лише до 3-5 років розвивається характерна для дорослих специфічність реакцій на тепло і холод. Процеси регенерації в епідермісі дітей 3-5 років протікають енергійніше, ніж у дорослих, а її тонка будова вже такі ж, як у дорослих.

Вії і брови, які найінтенсивніше ростуть на першому році життя, до 3-5 років досягають свого максимуму.

Шкіра складається з трьох шарів (рис. 73):

1) епідерміс (зовнішній шар); 2) дерма (власне шкіра – серед-

ній); 3) підшкірна жирова клітковина (внутрішній). **Епідерміс** (надшкір'я) 0,07-2,5 мм – має багатошаровий плоский зроговілий епітелій. Його глибокі шари містять клітини, які розмножуються і мають назву **росткового епітелію**.

Наближаючись до поверхні шкіри, клітини стають плоскими, зроговівають, злущуються і відпадають (зроговілий шар). Саме роговий шар захищає шкіру від механічних, хімічних пошкоджень, проникнення води і мікроорганізмів усередину тіла (мозолі – потовщений роговий шар), забезпечує регенерацію та очищення шкіри. У ростковому шарі міститься пігмент меланін, який надає шкірі забарвлення й поглинає ультрафіолетові промені, захищаючи цим організм. Цей шар бере участь у синтезі вітаміну D. В епідермісі містяться чутливі нервові закінчення.

Дерма (власне шкіра) – щільна сполучна тканина товщиною 4 мм. В ній виділяють сосочковий і сітчастий шари.

Сосочковий шар складається з пухкої сполучної тканини і утворює сосочки, які заходять в епідерміс. Відповідно їм на поверхні шкіри утворюється рельєфний малюнок із ліній різної конфігурації. Їх форма й розташування індивідуальні (**дерматогліфіка**). Цим широко користуються в криміналістиці та судово-медичній практиці (дактилоскопія). Сполучна тканина цього шару, крім клітин, містить галогенові й еластичні волокна, які зумовлюють міцність і пружність шкіри.

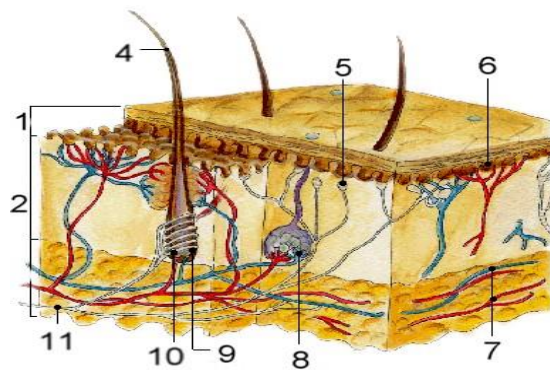


Рис. 73. Будова шкіри: 1 – епідерміс; 2 – дерма; 3 – підшкірна жирова клітковина 4 – волосина; 5 - рецептори дотику; 6 – сосочки шкіри; 7 – артеріальні та венозні капіляри; 8 – потова залоза; 9 – корінь волосини; 10 – нервові закінчення; 11 – нерви волосяного мішка

Шар пронизаний кровоносними та лімфатичними судинами,

нервовими волокнами і закінченнями. Тут містяться клітини з пігментом, м'язові клітини. Вони беруть участь у підніманні волосся, у виділенні секретів шкірних залоз, підтримують пружність шкіри. Сосочковий шар здійснює живлення епідермісу, в якому немає кровоносних капілярів.

Сітчастий шар – еластичні та колагенові волокна, створюють переплетення. Завдяки своїй еластичності шкіра не перешкоджає рухам людини. У цьому шарі залягають сальні та потові залози, волосяні сумки, рецептори.

Волосяні сумки – утворення, у яких знаходяться корені волосся. Сюди підходять кровоносні судини, нерви та м'язи. М'язи випрямляють волосся, рефлекторно скорочуючись під час охолодження тіла, що спричиняє „гусячу шкіру”.

Сальні залози розміщені біля коренів волосся, виділяють жир, який змазує волосся і шкіру – попереджуючи тим самим від пересихання, надмірному випаровуванню води і мікроорганізмів. За добу виділяється до 20 г шкірного сала. Багато сальних залоз є на шкірі обличчя, але тут вони не зв'язані з волосяними мішечками (2 млн).

Потові залози – мають вигляд трубочок, що починаються щільно закрученим клубочком, вивідна протока відкривається на поверхні шкіри отвором. Клубочки обплетені капілярами, крізь стінки яких із крові у потові залози потрапляє вода з мінеральними солями, сечовиною та іншими речовинами. Так утворюється піт, який за своїм складом подібний до сечі, але значно меншої концентрації. За добу у спокої виділяється до 500 мл поту.

Рецептори (термо-, механо-, барорецептори, больові рецептори) – не зібрані в окремий орган чуття, а розсіяні на поверхні усієї шкіри. Густота розташування шкірних рецепторів не скрізь однакова.

Підшкірна жирова клітковина – найглибший шар шкіри. Репрезентована пухкою сполучною тканиною, волокнами і великою кількістю жирових клітин. Товщина шару різна і залежить від способу життя, харчування, стану здоров'я й обміну

речовин. Крізь неї в дерму проходять кровоносні судини і нерви. Їх функції: збереження тепла, пом'якшення ударів (амортизаційна функція), захист внутрішніх органів, депо жиру, зв'язок шкіри з внутрішніми тканинами тіла.

Похідні шкіри людини – волосся і нігті. Волосся – є похідним роговим дерми. У волосині розрізняють стрижень та корінь (рис. 74).

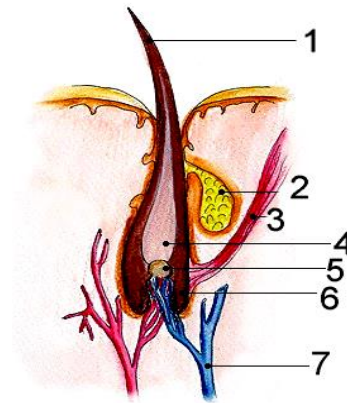


Рис. 74. Будова волосся: 1 – стрижень; 2 – потова залоза; 3 – м'яз випрямляючий волосся; 4 – волосяна цибулина; 5 – сосочок; 6 – волосяний мішечек; 7 – капіляри

Корінь закінчується волосяною цибулиною і розташований у волосяному мішку (фолікулі). Знизу у волосяну цибулину входить волосяний сосочок, до якого підходять кровоносні судини і нерви. **Стрижень** виступає над поверхнею шкіри, складається з мозкової речовини, вкритою щільною кутикулою. **Мозкова речовина** – зроговілі клітини, що містять кератин, меланін і пухирці повітря. **Кутикула** – один шар без'ядерних клітин, які черепицеподібно прилягають одна до одної.

На голові близько 150 тисяч волосин. Нормальна швидкість росту волосся на голові: 1 см за місяць, а загальний термін життя кожної волосини – 4-5 років. Середнє випадіння волосся людини за добу 30-50 волосин. Ріст волосся регулюється нервовою та ендокринною системою.

Нігті – зроговілі пластинки (тонкі та прозорі) на кінчиках пальців (рис. 75). Ніготь складається з кореня, тіла та вільного краю, лежить у нігтьовому ложі, утвореному сполучною тканиною і зародковим шаром епідермісу (матрикс – іде ріст нігтя).

Корінь і бічні частини нігтя прикриті складкою шкіри – нігтьовим (кутикулою) валиком.

Ніготь складається з **кератину** – твердого волокнистого білка. Нігтьове ложе інтенсивно кровопостачається, тому ніготь має рожевий корінь. Швидкість росту нігтя – 0,1 мм за добу.

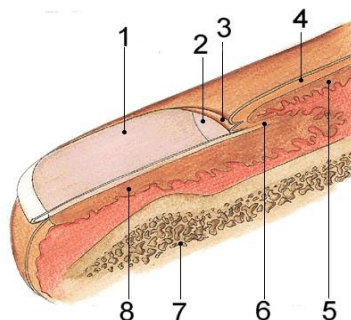


Рис. 75. Розташування та будова нігтя: 1 – ніготь; 2 – півмісяць; 3 – кутикула; 4 – епідерміс; 5 – шкіра; 6 – корінь нігтя; 7 – кістка пальця; 8 – ложе нігтя

Роль шкіри в терморегуляції організму людини. Всі ферменти клітин, які беруть участь в обміні речовин та енергій, можуть нормально працювати тільки за незначного коливання температури - 36°C – 37°C . Під час зниження (30°C) або підвищення (42°C) температури, ферменти клітин руйнуються, обмін речовин припиняється, людина помирає. Підтримання сталості температури тіла забезпечує процес **терморегуляції**, що триває впродовж усього життя людини. Він зумовлює: утворення тепла в організмі – **теплоутворення** і віддавання тепла організмом – **тепловіддачу**.

Процес теплоутворення. Процес теплоутворення відбувається переважно хімічним шляхом, коли при розкладанні та окисленні в мітохондріях жирів, вуглеводів і білків вивільняється енергія АТФ, більша частина якої використовується для утворення теплової енергії. Найбільше тепла в організмі людини виробляють органи з напруженим обміном речовин (печінка, скелетні м'язи). Регуляція теплоутворення відбувається за рахунок нервово-гуморальних механізмів і хімічним шляхом – підсилення або послаблення обміну речовин та енергії. Впливають

на цей процес температура довкілля та стан фізичної активності. У холодну погоду теплоутворення в м'язах зростає і холод діє на відповідні рецептори шкіри, вони підсилюють імпульси до головного регулятора вегетативних функцій – **гіпоталамуса**. У ньому є два центри – теплоутворення та тепловіддачі. Збуджуючись, центр теплоутворення надсилає сигнали до тих ланок організму, що відповідають за підвищення обміну речовин та енергії: симпатичної нервової системи, щитовидної залози, печінки, скелетних м'язів, надниркових залоз.

Процес тепловіддачі. Організм віддає теплову енергію за допомогою фізичних процесів:

- **тепловипромінювання** (рух нагрітого тілом повітря);
- **теплопроведення** (віддавання тепла речам – одягу, повітрю) – за звичайних умов не має великого значення, одяг – поганий провідник тепла;
- **випаровування води** з поверхні тіла (потовиділення) і легень, а також з калом та сечею.

Тепловипромінювання та випаровування перебігають із різною інтенсивністю і залежать від зовнішньої температури, вологості повітря, м'язового напруження, товщини підшкірно-жирової клітковини.

В умовах холодного повітря шкіра перешкоджає тепловіддачі за рахунок звуження просвіту судин і зменшенню кількості крові, яка циркулює ними, при цьому зменшується потовиділення. Під час підвищення вологості повітря знижується тепловіддача.

Під час фізичних навантажень збільшується тепловіддача. Чим тонша товщина підшкірно-жирової клітковини, тим більша тепловіддача.

Особливості терморегуляції у дітей. У процесі росту і розвитку організму, формування всіх його функцій, відбувається вдосконалення механізму теплорегуляції. У дітей процеси тепловіддачі переважають над процесами теплоутворення, дитячий організм погано адаптується до різних температурних коливань. Різке збільшення тепловіддачі призводить до переохолодження організму дітей, а підвищення температури зовнішнього сере-

довища викликає його перегрівання. Тому загартування дитячого організму, заняття фізичною культурою мають важливе значення у становленні системи терморегуляції.

Гігієна шкіри. Профілактика захворювань шкіри. Забруднення шкіри призводить до порушення її функцій. Основним способом догляду за шкірою є миття, при якому з поверхні шкіри усуваються пил, мікроби, шкірне сало, піт, рогові лусочки, а також різні речовини, що забруднюють шкіру в процесі роботи. Мити тіло рекомендується 1-2 рази на тиждень теплою водою, для цього використовувати туалетне мило, мочалку чи губку. Це попереджає не тільки запальні процеси шкіри, а й розвиток педикульозу, корости. Миття повинно супроводжуватись обов'язковою зміною натільної і постільної білизни, в ношеному одязі вміщуються високі концентрації речовин, які виділились із потом і можуть всмоктуватись розігрітою під час миття шкірою у кров і лімфу.

Шкіру шиї, пахових западин, а також під молочними залозами, слід мити щодня. Людям, що працюють на виробництві, де багато пилу чи велике фізичне навантаження, по закінченні роботи необхідно приймати теплий душ.

Умивання обличчя вранці та після денної роботи, миття рук, як тільки забрудняться, витирання чистим рушничком.

Профілактика захворювань шкіри. Стан шкіри залежить від різних хвороботворних чинників довкілля, стану організму і догляду за нею. Чистота шкіри – одна з важливих умов здоров'я людини. Однією з найчастіших хвороб шкіри є **дерматит** – запалення шкіри. Дерматити спричиняють хвороботворні мікроорганізми. Вони також можуть виникати під час ураження шкіри кислотами, лугами або внаслідок зовнішнього застосування лікарських засобів. Частою причиною дерматитів є механічна травма шкіри (укус комах), косметичні креми, лосьйони, надмірне засмагання. При дерматиті виникає почервоніння шкіри, її набряк, свербіння, пухирі.

Гноячкові захворювання шкіри спричиняють стафілакоки, які дуже поширені в природі й завжди є на шкірі. У разі недо-

тримання правил гігієни, порушення функціонування імунної системи, вони виявляють свою хвороботворну дію. До розвитку цих захворювань часто призводять механічні ураження шкіри – порізи, розчури, надмірна пітливість шкіри.

Грибкові ураження шкіри є дуже загрозливими хворобами; грибки передаються через постільну білизну, рушники, взуття, воду в басейнах. Утворюються виразки, що мокнуть, сверблять, стають воротами для інфекції. Хворобливий процес поширюється в організмі, виникають різні ускладнення (нагноєння, бешиха).

Бешиха – підвищення температури тіла до 40°C, озноб, на ураженій шкірі виникає почервоніння. Уражене місце болить, пече, виникають пухирі, а в тяжких випадках – змертвіння шкіри. Бешиха може ускладнюватися запаленням мозкових оболонок (менінгіт) і поширення стрептокока всім організмом (сепсис). Внаслідок бешихи може відбуватися порушення лімфовідтоку в ураженому місці з виникненням слоновості.

Стригучий лишай – хвороба, що спричинюється грибом, який уражує волосся, нігті, шкіру.

Профілактика грибкових захворювань полягає у дотримуванні правил особистої гігієни.

Себорея – хвороба, пов'язана з розладом діяльності сальних залоз. Функціональна діяльність сальних залоз залежить від стану залоз внутрішньої діяльності, нервової системи, загального обміну речовин, вітамінного забезпечення організму.

Під час порушення і правил особистої гігієни можуть виникнути такі хвороби, як **короста** (спричиняє коростяний кліщ) і **педикульоз** (вошивість) – спричиняється головною або платяною вошею.

На кожному квадратному сантиметрі шкіри неохайної людини виявляють до 40 тис мікроорганізмів, серед яких є і хвороботворні. Клітини чистої шкіри виділяють речовину, яка має бактерицидні властивості та згубно діє на хвороботворні мікроорганізми. Ось чому треба завжди стежити за чистотою своєї шкіри.

РОЗДІЛ 9. Залози внутрішньої секреції

9. 1. Будова і функції ендокринних залоз

Залози – це органи, що складаються з сполучнотканинного остову і комплексу залозистих (епітеліальних) клітин, що керують спеціалізованою функцією. Усі залози поділяються на дві групи: **залози зовнішньої секреції** (екзокринні) і **залози внутрішньої секреції** (ендокринні).

Основні ознаки ендокринних залоз: не мають вивідних проток, свій секрет виводять безпосередньо в кровоносне русло, мають рясне кровопостачання, частіше декілька пар артерій. Ендокринні залози топографічно роз'єднані, мають невелику масу, але виявляють величезний вплив на організм. Продукти діяльності ендокринних залоз – гормони, вони є хімічними носіями інформації. Це надзвичайно біологічно активні речовини, які навіть у незначних кількостях здатні зробити вплив на різні функції організму.

Виділяють чотири основні типи **дії гормонів**:

- 1) **обмінний тип** – здійснює вплив на обмін речовин;
- 2) **морфологічний тип** – стимулює процеси росту, диференціювання клітин, органогенез;
- 3) **кінетичний тип** – впливає на органи-виконавці;
- 4) **коригуючий тип** – впливає на зміни інтенсивності функціонування органів і тканин.

За хімічною природою гормони поділяють на 3 групи:

- 1) **похідні амінокислот** (адреналін, гормон епіфіза, тиреоїдні гормони);
- 2) **пептидні гормони** – прості та складні (гормони гіпофіза, гіпоталамуса, підшлункової і паращитовидної залоз);
- 3) **стероїдні гормони**, що утворюються з холестерину (кіркова речовина надниркових залоз, статеві гормони).

Всі гормони мають низку особливостей. Найважливіші з них наступні:

- 1) мають високу біологічну активність (один грам окситоцина розчинений у 5000 літрах води викликає скорочення ізольованої матки, один грам адреналіну здатний збільшити скорочення се-

рдець 100 мільйонів жаб);

2) кожен гормон діє на деякі органи і функцію;

3) характеризується дистантною дією;

4) має порівняно невеликий розмір молекул;

5) більшість гормонів не мають видової специфічності;

6) гормони порівняно швидко руйнуються.

Гормони діють на генетичний апарат клітин, беруть участь у реалізації генетичної програми розвитку. Впливають на всі види обміну речовин, на ріст, а також на фізичний і розумовий розвиток людини. Гормони необхідні для успішного прояву репродукційних функцій: запліднення, імплантації зародка, вагітності, лактації. У процесі ембріогенезу в ембріона людини під впливом гормонів відбувається диференціювання систем органів. Протягом життя людини гормони забезпечують адаптацію організму до умов довкілля. Із секрецією гормонів пов'язані не тільки процеси розвитку людини, а й процеси старіння. Надмірна або недостатня продукція гормонів викликає важкі порушення і захворювання організму.

Під час розвитку ендокринних залоз, епітелій посилено розмножується і занурюється в належну сполучну тканину, внаслідок чого утворюється мішечок у формі трубки або альвеоли. Стінка його звичайно утворена залозистим епітелієм, клітини якого зовнішньою стороною звернені до сполучної тканини, внутрішньою – до просвіту залози. Якщо епітелій після первинного занурення продовжує нерівномірно рости, то формується складна залоза. Якщо залоза втрачає первинний зв'язок з епітеліальним покривом, із якого вона походить, вивідна протока її не розвивається, а секрет виводиться у кровоносне русло, то така залоза і називається ендокринною.

В основі морфологічної класифікації ендокринних залоз лежить джерело їх розвитку – зародковий листок. Розрізняють наступні групи залоз:

Ентодермальні залози: а) похідні зябрового апарату (бранхіогенні залози) – щитоподібна, прищитоподібні залози, загруднинна залоза (тимус); б) похідні кишкової трубки – ендокринна

частина підшлункової залози.

Мезодермальні залози: а) кіркова речовина надниркових залоз; б) ендокринна частина статевих залоз (яєчко, яєчник).

Ектодермальні залози: а) невrogenна група - ядра гіпоталамуса, гіпофіз, шишкоподібна залоза (епіфіз); б) симпатoadреналова група – мозкова речовина надниркових залоз, параганглії.

Згідно сучасним уявленням виділяють центральну ланку ендокринної системи (гіпоталамус, гіпофіз, епіфіз) і периферичну ланку. Периферична ланка має залози залежні від передньої частки гіпофіза (щитоподібна залоза, кіркова речовина надниркових залоз, статеві залози) і незалежні від передньої частки гіпофіза (прищитоподібні залози, мозкова речовина надниркових залоз, параганглії, ендокринна частина підшлункової залози) (рис. 76).

Також ендокринну функцію виконують групи клітин гіпоталамічної ділянки мозку. Тимчасову, але дуже важливу функцію виконує у жіночому організмі – плацента.

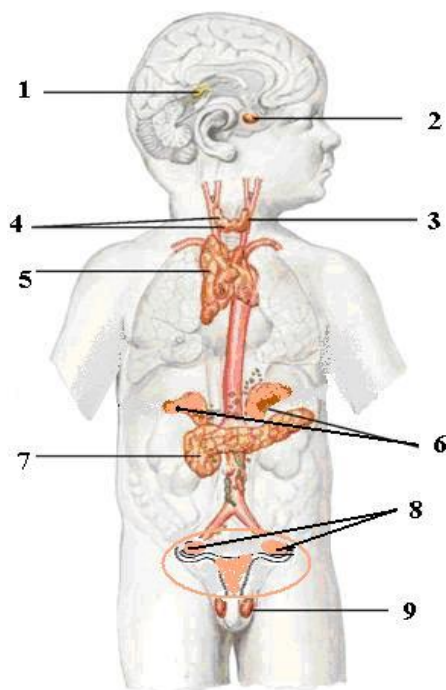


Рис. 76. Положення ендокринних залоз в тілі людини: 1 – гіпофіз; 2 - епіфіз; 3 - щитоподібна залоза; 4 - прищитоподібні залози; 5 – загруднинна залоза (тимус) ; 6 - надниркова залоза; 7 – панкреатичні островці підшлункової залози; 8 – яєчники; 9 – яєчки

Крім того, є окремі групи клітин у шлунково-кишковому

тракті, у печінці, нирках, які також секретують гормони або гормоноподібні речовини. Залози внутрішньої секреції знаходяться в дуже складних відношеннях між собою. Так гіпоталамус через ліберини стимулює функцію гіпофіза, а той, у свою чергу, через гормони передньої частки, впливає на діяльність залежних від нього залоз. Як тільки рівень гормонів у кровоносному руслі опиняється достатнім, вони впливають на гіпоталамус.

Гіпоталамус, виробляє статини, впливає на гіпофіз, а гіпофіз, зменшує вироблення гормонів (тропних), гальмує функцію інших залоз. Як і діяльність усіх внутрішніх органів, діяльність ендокринних залоз регулюється центральною нервовою системою. З іншого боку, поза сумнівом вплив гормонів як на периферичні чутливі нервові закінчення (рецептори), так і на нервові центри. Отже, обидві системи пов'язані між собою найтіснішим чином, і це дає право говорити про єдину нервово-гуморальну регуляцію функцій організму. При цьому у всіх випадках гуморальна регуляція грає супідрядну роль по відношенню до нервової системи.

Гіпоталамо-гіпофізарна система. Гіпофіз, або придаток мозку (*hypophysis*), займає серед залоз внутрішньої секреції особливе місце. Під його прямим контролем перебувають щитоподібна залоза, статеві залози, кіркова речовина надниркових залоз. Крім того, разом з гіпоталамусом, гіпофіз забезпечує нейроендокринну регуляцію організму (гіпоталамо-гіпофізарна система).

Гіпофіз розташований у порожнині черепа і лежить в ямці турецького сидла клиноподібної кістки й оточений щільною сполучнотканинною оболонкою, зверху прикритий діафрагмою турецького сидла. Через отвір у цій діафрагмі гіпофіз сполучений із воронкою гіпоталамуса проміжного мозку. Маса гіпофіза 0,5-0,6 г. Його поперечний розмір складає 10-17 мм, передньо-задній 5-15 мм, вертикальний 5-10 мм. У гіпофізі розрізняють передню (аденогіпофіз), проміжну і задню (нейрогіпофіз) частки (рис. 77). Передня частка (аденогіпофіз) складається з перекладок, між якими утворюється прошарок сполучної тканини. На

поверхні перекидаючись розташовані клітини – аденоцити, які добре забарвлюються барвниками і тому названі хромофільними, а в товщі перекидаючись – клітини, що слабо забарвлюються – хромофобні аденоцити. До передньої частки також відносять ніжку гіпофіза, що з'єднує його з мозком. У ній проходять кровоносні судини.

Проміжна частка гіпофіза має вигляд вузької смуги утворена багатошаровим епітелієм.

У задній частці гіпофіза (нейрогіпофізі) міститься велика кількість дрібних клітин – пітуїцитів і закінчень аксонів нервових клітин гіпоталамуса. Гіпофіз виділяє у кров понад 20 гормонів (табл. 19). Передня частка продукує гормон росту соматотропін (СТГ). Він діє на генетичний апарат соматичних клітин, стимулює синтез білка і їх мітотичну активність. Особливо чутливі до нього кісткова і хрящова тканини, тому СТГ є основним регулятором росту організму. Під час зниженого вироблення гормону росту у дитячому віці спостерігається затримка фізичного розвитку – гіпофізарна карликовість. Гіпофізарні карлики мають пропорційно розвинені всі частини тіла, однак вторинні статеві ознаки у них відсутні. Під час підвищеного вироблення соматотропного гормону у дитячому віці розвивається гіпофізарний гігантизм (пропорційне зростання тіла).

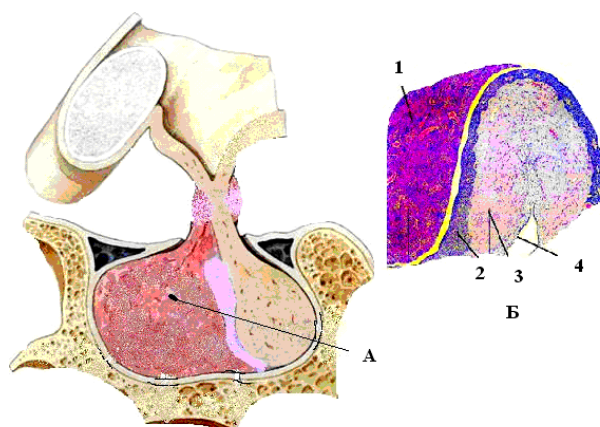


Рис. 77. Гіпофіз: *А* – розташування гіпофізу; *Б* – схематичне зображення будови гіпофізу: 1 – передня частка (аденогіпофіз); 2 – проміжна частка; 3 – задня частка (нейрогіпофіз); 4 – епендима

Під час підвищеного вироблення зазначеного гормону у до-

рослих спостерігається – акромегалія – розростання деяких частин скелета (кисті, стопи, нижньої щелепи), а також можуть збільшуватися розміри органів травлення (язик, шлунок, кишечник).

У крові плода гормон росту з'являється на 12 тижні, а у 5-8-місячних плодів його приблизно в 100 разів більше, ніж у дорослих. Протягом першого тижня після народження кількість гормону знижується більше, ніж на 50 %. У дітей гормон росту виділяється 3-4 рази протягом дня. Загальна його кількість, що виділяється під час глибокого нічного сну, значно більша, ніж у дорослих. У зв'язку із цим фактом стає очевидним необхідність повноцінного сну для нормального розвитку дітей. У хлопчиків збільшення рівня гормону соматропіну в крові спостерігається у 10-11 і у 14-15 років. Рівень гормону росту збільшується у юнаків і дівчат під час виконання роботи аеробного характеру. Із віком секреція гормону росту зменшується.

Передня частка гіпофіза ще продукує кортикотропін (*адренкортикотропний гормон - АКТГ*). Він діє на кіркову речовину надниркових залоз, а ті в свою чергу виділяють *глюкокортикоїди* – речовини, що підвищують опірність організму до інфекції. Під час посиленої секреції АКТГ розвивається хвороба Іценко-Кушінга. У хворих спостерігається затримка росту, ожиріння, передчасний розвиток волосся на лобку, гіпертонія, діабет, трофічні порушення шкіри. Під час недостатньої секреції АКТГ виявляються зміни, характерні при гіпофункції глюкокортикоїдів. У хлопчиків вміст у плазмі крові гормону кортикотропіну зменшується у 12-13 років, а у 17-18 років значно збільшується. Секреція АКТГ посилюється під час стресових ситуацій, що сприяє кращому пристосуванню організму до складних умов і його виживання.

Крім названих гормонів передня частка гіпофіза продукує ще *тиротропін (тиреотропний гормон – ТТГ)* – регулює активність щитоподібної залози. Дія ТТГ на білковий, жировий, вуглеводний, мінеральний і водний обмін здійснюється через тиреоїдні гормони.

Клітини, які продукують ТТГ є на 8-му тижні в ембріонів, а у чотири – місячних плодів ТТГ приблизно в 3-5 разів більше, ніж у дорослих. У перший рік життя дитини, а також у препубертатний період концентрація ТТГ у гіпофізі росте. Максимум секреції гормону досягається у віці від 21 року до 30 років. Із 50 до 80 років секреція гормону зменшується вдвічі.

Передня частка гіпофіза виробляє **гонадотропіни** – це фолітропін і лютропін. **Фолітропін** у жіночому організмі викликає ріст фолікулів яєчника, сприяє утворенню в них естрогенів. У чоловічому організмі він впливає на сперматогенез у яєчках. **Лютропін** викликає овуляцію, сприяє утворенню жовтого тіла в яєчниках жіночого організму. У чоловічому організмі стимулює ріст сім'яних пухирців і передміхурової залози, а також вироблення **андрогенів** у яєчках. У 3-місячного плода в крові вже є гонадотропіни. У крові плодів жіночої статі, їх концентрація вища, ніж у чоловічої статі. У немовлят концентрація гонадотропінів у крові дуже висока, але протягом першого тижня після народження вона знижується і до 7-8-літнього віку залишається низькою. У пубертатному періоді збільшується секреція гонадотропінів, до 14 років вона зростає у 2-2,5 рази. До 18 років показники фолітропіну і лютропіну досягають дорослих значень.

Передня частка гіпофіза також продукує гормон **пролактин (лактотропний гормон)**. У жінок він стимулює функцію жовтого тіла й сприяє лактації, тобто утворенню і секреції молока. Секреція пролактина починається з 4-го місяця внутріутробного розвитку. Вважається, що він бере участь у регуляції обміну речовин у плода.

У немовлят концентрація пролактина в крові висока. Вона знижується протягом першого року життя, а під час статевого дозрівання зростає, причому у дівчаток сильніше, ніж у хлопчиків. У хлопчиків-підлітків пролактин стимулює ріст передміхурової залози і сім'яних пухирців.

Проміжна частка гіпофіза продукує **меланотропний гормон (інтермедін)**. Він регулює пігментацію шкіри й волосся. Регуляція секреції інтермедины здійснюється рефлекторно дією сві-

тла на сітківку ока. У плодів починає синтезуватися на 10-11 тижні, але його функція в розвитку остаточно не ясна. При порушенні функції проміжної частки гіпофіза розвивається альбінізм. Проміжна частка гіпофіза також секретує ліпотропін-гормон, який впливає на жировий обмін в організмі людини.

Задня частка гіпофіза разом з гіпоталамусом у функціональному відношенні становить єдине ціле. Гормони в задній частці гіпофіза не синтезуються. Нейросекреторні клітини ядер гіпоталамуса продукують гормони – вазопресин і окситоцин, які транспортуються в задню частку гіпофіза, тут вони зберігаються, а потім поступають у кров.

Вазопресин, його називають ще **антидіуретичним гормоном (АДГ)**, звужує судини і підвищує тиск крові, також регулює зворотне всмоктування води у ниркових канальцях із первинної сечі. В умовах підвищеної концентрації солей у крові підвищується концентрація АДГ і, як наслідок, сеча стає більше концентрованою, а втрата води мінімальною. Під час зниження концентрації солей у крові секреція АДГ зменшується. Уживання алкоголю ще сильніше знижує концентрацію АДГ, чим пояснюється значний діурез після прийому рідини разом із алкоголем. Різка падіння кров'яного тиску під час крововтрати або шоку різко збільшує секрецію АДГ, внаслідок чого кров'яний тиск підвищується. Захворювання, що виникає під час порушення секреції антидіуретичного гормону, називається нецукровим діабетом. Це сприяє утворенню великої кількості сечі з нормальним вмістом цукру.

Антидіуретичний гормон гіпофіза починає виділятися на 4-му місяці ембріонального розвитку, максимум його виділення доводиться на кінець першого року життя, потім антидіуретична активність нейрогіпофіза починає падати до досить низьких величин, й у віці 55 років вона приблизно в 2 рази менша, ніж у однорічної дитини.

Окситоцин-гормон викликає скорочення гладеньких м'язів матки і міоепітеліальних клітин грудних залоз. Під час лактації окситоцин впливає на утворення молока. У фізіологічних умо-

вах грудні залози в першу добу після пологів починають виділяти молоко, і в цей час дитина вже може ссати. Акт ссання служить сильним стимулом для рецепторів соска. Від цих рецепторів нервовими шляхами імпульси передаються в нейрони гіпоталамуса, які є одночасно й секреторними клітинами, що виробляють окситоцин. Останній із кров'ю переноситься до міоепітеліальних клітин грудних залоз. Під час їх скорочення молоко видавлюється в протоки. З окситоцином зв'язана й активація родової діяльності. На початку родової діяльності секреція окситоцину підвищується, що викликає слабкі скорочення матки. Ці скорочення збуджують численні механорецептори у матці, від яких сигнал передається в гіпоталамус. Нейросекреторні клітини гіпоталамуса секретують нові порції окситоцину, завдяки чому скорочення матки підсилюється. Остаточо цей процес переходить у пологи, у ході яких плід і плацента виходять. Після виходу плоду подразнення механорецепторів і секреція окситоцину припиняється.

Для дітей у перші місяці життя дія вазопресину не має істотного значення, лише з віком його значення в утриманні води в організмі збільшується. Матка і грудні залози починають реагувати на окситоцин тільки після завершення періоду статевого дозрівання, тобто після тривалої дії на матку статевих гормонів – естрогенів і прогестерона, а на грудну залозу - гормону передньої частки гіпофізу – пролактину.

Маса гіпофізу немовляти становить 100-150 мг, а розмір 2,5-3 мм. На другому році життя він починає збільшуватися, особливо у віці 4-5 років. Після цього до 11 років ріст гіпофізу вповільнюється, а з 11 років знову прискорюється. До періоду статевого дозрівання маса гіпофізу становить 200-350 мг. У 20 років його вага становить 0,5-0,7 г (табл. 18). Після 60 років його вага зменшується.

Гіпоталамо-гіпофізарна систем. *Гіпоталамус* (*hypothalamus*), або підбугрова ділянка – це базальна частина проміжного мозку (рис. 78). У сірій речовині гіпоталамуса виділяють понад 30 пар ядер, які групуються в передню, медіальну і

задню гіпоталамічні ділянки. Частина ядер є скупченням нейросекреторних клітин, інші утворені поєднанням нейросекреторних клітин і звичайних нейроцитів. У передній гіпоталамічній ділянці розташовуються супраоптичне і паравентрикулярне ядра, які утворені нейросекреторними клітинами. Аксони цих клітин проходять крізь гіпофізарну ніжку в задню частку гіпофіза, де і закінчуються. У цих ядрах виробляються нейрогормони – вазопресин і окситоцин, які накопичуються в задній частці гіпофіза, (нейрогіпофіз), а звідти поступають у кров.

Зараз доказано, що кожне з ядер – супраоптичне і паравентрикулярне – секретують і вазопресин, і окситоцин. Дрібні нейроцити ядер медіальної гіпоталамічної ділянки виробляють рилізінг-фактори і статини, які поступають в аденогіпофіз.

Таблиця 18

**Динаміка маси (г) ендокринних залоз
від народження до юнацького віку**

Ендокринні залози	Етапи онтогенеза				
	Новонароджені	1 рік	5-6 років	10-12 років	16-18 років
Гіпофіз	0,10-0,15	0,45-0,52	0,4-0,5	0,65-0,7	0,7-0,8
Епіфіз	0,007-0,009	0,006-0,007	0,07-0,075	0,1-0,2	0,2-0,4
Щитопод. зал.	5-6	2-2,1	7,5-10	14-18	20-30
Прищитоподібна залоза (кожна)	0,01-0,012	0,02-0,03	0,04-0,06	0,06-0,09	0,01-0,05
Загруднинна залоза	10-12	11	-	35-40	20-25
Надниркова залоза	8-10	3,5-4,5	4,5-6	10-14	10-13
Острівці підшлункової залози	5-10% від об'єму всієї підшлункової залози	1% від об'єму всієї підшлункової залози	-	-	3% від об'єму всієї підшлункової залози
Яєчко	0,2-0,3	0,64-1	0,93-1,5	1,5-2	15-25
Яєчник	0,15-0,2	0,6-1	1-2	2-4	5-6

Зв'язок між гіпоталамусом і передньою часткою гіпофіза за-

беспечує спеціальна система кровообігу, яка транспортує ці гормони із гіпоталамуса в передню частку гіпофіза.

Аденогіпофіз передає ці сигнали у вигляді тропних гормонів периферичним ендокринним залозам. **Рилізінг-фактори** стимулюють секрецію гіпофізом **тиротропіну, лютропіну, кортикотропіну, пролактину, фолітропіну, соматотропіну і меланотропіну**. Статини гальмують секрецію сомато- і меланотропіну, пролактину. Фізичне навантаження є значним стимулом для гіпоталамуса, оскільки збільшує виділення усіх гормонів передньої частки гіпофіза. Синтез гормонів задньої частки гіпофіза починається в ядрах гіпоталамуса на 3-4 місяці внутріутробного періоду, а на 4-5 місяці вони виявляються у гіпофізі. Вміст цих гормонів у гіпофізі та їхня концентрація у крові поступово збільшуються до моменту народження дитини. У дітей перших місяців життя вазопресин не має істотного значення, лише з віком його значення в утриманні води в організмі збільшується. Матка й молочні залози починають реагувати на окситоцин тільки, після завершення періоду статевого дозрівання.

Регуляція секреції ядер гіпоталамуса з боку ЦНС здійснюється лімбічною системою (мигдалеподібні ядра, гіпокамп) і ретикулярною формацією середнього мозку. Крім того, на нейросекреторну діяльність гіпоталамуса роблять вплив імпульси, що поступають від шийних вузлів симпатичних стовбурів, а також гормони шишкоподібного тіла.

Шишкоподібне тіло, або епіфіз (*corpus pineale*) – це непарний орган, зв'язаний структурно і функціонально з надбугровою ділянкою проміжного мозку. Епіфіз розташований між верхніми горбками покривки середнього мозку і прикріплюється повідцями до обох зорових горбів (рис. 78). Довжина шишковидного тіла у дорослої людини 8-15 мм, ширина – 10 мм, товщина - 4-6 мм. Зовні шишковидне тіло вкрите сполучнотканинною капсулою, від якої всередину залози відходять трабекули, ділячи паренхіму залози на часточки. У центрі часточки розташовані великі залозисті клітини паренхіми – пінеалоцити, периферією –

гліальні клітини (гліоцити). Функція пінеалоцитів має чіткий добовий ритм: уночі синтезується гормон мелатонін, удень – серотонін (табл. 19). Основний гормон епіфіза **мелатонін** впливає на пігментні клітини шкіри, викликаючи їх посвітлення, крім того пригнічує розвиток статевих залоз, попереджує передчасне статеве дозрівання, бере участь у регуляції електролітного і вуглеводного обміну, також бере участь у регуляції циркадного циклу організму, впливає на сон. Циклічна активність, яка пов'язана із зміною дня і ночі, є своєрідним біологічним годинником організму.

У пубертатному періоді концентрація мелатоніна знижується більше, ніж у 10 раз, а виділення його із сечею збільшується. **Серотонін** – є попередником мелатоніну. Третій гормон гіпофіза це, **гломерулотропін** – стимулює секрецію альдостерону кірковою речовиною надниркових залоз.

Секреція цієї залози залежить від освітлення, тому вважають, що швидкість кровотока в судинах епіфіза набагато більша, ніж в інших відділах мозку. Речовини, що перебувають у крові, досить легко проникають у тканини залози через численні пори в стінках капілярів. Через них проходять також і секреторні речовини із клітин епіфіза в кров. До епіфіза підходять закінчення симпатичних нервів від нейроцитів, що лежать у верхньому шийному ганглії.

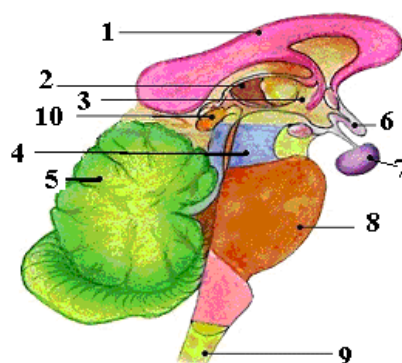


Рис. 78. Проміжний мозок: 1 – мозолисте тіло; 2 – таламус; 3 – гіпоталамус; 4 – середній мозок; 5 – мозочок; 6 – зорова хіазма; 7 – гіпофіз; 8 – міст; 9 – спинний мозок; 10 – епіфіз

Ендокринні залози, їх гормони, органи – мішені та основні функції

Ендокринні залози	Гормон	Орган-мішень	Функції
Гіпофіз (передня частка)	Гормон росту	Усі клітини тіла	Забезпечує ріст і розвиток усіх тканин тіла в період статевого дозрівання. Впливає на обмін білків, жирів та вуглеводів.
	Тиреотропний гормон	Щитоподібна залоза	Підвищує секрецію тиреоїдних гормонів - тироксину та трийодтироніну.
	Адренотропний гормон	Кіркова речовина надниркової залози	Регулює секрецію гормонів кіркової речовини надниркової залози - глюкокортикоїдів та мінералокортикоїдів.
	Пролактин	Грудні залози	Стимулює розвиток грудних залоз та секрецію молока.
	Фолікулоstimулюючий гормон	Яєчники, яєчки	У жінок викликає ріст фолікулів яєчника, сприяє утворенню в них естрогенів. У чоловіків впливає на сперматогенез у яєчках.
	Лютеїнізуючий гормон	Яєчники, яєчки	У жінок викликає овуляцію, сприяє утворенню жовтого тіла в яєчниках. У чоловіків стимулює ріст сім'яних міхурців і передміхурової залози, а також, виробленню андрогенів у яєчках.
Гіпофіз (задня частка)	Антидіуретичний гормон або вазопресин	Нирки	Звужує судини і підвищує тиск крові, регулює зворотне всмоктування води у ниркових каналах з первинної сечі.
	Окситоцин	Матка, грудні залози	Стимулює скорочення м'язів матки, секрецію молока.
Гіпофіз (середня частка)	Меланотропін (інтермедин)	Шкіра, волосся	Пігментація шкіри та волосся.
Щитоподібна залоза	Тироксин, трийодтиронін	Клітини тіла	Впливає на білковий, водно-сольовий і жировий обмін, ріст, диференціацію тканин.
	Кальцитонін	Кістки	Регулює концентрацію іонів кальцію в крові.
Прищитоподібні залози	Паратгормон або паратгормон-релатив	Кістки, нирки,	Діє на нирки, кістки, кишковий канал. Регулює концентрацію іонів кальцію в крові.

	реоїдний гормон	кишечник	нів кальцію у міжклітинній рідині
Надниркові залози (мозкова речовина)	Адреналін	Більшість клітин тіла	Прискорює розщеплення глікогену. Збільшує кількість глюкози в крові. Збільшує частоту і силу серцевих скорочень, посилює кровоток у скелетних м'язах
	Норадреналін	Теж саме	Звужує артеріоли та венули, тим самим підвищуючи тиск крові
Надниркові залози (кіркова речовина)	Мінералокортикоїди (альдостерон)	Нирки	Затримують натрій і виводять калій крізь нирки
	Глюкокортикоїди (кортизол)	Більшість клітин тіла	Регулюють метаболізм жирів, білків та вуглеводів, протизапальна дія
	Андрогени і естрогени	Яєчки, яєчники, грудні залози	Розвиток статевих ознак
Підшлункова залоза	Інсулін	усі клітини тіла	Знижує вміст глюкози в крові, стимулює синтез глікогену у печінці
	Глюкагон	Теж саме	Збільшує концентрацію глюкози у крові, стимулює розщеплення білків і жирів
	Соматостатин	Острівці Лангерганса, шлунково-кишковий тракт	Пригнічує секрецію інсуліну та глюкагону
Яєчки	Тестостерон	Статеві органи, м'язи	Забезпечує розвиток статевих ознак у чоловіків, характер оволосіння тембр голосу, розвиток м'язів
Яєчники	Естроген	Статеві органи, жирова тканина	Розвиток жіночих статевих ознак і органів, регулює менструальний цикл, сприяє накопичуванню жиру
	Мелатонін (синтезується уночі)	Статеві залози, сітківка, гіпоталамус.	Попереджає передчасне статеве дозрівання, регулює циркадний цикл організму, впливаючи на сон

Шишкоподібне тіло або епіфіз	Серотонін (синтезується удень, попередник мелатоніну)	Шлунок, судини	Посилює моторику шлунку, звужує судини
	Гломерулотропін	Надниркові залози	Стимулює секрецію Альдостерону кірковою речовиною надниркових залоз
Загруднинна залоза або тимус	Тимозин	Клітини тіла.	Контролює обмін кальцію і фосфору в організмі
	Тимопоетин	Кровотворні органи	Впливає на кровотворення
	Фактор росту	Скелет	Регулює ріст скелету
Нирки	Ренін	Кіркова речовина надниркових залоз	Регулює тиск крові
	Еритропоетин	Кістковий мозок	Утворення еритроцитів

Зачатки епіфіза з'являються на 6-7 тижні ембріонального розвитку. Клітини, що утворюють епіфіз, розвиваються з макроглії. Судини в епіфізі виявляються на 3-му місяці. Очевидно, у цей час епіфіз уже функціонує. У новородженого маса епіфіза становить 7 мг. Відразу після народження вона зменшується, а потім наростає до 10-14 років (100-200 мг). У дівчинок ця залоза трохи більша, ніж у хлопчиків. Після 20 років форма, вага й розміри залози остаються постійними (0,2-0,4 г). У шишкоподібному тілі у дорослих людей, особливо в старечому віці, на місці залозистої тканини відкладаються фосфорнокислі й вуглекислі солі кальцію, саме мозковий пісок. Ці відкладення додають шишкоподібному тілу певну схожість з тутовою ягодою або ялиноювою шишкою, у зв'язку з чим тіло одержало свою назву.

Щитоподібна залоза (*glandula thyreoidea*) розміщена в передній ділянці шиї, нижче від під'язикової кістки, і прикриває собою бічну поверхню гортані та передньобічну поверхню трахеї (рис. 79). Залоза складається з двох часток і перешийка. Від перешийка іноді відходить угору пірамідальна частка. Зовні щитоподібна залоза покрита волокнистою капсулою, яка утво-

рює зв'язки, що сполучають орган з гортанню і трахеєю. Всередину залози від капсули прямують сполучнотканинні перегородки, що підрозділяють тканину залози на часточки, які у свою чергу складаються з фолікулів. Стінки фолікулів зсередини вистилають епітеліальні клітини кубічної або циліндричної форми - тироцити. У просвіті фолікулів скупчується колоїд (рис. 79).

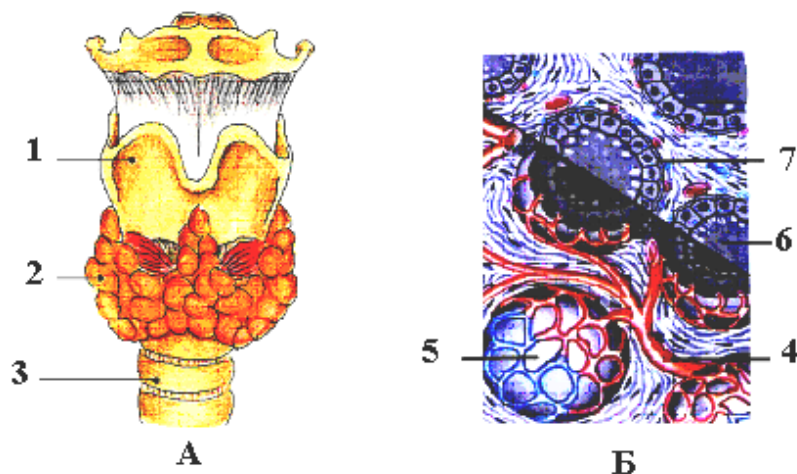


Рис. 79. Щитоподібна залоза: **А** – зовнішня будова: 1 – щитоподібний хрящ; 2 – щитоподібна залоза; 3 – трахея; **Б** - мікроскопічна будова щитоподібної залози: 4 – артерії; 5 – фолікул; 6 – колоїд, в якому знаходяться гормони; 7 – залозисті клітини – тироцити

У клітинах фолікулів синтезується високомолекулярний білок тиреоглобулін, що містить велику кількість залишків амінокислоти тирозину. Цей білок здатний приєднувати йод. Із їжею в організм людини поступає йод, який всмоктується кишечником у кров і переноситься до клітин щитоподібної залози. У клітинах фолікулів тиреоглобулін приєднує йод – відбувається синтез гормонів залози – тироксину (тетрайодтироніну – Т-4) і трийодтироніну (Т-3). Синтезовані гормони зберігаються в порожнині фолікулів у стані колоїду, при необхідності виводяться в кров. Невелика кількість гормонів щитоподібної залози розщеплюється в печінці і нирках. За рахунок цього може покриватися невелика частина добової потреби людини в йоді (близько 50 мкг).

Гормони щитоподібної залози (табл. 19) виконують важливі функції: стимулюють обмін речовин в організмі, підсилюють біосинтез білка, впливають на вихід із клітин катіонів натрію і надходження в них катіонів калію, підвищують активність багатьох ферментів, що беруть участь у вуглеводному обміні, стимулюють роботу мітохондрій, збільшують теплообмін. Також роблять стимулювальний вплив на діяльність надниркових, статевих і грудних залоз.

Під час гіпофункції щитоподібної залози знижується рівень енергетичного обміну, порушується білковий обмін, затримується ріст, зменшується частота серцевих скорочень, розвивається недоумкуватість. Таке захворювання називають кретинізмом.

Тиреоїдні гормони можуть вироблятися в нормальних кількостях тільки при достатньому вмісті йоду в їжі. У жителів регіонів, де природного йоду недостатньо (у воді, повітрі, їжі), тканина щитоподібної залози розростається (гіпертрофія) і виникає хвороба, яку називають ендемічним зобом. У цих місцевостях необхідно включати йод до раціону у вигляді харчових добавок, наприклад у вигляді йодованої солі.

Гіперфункція щитоподібної залози проявляється посиленням енергетичного обміну, збільшенням частоти серцевих скорочень, схудненням, підвищенням збудливості, у важких випадках підвищується температура тіла, з'являється витрішкуватість. Таке захворювання називають базедовою хворобою.

У стінках фолікулів між тироцитами і базальною мембраною, а також між фолікулами розташовані великі світлі клітини – парафолікулярні тироцити (С-клітини), які виробляють третій гормон щитоподібної залози – кальцитонін (рис. 80). Він регулює в організмі обмін кальцієм. Його секреція підсилюється під час зростання концентрації кальцію у крові. Внаслідок цього зменшується вихід кальцію з кісток. Фізіологічним стимулом для секреції кальцитоніна служить також прийом їжі й пов'язане з ним підвищення вмісту в крові гормонів шлунково-кишкового тракту (гастріна, глюкагона). У результаті підвищеного виді-

лення кальцитоніна кальцій, що надійшов з їжею, швидко відкладається в кістках. Якщо кальцитоніна за якимось причинами виробляється занадто багато, то припиняється руйнування кісток, але концентрація кальцію в крові не знижується. У юнаків у 18 років у крові гормону кальцитоніну в декілька разів більше, ніж у дітей 7-10 років.

Щитоподібна залоза розвивається з непарного зачатка – глоткового епітелію на межі між щелепною і під'язиковою зябровими дугами на 3-4 тижні ембріонального розвитку. На 7 тижні в ній починається формування фолікулів, до 11 тижня вони вже здатні накопичувати йод. Із третього місяця починається секреція тироксину в кров. Гормони щитоподібної залози мають важливе значення у розвитку плода, з ними зв'язані процеси росту й диференцировки тканин, особливо ЦНС і нейроендокринних систем (гіпоталамус-гіпофіз-наднирники). У плода при надлишку гормонів або недостатньої кількості порушується розвиток ЦНС і процес окостеніння. Недостатня функція щитоподібної залози плода може бути частково компенсована гормонами материнського організму, однак після народження дитини дефіцит гормонів стає небезпечним для його росту й розвитку та призводить до кретинізму.

Маса залози у новонародженого – 5-6 г (табл. 18). Вона трохи зменшується до 6 місяця (2-2,5 г), а потім починається період швидкого її збільшення, що триває до п'яти років. Із 6-7 років швидкість збільшення маси щитоподібної залози вповільнюється. У період статевого дозрівання маса залози знову швидко збільшується (у 11-15 років її маса 15 г). Із 16 до 20 років досягає розмірів залози дорослої людини (20-30 г). Максимум активності щитоподібної залози досягається у період із 21 року до 30 років, після чого вона поступово знижується. Це обумовлено не тільки падінням кількості тиреотропного гормону гіпофіза, але й зниженням із віком чутливості до нього щитоподібної залози.

Синтез і секреція тиреоїдних гормонів залежить від статевих гормонів. Статеві гормони тестостерон і естрогени впливають на щитоподібну залозу безпосередньо, а також через гіпотала-

мус і гіпофіз. Естрогени переважно стимулюють, а тестостерон гальмує активність залози. Регуляція функцій щитоподібної залози забезпечується центральною нервовою системою, особливо корою півкуль великого мозку і тиротропіном (гормоном передньої частки гіпофіза).

Прищитоподібні залози (*glandulae parathyreoideae*) мають вигляд округлих або овальних невеликих тілець, розташованих на задній поверхні бічних часток щитоподібної залози (рис. 80). Розміри їх коливаються: довжина – 4-8 мм, ширина – 3-4 мм, товщина – 2-3 мм. Число цих тілець непостійно і може змінюватися від 2 до 7-8 (в середньому 4, по дві залози позаду кожної бічної частки щитоподібної залози). Їх загальна маса 0.1-0.35 г. Прищитоподібні залози відрізняються від щитоподібної залози світлішим забарвленням. Від навколишніх тканин прищитоподібні залози відділяються власною фіброзною капсулою, від якої всередину залоз проникають сполучнотканинні прошарки. Останні містять велику кількість кровоносних судин і ділять прищитоподібні залози на групи клітин. Ці групи утворені епітеліальними клітинами - паратиреоцитами. Клітини продукують паратиреоїдний гормон або паратгормон, який вперше був виділений в 1924 році. Паратгормон діє на три органи-мішені: кістки, кишечник, нирки, регулює фосфорно-кальцієвий обмін. Він активує остеокласти – клітини кісткової тканини, що руйнують кістку, при цьому в кровоток надходить вільний кальцій.

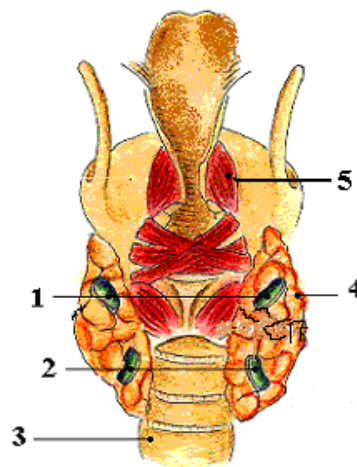


Рис. 80. Прищитоподібні залози: 1 – верхні прищитоподібні залози;
2 – нижні прищитоподібні залози; 3 – трахея; 4 – щитоподібна залоза;
5 – щитоподібний хрящ

Іншими словами, паратгормон діє як антагоніст гормону щитоподібної залози – кальцитоніна. Речовина кісткової тканини розпадається, і його компоненти виділяються із сечею, як і надлишок фосфату. Наслідком руйнування кісткової тканини є погроза виникнення переломів кісток. Під дією паратгормона збільшується активний транспорт і усмоктування кальцію в кишечнику за умови нормального вмісту вітаміну D у їжі. Під час дефіциту вітаміну D у дітей може порушуватися мінералізація кісток. Вона супроводжується їх розм'якшенням і скривленням і призводить до розвитку рахіту.

Гіпофункція прищитоподібних залоз зустрічається рідко. Її причиною може бути хірургічне видалення прищитоподібних залоз під час операцій на щитоподібній залозі. Характерними ознаками низької секреції паратгормона є зниження рівня кальцію, підвищення фосфору і, як наслідок, тетанія – сильне згинання кінцівок, судорожні випадки. У дітей іноді розвивається спазм гортані, при якому скорочення голосових зв'язок може привести до смерті від ядухи. Порушується також ріст зубів, волосся, нігтів. Гіперфункція у більшості випадків є наслідком ниркової недостатності. Порушується утворення вітамін-прогормона, тому кальцій погано всмоктується в кишечнику. У результаті тривалої кальцієвої недостатності постійно секретується паратгормон, що супроводжується резорбцією кісток і їх демінералізацією (виникає важке захворювання фіброзна остеодистрофія).

Прищитоподібні залози починають розвиватися на 5-6 тижні ембріонального розвитку, тоді ж починається секреція паратгормона. Його функція у плода така ж, як і у дорослих: підтримка нормальної концентрації кальцію в організмі. Цей процес незалежний від організму матері. Маса залози у новонародженого 10 мг (таблиця 1). У рік її маса становить 20-30 мг. У 5 років ця маса подвоюється, а до 10 – збільшується в три рази. У дітей прищитоподібні залози функціонують активно до 7-10 років. З 10 до 12 років відбувається інволюція головних клітин залози, у залозі з'являється жирова тканина. Із віком у залозі кількість

жирових клітин збільшується, а обсяг залозистих клітин скорочується.

Загруднинна залоза, або тимус (*thymus*) розташована у верхньому відділі переднього середостіння, попереду перикарда, дуги аорти, лівої плечоголовної і верхньої порожнистих вен, позаду груднини (рис. 71). З боків до залози прилягають плевральні мішки з легенями. Залоза складається з правої та лівої асиметричних часток, з'єднаних пухкою сполучною тканиною (рис. 81).

Зовні залоза покрита тонкою сполучнотканинною оболонкою, від якої в глибину залози відходять перегородки, які розділяють її на окремі часточки (їх розміри від 1 до 10 мм). У кожній часточці розрізняють кіркову речовину (зовні) і мозкову речовину (всередині). У кірковій речовині міститься велика кількість лімфоцитів і лімфобластів, під час поділу яких утворюються нові Т-лімфоцити. Клітини кіркової речовини виділяють біологічно активні речовини, що стимулюють розвиток Т-лімфоцитів. Їхнє остаточне дозрівання відбувається в периферичних лімфоїдних органах, куди вони доставляються кровотоком. У мозковій речовині містяться лімфоїдні і ліпоїдні клітини, а також концентричні тільця (тільця Гассала), що складаються із розташованих коловими шарами клітин епітелію. Як ендокринний орган, тимус виробляє близько 23 біологічно активних речовин, які проявляють різносторонні ефекти: стимулюють лімфопоез, впливають на диференціювання лімфоцитів, надають протипухлинну дію, підтримують тонус скелетних м'язів, впливають на обмінні процеси в організмі (табл. 19).

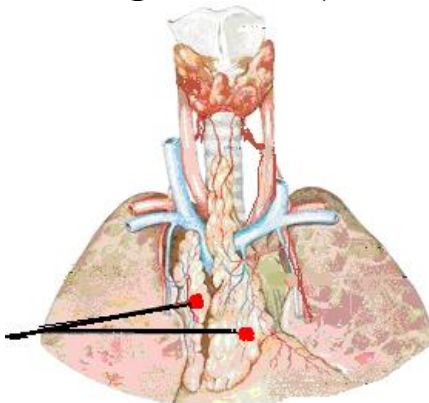


Рис. 81. Схематичне зображення загруднинної залози (тимусу)

Так, залоза виробляє гормони: **тимозин** – контролює обмін кальцієм і фосфору в організмі **timoпоетин-I**, **timoпоетин-II** – впливають на кровотворення, **фактор росту** – регулює ріст скелета, **інсуліноподібний фактор** – впливає на вуглеводний обмін.

Одночасно тимус є центральним органом імунної системи людини. Із кровотворних стовбурних клітин, що надійшли з кров'ю із червоного кісткового мозку в тимусі дозрівають і диференціюються Т- лімфоцити, які відповідають за реакції клітинного і гуморального імунітету.

Вважають, що загруднинна залоза регулює мінеральний, а саме кальцієвий обмін. Після видалення тимуса кістки стають м'якими, легко ламаються, з'являється м'язова слабкість і психічні розлади. У дітей під час збільшення тимуса виникає дуже небезпечний стан – тиміколімфатичний статус, який може несподівано проявитися різким зниженням артеріального тиску і навіть гострою серцевою недостатністю, що є небезпекою для життя. Під час гіпертрофії загруднинної залози можливе виникнення захворювань системи крові: лейкозу і анемій. Функціонування тимуса регулюється гіпоталамо-гіпофізарною системою через соматотропний гормон.

Закладка залози відбувається на 4-6 тижні ембріонального розвитку. Розвивається у вигляді парного випинання епітелію з вентральної частини третього глоткового (зябрового) карману. У новонародженого її маса становить близько 12 г, у 10-15 років - 37.5 г. Із 16 років починається інволюція органа – поступове зменшення залозистої тканини, заміна її жировою (табл. 18). Найбільшим змінам піддається кіркова речовина. Маса тимуса у 50-90 років – 13.4 г.

Підшлункова залоза (*pancreas*) – належить до залоз змішаної секреції, складається з двох частин: екзокринної (виробляє підшлунковий сік) та ендокринної (виділяє у кров гормони). Лежить позаду шлунка. Маса 60-100 г, довжина 15-22 см. У залозі розрізняють головку, тіло і хвіст. Головку залози охоплює підкова дванадцятипалої кишки, а хвіст досягає воріт селезінки

(рис. 82).

Ендокринну функцію підшлункової залози виконують острівці Лангерганса-Соболева, відокремлені від решти екзокринної частини залози тонкими сполучнотканинними прошарками. Пankреатичні острівці є у всіх відділах підшлункової залози, але найбільше їх в області хвоста. Величина острівців складає від 0,1 до 0,3 мм, а загальна кількість коливається від 1 до 2 млн. і більше, при цьому їх об'єм не перевищує 3 % від об'єму всієї підшлункової залози. Острівці складаються з клітин ендокриноцитів декількох видів. Переважають бета - клітини (60-80 %), вони виробляють гормон інсулін, менше альфа – клітин (10-30 %), вони синтезують гормон глюкагон, D-клітини підшлункової залози складають 10 % і секретують гормон соматостатин, PP-клітини складають 2-5 % і виробляють пankреатичний поліпептид (рис 82). **Інсулін** регулює обмін глюкози в організмі. Інсулін бере участь у перетворенні надлишків глюкози в жирні кислоти. Під впливом інсуліну одержувані з їжею білки розщеплюються до амінокислот. Інсулін забезпечує транспорт амінокислот у клітини. Крім того, інсулін стимулює сам процес біосинтезу білка. Під час гіпофункції підшлункової залози знижується вироблення інсуліну, що призводить до розвитку цукрового діабету. Для нього характерні високий вміст цукру у крові й посилене його виведення із сечею, споживання великої кількості води, втрата ваги й м'язова слабкість, посилений розпад білків і ліпідів, наявність у сечі й крові кетонів і кислот.

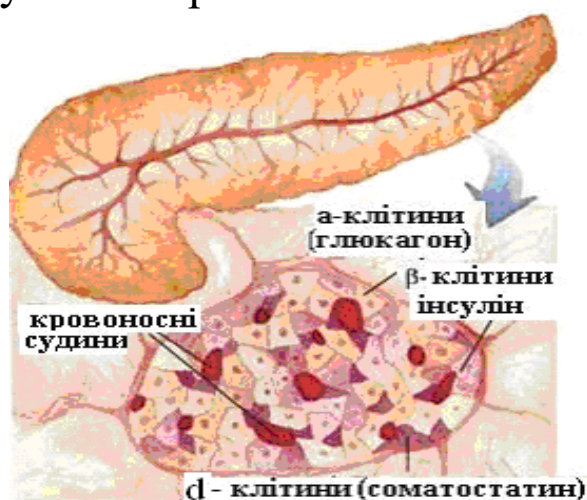


Рис. 82. Схема будови ендокринної частини підшлункової залози

Глюкагон за своїми функціями є антагоністом інсуліну. Він стимулює розщеплення глікогену в печінці (але не в м'язах), забезпечує швидке підвищення рівня глюкози в крові. Під дією глюкагона, печінка більш активно поглинає амінокислоти із крові й використовує їх для синтезу глюкози. **Соматостатин** пригнічує секрецію гіпофізом гормону росту – соматотропіну, а також виділення інсуліну і глюкагону бета і альфа клітинами. Панкреатичний поліпептид стимулює виділення шлункового та підшлункового (панкреатичного) соків.

Ендокринна частина підшлункової залози починає формуватися на 5-6 тижні ембріонального розвитку, коли її клітини розділяються на екзо- і ендокринну частини. На третьому місяці ембріонального розвитку спочатку виділяються бета-клітини, а потім стають видимими альфа-клітини. Наприкінці 5-го місяця вже сформовані островці Лангерганса. У крові плода інсулін визначається на 12 тижні, але до 7-го місяця його концентрація низька. Надалі вона різко підвищується й утримується до народження. У плода інсулін і глюкагон діють на вуглеводний обмін. Інсулін разом із гормоном росту регулює ростові процеси.

У дітей перших двох місяців життя відносне число островців Лангерганса більше, ніж у наступні періоди розвитку: вони становлять 6 % маси всієї залози, а наприкінці першого року життя на їхню частку доводиться тільки 1 %. Таке співвідношення ендокринної та екзокринної частин підшлункової залози зберігається до 40-50 років. Із віком також змінюються розміри островців: у новонароджених вони становлять 50 мкм, від 10 до 50 років-100-200 мкм, після 50 років розмір островців зменшується.

Вікові зміни функціональної активності підшлункової залози пов'язані зі зміною її структури. У дітей перших шести місяців життя інсуліну виділяється у два рази більше, ніж у дорослих. У дітей та юнаків від 10 до 16 років рівень інсуліну в крові хвилеподібно змінюється. Під час фізичного навантаження (30 хвилин і більше) рівень інсуліну в крові знижується, а глюкагону збільшується, але концентрація глюкози в плазмі крові залишається постійною. Після 40 років активність ендокринного апарату

ту підшлункової залози падає. Так, у старості в залозі розростається сполучна тканина, і збільшується число клітин, що синтезують глюкагон (альфа-клітини) за рахунок зменшення числа клітин, що виробляють інсулін (бета-клітини). Зменшення секреції інсуліну з одночасним відносним збільшенням кількості глюкагона створює несприятливі умови для обміну вуглеводів і може бути причиною розвитку в цьому віці цукрового діабету.

Надниркові залози (*glandula suprarenales*) – парні утворення (права і ліва) розташовані у заочеревинному просторі безпосередньо над верхнім кінцем відповідної нирки, на рівні 11-12 грудних хребців (рис. 71). Права надниркова залоза лежить дещо нижче, ніж ліва. Права залоза трикутної форми, ліва – півмісяцевої (рис. 83). Довжина надниркових залоз 40-60 мм, висота – 20-30 мм, товщина – 2-8 мм, маса кожної 12-13 г. Залоза має три поверхні, передню, задню і ниркову, два краї – верхній і медіальний. Поверхня надниркових залоз злегка горбиста, на передній поверхні є глибока борозна – ворота органу, через які з нього виходить центральна вена залози. Зовні залоза вкрита фіброзною капсулою, від якої в глиб органу йдуть численні сполучнотканинні трабекули. Залоза складається з двох шарів: зовнішнього (кіркового) і внутрішнього (мозкового). Кіркова речовина надниркової залози темно-бурого кольору, складається з трьох зон: клубочкової, пучкової і внутрішньої – сітчастої. Клубочкова зона утворена дрібними клітинами – адренокортикоцитами, що розташовані у вигляді клубочків. Пучкова зона сформована великими світлими клітинами-адренокортикоцитами, заповненими краплинками ліпідів.

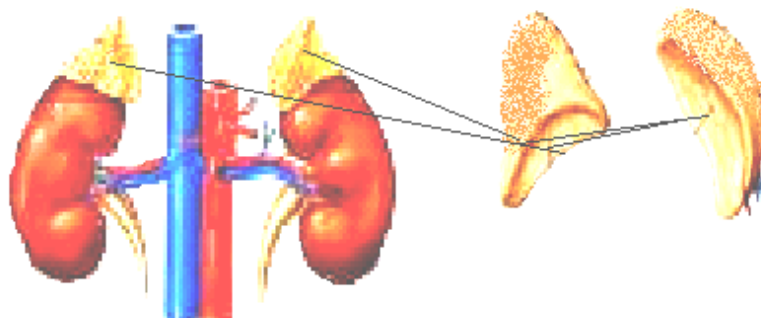


Рис. 83. Схематичне зображення розташування надниркових залоз

У сітчастій зоні дрібні клітини, адренокортикоцити, містять у собі пігмент. Перераховані зони відособлені функціонально, оскільки клітини кожної з них виробляють гормони, що відрізняються один від одного не тільки хімічним складом, але і фізіологічними діями (табл. 19). Так, мінералокортикоїди (альдостерон) виділяється клітками клубочкової зони. Глюкокортикоїди (кортикостерон, кортизол, гідрокортизол, кортизон) – утворюються в пучковій зоні. Статеві гормони-андроєни, близькі за будовою і функціями до чоловічого статевому гормону тестостерону, естроєни (жіночі статеві гормони) виробляються клітками сітчастої зони.

Клітини клубочкової зони секретують *мінералокортикоїди*. Ці гормони в епітеліальних клітинах каналців нирок активують ферменти, які підвищують ефективність натрієвого насоса, завдяки чому збільшується реабсорбція натрію і хлору, знижується реабсорбція калію, що веде до його втрати організмом. Подібні зміни виникають у клітинах епітелію кишок, слинних і потових залоз. Зменшення кількості альдостерону спричиняє нестачу натрію і надлишку калію в цитоплазмі клітини, у зв'язку з чим підвищується осмотичний тиск у цитоплазмі, збільшується надходження води з міжклітинного простору у клітину. Це призводить до гідратації клітин і згущенню крові. Збільшення кількості альдостерону призводить до затримки натрію, підвищеною осмотичного тиску у міжклітинному просторі, куди переходить багато води. Тканини набрякають. Одночасно збільшується кількість плазми, підвищується кров'яний тиск. Секреція мінералокортикоїдів контролюється АКТГ.

Клітини пучкової зони секретують *глюкокортикоїди*. Ці гормони регулюють вуглеводний, білковий і жировий обмін. Під впливом глюकोкортикоїдів збільшується вміст цукру в крові, активується глікоєноліз, пригнічується гліколіз, прискорюється дезамінування амінокислот і перетворення їхніх безазотистих залишків у вуглеводи. Процес розщеплення білків переважає над процесом їх синтезу. Однак у різних тканинах це проходить по-різному. У лімфоїдній тканині спостерігається посилене

руйнування білків, у м'язах їх синтез пригнічується, а у печінці синтез білків, особливо ферментів, прискорюється. Посилюється мобілізація жиру з жирового депо і використання його в енергетичному обміні. Глюкокортикоїди діють також протизапально, що проявляється у гальмуванні утворення колагену речовини сполучної тканини, зменшенні кількості тучних клітин, зниженні проникності капілярів. Регуляція утворення і виділення глюкокортикоїдів здійснюється гіпоталамо-гіпофізарною системою.

Статеві гормони надниркової залози-**андрогени** і **естрогени**- виділяються сітчастою зоною кори незалежно від статі особи. Ці гормони мають велике значення у розвитку статевих органів у дитячому віці, коли секреторна функція статевих залоз мало виражена. Після досягнення статевої зрілості значення цих гормонів невелике.

Під час гіпофункції кори надниркових залоз розвивається адисонова хвороба (бронзова хвороба), її характерні прояви – інтенсивна пігментація шкіри, слабкість, виснаження, гіпотонія, різного роду порушення функцій органів травлення. Ці симптоми є наслідком втрати організмом значної кількості солей, зниженням обміну міклітинної рідини, зменшенням кількості глюкози у крові, відкладанням у шкірі великої кількості меланіну.

Мозкова речовина складається переважно з хромафінних клітин, які забарвлюються у жовто-бурий колір від хромових солей, а також містить нервові клітини і безм'якушеві волокна. Розрізняють два види хромафінних клітин: епінефроцити (виробляють адреналін) і норепінефроцити (виробляють норадреналін).

Адреналін прискорює ритм і підвищує силу серцевих скорочень, звужує дрібні артерії, за винятком судин серця і мозку, підвищує артеріальний тиск, збуджує симпатичну частину автономної нервової системи, під його впливом прискорюється розщеплення глікогену і збільшується кількість глюкози в крові. Адреналін діє ліполітично, що підвищує вміст жирних кислот у

плазмі крові та забезпечує введення їх у ланцюг окисного обміну. Бронхи розширюються, що зменшує їхній опір повітряному потоку в легенях. Пригнічує секреторну і рухову функцію травного каналу, підвищує збудливість рецепторів зорового, слухового і присінкового аналізаторів. **Норадреналін** впливає на організм аналогічно, тільки на деякі функції діє протилежно. Наприклад, уповільнює частоту скорочень серця, знижує його хвилинний об'єм. Норадреналін є медіатором, що здійснює передачу нервового імпульсу з нервового закінчення (аксона симпатичного нейрона) на ефектор (м'яз, залозу), тоді як адреналін це гормон і не являється медіатором. На виділення адреналіну та норадреналіну впливають деякі фактори, а саме: психологічний стрес, фізичне навантаження. Так, під час тривалого фізичного навантаження (більше 3 годин), вміст у крові адреналіну та норадреналіну збільшується. Як показали дослідження останніх років, крім адреналіну й норадреналіну, клітини мозкової речовини наднирників виробляють пептиди: соматостатин, енкефалін, які впливають на нервову систему й шлунково-кишковий тракт.

Зачатки кіркової речовини наднирників уперше виявляються на початку 4-го тижня ембріонального розвитку. Вже у місячного ембріона наднирники масою рівні, а іноді й перевершують нирки. Утворення мінералокортикоїдів (альдостерона) починається у чотирьох місячного плоду, а синтез глюкокортикоїдів (кортизола) у другій половині ембріонального періоду. У новонародженого маса наднирників становить 8-10 г (табл. 18). До шостого місяця вона трохи зменшується, після чого починає збільшуватися. Особливо різке збільшення наднирників відзначається в 6-8 місяців і 2-4 роки. Збільшення маси наднирників триває до 30 років. В однорічній дитини остаточно сформовані клубочкова, пучкова й сітчаста зони кори наднирників. Раніше всього формується пучкова зона, яка зберігає свою високу функціональну активність до старості. Клубочкова зона досягає максимального розвитку в період статевого дозрівання. До старості клубочкова й сітчаста зони різко зменшуються.

Для мозкової речовини наднирників характерно пізніше формування й повільний розвиток в онтогенезі. Наприкінці 3-го початку 4-го місяця ембріонального розвитку в тканину наднирника врастають хромафінні клітини й починається синтез норадреналіну. Адреналіну у плода утворюється мало.

У немовлят мозкова речовина розвинена відносно слабо. Збільшення кількості клітин відбувається в період із 3 до 4 років і з 7 до 8 років. У 10 років мозкова речовина масою перевершує кіркову речовину. Утворення гормонів зростає протягом першого року життя, а у віці від 1 до 3 років формується його добова і сезонна циклічність. Виділення норадреналіну має два піки: з 9 до 12 років і з 18 до 21 року, адреналіну менше виділяється вночі. Навесні утворення гормонів підсилюється. Надалі секреція гормонів збільшується й залежить від рухливості дітей, їхніх емоційних реакцій, дії можливих подразників.

Параганглії (*paraganglia*) – скупчення гормонально активних клітин, що мають спільне походження з вузлами симпатичної частини автономної нервової системи. Складаються з хромафінних клітин, аналогічних за своєю будовою клітинам мозкової речовини надниркових залоз. Найкраще розвинені у дітей. Досить рано відбувається сполучнотканинне їх переродження. Розрізняють наступні параганглії: міжсонні, поперековий аортальний, надсерцевий. Міжсонний параганглій має розмір 8х3х2 мм, розташований у місці розгалуження загальної сонної артерії на зовнішню і внутрішню. Поперековий аортальний параганглій міститься на передній поверхні черевної аорти, має вигляд тонкої смужки розміром 15х3 мм, добре розвинений у новонароджених і грудних дітей, на 2-3-му році життя зникає. Надсерцевий параганглій непостійний, розташований між аортою і легневим стовбуром. Параганглії трапляються також на підключичній і нирковій артеріях.

При збудженні вони виробляють **катехоламіни: адреналін і норадреналін**.

9. 2. Статеві залози. Статеве дозрівання

Яєчко (*testis*) – парна статева залоза, розміщена в мошонці. Виробляє сперматозоїди, як залоза зовнішньої секреції і чоловічі статеві гормони і як залоза внутрішньої секреції. Яєчко еліпсоподібної форми, має передній і задній краї, верхній і нижній кінці, присередню й бічну поверхні. До заднього краю яєчка прилягає його придаток. Яєчко зовні вкрите міцною сполучнотканинною, або білковою, оболонкою. На задньому краю яєчка білкова оболонка утворює потовщення, що має назву середостіння яєчка. Від середостіння йдуть сполучнотканинні перегородки, що поділяють яєчко на часточки, яких налічується від 100 до 250. У кожній часточці є 3-4 звивисті сім'яні каналці завдовжки 70-100 см кожний. У звивистих сім'яних каналцях відбувається розвиток чоловічих статевих клітин, або сперматогенез. У розвитку чоловічих статевих клітин виділяють чотири періоди: розмноження, ріст, дозрівання і формування. Період розмноження починається ще в гонадах зародка чоловічої статі, що знаходиться на ранніх стадіях внутріутробного розвитку і, звичайно, продовжується протягом усього життя людини. У звивистих каналцях сім'яників, поблизу їх зовнішньої стінки, лежать сперматогонії – клітини з диплоїдним набіром хромосом. Після досягнення статевої зрілості вони починають ділитися мітозом. У певний момент сперматогонії припиняють ділитися, переходять у період росту і перетворюються на сперматоцити першого порядку, які відразу ж вступають у період дозрівання, що включає мейоз. У результаті першого ділення мейозу кожний із них ділиться на дві однакові клітини-сперматоцити другого порядку, що мають гаплоїдний набір хромосом. Друге мейотичне ділення призводить до утворення чотирьох сперматид. У людини перше ділення мейозу займає декілька тижнів, тоді як друге завершується за вісім годин. Після утворення сперматид закінчується період дозрівання. Період формування є періодом розвитку, у результаті якого сперматиди перетворюються в сперматозоїди. **Сперматозоїди** – це мікроскопічно малі, спеціалізовані рухомі клітини, що мають головку, шийку і

хвіст. Вони накопичуються у сім'яних міхурцях, які виробляють секрет лужної реакції. Під час статевого збудження сім'яні пухирці скорочуються і сперматозоїди змішуються з живильною рідиною передміхурової залози. Завдяки секрету залози сперматозоїди набувають рухливості, також цей секрет служить для них живильним середовищем. Суміш секрету передміхурової залози і сперматозоїдів називається спермою. Кожен 1 мм^3 сперми містить від 60 до 20 млн. сперматозоїдів.

Ендокринну функцію у яєчку виконують інтерстиціальні ендокриноцити (клітини Лейдига), які розташовані між сім'яними каналцями біля кровоносних і лімфатичних капілярів (рис. 84).

Інтерстиціальні ендокриноцити яєчка виробляють **чоловічі статеві гормони андрогени**, основним представником яких є **тестостерон**. Він впливає на розвиток статевих органів, формування вторинних статевих ознак чоловічого типу, жировий обмін. Крім того, тестостерон разом з іншими гормонами сприяє посиленню синтезу білків, які в свою чергу позитивно впливають на розвиток скелетних м'язів. У чоловіків $2/3$ усієї кількості андрогенів секретують яєчки і тільки $1/3$ надниркові залози. Під час фізичного навантаження у чоловіків рівень гормону тестостерону в крові збільшується.

Секреція тестостерону в яєчках регулюється гормонами гіпофіза. У чоловіків в яєчках синтезуються в невеликій кількості й **естрогени (жіночі статеві гормони)**. У ембріона на 5-му тижні починається розвиток статевих залоз (гонад).

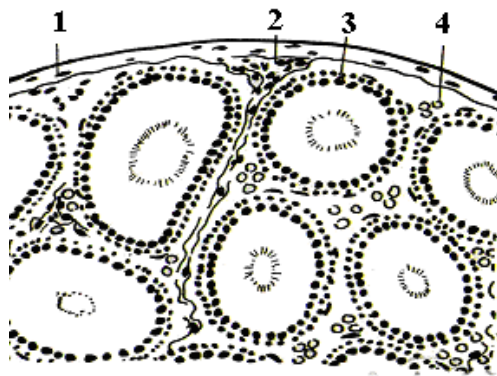


Рис. 84. Будова яєчка: 1 — власна та білочна оболонка; 2 — сполучнотканині перегородки; 3 — сім'яні каналці; 4 — інтерстиціальні клітини

Чоловічі гонади проявляють гормональну активність наприкінці 3-го місяця. Вони починають синтезувати тестостерон, під впливом якого органи статеві системи здобувають будову, характерну для чоловічої статі. Якщо гонади не синтезують андрогени, вони розвиваються жіночим типом, тобто перетворюються в яєчники. Крім того, у період 4,5-7 місяців андрогени викликають диференцію гіпоталамуса чоловічим типом, при їхній відсутності процес іде жіночим типом. Після завершення внутрішнього розвитку утворення андрогенів у гонадах хлопчиків припиняється й відновлюється знову в період статевого дозрівання (пубертатний період).

Статеве дозрівання хлопчиків. У період статевого дозрівання (підлітковий період) в організмі хлопчиків відбувається низка змін, що приводять до їхньої фізичної зрілості. У цей період змінюється психіка хлопця, формується його особа. Тривалість періоду статевого дозрівання охоплює проміжок часу від 10 до 20 років. У статевому розвитку хлопчиків можна виділити два періоди: перший із 10 до 15 років, коли розвиваються статеві органи і вторинні статеві ознаки, і другий – після 15 років, коли починається період сперматогенезу (репродуктивний період). Під час гіпофункції статевих залоз порушується розвиток статевих органів і формування вторинних статевих ознак. У чоловіків такий стан називається євнухїдизм і характеризується наступними ознаками: мізерне зростання волосся на лобку, немає бороди, гіпертрофія молочних залоз, слабкість м'язів, високий голос, ерекція і статевий потяг відсутні. При гіперфункції статевих залоз відбувається передчасний ріст зовнішніх статевих органів, ранній розвиток вторинних статевих ознак, посилений розвиток м'язів, формується підвищене статеве ваблення. У дітей до пубертатного періоду концентрація тестостерону в крові утримується на невисокому рівні. У пубертатному періоді гормональна активність яєчок значно збільшується. У 16-17 років концентрація тестостерону в крові наближається до рівня дорослих чоловіків.

Перші ознаки статевого дозрівання хлопчиків – збільшення

розмірів яєчків і зовнішніх статевих органів. Під впливом чоловічих статевих гормонів-андрогенів формуються вторинні статеві ознаки: прискорений ріст – до 10 см у рік, волосяний покрив на лобку, під пахвами й на обличчі. Швидко розвиваються м'язи пояса верхньої кінцівки, плечі розширюються, тоді як таз залишається вузьким. Це надає фігурі хлопчика чоловічої статури. Збільшуються й змінюються хрящі гортані, голос стає приблизно на октаву нижчим, порівняно з дитячим, глибшим і виразнішим (мутації голосу). У цей час не рекомендується напружувати голосові зв'язки (кричати, голосно розмовляти). Під впливом статевих гормонів посилюється секреція шкірних залоз, особливо на обличчі й спині. Якщо не дотримуватися особистої гігієни, вони можуть запалюватися, утворюючи вугрі, які зазвичай зникають до 21-23 років. Андрогенами визначається і чоловіча поведінка. У період статевого дозрівання передміхурова залоза починає виділяти секрет, який за складом ще відрізняється від секрету передміхурової залози дорослого чоловіка. Із 14 років у хлопчиків починає вироблятися сперма. Мимовільне виверження сперми (полюції) відбуваються під час сну. Полюції свідчать про те, що яєчка розвиваються нормально, хлопчик стає юнаком. Утворення сперматозоїдів і статевих гормонів у чоловічому організмі продовжується до 50-55 років, потім поступово припиняється.

Яєчник (*ovarium*) – головна залоза жіночої статеві системи. Виробляє яйцеклітини як залоза зовнішньої секреції і жіночі статеві гормони як залоза внутрішньої секреції. Розташований у порожнині малого таза. Яєчник має еліпсоподібну форму, сизовато-білого кольору, із горбистою поверхнею. У яєчнику розрізняють поверхневий, або кірковий шар – це залозиста речовина. Під кірковим шаром міститься мозкова речовина – строма яєчника, яка складається з пухкої сполучної тканини. У кірковій речовині містяться епітеліальні мішечки округлої форми – фолікули різного діаметра, тут і відбувається розвиток жіночих статевих клітин, або овогенез (рис. 85). У розвитку жіночих статевих клітин розрізняють три періоди: розмноження, ріст і до-

зрівняння. Період розмноження і ріст жіночих статевих клітин відбуваються в яєчниках протягом ембріонального періоду розвитку. Наприкінці другого місяця ембріонального розвитку первинні статеві клітини припиняють розмноження і починають перетворюватись в овогонії.

У двомісячного плоду в яєчнику міститься близько 600 тисяч овогоній.

Кількість овогоній до п'ятого місяця розвитку весь час зростає за рахунок їх розмноження і досягає близько 7 млн. На останніх місяцях ембріонального розвитку овогонії починають перетворюватись в овоцити, відбувається масова дегенерація овогоній.

На останніх місяцях ембріонального розвитку овогонії починають перетворюватись в овоцити, відбувається масова дегенерація овогоній.

Період росту жіночих статевих клітин починається з третього місяця ембріонального розвитку людини. Овогонії в яєчнику обгортаються одним шаром фолікулярних клітин, які постачають їм поживні речовини, перестають ділитися і перетворюються в овоцити першого порядку. Після народження у дівчат овоцити першого порядку припиняють свій розвиток в яєчниках до періоду статевого дозрівання. У яєчниках новонародженої дівчинки міститься близько 2 млн. овоцитів.

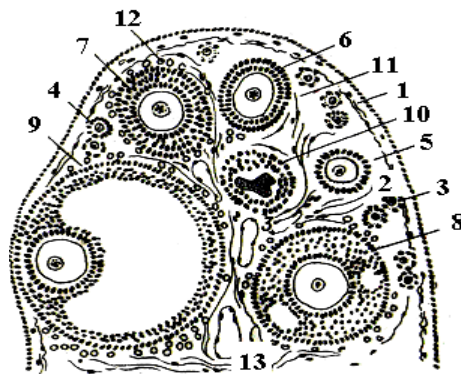


Рис. 85. Будова яєчника: 1- оболонка яєчника; 2 – корковий шар яєчника; 3-11 – статеві клітини (3 – первинний фолікул, 3, 4 – одношарові фолікули; 5 – двошаровий фолікул, 7 – багатошаровий фолікул, 8, 9 – граафів пухирець, 10 – яйцеклітина, що загинула); 11 – прошарки сполучної тканини; 12 – інтерстиціальні клітини; 13 – кровоносні судини

Овоцит, оточений одним шаром фолікулярних клітин, називається первинним фолікулом. Найраніші стадії розвитку первинних фолікулів проходять без участі статевих гормонів, але надалі під час статевого дозрівання в одному з яєчників кожен місяць дозріває один фолікул із майбутньою яйцеклітиною. Цей процес контролюється гормонами гіпофіза (ФСГ, ЛГ) і естрогеном, що виробляється самим яєчником, і носить назву менструального циклу. У відповідь на дію гормонів між фолікулярними клітинами формується порожнина, розміри якої поступово збільшуються. Такий фолікул називається вторинним. Зовні він оточений оболонкою фолікула. У її внутрішньому шарі розвивається мережа кровоносних судин. Під впливом гормонів фолікул швидко збільшується в розмірах, перетворюючись у пухирчастий фолікул або граафів пухирець. Такий фолікул виробляє велику кількість *жіночого статевого гормону-естрадіолу*. Граафів пухирець настільки розростається, що випинає стінку яєчника, яка витончується і лопається, звільнюючи жіночу статеву клітину. Цей процес має назву овуляції. При цьому овоцит виходить в порожнину очеревини. У цей час здійснюється перше ділення дозрівання (перший мейотичний поділ), під час якого утворюється одна велика клітина – овоцит другого порядку (має гаплоїдний набір хромосом) і перше полярне тільце. Овоцит другого порядку, оточений шаром фолікулярних клітин, захоплюється війками маткової труби і просувається матковою трубою. Якщо в матковій трубі відбувається запліднення, то тут здійснюється друге ділення дозрівання (другий мейотичний поділ), овоцит другого порядку знову ділиться на дві нерівні клітини, утворюючи зрілу яйцеклітину і друге полярне тільце. Якщо запліднення не відбулось, то овоцит другого порядку відмирає, а якщо запліднення відбулось, то запліднена яйцеклітина (зигота) транспортується у напрямку до матки.

Порожнина фолікула, що лопнув, після виходу овоцита поступово спадає і заповнюється клітинами, що містять жироподібну речовину жовтого кольору, тобто фолікул перетворюється на жовте тіло. Воно швидко росте і під впливом гіпофізарних

гормонів стає тимчасовою залозою внутрішньої секреції, яка секретує жіночі статеві гормони – естроген і прогестерон. Якщо запліднення не відбувається, жовте тіло поступово втрачає чутливість до гормонів гіпофіза, перестає виділяти гормони і зазнає зворотного розвитку. Виділення гормону жовтого тіла, при відсутності запліднення, припиняється на 13-14 день після овуляції. Це сприяє відторженню слизистої матки, яке супроводжується кровотечею. Шматочки слизистої разом з кров'ю виділяються в піхві починається менструація, яка продовжується від 3 до 5 днів. Після того, як вона закінчиться, слизиста матки відновлюється. Менструальний цикл повторюється кожен місяць, його тривалість від 21 до 30 днів (в середньому 28 днів). За цей період знову дозріває фолікул, відбувається овуляція, утворюється і розвивається жовте тіло.

У яєчниках ендокринну функцію виконують фолікули під час свого розвитку і жовте тіло. Клітини зернистого шару фолікулів, а також клітини інтерстиція яєчника виробляють естрогени (фолікулін). Клітини жовтого тіла (лютеоцити) виробляють гормон прогестерон. У жінок вміст статевих гормонів у плазмі крові істотно залежить від фази менструального циклу. У другій третині циклу рівень естрогенів різко підвищується, а потім різко падає. Через кілька днів підвищується рівень гормону прогестерону. Секреція обох гормонів регулюється гонадотропними гормонами гіпофіза (ФСГ, ЛГ). У яєчнику також синтезується невелика кількість андрогенів (чоловічих статевих гормонів).

Завдяки **фолікуліну** розвиваються зовнішні статеві органи, опорно-руховий апарат, відбувається формування вторинних статевих ознак жіночим типом. Другим важливим гормоном є **прогестерон**, який готує слизову оболонку матки до імплантації заплідненої яйцеклітини, впливає на утворення плаценти, затримує зростання нових фолікулів і овуляцію, стимулює діяльність грудних залоз. Під час гіпофункції яєчників (недостатньому виробленню естрогенів) у жінок спостерігається недорозвинення статевих органів: таз вузький, лобок і сідниці позбавлені жирових відкладень, слабо розвинені м'язи, відсутнє ста-

теве ваблення. Проявом недостатньої секреції естрогенів є безпліддя.

Андрогени і естрогени, взаємодіючи з іншими гормонами, впливають на ріст кісток. Під дією статевих гормонів ріст практично зупиняється через окостеніння епіфізарних хрящів. Під час недостатньої секреції андрогенів гормон росту продовжує впливати на кістки, що приводить до розвитку гіпогонадного гігантизму.

У новородженої дівчинки маса яєчника 0,15 г, у однорічної дівчинки – 1 г, у 4-7 років – 3,5 г, після статевого дозрівання їх маса становить 5-6 г. У віці 40-50 років починається атрофія яєчників, їхня маса зменшується майже вдвічі.

Статевий розвиток дівчаток. Після народження статевий розвиток жіночого організму йде під контролем статевих гормонів. У розвитку яєчників виділяють три періоди: нейтральний, препубертатний і пубертатний. У перший період, перші 6-7 років життя дівчинки, активність яєчників знижена. У цей час яєчники секретують незначну кількість жіночих статевих гормонів. У другий період, від 8 років і до першої менструації, збільшується виділення гормонів гіпофіза, які стимулюють ріст яєчників. У яєчниках починають вироблятися статеві гормони. Вони зумовлюють розвиток жіночих вторинних статевих ознак: збільшуються грудні залози, з'являється волосся на великих губах, потім на лобку й під пахвами. У цей же період інтенсивно росте і розвивається скелет. Тіло дівчинки набуває жіночої статури: збільшується ширина тазу, а плечі залишаються вузькими. Третій період у більшості дівчаток настає у віці 12-13 років, коли починається перша менструація. Вона свідчить про те, що у фолікулах яєчників почали дозрівати яйцеклітини. Спочатку менструації можуть бути нерегулярними, із перервами до кількох місяців. Однак через 2-3 роки менструальний цикл стає регулярним.

Між 45 і 55 роками настає менопауза: менструальні цикли знову стають нерегулярними, короткими або довгими, потім менструації зникають зовсім. Регуляція циклічних змін у жіно-

чому організмі пов'язана з гіпоталамо-гіпофізарною системою і гормонами статевих залоз. Разом з ендокринними чинниками на ці процеси впливають як зовнішні, так і внутрішні фактори, а саме: різкі зміни умов навколишнього середовища, зміна клімату, стреси тощо.

9.3. Запліднення і розвиток зародка людини

З'єднання сперматозоїда з яйцеклітиною, або запліднення, є початковим моментом зародкового розвитку. Проникнення сперматозоїда в яйцеклітину стимулює останню до розвитку. Другим аспектом запліднення є внесення батьківських хромосом у яйцеклітину. Під час статевого акту сперматозоїди потрапляють у піхву і рухаються вгору у напрямку до матки. Із піхви сперматозоїди через отвір шийки матки потрапляють у порожнину матки як за рахунок власної енергії руху, так і в результаті скорочень м'язових стінок цих органів. Тривалість здатності до запліднення сперматозоїдів і яйцеклітини в людини не перевищує 24 години. Сперматозоїди швидко проникають до верхньої частини маткових труб, де вони можуть запліднити яйцеклітину.

Сперматозоїди виділяють ферменти, які руйнують оболонку яйцеклітини, що складається з фолікулярних клітин. Один сперматозоїд проникає через мембрану яйця, причому в цитоплазмі входять тільки його ядро і центріоль. Ядра сперматозоїда і яйцеклітини рухаються назустріч один одному і зливаються, утворюючи ядро зиготи. Після проникнення сперматозоїда яйцеклітина утворює оболонку, яка перешкоджає проникненню інших сперматозоїдів. У процесі запліднення формується стать дитини. Якщо під час запліднення сперматозоїд вносить Х-хромосому, то стать майбутнього організму буде жіночою, а коли Y-хромосому, то чоловічою. Невикористані сперматозоїди і незапліднена яйцеклітина гинуть в маткових трубах або в матці та знищуються лейкоцитами. *Запліднена яйцеклітина (зигота)* переходить у стан інтенсивного обміну речовин, посилюються дихальна і синтетична функції. Вона рухається матковою трубою у напрямку матки, де через декілька днів починає укоріню-

ватися в слизову оболонку матки і почнеться процес імплантації. За час переміщення зигота перетворюється в багатоклітинний зародок.

Внутріутробний період розвитку людини (пренатальний онтогенез) починається з утворення зиготи і закінчується народженням дитини. Перші два місяця складають **зародковий (ембріональний) період**, а з третього місяця до народження – **плідний період**. Організм, що розвивається до третього місяця вагітності називається зародком, або ембріоном, а з третього місяця – плодом. У процесі розвитку зародка відбувається розмноження клітин, їх спеціалізація, переміщення або міграція клітин і клітинних мас, утворення органів.

Дробіння зиготи починається приблизно через 30 годин після запліднення. Протягом перших трьох діб просування матковою трубою зигота ділиться повільно, із швидкістю одного поділу на добу, і наприкінці третьої доби зародок складається з 8-9 клітин. Клітини, які утворюються в результаті дроблення, називаються **бластомерами**. Група бластомерів, що виникла в результаті декількох ділень, утворює щільну кучку клітин. На цій стадії зародок називають морулою. Перехід до стадії бластули здійснюється дуже швидко. Із багатоклітинної бластули утворюється пухирець – **бластоциста**, яка складається з внутрішньої групи **клітин-ембріобласта**, із цих клітин згодом розвивається тіло зародка, та із периферійної групи **клітин-трофобласта**. Між ембріобластом і трофобластом є порожнина, яка заповнена позародковою мезенхімою. На 4-5 день, після запліднення, зародок потрапляє в порожнину матки і протягом 2-3 днів вільно в ній плаває. За рахунок росту і розмноженню клітин розмір бластули збільшується, оболонка запліднення на її поверхні руйнується, починається стадія гастрюляції. При цьому утворюється зародок з трьома зародковими листками: ектодермою, ентодермою і мезодермою. Кожен із трьох зародкових листків має свої властивості – як морфологічні, так і функціональні, що дістали назву диференціюваних шарів клітин. Ектодерма – зовнішня оболонка зародка, у процесі розвитку з

неї формується епітеліальна тканина шкіри та її похідні, деякі органи чуття, нервова система. Ентодерма-внутрішня оболонка зародка, з неї утворюються: епітелій кишок, травні залози, епітелій дихальної системи. Із мезодерми розвиваються всі види сполучної, м'язової, хрящова та кісткова тканини, кров і кровотворні органи.

На 6-7 день, після запліднення, зародок прикріплюється до однієї з ділянок слизової оболонки матки і починає занурюватися в її стінку. Цей процес називається *імплантацією*. Як правило, імплантація відбувається у верхній частині матки на передній або на задній її поверхні. Із третього тижня внутріутробного розвитку починається *зародження осевих органів*: хорди, нервової трубки, сомітів мезодерми. Наприкінці першого місяця внутріутробного розвитку вже сформовані зачатки всіх тканин: епітеліальних, сполучної, м'язової та нервової. Із другого місяця внутріутробного розвитку утворюються майже всі органи систем і апаратів зародка, що розвивається. Цей період дістав назву органогенезу. Кінець другого місяця характеризується формуванням зовнішніх форм голови, тулуба, кінцівок. Починаючи з третього місяця розвитку, спостерігається інтенсивний ріст усіх органів та окремих частин тіла зародка.

Присутність зародка викликає різко виражені зміни в слизовій оболонці матки, найбільші в тій ділянці, де відбулась імплантація. Навколо зародка розвивається декілька оболонок. Сама внутрішня з них, тонка і прозора, називається амніотичною. Вона утворює амніотичну порожнину, заповнену рідиною, в якій розвивається зародок. Поверх амніотичної оболонки розташована *ворсинчаста оболонка або хоріон*, яка утворюється з трофобласта. Ворсинки хоріону містять кровоносні судини й утворюють плідну частину плаценти. З її допомогою здійснюється живлення і дихання зародка. У ранній період імплантації зародок живиться за рахунок речовин, які проникають із рідини у порожнину матки, а також зруйнованими клітинами ендометрія матки. Згодом необхідні для розвитку речовини зародок поглинає з материнської крові, яка омиває ворсинки хоріону. До

кінця другого місяця внутріутробного розвитку ворсинки хоріону зберігаються тільки на тій стороні зародка, де утворюється плацента. Вони розростаються і розгалужуються, занурюються в слизову оболонку матки і руйнують її кровоносні судини. Незабаром в слизовій оболонці матки утворюється заглиблення, яке заповнюється материнською кров'ю, яка витікає із зруйнованих кровоносних судин. Утворюється **плацента** – ворсинчаста, гемохоріальна. Ворсинки плаценти утворюють величезну поверхню і омиваються кров'ю матері.

Кров матері не змішується з кров'ю плода ні в плаценті, ні в будь-якому іншому місці. Крізь одношарові стінки капілярів відбувається дифузія поживних речовин і кисню із крові матері в кров зародка. Так само відбувається передавання продуктів дисиміляції з крові зародка в материнський організм. Таким чином, головна функція плаценти полягає в тому, що через неї встановлюється контакт між організмом матері та плодом. Крім того, плацента виконує функцію залози внутрішньої секреції. Вона секретує гормони, завдяки яким у період вагітності слизова оболонка матки не відшаровується, не виникають менструальні цикли і плод зберігається в матці до родів. До таких гормонів відноситься **гонадоотропін**, який починає виділятися ворсинками хоріону ще до імплантації зародка, а саме коли ще зародок знаходиться у маткових трубах. Виявлення цього гормону в сечі жінки використовується як тест на вагітність. Цей гормон впливає на трофіку зародка, стимулює функцію жовтого тіла, забезпечує секрецію стероїдних гормонів. Через два місяці в самій плаценті утворюються естроген і прогестерон. Тут же утворюється і гормон **пролактин**, який підготує організм матері до лактації, тобто до утворення секреції молока.

РОЗДІЛ 10. Гігієна навчально-виховного процесу в школі

У період навчання у школі відбувається інтенсивний розвиток, формування і дозрівання організму; він здатен чуйно реагувати як на несприятливі чинники, які погіршують здоров'я, так і на сприятливі, оздоровчі.

Фізіолого-гігієнічні принципи побудови педагогічного процесу в сучасній школі ґрунтуються на досягненні такої організації навчання і виховання, яка має забезпечити відповідність навантаження функціональним та адаптаційним можливостям дітей різного віку і підтримувати високий рівень їх працездатності – головної умови гармонійного розвитку та збереження здоров'я школярів.

10.1. Працездатність учнів різних вікових груп та її зміна у процесі навчальної діяльності

Працездатність. *Працездатність* – це здатність людини розвинути максимум енергії та економічно витрачаючи її, досягнути поставленої мети під час якісного виконання розумової і фізичної роботи. Це забезпечується оптимальним станом різних фізіологічних систем організму під час синхронної, скоординованої діяльності.

Мірою працездатності є кількість виробленої за певний період часу роботи за заданими кількісними показниками або час, протягом якого людина здатна виконувати роботу без зниження заданих якісних і кількісних показників під час нормального функціонування фізіологічних систем, які забезпечують дібранний тип діяльності (тобто без шкоди для здоров'я). Це визначення стосується як трудової діяльності (перетворення довкілля), так і навчальної (оволодіння засобами пізнання).

Працездатність тісно пов'язана з віком: усі показники працездатності зростають у залежності від росту і розвитку дитини. Працездатність в однієї і тієї ж людини може змінюватися в залежності від часу доби, дня тижня, пори року (сезонні коливання) і стану здоров'я.

В учнів усіх вікових періодів із відхиленнями у стані здо-

ров'я рівень розумової працездатності більш низький у порівняння зі здоровими дітьми і колективом класу в цілому.

Фази працездатності. Працездатність має визначені, закономірні коливання. Спочатку, коли учень тільки приступає до роботи, працездатність відносно невисока і поступово підвищується. Цей період називається ***фазою входження в роботу***. У цей час відбувається, по-перше, налаштування нервових і гуморальних механізмів управління даним видом діяльності; по-друге, поступове формування необхідного стереотипу рухів; і по-третє, досягнення потрібного рівня вегетативних функцій. У дітей, у порівнянні з дорослими, ця фаза дещо коротша, що пояснюється більш високою збудливістю і функціональною рухливістю нервової системи.

Після фази входження в роботу настає ***фаза оптимальної стійкої працездатності***. У цей час дитина вчиться найбільш продуктивно та якісно, всі необхідні фізіологічні механізми повністю приходять у дію. Позитивні зміни вищої нервової діяльності корелюють із показниками, які відбивають сприятливий функціональний стан інших фізіологічних систем.

Природно, що тривалість цієї фази, як і попередньої, індивідуальна і залежить від віку, стану здоров'я, рівня тренуваності тощо. Через деякий час працездатність починає знижуватися, розвивається ***фаза стомлення***. Стомлення виявляється спочатку несуттєвим, а потім різким зниженням працездатності. На першому етапі ***зниження працездатності*** реєструється дисбаланс процесів збудження і гальмування у бік переважання збуджувального процесу (руховий неспокій) над активним внутрішнім гальмуванням. На етапі ***різкого зниження працездатності*** ще стрімкіше погіршується функціональний стан центральної нервової системи: розвивається охоронне гальмування, яке зовнішньо виявляється у дітей і підлітків у млявості, сонливості, втраті інтересу до праці і відмові її продовжувати, часто в неадекватній поведінці.

У ***період організованого активного відпочинку*** відновлювальні процеси забезпечують повернення працездатності до поча-

ткового, доробочого рівня, вони можуть підняти її вище цього рівня. Разом із цим натренованість виникає тоді, коли чергове навантаження йде за відновленням і закріпленням показників після попередньої роботи.

Хронічне виснаження – коли чергове навантаження відбувається до того, як відновлювання працездатності досягло свого початкового рівня.

Зміна розумової роботи на фізичну, переключення з одного виду діяльності на інший, припинення розумової праці дітей і підлітків у момент початку різкого зниження працездатності (ранньої стадії стомлення) і наступна організація активного відпочинку сприяють поновленню функціонального стану центральної нервової системи. Систематичним виконанням роботи (навчальних занять, трудової діяльності) у межах вікових нормативів тривалості досягається удосконалення розумової працездатності.

Фізіологічна динаміка працездатності учнів. Для діяльності центральної нервової системи, а також для інших органів і їх систем характерним є добовий ритм. Такі закономірні циклічні зміни активності фізіологічних систем знаходять відбиття у денній і добовій динаміці розумової працездатності, температурі тіла, частоти серцевих скорочень і дихання, а також в інших фізіологічних показниках.

Сучасним науковим дослідженням доведено, що біоритмологічний оптимум розумової працездатності у дітей шкільного віку припадає на інтервал з 10-ї до 12-ї години дня. У цей період спостерігається найбільша ефективність засвоєння учнями навчального матеріалу при найменших психофізіологічних затратах організму. Після цього активність падає і знову підіймається о 16-18 годині, але вже менш виражено. За час неспання криві періодики працездатності та фізіологічних функцій у 80 % учнів репрезентують тип коливань з однією або двома вершинами (рис. 86).

На початку уроку відбувається **поступове входження учнів до робочого стану** – на це витрачається на першому уроці бли-

зько 10 хвилин, на наступних – близько 5 хвилин. Тривалість стійкого робочого стану залежить від віку: в учнів молодших класів він триває 15-20 хвилин, в учнів середнього шкільного віку – 25-30 хвилин, у старшокласників – 30-35 хвилин. У відповідності до цих закономірностей і треба планувати навчальні заняття. Початкова частина уроку – **вступна**. Учителю повинен домогтися активізації учнів, їх зосередженості на навчальному матеріалі, концентрації уваги на заняттях. Наступна частина уроку – **основна**. Тут відбувається аналіз найбільш складного матеріалу – будь то опитування чи пояснення нового. Остання частина уроку – **заклучна**, у цей час закріплюється навчальний матеріал, даються завдання додому тощо. Крім добової періодичності фізіологічних функцій і психофізіологічних показників, у тому числі й працездатності, виражені їх тижневі зміни.

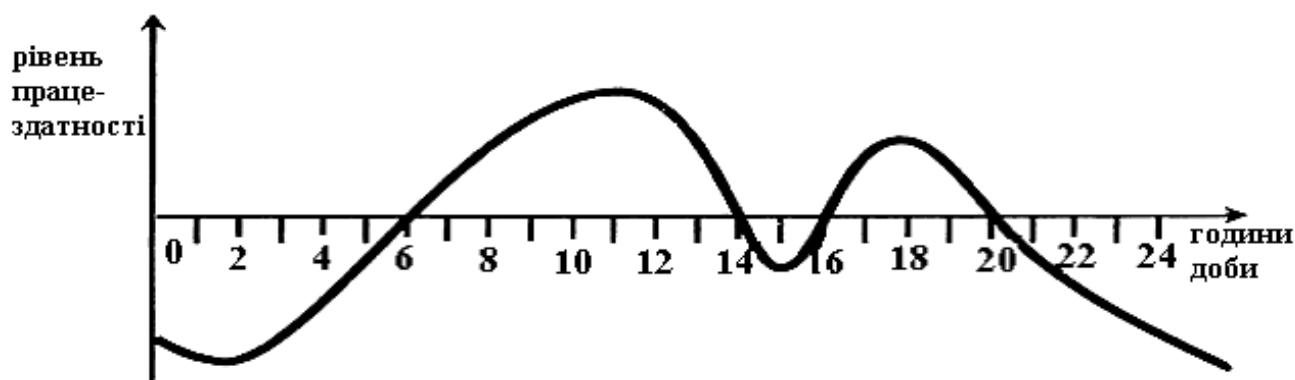


Рис. 86. Зміна динаміки працездатності протягом доби

Найбільша працездатність спостерігається у середині тижня – в середу, до суботи вона знижується (рис. 87).

У понеділок в учнів реєструються низькі показники розумової працездатності, збільшений латентний період зорово- і слухомоторних реакцій, велика кількість зривів диференціальних реакцій. Майже у половини учнів бувають зміни кривих вегетативних функцій. У вівторок і середу учням властивий не тільки більш високий рівень показників розумової і м'язової працездатності, але й більша їх стійкість. Четвер і п'ятниця у більшості випадків виявляються днями зниженої працездатності та найменшої її стійкості. Субота найбільш несприятливий на-

вчальний день. Працездатність дітей і підлітків буває низькою. Однак часто у п'ятницю і суботу спостерігається підвищення позитивної емоціональної налаштованості учнів у зв'язку з майбутнім днем відпочинку, передчуття цікавих справ і розваг, екскурсій, походів тощо. Організм, не звертаючи увагу на стомлення, мобілізує всі ресурси, котрі має, що виражається у відносному підвищенні розумової працездатності, – явище так званого кінцевого пориву.

У дітей, які тільки приступають до систематичного навчання, у період адаптації до навчальних навантажень, нових умов навчання і вимог дисципліни у перші 6-9 тижнів дні оптимальної працездатності, коли узгоджуються між собою відносно високі швидкість і точність роботи, зміщуються від вівторка до четверга. Лише через деякий час встановлюється постійний день найкращої працездатності першокласників – вівторок. В учнів середніх і старших класів оптимум працездатності у більшості випадків припадає на вівторок. У середу реєструється різкий спад усіх показників працездатності, а в четвер спостерігається суттєвий підйом швидкості та точності роботи.

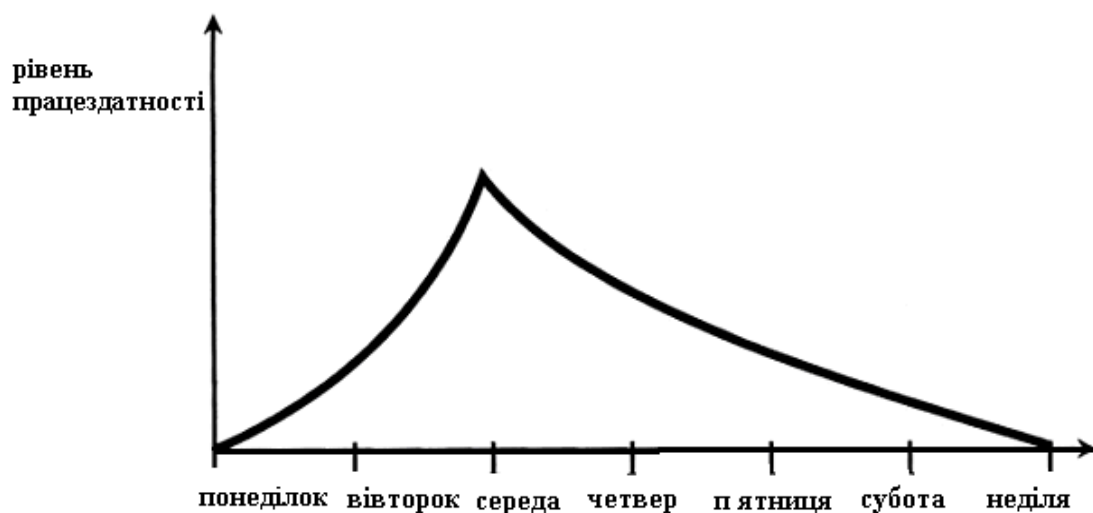


Рис. 87. Зміна динаміки працездатності протягом тижня

Падіння працездатності у середу вказує на раннє настання втоми, суттєву напругу механізмів регуляції функціонального стану фізіологічних систем і пошук ресурсів для вирівнювання працездатності. У результаті забезпечується відносно високий,

але одноденний (четвер) підйом рівнів усіх показників працездатності. Але зміцнення рівнів відсутнє, і в п'ятницю настає погіршення рівноваги між процесами збудження і гальмування у нервових клітинах кори головного мозку, ослаблення активного внутрішнього гальмування.

Дуже часто *падіння працездатності* до середини тижня і пошук організмом ресурсів для її вирівнювання затягується у старшокласників до п'ятниці. Тоді лише у п'ятницю виявляється відносне підвищення працездатності, але при низькій її стійкості. У цих випадках (підвищення у четвер або п'ятницю) тижнева крива працездатності учнів має дві вершини і відповідно два спади.

Стомлення. Після тривалої, напруженої, одноманітної роботи настає стомлення. *Стомлення* – природний фізіологічний стан організму, який розвивається через напружену або довготривалу роботу і виявляється в зниженій працездатності.

Розвиток стомлення пов'язаний зі змінами, які відбуваються в центральній нервовій системі, порушенні проведення нервових імпульсів у синапсах. При цьому нервові клітини поступово на деякий час втрачають здатність сприймати із зовнішнього середовища сигнали, необхідні для продовження праці, а також сигнали від працюючого органа. Зменшується можливість нервових клітин диференціювати необхідні та випадкові сигнали, відрізняти потрібний сигнал від перешкод. У результаті їх здатність здійснювати регулюючу функцію різко падає, розвивається *охоронне*, тобто те, що виникає від роботи за межами наявних можливостей, *гальмування*. Стомлення спрямоване на запобігання значної витрати енергії, що могло б призвести до пошкодження працюючого органа або системи органів.

Особливо характерно ознаки стомлення виявляються в учнів молодших класів. Із появою втоми дитина починає відволікатися від роботи, не може на ній зосередитися, її увагу починають привертати сторонні предмети, незначні події, які мають місце в приміщенні класу чи поза ним; вона починає дивитися у вікно тощо. У деяких учнів виникає рухове занепокоєння: вовтужен-

ня, потягування, а то і вставання. Зміни положення тіла, – рухове занепокоєння, яке реєструється в учнів на уроках, – є захисною реакцією організму. Кількість рухів, тривалість збереження відносно сталості пози, частота використання кришки парти як додаткової опори для тіла також об'єктивно відбивають зростання стомлення учнів і зниження їх працездатності. Статичний компонент навчальної діяльності (збереження змушеного положення тіла) інтенсифікує розвиток стомлення і зменшення працездатності більшою мірою наприкінці роботи, ніж на її початку. В учнів середнього і старшого віку рухове занепокоєння, як прояв стомлення, що починається, може бути відсутнім завдяки кращому самоконтролю.

На *початковій фазі стомлення* учень починає поспішати, почерк у нього погіршується, у роботі з'являється все більше описок, помилок. На початку стомлення зауваження вчителя ще може на деякий час «заспокоїти» учня, тимчасово покращити якість виконуваної ним роботи. Але якщо незабаром не переключити його на інший вид діяльності (наприклад, перейти від письма до читання, від вивчення віршів до малювання), або не зробити фізкультурної паузи, то у нього настане друга фаза стомлення: подальше зростання збудження або навпаки розвиток гальмування з млявістю, сонливістю, байдужістю до оточуючого, до повного припинення здатності до роботи. Характерні ознаки прояву стомлення подані у таблиці 20.

Учні класу тією чи іншою мірою розрізняються за типами вищої нервової діяльності. У зв'язку з цим їхня стійкість до стомлення і характер явищ, які спостерігаються під час його розвитку, різні. В учнів з переважанням у центральній нервовій системі процесів гальмування над процесами збудження з самого початку стомлення може виявитися ознаками гальмування без супроводження проявів збудження.

Навпаки, в учнів з переважанням у центральній нервовій системі процесів збудження як перша, так і друга фази стомлення проявляються збудженням, у другій фазі – надмірним. Учитель обов'язково повинен дати учням відпочинок або переключити

їх на інший вид навчальної діяльності. Стан, коли людина за своїми функціональними можливостями ще може працювати, але припиняє свою діяльність при перших відчуттях стомлення, називається *ранньою втомою*.

Причин ранньої втоми у школярів може бути багато: дитина голодна, не виспалася, не повністю одужала після перенесеної хвороби, знаходиться у стані початку захворювання тощо. Педагогічні спостереження показують, що досить часто, окрім перерахованих причин, у школярів рання втома розвивається як наслідок відсутності звички до систематичної праці.

Першочергове стомлення може бути подолане за рахунок вольового зусилля завдяки якомусь стимулу до діяльності. У його прояві важливе місце має психічний механізм волі.

Таблиця 20

Зовнішні ознаки стомлення при розумовій праці

Об'єкти спостереження	Стомлення незначне	Стомлення значне	Стомлення різке
Увага	Нерегулярні розслаблення	Розсіяна	Послаблена, реакція на нові подразники (нові словесні вказівки) відсутні
Поза	Непостійна, розслаблення ніг і випрямлення тулуба	Часта зміна поз, повороти голови у різні боки, підтримка голови руками	Прагнення покласти голову на стіл, витягнути-ся, відхилившись на спинку стільця
Рухи	Точні	Невпевнені, з затримкою	Метушливі рухи рук і пальців (погіршення почерку)
Інтерес	Живий інтерес, бажання ставити питання	Слабкий інтерес, відсутність питань	Повна відсутність інтересу, апатія

Якщо учень не вчиться вольовим зусиллям подолання початкових ознак втомлення, не тренує свою працездатність, не збільшує її у часі, то згодом потрапляє до категорії «відстаючих».

Стомлення є сигналом для організму про необхідність відпочинку. Суб'єктивним виявом стомлення є **втома** – комплекс суб'єктивних переживань, які супроводжують розвиток стану стомлення. Це відчуття супроводжується слабкістю, безсиллям, відчуттям фізіологічного дискомфорту, усвідомленням порушень у протіканні психічних процесів, байдужістю до роботи, перевагою мотивацій на припинення діяльності, негативними емоційними реакціями. Втома може виникати і при довготривалому виконанні одноманітної роботи.

Втома не обов'язково і не завжди свідчить про наявність стомлення. Розрізняють парадоксальну втому, яка не пов'язана зі стомленням. Крім цього, втома може бути відсутня в об'єктивно стомленої людини.

Перевтома. Якщо інтенсивність роботи або її обсяг були надмірними, а людина через якісь причини не могла припинити роботу, а відпочинок після роботи був недостатнім для повного відновлення фізіологічних можливостей організму, стомлення поступово, а іноді навіть різко може перейти в патологічний стан – **перевтому**. Це стан організму між здоров'ям і хворобою. Він виявляється в багатьох порушеннях: погіршеннях психічних функцій (послаблення пам'яті, зниження уваги, утруднення мислення, підвищення збудливості, поява байдужості до оточуючого); порушеннях сну (стає неглибоким і тривожним), у зниженні апетиту, в загальній слабкості і в'ялості, у головних болях тощо. При цьому спостерігається також і зниження стійкості організму до різних захворювань, у першу чергу, до інфекційних хвороб, застуд, несприятливих чинників зовнішнього середовища. Кожен ступінь перевтоми (початковий, легкий, виражений, важкий) має свою специфічну симптоматику (табл 21).

Для запобігання перевтоми у школярів поряд із дотриманням вимог, які стосуються організації самої роботи (обсяг і складність завдання, темп і ритм виконання, ступінь різномані-

тності конкретних дій тощо), важливе значення має і забезпечення її умов (чіткий режим дня, повноцінний сон, харчування, яке відповідає енергетичним витратам, хороша вентиляція приміщення тощо). Уникнути втоми, що виникає внаслідок навчальної діяльності, неможливо. Щоб втома згодом не перетворилася на перевтому, навчання треба організувати так, щоб за час, відведений на відпочинок, учень поновив свої сили. Надзвичайна роль у цьому належить раціональному розподілу навчального навантаження протягом дня, тижня, року за рахунок правильно складеного розкладу уроків, режиму дня

Таблиця 21

Основні симптоми при різних ступенях перевтоми

Симптоми	Ступінь перевтоми			
	початковий	легкий	виражений	важкий
Зниження дієздатності	Незначне	Помітне	Підвищене	Різде
Поява раніше відсутньої втоми	При посиленому навантаженні	При звичайному навантаженні	При полегшеному навантаженні	Без усялякого навантаження
Компенсація зниження дієздатності вольовим зусиллям	Не вимагається	Повна	Часткова	Незначна
Емоційні зрушення	Часом зниження інтересу до роботи	Часом нестійкість настрою	Роздратованість	Пригнічений стан, різка роздратованість
Розлади сну	Важче прокидатися або засинати	Набагато важче виспатися	Сонливість	Безсоння
Зниження розумової працездатності	Немає	Важко зосередитися	Погіршення пам'яті	Помітне послаблення уваги і пам'яті
Заходи корекції				
	Упорядкованість відпочинку, заняття фізкультурою	Чергова відпустка і відпочинок	Тривала відпустка і організований відпочинок	Лікування

10.2. Організація навчально-виховного процесу у школі

Річне і тижневе навчальне навантаження. Навчальний рік у загальноосвітніх навчальних закладах розпочинається з 1 вересня і закінчується не пізніше 1 липня наступного року. Тривалість навчального року для учнів початкової школи не може бути меншою 175 робочих днів, а в загальноосвітніх навчальних закладах II-III ступеня – 190 робочих днів. Допустиме навчання в одну або дві зміни. Не рекомендується протягом навчального року змінювати встановлений режим змін.

Структура навчального року може бути різноманітною: за чвертями, півріччями, семестрами тощо. Протягом навчального року для учнів проводяться канікули: осінні, зимові та весняні загальним обсягом не менше 30 днів.

Тривалість навчального тижня допустима як п'ятиденна, так і шестиденна. Ці параметри визначаються загальноосвітнім навчальним закладом відповідно до рекомендацій Міністерства освіти і науки України. Допустима сумарна кількість годин (уроків) тижневого навантаження учнів подана у таблиці 22.

Таблиця 22

Допустима сумарна кількість годин (уроків) тижневого навантаження учнів

Класи	Допустима сумарна кількість годин інваріантної і варіативної частин навчального плану (уроків)	
	5-денний навчальний тиждень	6-денний навчальний тиждень
1	20,0	22,5
2	22,0	23,0
3	23,0	24,0
4	23,0	24,0
5	28,0	30,0
6	31,0	32,0
7	32,0	34,0
8	33,0	35,0
9	33,0	36,0
10-12	33,0	36,0

Розклад занять. Для складання або оцінювання розкладу занять необхідно спиратися на добову та тижневу динаміку працездатності учнів (про це говорилося вище). Також застосовується методика, розроблена Н.П. Гребняком і В.В. Машиністовим (1993). За цією методикою кожний навчальний предмет має різний бал складності (табл. 23).

Таблиця 23

Коефіцієнти оцінки складності предметів

Предмет	Ступінь складності
Геометрія	6
Алгебра	5,5
Іноземна мова	5,4
Хімія	5,3
Фізика	5,2
Біологія	3,6
Українська мова	3,5
Українська література	1,7
Історія	1,7

При правильно складеному розкладі уроків найбільша кількість балів за день по сумі усіх предметів повинна припадати на вівторок і (або) середу.

Для учнів молодшого і середнього віку розподіляти навчальне навантаження в тижневому циклі слід таким чином, щоб його найбільша інтенсивність (за сумою балів на день) припадала на вівторок і середу, у той час як четвер був дещо полегшеним днем. У цей додатковий розвантажувальний день (четвер) у розкладі не вводяться предмети, що вимагають значного розумового напруження (математика, мови).

Розклад складено неправильно, коли найбільше сумарне число балів за день припадає на перший та останній робочі дні тижня або коли воно однакове у всі робочі дні.

Сучасними науковими дослідженнями встановлено, що найвища активність розумової діяльності у дітей шкільного віку припадає на інтервал із 10 до 12-ої години. Цей час характеризуєть-

ся найбільшою ефективністю засвоєння матеріалу при найменших психофізичних затратах організму. Тому в розкладі уроків для молодших школярів предмети, що вимагають значного розумового напруження, повинні проводитися на 2-3-му уроках, а для учнів середнього і старшого віку – на 2-му, 3-му, 4-му уроках.

Розклад уроків повинен враховувати оптимальне співвідношення навчального навантаження протягом тижня, а також правильне чергування протягом дня і тижня предметів природничо-математичного і гуманітарного циклів з уроками музики, образотворчого мистецтва, трудового навчання та основ здоров'я і фізичної культури.

Вивчення нового матеріалу, а також контрольні роботи, які вимагають від учнів значної напруги і повинні виявити рівень їх знань, найкраще проводити на 2-му - 4-му уроках дня посеред тижня, а не в кінці навчального дня чи тижня, коли учні вже втомлені.

Предмети, які вимагають значних затрат часу для виконання домашніх завдань, не повинні групуватися в один день шкільного розкладу.

У 10-12-му класах допускається проводити спарені уроки з основних і профільних предметів. Для учнів 5-9-х класів спарені уроки допускаються під час проведення лабораторних і контрольних робіт, написання творів, уроків трудового навчання.

Для факультативних занять повинен складатися окремий розклад. Вони повинні плануватися на дні з якнайменшою кількістю обов'язкових уроків. Між початком факультативних занять і останнім уроком обов'язково влаштовується перерва.

Складання навчальних розкладів відповідно до гігієнічних рекомендацій є досить клопіткою працею, однак витрачений час і зусилля винагороджуються підвищенням ефективності навчально-виховного процесу та збереженням здоров'я школярів.

Перерви. Гігієнічно регламентується і тривалість відпочинку дітей між уроками – перерви. Найбільш раціональні перерви між уроками для учнів першого класу тривалістю 15 хвилин,

для решти класів – 10 хвилин, а великої перерви (після 2-го уроку) – 30 хвилин. Замість однієї великої перерви можна після 2-го і 3-го уроків влаштовувати 20-хвилинні перерви. Перерви тривалістю у 5 хвилин неефективні у тому відношенні, що відновлення працездатності відбувається недостатньо повно, а набутий робочий стан виявляється неміцним і на наступному уроці знову швидко знижується.

Найбільш повному *відновленню зниженої працездатності* учнів сприяє підвищена їхня рухова активність на перервах – цим досягається найбільш ефективно переключення на інший у порівнянні з діяльністю на уроках, вид діяльності. Активні рухи – життєва потреба організму, і обмеження рухової активності несприятливо відбивається на стані не тільки рухової системи, серця, легенів, а й центральної нервової системи, на розумовому розвитку. Заборона учням бігати, грати, активно рухатися на перерві – груба педагогічна помилка. Підвищена рухова активність під час перерви може призвести до надмірного збудження центральної нервової системи учнів, і їм буде важко на наступному уроці зосередитися на навчальному матеріалі. Тому найкращою тактикою вчителя буде надання учням змоги проводити перерву на власний розсуд у грі малої і середньої рухливості, без зайвої регламентації, але під його спрямувальним контролем, головним чином для запобігання небажаних форм поведінки.

Під час перерви слід забороняти учням (крім чергових) перебувати у класі, читати, грати у шахи тощо. Під час перерви необхідно ретельно провітрити клас. По можливості перерви учням слід проводити на свіжому повітрі. Під час перерв необхідно організовувати харчування дітей.

Для профілактики стомлюваності, порушення статури, зору учнів початкових класів на уроках письма, мови, читання, математики тощо необхідно через кожні 15 хвилин уроку проводити фізкультхвилинки та гімнастику для очей. Методику їх проведення наведено у додатку 1.

Навчальні заняття. Початок занять у загальноосвітніх нав-

чальних закладах повинен бути не раніше 8 години. При двозмінному режимі навчання початок занять у другу зміну організовується не пізніше 14 години, закінчення – не пізніше 19-20 години. Учні 1-2-х класів, випускних і класів компенсуючого навчання навчаються лише у першу зміну. Учні 3-5-х класів можуть навчатися у першу зміну або у підзміну з початком занять не пізніше 12 години. Починати заняття як в першу, так і другу зміну слід в один і той же час протягом навчального року. Навчання у загальноосвітніх навчальних закладах нового типу організовується в одну (першу) зміну.

Рішення про тимчасове призупинення навчання учнів (при зниженні температури повітря до мінус 20°C при швидкості руху повітря більше 5 м/с і при підвищенні вологості вище 80 % - для учнів початкових класів та при температурі мінус 24°C - для учнів 5-12 класів, а також при надзвичайних ситуаціях) приймають органи місцевої виконавчої влади.

Під час виникнення інфекційних захворювань навчальні заняття призупиняються органами місцевої виконавчої влади за погодженням із територіальними установами державної санітарно-епідеміологічної служби.

Наповнюваність класів. Наповнюваність класів не повинна перевищувати 30 учнів (із урахуванням площі на одного учня не менше 2 м^2).

Формування класів у школах із малою кількістю учнів здійснюється відповідно до умов роботи та фінансових можливостей конкретної школи й залежить від кількості учнів і наявності учителів. У школах із малою кількістю учнів економічно і педагогічно доцільно створювати з'єднані класи (класи-комплекти) у складі двох класів (кількість учнів у з'єднаному класі не повинна перевищувати 25 учнів), а у виняткових випадках – трьох класів у кількості, що не перевищує 15 учнів. У такому класі оптимальним є об'єднання учнів 1-х та 3-х класів, 2-х та 3-х класів, 2-х та 4-х класів. При цьому доцільно запроваджувати такий розклад (графік) навчальних занять, який би дозволив частину уроків проводити окремо з кожним класом. Особливо це

необхідно для учнів першого класу.

Використання технічних засобів навчання. Під час використання у навчальному процесі в загальноосвітніх навчальних закладах аудіовізуальних технічних засобів навчання (кінофільмів, телепередач) встановлюється така гранична безперервна тривалість їх застосування: для учнів 1-4-х класів – 15-20 хвилин, 5-7-х класів – 20-25 хвилин, 8-12-х класів – 25-30 хвилин.

Кількість уроків із застосуванням технічних засобів навчання протягом тижня не повинна бути більшою 3-4 – для учнів початкової школи, 4-6 – для старшокласників.

Використання персональних комп'ютерів. Окремі вимоги встановлюються до організації режиму праці учнів на персональних комп'ютерах. До занять із персональними комп'ютерами (ПК) учні повинні бути допущені після інструктажу з техніки безпеки. Раціональний режим навчальних занять учнів передбачає додержання регламентованої тривалості безперервної роботи з ПК, регламентованих перерв і їх активне проведення. Сигнали про початок перерви слід подавати на екрані. Робота з ПК повинна проводитися в індивідуальному режимі.

Безперервна робота з екраном ПК повинна бути не більше:

- для учнів 10-11-х класів на 1-й годині занять до 30 хвилин, на 2-й годині занять - 20 хвилин;
- для учнів 8-9-х класів - 20 - 25 хвилин;
- для учнів 6-7-х класів - до 20 хвилин;
- для учнів 2-5-х класів - 15 хвилин.

Для навчання дітей 6 років роботі з ПК безперервні заняття в індивідуальному ритмі не повинні бути більше 10 хвилин.

Після безперервної роботи необхідно проводити протягом 1,5-2 хвилин вправи для профілактики зорової втоми; через 45 хвилин роботи з використанням комп'ютерів - фізичні вправи для профілактики загального стомлення.

Безперервна робота з ПК учнів 10-11-х класів при спарених уроках не повинна бути більше на першому уроці 25-30 хвилин; на другому - 15-20 хвилин.

Для учнів 10-11-х класів дозволяється варіант організації занять з основ інформатики й обчислювальної техніки, при якому передбачається одна академічна година – теоретичних занять, друга година – практичних занять.

Практичні заняття містять:

- безперервну роботу з екраном ПК – 25-30 хвилин;
- виконання комплексу вправ для профілактики зорового і статичного стомлення - 5 хвилин;
- продовження роботи з комп'ютером до кінця занять – 15-10 хвилин.

У процесі виробничого навчання учнів старших класів програмуванню з використанням ПК у навчально-виробничому комбінаті 50 % часу слід відводити теоретичним заняттям, 50 % часу - практичним.

Під час проведення виробничої практики учнів необхідно через кожні 20-25 хвилин роботи з ПК проводити вправи для профілактики зорового стомлення, через 45 хвилин роботи на перерві – вправи для профілактики загального стомлення.

Заняття в гуртках програмування з використанням ПК необхідно проводити не раніше, ніж за годину після закінчення навчальних занять у школі. Цей час відводиться для обіду та відпочинку учнів.

Заняття в гуртках програмування проводяться не більше 2-х разів на тиждень, тривалість яких для учнів 7-10 років не повинна бути більше 45 хвилин; 11-13 років – не більше 60 хвилин. Робота учнів з ПК повинна проводитися в індивідуальному ритмі.

Для **профілактики стомлення** школярів в середині занять необхідно проводити перерву тривалістю не менше 10 хвилин, під час якої організовувати фізичні вправи, а саме гімнастику для очей (додаток 1) і рухові ігри.

Комп'ютерні ігри з нав'язаним ритмом роботи швидше викликають втому, у порівнянні з програмуванням, і повинні проводитися в гуртках не частіше 1-2 разів на тиждень тривалістю до 10 хвилин для дітей молодшого шкільного віку і до 15 хви-

лин для дітей середнього і старшого шкільного віку.

Заняття з ПК у школах "Юних програмістів" тощо допустиме не частіше 6 разів на тиждень, 7-й день відводиться для повного відпочинку, з виключенням роботи за екраном відеомонітора.

Загальна тривалість роботи з ПК під час канікул повинна бути обмежена протягом дня:

- для школярів 8-10 років – 1 заняття 45 хвилин;
- для школярів 11-13 років – 2 заняття по 45 хвилин;
- для школярів 14-16 років – 3 заняття по 45 хвилин.

Регламентовані перерви для відпочинку під час канікул слід проводити протягом 5 хвилин через кожні 20 хвилин роботи і протягом 10-15 хвилин через кожні 45 хвилин роботи. Перерви слід проводити на відкритому повітрі, включаючи рухові та фізкультурно-спортивні ігри.

Заняття з ПК у школах "Юних програмістів" для учнів 10 років слід проводити в ранкові години, для учнів 11-13 років – одне заняття проводити в першій половині дня, а інше – в другій, для учнів 14-16 років два заняття проводити в першій половині дня, а наступне – в другій.

У школах "Юних програмістів" комп'ютерні ігри слід проводити не більше одного разу на день з тривалістю не більше 10 хвилин для дітей молодшого шкільного віку і 20 хвилин для дітей середнього і старшого шкільного віку. Не рекомендується проводити комп'ютерні ігри перед сном дітей.

Рекомендації до занять з ПК і режиму роботи дітям шкільного віку з аномаліями рефракції повинні встановлюватись офтальмологом.

Заняття з ПК повинні проводитися лише у присутності педагога. Педагог, який має вищу педагогічну освіту і який пройшов інструктаж з техніки безпеки, у процесі роботи з ПК несе відповідальність за безпеку дітей.

Після занять із відеодисплейними терміналами необхідно проводити гімнастику для очей, яка виконується учнями на робочому місці (додаток 1).

Групи продовженого дня. У групах продовженого дня про-

гулянка для школярів повинна бути не меншою, ніж 1,5 години протягом дня. Для першокласників, які відвідують групи продовженого дня, необхідно організувати щоденний 1,5-годинний денний відпочинок (сон).

Найкращим поєднанням видів діяльності дітей у групах продовженого дня є рухлива активність на повітрі до початку самопідготовки (прогулянки, рухливі та спортивні ігри, суспільно корисна праця на пришкольній ділянці тощо), а по завершенні самопідготовки – участь у заходах емоційно-розвиваючого характеру (робота в гуртках, ігри, підготовка і проведення концертів самодіяльності, вікторин тощо).

Домашні завдання. Як уже зазначалося, другий за навчальний день період підвищення працездатності спостерігається приблизно з 16 до 18 години. Тому самопідготовку учнів слід розпочинати саме о 16 годині. Крім того, виконання домашніх завдань і визначений час сприяє виробленню умовного рефлексу на час і швидше встановлюється стійкий робочий стан. Необхідно усунути всі відволікаючі від занять подразники (увімкнений телевізор, побутовий шум тощо). Не треба відволікати учня від занять розмовами з ним або в його присутності, дрібними дорученнями. Уроки необхідно робити у відведеному для цього правильно обладнаному місці. Приміщення повинно бути чистим і ретельно провітреним. Робоче місце повинно бути правильно освітлене, а тіло учня знаходитися у правильному положенні. Через кожні 20-30 хвилин читання або писання необхідно робити короткочасні перерви, під час яких рекомендується виконувати фізичні вправи.

При визначенні доцільності, характеру, змісту й обсягу домашніх завдань слід враховувати індивідуальні особливості учнів і педагогічні вимоги. Обсяг домашніх завдань має бути таким, щоб витрати часу на їх виконання не перевищували у 2-му класі 45 хвилин, у 3-му класі – 1 години 10 хвилин, 4-му класі – 1 години 30 хвилин, у 5-6-му класах – 2,5 години, у 7-9 класах – 3 години, у 10-12 класах – 4 години. У 2-4-х класах домашні завдання не рекомендується задавати на вихідні та святкові дні. У

1-му класі домашні завдання не задаються.

Підручники та навчальні посібники учнів першого класу рекомендується зберігати у класі. Дозволяється використовувати підручники та навчально-дидактичні посібники для учнів 1-12-х класів, які мають відповідний гриф Міністерства освіти і науки України та дозвіл Міністерства охорони здоров'я України.

Підготовка до екзаменів. Інтенсивність розумової діяльності значно підвищується в період підготовки до екзаменів. У цей час необхідно особливо чітко дотримуватися вимог гігієни розумової праці: режим дня зі звичним чергуванням часу пробудження і відходу до сну, прийому їжі; робити перерви між заняттями. Після складання екзамену не треба в той же день розпочинати підготовку до наступного. Необхідно добре відпочити, відволіктися. У день, який передує початку підготовки до наступного екзамену, необхідно приготувати для роботи всі необхідні речі: підручники, конспекти, екзаменаційні питання, програми тощо. Доцільно коротко ознайомитися зі загальним обсягом майбутньої роботи, переглянути питання, погортати підручники, не прагнучи знайти що-небудь спеціально, але намагаючись все ж вникнути в специфіку предмета. Така тактика суттєво сприяє підвищенню працездатності на наступний день. У перший день підготовки не треба ставити максимальних завдань – достатньо визначити для себе завдання в обсязі половини – двох третин від того, що треба було б зробити у процесі рівномірного розподілу матеріалу за днями підготовки. На другий і третій день підготовки необхідно намітити завдання вище середнього. Досвід зазначає, що найбільш продуктивно підготовка до екзамену проходить протягом 3-4 днів, більш тривалий термін не завжди раціональний. Підготовку треба спланувати так, щоб вечір напередодні дня складання екзамену був вільним. Його доцільно використати для будь-якого відволікаючого заняття – більш тривалої прогулянки на свіжому повітрі, відвідування театру тощо. Перед екзаменом слід обов'язково добре виспатися.

10.3.Визначення готовності дітей до навчання

Кожна людська істота з моменту свого народження, а за деякими дослідженнями і до свого народження, готова до навчання, вона перебуває в стані набуття нових знань, тобто навчається. Школа, в свою чергу, це всього-навсього лише навчально-виховний заклад для навчання, освіти і виховання, тобто місце, де навчання здійснюється у певних формах та за програмами, регламентованими суспільними потребами. Тому доцільно вирішувати питання готовності дитини до навчання паралельно з питанням створення умов для задоволення потреб нормальної, фізично і психічно здорової дитини.

Готовність дитини до навчання у школі – це сукупність його знань, вмінь, навичок і особистісних якостей, необхідних для навчання. Виділяють такі *показники готовності*:

- загальний фізичний розвиток;
- оволодіння достатнім обсягом знань (інформованість);
- сформованість уявлень про соціальні взаємодії;
- розвиток навичок поведінки; оволодіння зв'язною граматично і фонетично грамотною мовою;
- розвиток тонкої моторики руки, кисті, пальців, необхідної для оволодіння письмом;
- сформованість бажання навчатися, інтерес до знань і способів їх набуття.

Під готовністю до школи розуміються не окремі знання і уміння, а їх певний набір, у якому мають бути присутні всі головні елементи, хоча рівень їх розвитку може бути різним.

Спостереження за дітьми 6-річного віку, які почали навчатися за шкільними програмами, виявили низку складнощів в адаптації. Не беручи до уваги достатній запас знань, умінь і навичок, дитина не завжди досягає того рівня розвитку, який дозволив би їй успішно навчатися. У науковому словнику з'явилося нове поняття, яке відбиває здатність дитини здійснити успішний перехід від дошкільного навчання до шкільного – *«шкільна зрілість»*. *Шкільна зрілість* – такий стан психіки й організму дитини, коли вона за своїми інтелектуальними, емоційними, соці-

альними і фізичними характеристиками стає здатною відвідувати школу та навчатися у ній. **Шкільна зрілість** – особливий ступінь морфофункціонального розвитку дітей, який здатен забезпечити комплексне пристосування їхнього організму без шкоди для здоров'я до систематичних навчальних занять.

Про шкільну зрілість роблять висновки за цілим комплексом компонентів.

Соціальна зрілість визначається сформованістю дитини спілкуватися з іншими дітьми, брати участь і підкорятися інтересам і звичаям дитячих груп. Цей компонент шкільної зрілості включає формування у дітей якостей, завдяки яким вони могли б ефективно спілкуватися з іншими учасниками навчального процесу (однокласниками і вчителями), тобто виконувати роль школяра. Вона виражається у ставленні дитини до школи, навчальної діяльності, до вчителів і до себе самої як учня. Психологічно готовою до школи є дитина, яку приваблює навчання не тільки з зовнішнього погляду (портфель, підручники, зошити), а насамперед можливістю набувати нові знання, вміння і навички, тобто достатній рівень розвитку мотиваційної сфери.

В інтелектуальній сфері характеристиками досягнення шкільної зрілості є: диференціювання сприйняття (перцептивна зрілість); здатність до довільної концентрації уваги; здатність виділяти суттєві ознаки предметів і явищ, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між ними (аналітичне мислення); раціональний підхід до дійсності; здатність до логічного запам'ятовування, оволодіння на слух розмовно-побутовим мовленням, здатністю розуміти і використовувати символи; розвиток тонкої моторики руки і зорово-рухової координації; інтерес до нових знань. У цілому інтелектуальна зрілість відбиває функціональне дозрівання структур головного мозку.

Емоційна зрілість розуміється як зменшення імпульсивних реакцій і можливість протягом тривалого часу виконувати ті чи інші завдання.

Причини недостатньої шкільної зрілості мають різний характер впливу і по-різному впливають на здатність дитини до на-

вчання. В одних випадках можна говорити про тимчасово не досягнуту готовність відвідувати школу, коли можливе проведення корекційної роботи і заповнення наявного відставання у розвитку. У решти цей вплив викликає глибокі порушення з не-поправною недостатністю формування психічних структур.

Виявлення відставання за кілька місяців до вступу до школи дозволяє найчастіше досить безболісно коректувати його на підготовчих заняттях із дітьми. Основа таких занять – не тільки спрямованість на корекцію інтелектуальних характеристик, а й розвиток емоційного боку діяльності дитини, підвищення здатності до соціальної адаптації.

Визначення готовності дитини до навчання у школі рекомендується проводити наприкінці зими – початку весни для того, щоб за необхідністю був час для корекційних занять.

Дослідження проводиться індивідуально і продовжується не більше однієї години. Деякі завдання проводяться у формі гри, при цьому в процесі дослідження дитина кілька разів змінює характер діяльності, що дозволяє попередити монотонію і стомленість. У середині заняття рекомендується провести фізкультхвилинку, дати дитині можливість порухатися, відпочити. Дослідження проводиться у спеціально обладнаному приміщенні (кабінеті психолога) при гарному освітленні. Необхідно створити дитині оптимальні умови, вона повинна почувати себе максимально комфортно і впевнено. Перед початком виконання кожного завдання дошкільнику надається інструкція до нього, яка повинна бути зрозумілою. Завдання виконуються дитиною самостійно, без допомоги і підказок батьків. Бажано, щоб під час обстеження батьки сиділи віддалік, за спиною дитини, не допомагали і не здійснювали мотиваційних впливів. Необхідно враховувати обсяг і зміст наданих завдань.

У рамках психологічного підходу визначення ступеня шкільної зрілості однією із найпоширеніших є методика Артура Керна – Ярослава Йєрасика.

Тестова методика включає три завдання: а) намалювати фігуру людини за уявою; б) списати за зразком (скопіювати, змалю-

вати) просте словосполучення; в) відтворити за зразком (змалювати, скопіювати) групу точок.

Усі три завдання мають характер графічного тесту, вони спрямовані на з'ясування ступеня зрілості дрібної (тонкої) моторики дитини, а також координації її зору і рухів руки. За концепцією авторів, існує тісний взаємозв'язок між глобалізацією, узагальненням у малюванні та інтеграцією у психічній діяльності. Звідси маємо, що перший суб'єкт дозволяє отримати орієнтовну оцінку загального розумового розвитку.

Вправи на наслідування писемних букв та змальовування групи точок є в тексті «завданням» у справжньому розумінні цього слова. Щоб виконати їх, дитина має виявити вміння волевим зусиллям змусити себе виконати інструкцію у малоприваблюваному завданні і, що не менш важливо, висидіти протягом певного часу на занятті, а все це є необхідною передумовою для включення у шкільне навчання.

Під час відтворення форми писемних букв і геометричних фігур, які для дітей дошкільного віку є чисто абстрактними, вдається з'ясувати, чи досягла дитина такого психічного розвитку, зокрема розвитку сприймання, аналізу наочно поданого зразка, моделі, відокремлення її певних елементів та їхніх зв'язків, спостережливості, здатності зв'язати власні дії із зразком, контролювати результат, зіставляючи його із зразком, щоб бути здатною зрозуміти принцип завдання на відтворювання (наслідування) зразка та реалізувати його у своїй діяльності.

Якщо тест проводиться у групі (у присутності одночасно двох – трьох дітей), то вдається ще перевірити, наскільки здатна дитина підпорядкуватися правилам роботи в колективних умовах, як цього вимагає школа.

Кожне завдання оцінюється за 5-бальною системою: від 1 до 5, причому 1 – це найкраща оцінка, 5 – найгірша. Рівень «зрілості» визначається сумарною кількістю балів, яку одержить дитина, виконавши всі три завдання. Дітей, які одержали від 3 до 5 балів, вважають готовими до систематичного навчання, оцінка 6-8 балів вказує на необхідність більш пильної уваги до таких

дітей у процесі навчання, хоча вони також вважаються готовими до школи (так звані «середньозрілі» діти). Оцінка 9 і більше балів свідчить про неготовність дитини до навчання в школі.

Завдання 1. Малюнок людини (рис. 88). У балах: 1 – фігура має такі елементи: голову, очі, вуха, ніс, рот, волосся, тулуб (з одягом), шию, кінцівки з пальцями; 2 – фігура може не мати окремих елементів: волосся, пальців; 3 – при зображенні фігури допускається відсутність шиї, вух, волосся, одягу, пальців; 4 – примітивне зображення фігури; 5 – головонога фігура.

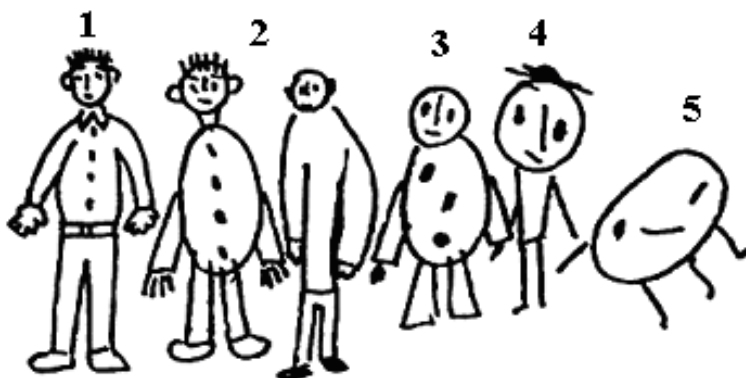


Рис. 88. Визначення шкільної зрілості за результатами зображення фігури людини

Завдання 2. Наслідування писемних букв (відтворення незнайомої комбінації штрихів) (рис. 89). У балах: 1 – букви відповідають зразку або відрізняються за розміром не більше, ніж вдвічі, прописна буква вища, між словами є відстань, нахил букв вправо не перевищує 30 градусів; 2 – фразу можна прочитати, але немає єдиного нахилу букв; 3 – зображено правильно не менше, ніж 4 букви; 4 – набір штрихів; 5 – плутане зображення.

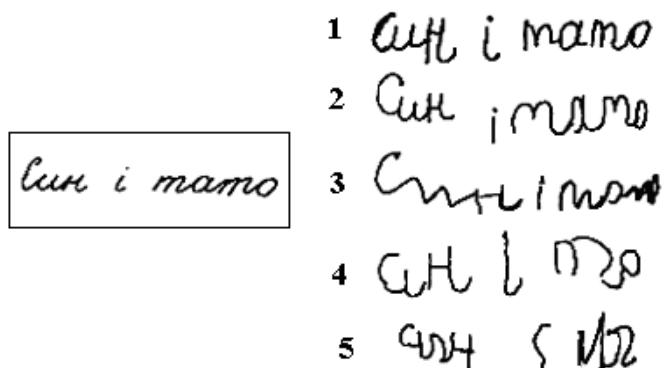


Рис. 89. Визначення шкільної зрілості за результатами наслідування писемних букв

Завдання 3. Скопіювати групу точок (рис. 90). У балах: 1 – повна подібність, допускається лише невелике відхилення окремих точок або всього стовпчика з трьох точок, загальний малюнок не повинен бути зменшеним більше, ніж удвічі; 2 – кількість точок повинна відповідати зразку, допускається відхилення трьох точок у вертикальному або горизонтальному напрямку більше, ніж на половину відстані між ними; 3 – відтворено загальну подібність, але кількість точок не відповідає зразку, вона не повинна перевищувати 20 і бути меншою від 7, допускається поворот малюнка на 180 градусів; 4 – подібності немає, зображення складається з окремих точок, розміри і кількість точок не відповідають зразку; 5 – абсолютна невідповідність.

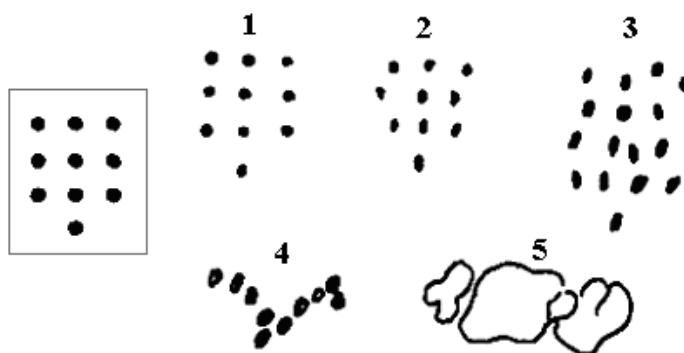


Рис. 90. Визначення шкільної зрілості за результатами копіювання групи точок

Крім зазначеного вище, досить популярним є «філіппінський» тест визначення шкільної зрілості (рис. 91).

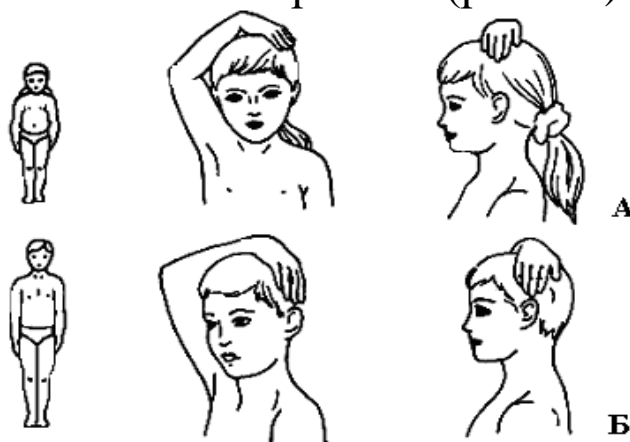


Рис. 91. Визначення шкільної зрілості («філіппінський тест»):

А – дитина незрілодошкільного навчання; *Б* – шкільна зрілість досягнута

Дитину просять дістати правою рукою ліве вухо, причому рука повинна охоплювати голову зверху. Якщо дитина добре справляється із завданням, тобто пальці руки дістають вуха і при цьому положення голови залишається прямим, це свідчить про достатню «зрілість» і готовність до систематичного навчання. Коли дитина не може дотягнутися рукою до вуха або ж нахилиє голову, щоб виконати завдання, тоді говорять про неповну готовність дитини до шкільного навчання. Очевидно, що тест простий у використанні та може бути застосований не лише психологами чи педагогами, але й самими батьками.

Незрілі діти менш здатні адаптуватися до нових для них шкільних умов: у них відзначаються більш низька розумова працездатність, більша стомлюваність, більш тривалий період адаптації до навчальної діяльності.

Для 6-річних першокласників необхідна спеціальна організація режиму дня: менша тривалість уроку, збільшення рухової активності, денний сон, раціональне харчування, тривале перебування на повітрі. Якщо не дотримуватися цих вимог, можливі порушення в розвитку дітей, особливо у тих дітей, у яких уже є затримання в розвитку. У той же час правильна організація процесу навчання дітей у школі з 6 років допомагає їх розвитку і більш швидкому переходу з категорії незрілих у середньозрілі та зрілі.

До 1-го класу приймаються діти, як правило, з 6 років. Прийом дітей здійснюється за бажанням (заявою) батьків і медичною довідкою про стан здоров'я дитини встановленого зразка. Навчання учнів першого класу залежно від місцевих умов може проводитися у загальноосвітньому навчальному закладі, навчально-виховному об'єднанні (комплексі) або на базі дошкільного навчального закладу.

Незалежно від місця організації навчання учнів першого класу встановлюються такі режими перебування дітей: на час навчання; протягом дня, що передбачає час навчання, перебування в групі подовженого дня.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

Вступ до вікової фізіології з основами шкільної гігієни

1. Предмет, методи і завдання вікової фізіології та шкільної гігієни.
2. Історія розвитку вікової фізіології як науки.

Системогенез

1. Що таке системогенез?
2. Які клітинні механізми регуляції фізіологічних функцій Ви знаєте?
3. Що таке саморегуляція?
4. Хто сформулював принципи функціонування і саморегуляції фізіологічних систем?
5. Назвіть периферичні та вузлові механізми, які використовуються в структурі функціональної системи.
6. Що таке пренатальний системогенез?
7. Охарактеризуйте постнатальний системогенез?
8. Що таке гомеостаз?
9. Охарактеризуйте основні положення концепції системогенезу.
10. Перелічіть етапи постнатального системогенезу.

Загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків

1. Загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків.
2. Закономірності онтогенетичного розвитку дітей.
3. Розкрийте поняття вікової норми.
4. Опишіть основні вікові періоди розвитку організму.
5. Які методи визначення фізичного розвитку дітей і підлітків Ви знаєте.
6. Гармонійність і гетерохроність розвитку.
7. Сенситивні та критичні періоди розвитку.
8. Акселерація і ретардація розвитку дітей.
9. Профілактика деформацій осанки у шкільному віці.

Фізіологія нервової системи дітей та її дозрівання у онтогенезі

1. Біологічне значення нервової системи.
2. Опишіть загальний план будови нервової системи.
3. Охарактеризуйте дію симпатичної та парасимпатичної нервової системи.
4. Які основні властивості нервової системи Вам відомо?

5. Опишіть будову нейрону.
6. Що таке синапс? Значення синапсів у проведенні нервових імпульсів.
7. Розкрийте поняття рефлексу.
8. Опишіть основні ланцюги рефлекторної дуги.
9. Основні етапи розвитку нервової системи.
10. Розкрийте анатомо-фізіологічні особливості спинного мозку.
11. Основні рефлекторні і провідникові функції спинного мозку.
12. У чому полягає біологічне значення головного мозку?
13. Охарактеризуйте будову та функції відділів головного мозку.
14. Розкрийте поняття архітекτονіки головного мозку.
15. Назвіть і дайте характеристику зон кори головного мозку.
16. Опишіть основні етапи розвитку головного мозку.
17. Які порушення нервової системи Ви знаєте?
18. У чому полягає профілактика нервових порушень у дітей та підлітків?

Вища нервова діяльність

1. Що розуміють під вищою нервовою діяльністю?
2. Що таке інстинкт? Наведіть приклади різних форм інстинктивної поведінки.
3. Дайте порівняльну характеристику умовних і безумовних рефлексів.
4. Розкрийте механізм утворення умовних і безумовних рефлексів.
5. Охарактеризуйте види безумовного та умовного гальмування. Поясніть біологічне значення процесів гальмування.
6. Обґрунтуйте значення та особливості функціонування першої та другої сигнальної системи.
7. Що розуміють під типом вищої нервової системи?
8. Охарактеризуйте особливості вищої нервової діяльності дитини.
9. Охарактеризуйте основні види і форми пам'яті. Поясніть фізіологічні механізми короткочасної та довготривалої пам'яті.
10. Дайте визначення поняттям «мотивації», «емоції». Поясніть механізм і біологічне значення емоцій.
11. Що таке сон і сновидіння? Визначте фізіологічне значення сну.
12. Назвіть порушення вищої нервової діяльності у дітей. У чому полягає їх профілактика?

Сенсорні системи організму

1. Розкрийте поняття аналізатору, сенсорної системи.

2. Перерахуйте основні сенсорні системи організму людини.
3. Яке значення мають сенсорні системи для організму людини.
4. Розкрийте поняття будови зорової сенсорної системи, перерахуйте її основні функції.
5. Розкрийте поняття акомодатії ока, його механізм.
6. Які основні порушення зору у дітей вам відомі.
7. Опишіть основні етапи ембріології ока.
8. Які вікові особливості зорових рефлексорних реакцій Ви знаєте ?
9. Розкрийте поняття слухового аналізатора, зв'язуючи його будову з основними функціями.
10. У чому полягає гігієна слуха?
11. Які заходи профілактика негативного впливу „шкільного” шуму на організм школяра Ви можете запропонувати ?
12. Охарактеризуйте розвиток слухового аналізатора та його вікові особливості.
13. Охарактеризуйте будову і функції вестибулярного апарату.
14. М'язово-суглобове чуття, його значення для здійснення рухів.
15. Визначте взаємозв'язок будови і функції смакового аналізатора.
16. Визначте взаємозв'язок будови і функції нюхового аналізатора.
17. Розкрийте поняття шкірної чутливості.
18. Розкрийте взаємозв'язок між собою сенсорних систем організму.
19. Від чого залежить сила больових відчуттів?

Вегетативні системи організму дитини

1. Які функції крові Ви знаєте?
2. Охарактеризуйте склад крові.
3. Дайте характеристику плазмі крові.
4. Які білки плазми Ви знаєте?
5. Опишіть будову і функції еритроцитів.
6. Охарактеризуйте сполуки гемоглобіну.
7. Що таке гемоліз? Які види його Ви знаєте?
8. Лейкоцити. Їх будова і функції.
9. Дайте характеристику тромбоцитам.
10. Що таке гомеостаз?
11. Охарактеризуйте фази згортання крові.
12. Які фактори згортання крові Ви знаєте?
13. Що таке лейкоцитоз? Які фактори його зумовлюють?
14. Що таке лейкопоез?
15. Що таке еритропоез?
16. Дайте характеристику гемопоезу.
17. Що таке імунітет?

18. Охарактеризуйте процес специфічного клітинного імунітету?
19. Дайте характеристику гуморального імунітету.
20. Що таке анемія?
21. Дайте класифікацію лейкоцитів.
22. Які групи крові Ви знаєте?
23. Що таке резус фактор?
24. Що таке антигени?
25. Дайте характеристику швидкості зсідання крові.
26. Охарактеризуйте процес переливання крові.
27. Охарактеризуйте вікові зміни еритроцитів.
28. Як змінюються лейкоцити у віковому аспекті?
29. Дайте характеристику функцій кровообігу.
30. Охарактеризуйте будову малого кола кровообігу.
31. Опишіть будову великого кола кровообігу.
32. Дайте характеристику кровообігу плоду.
33. Які судини Ви знаєте? Вікові зміни судин.
34. Яку будову має серце?
35. Охарактеризуйте вікові зміни серця.
36. Опишіть серцевий цикл.
37. Які методи дослідження серцево-судинної системи Ви знаєте?
38. Опишіть вікові особливості ЕКГ та ФКГ.
39. Назвіть та охарактеризуйте властивості серцевого м'яза.
40. Що таке автоматія?
41. Дайте характеристику поняттю “ритм серцевої діяльності”.
42. Дайте аналіз віковим змінам частоти серцевих скорочень.
43. Що таке артеріальний тиск?
44. Як змінюється артеріальний тиск у віковому аспекті?
45. Що таке систолічний та хвилинний об'єми крові?
46. Охарактеризуйте вікові зміни систолічного та хвилинного об'ємів.
47. Дати аналіз нервовій регуляції серця.
48. Як здійснюється гуморальна регуляція серця?
49. Що таке гемодинаміка?
50. Опишіть процес регуляції тону судин.
51. Охарактеризуйте вікові особливості регуляції кровообігу.
52. Які місцеві гормони Ви знаєте?
53. Які фактори впливають на рух крові по судинах?
54. Що називається диханням?
55. Які процеси включає дихання?
56. Яку будову має дихальна система?

57. Вікові особливості носоглотки.
58. Яка будова легень?
59. Яку будову має трахея?
60. Опишіть будову гортані.
61. Опишіть вікові зміни легень.
62. Охарактеризуйте механізм вдиху та видиху.
63. Які дихальні м'язи Ви знаєте?
64. Назвіть типи дихання та дайте їм характеристику.
65. Проаналізуйте особливості зовнішнього дихання плоду.
66. Опишіть механізм першого вдиху новонародженого.
67. Що таке спірометрія?
68. Дайте характеристику легеневим об'ємам.
69. Що таке життєва ємкість легень?
70. Охарактеризуйте вікові особливості змін частоти дихання і дихального об'єму?
71. Опишіть механізм газообміну.
72. Дайте характеристику регуляції дихання.
73. Охарактеризуйте особливості регуляції дихання у плоду.
74. Що таке функціональна залишкова ємкість?
75. Як змінюється життєва ємкість з віком?

Обмін речовин та енергії, гігієнічні вимоги організації харчування

1. Роль печінки в процесі травлення.
2. Роль шлунку в процесі травлення.
3. Роль підшлункової залози в травленні.
4. Основні етапи обміну речовин.
5. Обмін жирів і вуглеводів.
6. Азотистий баланс та його варіанти.
7. Обмін білків, їх специфічність та біологічна цінність.
8. Фізіологічне значення вітамінів.
9. Класифікація вітамінів.
10. Пряма та непряма калориметрія. Основний обмін.
11. Органи виділення. Будова нирки.
12. Регуляція сечоутворення й сечовиділення.

Залози внутрішньої секреції

1. На які групи поділяються ендокринні залози згідно з сучасною класифікацією?
2. Вкажіть залози залежні від передньої частки гіпофіза ?
3. Щитоподібна залоза, її топографія, форма, маса ?

4. Мікроскопічна будова щитоподібної залози.
5. Прищитоподібні залози, розташування, мікроскопічна будова, функції.
6. Вікові зміни загрудинної залози, її функції.
7. Мікроскопічна будова вілочкової залози.
8. Особливості будови підшлункової залози.
9. Вікові зміни надниркових залоз.
10. Мікроскопічна будова кори надниркової залози.
11. Перелічить гормони мозкової речовини надниркової залози.
12. Локалізація парагангліїв у дітей.
13. Будова статевих залоз і їхня функція.
14. Шишкоподібне тіло, топографія, будова, вікові зміни.
15. Перелічить гормони передньої та задньої часток гіпофіза.
16. Вкажіть де знаходиться у людини вищий центр регуляції ендокринних функцій.

Гігієна навчально-виховного процесу в школі

1. Які складнощі соціального, психологічного і фізичного характеру супроводжують початок навчання дитини у школі ?
2. Розкрийте поняття гігієни розумової праці дітей.
3. Що підрозумівають під фізіологічною динамікою працездатності учнів?
4. Як змінюється працездатність школярів протягом доби?
5. Що є мірою працездатності школяра?
6. Які зовнішні ознаки стомлення спостерігаються при розумовій праці?
7. Які гігієнічні рекомендації існують щодо складання розкладів уроків та перерв?
8. Яка динаміка працездатності школярів спостерігається протягом тижня?
9. Основні принципи визначення готовності дітей до навчання у школі.

ОРІЄНТОВНИЙ КОМПЛЕКС ВПРАВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ФІЗКУЛЬТУРНИХ ХВИЛИНОК (ФХ)

Шкільні заняття, які поєднують у собі психічне, статичне, динамічне навантаження на окремі органи і системи і на весь організм в цілому, потребують проведення на уроках ФХ для зняття локального стомлення і ФХ загального впливу.

ФХ для покращення мозкового кровообігу

1. Вихідне положення (в. п.) - сидячи на стільці, 1-2 - відвести голову назад і плавно нахилити назад, 3-4 - голову нахилити вперед, плечі не піднімати. Повторити 4-6 разів. Темп повільний.
2. В. п. - сидячи, руки на поясі, 1 - поворот голови направо, 2 - в. п., 3 - поворот голови наліво, 4 - в. п. Повторити 6-8 разів. Темп повільний.
3. В. п. - стоячи або сидячи, руки на поясі, 1 - махом ліву руку занести через праве плече, голову повернути наліво, 2 - в. п., 3-4 – виконати вправу правою рукою. Повторити 4-6 разів. Темп повільний.

ФХ для зняття стомлення з плечового поясу та рук

1. В. п. - стоячи або сидячи, руки на поясі, 1 - праву руку вперед, ліву - вгору, 2 - змінити положення рук. Повторити 3-4 рази, потім розслаблено опустити вниз і потрясти кистями, голову нахилити вперед. Темп середній.
2. В. п. - стоячи або сидячи, кисті тильним боком на поясі, 1-2 - звести лікті вперед, голову нахилити вперед, 3-4 - лікті назад, прогнутися. Повторити 6-8 разів, потім руки вниз і потрясти розслаблено. Темп повільний.
3. В. п. - сидячи, руки вгору, 1 - стиснути кисті в кулак, 2 - розтиснути кисті. Повторити 6-8 разів, потім руки розслаблено опустити вниз і потрясти кистями. Темп середній.

ФХ для зняття стомлення з тулуба

1. В. п. - стійка ноги нарізно, руки за голову, 1 - різко повернути таз направо, 2 - різко повернути таз наліво. Під час поворотів плечовий пояс оставити нерухомим. Повторити 6-8 разів. Темп середній.

2. В. п. - стійка ноги нарізно, руки за голову, 1-3 - кругові рухи тазом в один бік, 4-6 – те ж саме в інший бік, 7-8 - руки вниз і розслаблено потрясти кистями. Повторити 4-6 разів. Темп середній.

3. В. п. - стійка ноги нарізно, 1-2 - нахил вперед, права рука ско-взає вздовж ноги вниз, ліва, згинаючись, вздовж тіла вгору, 3-4 - в. п., 5-8 – те ж саме в інший бік. Повторити 6-8 разів. Темп середній.

ФХ загального впливу комплектуються з вправ для різних груп м'язів з урахуванням їх напруження в процесі діяльності.

Комплекс фізичних вправ для молодших школярів на уроках з елементами письма

1. Вправа для покращення мозкового кровообігу. В. п. - сидячи, руки на поясі. 1 - поворот голови направо, 2 - в. п., 3 - поворот голови наліво, 4 - в. п., 5 - плавно нахилити голову назад, 6 - в. п., 7 - голову нахилити вперед. Повторити 4 - 6 разів. Темп повільний.

2. Вправа для зняття стомлення з дрібних м'язів кисті. В. п. - сидячи, руки підняти вгору, 1 - стиснути кисті в кулак, 2 - розтиснути кисті. Повторити 6-8 разів, потім руки розслаблено опустити вниз і потрясти кистями. Темп середній.

3. Вправа для зняття стомлення з м'язів тулуба. В. п. - стійка ноги нарізно, руки за голову, 1 - різко повернути таз направо, 2 - різко повернути таз наліво. Під час поворотів плечовий пояс залишити нерухомим. Повторити 4-6 разів. Темп середній.

4. Вправа для мобілізації уваги. В. п. - стоячи, руки вздовж тулуба, 1 - праву руку на пояс, 2 - ліву руку на пояс, 3 - праву руку на плече, 4 - ліву руку на плече, 5 - праву руку вгору, 6 - ліву руку вгору, 7-8 - удари руками над головою, 9 - опустити ліву

руку на плече, 10 - праву руку на плече, 11 - ліву руку на пояс, 12 - праву руку на пояс, 13-14 - удари руками по стегнах. Повторити 4-6 разів. Темп - 1 раз повільний, 2-3 рази - середній, 4-5 - швидкий, 6 - повільний.

Комплекс фізичних вправ для профілактики втоми очей

1. Швидко покліпати очима, заплющити очі та посидіти спокійно, повільно рахуючи до 5. Повторити 4-5 разів.
2. Міцно заплющити очі (рахуючи до 3), заплющити очі та подивитися вдалечінь, рахуючи до 5. Повторити 4-5 разів.
3. Витягнути праву руку вперед. Стежити очима, не повертаючи голови, за повільними рухами вліво і вправо, вгору і вниз вказівного пальця витягнутої руки. Повторити 4-5 разів.
4. Подивитися на вказівний палець витягнутої руки на рахунок «один-чотири», потім перенести погляд вдалечінь на рахунок «один-шість». Повторити 4-5 разів.
5. У середньому темпі зробити 3-4 кругові рухи очима в правий бік, стільки ж - у лівий бік. Розслабивши очні м'язи, подивитися вдалечінь - на рахунок «один-шість». Повторити 1-2 рази.

Орієнтовний комплекс для зняття втоми під час навчання в кабінетах інформатики

Комплекс вправ для очей. Вправи виконуються, сидячи в зручній позі, хребет прямий, очі розплющені, погляд - прямо, відвернувшись від комп'ютера.

Варіант 1

1. Погляд спрямовувати вліво-вправо, вправо-прямо, вверх-прямо, додолу-прямо без затримки в кожному положенні. Повторити 5 разів і 5 разів у зворотному напрямі.
2. Заплющити очі на рахунок "раз-два", розплющити очі і подивитися на кінчик носа на рахунок "три-чотири".
3. Кругові рухи очей: до 5 кругів вліво і вправо.

Варіант 2

1. Швидко кліпати очима протягом 15 с.
2. Заплющити очі. Не розплющуючи очей, начебто подивитися

ліворуч на рахунок "раз-чотири", повернутися у вихідне положення. Так само подивитися праворуч на рахунок "п'ять-вісім" і повернутися у вихідне положення. Повторити 5 разів.

3. Спокійно посидіти із заплющеними очима, розслабившись протягом 5 с.

Комплекс вправ для зняття м'язового напруження

Варіант 1

Вихідне положення - сидячи на стільці.

1. Витягнути і розчепірити пальці так, щоб відчувати напруження. У такому положенні затримати протягом 5 с. Розслабити, а потім зігнути пальці. Повторити вправу 5 разів.

2. Повільно і плавно опустити підборіддя, залишатися у такому положенні 2-3 с і розслабитися.

3. Сидячи на стільці, піднести руки якомога вище, потім плавно опустити їх додолу, розслабити. Вправу повторити 5 разів.

4. Переплести пальці рук і покласти їх за голову. Звести лопатки, залишатися у такому положенні 5 секунд, а потім розслабитись. Повторити вправу 5 разів.

Варіант 2

Вихідне положення - сидячи на стільці.

1. Зробити кілька глибоких вдихів і видихів. Потягнутися на стільці, зігнувши руки на потилиці, відхиляючи голову назад і випростовуючи плечі. Повторити 5 разів.

2. Зробити нахили і повороти голови. Повторити 5 разів.

3. Зробити легкий самомасаж обличчя і кисті рук протягом 3-5 с.

Варіант 3

Вихідне положення - стоячи, ноги разом, руки вниз.

1. Прямі руки розвести в боки долонями догори, зробити вдих.

2. Схрестити руки перед грудьми, міцно обхопити себе за плечі, повторити 5 разів.

3. Кругові рухи ліктями вперед протягом 5 с.

4. Те саме назад. Дихати рівномірно.

ОРІЄНТОВНІ ТАБЛИЦІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІКОВИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ НОРМ

Таблиця 24

Оцінка фізичного розвитку для чоловіків 19-20 років (шкала регресії)

Межі сигмальних відхилень для довжини тіла (зросту)	Довжина тіла (зріст), см	Загальна маса тіла, кг	Обхват грудної клітки, см	ЖЄЛ, мл	Сила правої кисті, кг	Станова сила, кг
		середнє ($M \pm 0,67 \sigma R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma R$)
Низькі (від $M - 2\sigma$ і нижче)	159	54,1-62,1	84,2-90,3	3655-4425	44-52	109-143
	160	54,8-62,7	84,4-90,5	3693-4463	44-52	109-143
	161	55,4-63,4	84,6-90,7	3731-4501	44-52	109-143
	162	56,1-64,0	84,8-90,9	3769-4539	45-52	109-143
Нижче середніх (від $M - 0,6 \sigma$ до $M - 2 \sigma$)	163	56,7-64,7	85,0-91,1	3807-4577	45-53	109-143
	164	57,4-65,3	85,2-91,3	3845-4615	45-53	109-143
	165	58,0-66,0	85,4-91,5	3883-4653	45-53	109-143
	166	58,7-66,6	85,6-91,7	3921-4691	46-54	109-143
	167	59,3-67,3	85,8-91,9	3959-4729	46-54	109-143
	168	60,0-67,9	86,0-92,1	3997-4767	46-54	109-143
	169	60,6-68,6	86,2-92,3	4035-4805	47-55	109-143
Середні ($M \pm 0,67\sigma$)	170	61,3-69,2	86,4-92,5	4073-4843	47-55	109-143
	171	61,9-69,9	86,6-92,7	4111-4881	47-55	109-143
	172	62,6-70,5	86,8-92,9	4149-4919	48-55	109-143
	173	63,2-71,2	87,0-93,1	4187-4957	48-56	109-143
	174	63,9-71,8	87,2-93,3	4225-4995	48-56	109-143
	175	64,5-72,5	87,4-93,5	4263-5033	48-56	109-143
	176	65,2-73,1	87,6-93,7	4301-5017	48-57	109-143
	177	65,8-73,8	87,8-93,9	4339-5109	49-57	109-143
Вище середніх (від $M + 0,6\sigma$ до $M + 2\sigma$)	178	66,5-74,4	88,0-94,1	4377-5147	49-57	109-143
	179	67,1-75,1	88,2-94,3	4415-5185	50-57	109-143
	180	67,8-75,7	88,4-94,5	4453-5223	50-58	109-143
	181	68,4-76,4	88,6-94,7	4491-5261	50-58	109-143
	182	69,1-77,0	88,8-94,9	4529-5299	50-58	109-143
	183	69,7-77,7	89,0-95,1	4567-5337	51-59	109-143
	184	70,4-78,3	89,2-95,3	4605-5375	51-59	109-143
	185	71,0-79,0	89,4-95,5	4643-5413	51-59	109-143
Високі (від $M + 2 \sigma$ і вище)	186	71,7-79,6	89,6-95,7	4681-5451	52-59	109-143
	187	72,3-80,3	89,8-95,9	4719-5489	52-60	109-143
	188	73,0-80,9	90,0-96,1	4757-5527	52-60	109-143
	189	73,6-81,6	90,2-96,3	4795-5565	52-60	109-143
Середнє арифметичне (M)	173,66	67,62	90,06	4597	51,97	125,90
Загальна сигма (σ)	5,56	6,99	4,74	612	6,12	25,0
Частная сигма (σR)		5,93	4,58	573	5,88	25,0
Коефіцієнт регресії по зросту (R)		+0,65 кг/см	+0,20 см/см	+0,38 мл/см	+0,22 кг/см	-0,0009 кг/см

Таблиця 25

**Оцінка фізичного розвитку для жінок 19-20 років
(шкала регресії по зросту)**

Межі сиг- мальних відхилень для довжини тіла (зросту)	Довжина тіла (зріст), см	Загальна маса тіла, кг	Обхват грудної клітки, см	ЖЄЛ, мл	Сила правої кисті, кг	Станова сила, кг
		середнє ($M \pm 0,67$ °R)	середнє ($M \pm 0,67$ °R)	середнє ($M \pm 0,67$ °R)	середнє ($M \pm 0,67$ °R)	середнє ($M \pm 0,67$ °R)
1	2	3	4	5	6	7
Низькі (від $M - 2\sigma$ і нижче)	146	45,9-53,1	76,4-81,3	2446-2946	23,0-30,5	53-71
	147	46,5-53,7	76,6-81,5	2464-2964	23,3-30,8	53-72
	148	47,1-54,3	76,8-81,7	2482-2982	23,6-31,1	54-72
	149	47,7-54,9	76,9-81,8	2499-2999	23,9-31,4	54-72
Нижче середніх (від $M - 0,67\sigma$ до $M - 2\sigma$)	150	48,3-55,5	77,1-82,0	2517-3017	24,2-31,7	54-73
	151	48,9-56,1	77,3-82,2	2535-3035	24,5-32,0	55-73
	152	49,4-56,7	77,5-82,4	2553-3053	24,8-32,3	55-73
	153	50,0-57,3	77,6-82,5	2571-3071	25,1-32,6	55-74
	154	50,6-57,9	77,8-82,7	2588-3088	25,4-32,9	56-74
	155	51,2-58,5	78,0-82,9	2606-3106	25,7-33,2	56-74
	156	51,8-59,0	78,1-83,0	2624-3124	26,0-33,5	56-75
Середні ($M \pm 0,67 \sigma$)	157	52,4-59,6	78,3-83,2	2642-3142	26,3-33,6	56-75
	158	53,0-60,2	78,5-83,4	2660-3160	26,3-34,1	57-75
	159	53,6-60,8	78,6-83,5	2677-3177	26,9-34,4	57-75
	160	54,2-61,4	78,8-83,7	2695-3195	27,2-34,7	57-76
	161	54,8-62,0	79,0-83,9	2713-3213	27,5-35,0	58-76
	162	55,3-62,6	79,2-84,1	2731-3231	27,8-35,3	58-76
	163	55,9-63,2	79,3-84,2	2749-3249	28,1-35,6	58-77
	164	56,6-63,8	79,5-84,4	2766-3266	28,4-35,9	59-77
	165	57,1-64,4	79,7-84,5	2784-3284	28,7-36,2	59-77
Вище середніх (від $M + 0,67\sigma$ до $M + 2\sigma$)	166	57,7-64,9	79,8-84,7	2802-3302	29,0-36,5	59-78
	167	58,3-65,5	80,0-84,9	2820-3320	29,3-36,8	60-78
	168	58,9-66,1	80,2-85,1	2838-3338	29,6-37,1	60-78
	169	59,5-66,7	80,3-85,2	2855-3355	29,9-37,4	60-79
	170	60,1-67,3	80,5-85,4	2873-3373	30,2-37,7	60-79
	171	60,7-67,9	80,7-85,6	2891-3391	30,5-38,0	61-79
Високі (від $M + 2 \sigma$ і вище)	172	61,2-68,5	80,9-85,8	2909-3409	30,8-38,3	61-79
	173	61,8-69,1	81,0-85,9	2927-3427	31,1-38,6	61-80
	174	62,4-69,7	81,2-86,1	2944-3444	31,4-38,9	61-80
	175	63,0-70,3	81,4-86,3	2962-3462	31,7-39,2	62-80
	176	63,6-70,8	81,5-86,4	2980-3480	32,0-39,5	62-81
Середнє арифме- тичне (M)	160,52	58,16	81,38	2956	32,64	51,82
Загальна сигма (σ)	5,28	6,24	3,78	393	5,13	13,7
Частная сигма (σR)		5,40	3,65	372	4,90	13,6
Коефіцієнт ре- гресії по зросту (R)		+0,59 кг/см	+0,17 см/см	+17,8 мл/см	+0,30 кг/см	+0,31 кг/см

Таблиця 26

**Оцінка фізичного розвитку для чоловіків 18 років
(ростова шкала регресії по А.В. Чоговадзе и М.М. Круглому)**

Межі сигмальних відхилень для довжини тіла (зросту)	Довжина тіла (зріст), см	Загальна маса тіла, кг	Обхват грудної клітки, см	ЖЄЛ, мл	Сила правої кисті, кг	Станова сила, кг
		середнє ($M \pm 0,67 \sigma_R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma_R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma_R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma_R$)	середнє ($M \pm 0,67 \sigma_R$)
1	2	3	4	5	6	7
Низькі (від $M - 2 \sigma$ і нижче)	158	49,0-56,2	81,6-87,6	3135-3860	39-46	97-123
	159	49,9-57,0	82,0-87,9	3202-3927	39-47	98-123
	160	50,8-57,9	82,3-88,3	3269-3994	40-47	98-124
	161	51,6-58,8	82,6-88,6	3336-4061	40-47	98-124
Нижче середніх(від M $- 0,67 \sigma$ до $M - 2 \sigma$)	162	52,5-59,7	82,9-88,9	3403-4128	40-48	98-124
	163	53,4-60,6	83,2-89,2	3470-4195	41-48	98-124
	164	54,3-61,4	83,5-89,5	3537-4262	41-48	98-124
	165	55,2-62,3	83,8-89,9	3604-4329	41-48	99-124
	166	56,0-63,2	84,2-90,2	3671-4396	42-49	99-125
	167	56,9-64,1	84,5-90,5	3738-4463	42-50	99-125
	168	57,8-65,0	84,8-90,8	3805-4530	42-50	99-125
Середні ($M \pm 0,67 \sigma$)	169	58,7-65,8	85,2-91,1	3872-4597	43-50	99-125
	170	59,6-66,7	85,5-91,5	3939-4664	43-51	99-125
	171	60,4-67,6	85,8-91,8	4006-4731	43-51	99-125
	172	61,3-68,5	86,1-92,1	4073-4798	44-51	100-125
	173	62,2-69,4	86,4-92,4	4140-4865	44-52	100-126
	174	63,1-70,2	86,8-92,7	4207-4932	44-52	100-126
	175	64,0-71,1	87,1-93,1	4274-4999	45-52	100-126
	176	64,8-72,0	87,4-93,4	4341-5056	45-53	100-126
Вище середніх (від $M + 0,67 \sigma$ до $M + 2 \sigma$)	177	65,7-72,9	87,7-93,7	4408-5133	45-53	100-126
	178	66,6-73,8	88,0-94,0	4475-5200	46-53	100-126
	179	67,5-74,6	88,4-94,3	4542-5267	46-54	101-126
	180	68,4-75,5	88,7-94,7	4609-5334	47-54	101-127
	181	69,2-76,4	89,0-95,0	4676-5401	47-54	101-127
	182	70,1-77,3	89,3-95,3	4743-5468	47-55	101-127
	183	71,0-78,2	89,6-95,6	4810-5535	48-55	101-127
	184	71,9-79,0	90,0-95,9	4877-5602	48-55	102-127
	185	72,8-79,9	90,3-96,3	4944-5669	48-56	102-128
Високі (від $M + 2 \sigma$ і вище)	186	73,6-80,8	90,6-96,6	5011-5736	49-56	102-128
	187	74,5-81,7	90,9-96,9	5073-5803	49-57	102-128
	188	85,4-82,6	91,2-97,2	5145-5870	49-57	102-128
Середнє арифметичне (M)	173,3	66,03	89,53	4522	48,01	112,8
Загальна сигма (σ)	5,64	7,32	4,46	660	5,97	19,3
Частная сигма (σ_R)		5,34	4,39	541	5,61	19,29
Коефіцієнт регресії по зросту (R)		+0,88 кг/см	+0,32 см/см	+67 мл/см	+0,35 кг/см	+0,16 кг/см

**Оцінка фізичного розвитку для чоловіків 18 років
(ростова шкала регресії по А.В. Чоговадзе и М.М. Круглому)**

Межі сигмальних відхилень для довжини тіла (зросту)	Довжина тіла (зріст), см	Загальна маса тіла, кг	Обхват грудної клітки, см	ЖЄЛ, мл	Сила правої кисті, кг	Станова сила, кг
		середнє (M±0,67 °R)	середнє (M±0,67 °R)	середнє (M±0,67 °R)	середнє (M±0,67 °R)	середнє (M±0,67 °R)
1	2	3	4	5	6	7
Низькі (від M – 2 σ і нижче)	158	49,0-56,2	81,6-87,6	3135-3860	39-46	97-123
	159	49,9-57,0	82,0-87,9	3202-3927	39-47	98-123
	160	50,8-57,9	82,3-88,3	3269-3994	40-47	98-124
	161	51,6-58,8	82,6-88,6	3336-4061	40-47	98-124
Нижче середніх (від M – 0,67 σ до M – 2 σ)	162	52,5-59,7	82,9-88,9	3403-4128	40-48	98-124
	163	53,4-60,6	83,2-89,2	3470-4195	41-48	98-124
	164	54,3-61,4	83,5-89,5	3537-4262	41-48	98-124
	165	55,2-62,3	83,8-89,9	3604-4329	41-48	99-124
	166	56,0-63,2	84,2-90,2	3671-4396	42-49	99-125
	167	56,9-64,1	84,5-90,5	3738-4463	42-50	99-125
	168	57,8-65,0	84,8-90,8	3805-4530	42-50	99-125
Середні (M±0,67 σ)	169	58,7-65,8	85,2-91,1	3872-4597	43-50	99-125
	170	59,6-66,7	85,5-91,5	3939-4664	43-51	99-125
	171	60,4-67,6	85,8-91,8	4006-4731	43-51	99-125
	172	61,3-68,5	86,1-92,1	4073-4798	44-51	100-125
	173	62,2-69,4	86,4-92,4	4140-4865	44-52	100-126
	174	63,1-70,2	86,8-92,7	4207-4932	44-52	100-126
	175	64,0-71,1	87,1-93,1	4274-4999	45-52	100-126
	176	64,8-72,0	87,4-93,4	4341-5056	45-53	100-126
Вище середніх (від M + 0,67 σ до M + 2 σ)	177	65,7-72,9	87,7-93,7	4408-5133	45-53	100-126
	178	66,6-73,8	88,0-94,0	4475-5200	46-53	100-126
	179	67,5-74,6	88,4-94,3	4542-5267	46-54	101-126
	180	68,4-75,5	88,7-94,7	4609-5334	47-54	101-127
	181	69,2-76,4	89,0-95,0	4676-5401	47-54	101-127
	182	70,1-77,3	89,3-95,3	4743-5468	47-55	101-127
	183	71,0-78,2	89,6-95,6	4810-5535	48-55	101-127
	184	71,9-79,0	90,0-95,9	4877-5602	48-55	102-127
	185	72,8-79,9	90,3-96,3	4944-5669	48-56	102-128
Високі (від M + 2 σ і вище)	186	73,6-80,8	90,6-96,6	5011-5736	49-56	102-128
	187	74,5-81,7	90,9-96,9	5073-5803	49-57	102-128
	188	85,4-82,6	91,2-97,2	5145-5870	49-57	102-128
Середнє арифметичне (M)	173,3	66,03	89,53	4522	48,01	112,8
Загальна сигма (σ)	5,64	7,32	4,46	660	5,97	19,3
Частная сигма (σ R)		5,34	4,39	541	5,61	19,29
Коефіцієнт регресії по зросту (R)		+0,88 кг/см	+0,32 см/см	+67 мл/см	+0,35 кг/см	+0,16 кг/см

Таблиця 28

Стандарти де яких показників фізичного розвитку дівчат та юнаків на період закінчення шкільного навчання

Вік (в роках)	Юнаки M±m	Дівчата M±m
Зріст (у см)		
15	162,3±8,5	156,8±5,2
16	166,5±6,8	158,7±5,1
17	171,4±5,2	159,0±6,0
Вага (у кг)		
15	51,9±8,4	50,6±6,3
16	56,7±7,4	53,7±6,6
17	62,8±6,9	54,5±7,2
Обхват грудної клітини (у см)		
15	78,8±5,8	76,9±4,2
16	82,0±0,53	78,3±3,6
17	84,6±0,64	78,6±3,6
Життєва ємність легень (у л)		
15	3,5±0,66	2,8±0,38
16	4,1 ±0,60	2,9±0,36
17	4,3±0,50	3,1±0,34
М'язова сила правої руки		
15	32,5±6,8	24,1 ±4,2
16	37,8±5,6	25,9±4,2
17	41,4±4,8	27,8±4,6
Ваго-зрістовий індекс (г/см)		
18	371,9	361,1

Таблиця 29

Вікові зміни частоти пульсу

Вік, роки	Частота серцевих скорочень в одну хвилину
10-15	70-85
15-20	60-90
20-30	60-65
30-40	65-68
40-50	68-72
50-60	72-80
70-80	84-85

Таблиця 30

**Вікові особливості артеріального тиску дітей, мм рт. ст.
(за А.Б. Воловиком)**

Вік, роки	Максимальний тиск, мм рт. ст.	Мінімальний тиск, мм рт. ст.
Новонароджений	70	34
1	90	39
3-4	96	58
7-8	99	64
9-12	105	70
13-15	117	73

Таблиця 31

Вікова динаміка частоти дихання у дітей

Вік	Частота дихання в одну хвилину
Новонароджений	60-40
1-6 міс.	45-35
7-12 міс.	40-35
2-6 років	30-25
7-12 років	23-18
старше 12	20-16

Таблиця 32

Рівняння для розрахунку величин основного обміну (ОО)

Стать	Вік, роки	Рівняння для розрахунку ОО, ккал/добу
Ч	10-18	$16,6MT+77P+572$
Ж		$7,4MT+482P+217$
Ч	18-30	$15,4MT-27P+717$
Ж		$13,3MT+334P+35$
Ч	30-60	$11,3MT+16P+901$
Ж		$87MT-25P+865$
Ч	60	$8,8MT+1128P-1071$
Ж		$9,2MT+637P-302$

Примітка: MT – маса тіла, кг; P – ріст, м

Таблиця 33

Рекомендовані середні показники потреби поживних речовин
за віком (Б.І. Ткаченко, 1994)

Вік, роки	Білки, всього	г/добу в тому числі	Жири, всього	г/добу в тому числі	Вуглеводи, г/добу
1-3	53	37	53	5	212
4-6	68	44	68	10	272
7-10	79	47	79	16	315
11-13	93(85)	56(51)	93(85)	19(17)	370(340)
14-17	100(90)	60(54)	100(20)	20(18)	400(360)
60-74	69(63)	38(35)	77(70)		333(305)
75	60(57)	33(31)	67(63)		290(275)

Примітка: в дужках наведено величини, які рекомендовані для жінок

Таблиця 34

Добова потреба дітей та підлітків у вітамінах за віком
(В.В. Єфремов, 1971)

Вікова група	Вітаміни						
	В ₁	В ₂	РР	В ₆	С	А	
	мг					МЕ	мг
6 міс.-1 рік	0,5	0,6	6	0,5	20	1650	1,0
1-1,5 років	0,8	1,1	9	0,9	33	3300	1,0
1,5-2 роки	0,9	1,2	10	1,0	37	3300	1,0
3-4 роки	1,1	1,4	12	1,3	45	3300	1,0
5-6 років	1,2	1,6	13	1,4	50	4000	1,5
7-10 років	1,4	1,9	15	1,7	60	5000	1,5
11-13 років	1,7	2,3	19	2,0	72	5000	1,5
14-17 ро- ків: юнаки	1,9	2,5	21	2,0	80	5000	1,5
дівчата	1,7	2,2	18	1,9	69	5000	1,5

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека. – М.: Медицинская книга, Н.Новгород: ИГМА, 2003. – 528 с.
2. Аносов І.П., Хоматов В.Х., Станішевська Т.І. Анатомія людини. Навч. пос., - К.: „Твім інтер”, 2006. – 304 с.
3. Аносов І.П., Хоматов В.Х. Анатомія людини у схемах. - К.: Вища школа, 2002. – 191 с.
4. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 447 с.
5. Антропова М.В. Гигиена детей и подростков. – М.: Медицина, 1982.
6. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии. 2-е издание / Под редакцией Быкова А.С., Воробьева А.А., Зверева В.В. – М.: Мед. информ. агентство, 2008 – 270 с.
7. Батуев А.С. Высшая нервная деятельность. – М.: Высш. шк., 1991. – 256с.
8. Безруких М.М., Соньки В.Д. Фарбер Д.А. Возрастная физиология развития ребёнка. – М., 2002.
9. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. – М.: Наука, 1990. – 495 с.
10. Бугаєв К.Е., Маркусенко Н.Н., та ін. Вікова фізіологія. – Ростов-на-Дону: "Ворошиловградська правда", 1975.
11. Валеологія: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти: в 2 ч. / Бобрицька В.І., Гринькова М.В. та ін.; за ред. Бобрицької В.І. – Полтава: «Скайтек», 2000. – ч. 1 – 146 с.
12. Возрастная физиология и школьная гигиена: Пособие для студентов пед. ин-тов / А.Г. Хрипкова, М.В. Андропова, Д.А. Фарбер. – М.: Просвещение, 1990. – 319 с.
13. Галантюк С.І., Феник С.Й., Страшнюк Н.Б., Грубінко В.В. Педагогічна практика з шкільної гігієни: Методичні рекомендації до виконання самостійних завдань з шкільної гігієни.

- єни. – Тернопіль: ТДПУ, 2000. – 29 с.
14. Готовність дитини до школи / Упоряд.: Л. Богуславська, С. Гончаренко, Л. Кондратенко / За заг. ред. Максименка С., Главник О. – К.: Главник, 2004. – 112 с.
 15. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 444 с.
 16. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология: Учеб. пособ. для студ. пед. вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.
 17. Маруненко І.М., Неведомська Є.О., Бобрицька В.І. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни.: Навчальний посібник. – К.: ВД “Професіонал”, 2004. – 480 с.
 18. Коробков А.В., Чеснокова С.А. Атлас по нормальной физиологии: Пособие для студ. мед. и биол. спец. вузов / Под ред. Агаджаняна Н.А. – М.: Высш. шк., 1987. – 351 с.
 19. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. – К.: Вища шк., 1991. – 327 с.
 20. Любимова З.В., Маринова К.В., Никинина А.А. Возрастная физиология: Учеб для студ. высш. учеб. заведений: В 2 ч. – М.: Гум. изд. Центр «Владос», 2003. – Ч. 1. – 304 с.
 21. Максимова Н.Ю., Мілютіна К.Л., Піскун В.М. Основи дитячої патопсихології: Навч. Посібник. – К.: Перун, 1996. – 464 с.
 22. Маруненко І.М., Неведомська Є.О., Бобрицька В.І. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни: Курс лекцій для студ. небіол. спец. вищ. пед. навч. закл. – К.: Професіонал, 2004. – 480 с.
 23. Михайлов В.Г. Тайны крови (Заметки гематолога). – М.: Знание, 1982. – 160 с.
 24. Основы физиологии человека. В 2-х томах / Под ред. Ткаченко Б.И. – СПб. Международный фонд истории науки, 1994.
 25. Основы психології: Підручник / За загал. ред. О.В. Киричука, В.А. Роменця. – К.: Либідь, 1995. – 632 с.
 26. Плахтій П., Кучерук О. Фізіологія людини. Нейрогуморальна регуляція функцій: Навчальний посібник. – К.: ВД

«Професіонал», 2006. – 336 с.

27. Принципи здорового харчування. Посібник для поліпшення якості роботи. – К.: Ін-т кардіології АМН України, 2001. – 30 с.
28. Присяжнюк М. Російсько-український медичний словник професійної мови фахівців з внутрішніх хвороб (із тлумаченням термінів). – К.: Видавничий дім “КМ Academia”, 1995. – 512 с.
29. Сапин М.Р., Билич Г. Л. Анатомия человека: Учеб. Для студ. биол. Спец. вузов. – М.: Высш. Шк., 1989. – 544 с.
30. Сапин М.Р., Брыскина З.Г. Анатомия и физиология детей и подростков: Учеб. пособие для студ. пед. вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 456 с.
31. Старушенко Л.І. Клінічна анатомія і фізіологія людини: Навч. Посібник. – К.: УСМП, 2001. – 256 с.
32. Фарбер Д.А., Семёнова Л.К., Алферова В.В. и др. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Л.: Наука, 1990. – 198 с.
33. Физиология человека: В 3-х томах. Пер. с англ.// Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1986. – 287 с.
34. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
35. Функциональные системы организма. / Под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 1987. – 432 с.
36. Хрипкова А.Г. Возрастная физиология: Учеб. пособие для студентов небиол. спец. пед. ин-тов. – М.: «Просвещение», 1978. – 287 с.
37. Хрипкова А.Г., Колесов Д.В. Гигиена и здоровье школьника. – М.: Просвещение, 1988. – 191 с.
38. Чайченко Г.М. Фізіологія вищої нервової діяльності. – К.: Либідь, 1993. – 215 с.
39. Шульговский В.В. Основы нейрофизиологии: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 227с.

Навчальне видання

ПІДРУЧНИК

Укладачі:

Аносов Іван Павлович
Хоматов Валерій Христофорович
Сидоряк Наталія Георгіївна
Станішевська Тетяна Іванівна
Антоновська Лариса Віталіївна

ВІКОВА ФІЗІОЛОГІЯ
З ОСНОВАМИ ШКІЛЬНОЇ ГІГІЄНИ

Редактор Станішевська Т.І.
Коректор Горна О.І.
Комп'ютерна верстка Чай С.М.

Підписано до друку 12.11.2008 Формат 60х84/16
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 25,24.
Наклад 1000 пр.
Зам. №2343

ТОВ «Видавничий будинок Мелітопольської друкарні»
Св. ДК №1509 від 26.09.03 р.
М. Мелітополь, вул. К. Маркса, 21.
Тел. 8 (06192) 6-81-46.