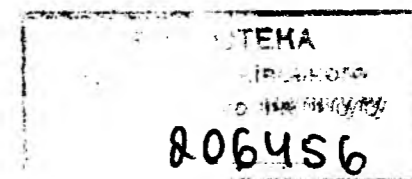


Л. Дмитриев

ГОЛОСОВОЙ АППАРАТ ПЕВЦА

НАГЛЯДНОЕ ПОСОБИЕ



МУЗЫКА · МОСКВА · 1964

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
Введение	
Система управления речевой и певческой функциями	4
Ткани организма	7
Раздел I	
Гортань	9
Органы дыхания	15
Глотка	18
Ротовая полость	20
Полость носа	20
Раздел II	
Работа голосового аппарата в речи	22
Раздел III	
Работа голосового аппарата в пении	27
Список использованной литературы	35

Под общей редакцией
В. ЧАПЛИНА

ОТ АВТОРА

Перед автором была поставлена задача составить анатомический атлас, рассказывающий о строении голосового аппарата человека с показом некоторых физиологических приспособлений при речи и пении. Атлас рассчитан на широкий круг певцов и вокальных педагогов, желающих познакомиться со строением и функцией голосового аппарата без изучения специальных медицинских руководств по анатомии и физиологии.

Атлас состоит из 24 таблиц, иллюстрирующих строение и приспособление голосового аппарата в речи и пении. Каждая таблица снабжена подписями. Кроме того, имеется методическая записка, связано и в популярной форме излагающая содержание таблиц.

Настоящий атлас ни в коей мере не может заменить медицинский анатомический атлас и не отвечает требованиям читателя-врача. Это специальное руководство для вокалистов, как по составу и манере изложения своих разделов, так и по расположению материала принципиально отличающееся от обычных анатомических атласов.

Во введении кратко освещаются вопросы управления процессом голосообразования, в связи с чем излагаются некоторые данные об иннервации голосового аппарата, а также краткие сведения о тканях голосового аппарата.

В первом (основном) разделе, по возможности подробно, изложено строение голосового аппарата. Расположение материала этого раздела и, соответственно, таблиц не совпадает с традиционным описанием, обычно начинающимся с анатомии носовой полости. Здесь в основу описания положен функциональный принцип. Прежде всего описывается орган, где возникает звук голоса, — гортань, а за ней — дыхательный аппарат, как система, непосредственно взаимодействующая с гортанью при образовании звука. Только после этого автор переходит к анатомии вышележащих отделов, в которых звук, возникший в гортани, претерпевает различные видоизменения, связанные с речевыми и певческими заданиями.

Певцу необходимо четко различать функции звукообразующего и артикуляционного отделов голосового аппарата.

Во втором разделе коротко описана работа голосового аппарата при речевой функции. Иллюстрированный материал изложен в виде схем, на которых показаны положения артикуляторных

органов и гортани, сделанных по рентгенограммам, снятым во время речи, как это широко принято в фонетике.

В третьем разделе даются некоторые сведения о певческих приспособлениях голосового аппарата, также построенные на рентгенографическом материале.

В тексте используются некоторые данные из акустики и физиологии, необходимые для понимания певческой функции голосового аппарата. Весьма кратко затрагиваются вопросы нейрохроноаксической теории фонации, что подготовит читателя к освоению более сложной литературы по речи и пению.

Краткость работы и ее прикладная направленность заставили нас отказаться от упоминания фамилий авторов работ, откуда взяты те или иные научные данные или иллюстрации. Они везде заменены номерами, стоящими в скобках и отсылающими к списку литературы. Таблицы для данного издания выполнены автором. Некоторые из них являются вполне оригинальными, часть выполнена по имеющимся работам с добавлениями и модификациями.

Кроме того, в тексте имеются указания на соответствующие таблицы, рисунки и номера, под которыми они могут быть найдены в атласе.

Номера таблиц отмечены римскими цифрами, рисунки имеют буквенные обозначения, а арабские цифры, общие для всех рисунков данной таблицы, показывают порядковый номер, под которым стоит то или иное образование. Так, например, указание III A—12 следует расшифровать: таблица III, рисунок A, где под номером 12 стоит нужное образование. Если оно имеется на нескольких таблицах или нескольких рисунках, то, соответственно, указывается ряд римских цифр и букв (например, VIII ЖИК указывает, что данное положение иллюстрируется таблицей VIII и ее рисунками под литерами Ж, И, К). Или указание IV БВ—13—15—23 следует расшифровать: таблица IV, рисунки Б и В, номера, под которыми стоят описываемые образования, — 13, 15, 23.

Автор приносит глубокую благодарность профессору Н. И. Жинкину, кандидату медицинских наук А. М. Хатиной и д-ру В. Л. Чаплину за ценные советы и указания, сделанные ими при составлении настоящего пособия.

Л. Дмитриев

Введение

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЧЕВОЙ И ПЕВЧЕСКОЙ ФУНКЦИЯМИ

Организм человека, составленный из большого количества органов и тканей, функционирует как единое целое. Все его части слаженно взаимодействуют друг с другом, осуществляя необходимые жизненные функции. Находясь в постоянно изменяющейся окружающей среде, организм, для того чтобы существовать, должен гибко приспосабливаться к этим изменениям.

Вся сложная работа по управлению разнообразными функциями организма лежит на нервной системе. Нервная система через бесчисленное множество своих волокон связана со всеми органами и тканями организма. Весь организм посредством этих связей представлен в высшем отделе нервной системы — головном мозге.

Нервная система построена из огромного количества нервных клеток и их отростков. Единицей строения нервной ткани является нейрон II А, Б, В — это нервная клетка со всеми ее отростками. На концах отростков имеются специальные концевые образования для контакта с другими клетками II АВ—З. Характерным для нервной клетки является наличие многих ветвящихся древовидных отростков — дендритов II А—4 и одного длинного II А—5, аксона, имеющего иногда более 10 см длины. Эти длинные отростки нервных клеток, собранные в стволы, и образуют периферические нервы. Длинные отростки нервных клеток, аксоны, одеты специальной белой жироподобной оболочкой II А—6 и поэтому имеют белый цвет (белое вещество мозга). Скопление самих тел нервных клеток имеет серый цвет, поэтому кора головного мозга имеет серый цвет (серое вещество мозга). Нервные клетки обладают свойством возбуждения от воздействия какого-либо раздражителя и передают это возбуждение в виде импульса по отросткам.

Нейроны по своей функции бывают различны. Одни приносят с периферии в центр информацию о явлениях, происходящих во внешней среде, окружающей организм, или из его внутренних органов — это чувствительные нейроны II А. Другие несут из мозга ответ на полученные раздражения в виде двигательных импульсов к мышцам, к скелетной мускулатуре — это двигательные нейроны II В. Третьи передают раздражения от одной нервной клетки к другой, образуя нейронные цепи. — это промежуточные, или вставочные, нейроны II Б.

Чувствительные нейроны снабжены на концах своих длинных отростков специальными воспринимающими аппаратами — рецепторами II Д—12, Е—16. Эти рецепторы варьируют по своей форме в зависимости от их назначения. Задача рецептора — воспринять явление, происходящее в области, где он находится, и передать информацию в виде нервного импульса чувствительной нервной клетке II А. Затем уже через промежуточные нейроны II Б информация достигает нервных центров, и в результате их деятельности по двигательному нейрону II В дается ответ. Двигательные нейроны имеют также на конце длинного отростка концевой аппарат — моторную бляшку II В—20, по которой импульс с нервного волокна переходит на мышечное волокно. Нейроны контактируют между собой при помощи специальных окончаний, образуя соединения — синапсы II АВ—З.

По строению в нервной системе различают центральный и периферический отделы. К центральному отделу относятся головной и спинной мозг. К периферическому — нервы, выходящие из головного и спинного мозга. Из головного мозга через отверстия в черепе выходят двенадцать пар черепномозговых нервов, иннервирующих главным образом органы и ткани головы и шеи. Из спинного мозга между позвонками выходит 31 пара спинномозговых нервов, соответственно количеству позвонков. Большинство черепномозговых и все спинномозговые нервы имеют смешанный характер, то есть построены как из двигательных; так и из чувствительных нервных волокон. Кроме того, в составе спинномозговых и ряда черепномозговых нервов идут волокна, относящиеся к вегетативной части нервной системы. По функции в нервной системе выделяют вегетативную часть. Вегетативная часть нервной системы управляет функциями всех внутренних органов, кровеносными и лимфатическими сосудами, железами и гладкой мускулатурой (см. ниже).

Вегетативная нервная система имеет периферический и центральный отделы. Периферическая часть представлена волокнами блуждающих нервов (X пара черепномозговых нервов) и так называемыми симпатическими нервными стволами, располагающимися справа и слева по бокам позвоночного столба. Для вегетативного отдела нервной системы характерно образование нервных сплетений вблизи или внутри иннервируемых ими орга-

нов. Центральные отделы вегетативной нервной системы расположены в спинном и головном мозгу. Деятельность вегетативного отдела нервной системы не входит в сферу непосредственного волевого контроля.

Таким образом, в периферическом спинномозговом нерве: 1) по чувствительным волокнам передаются сигналы от соответствующего участка кожных покровов (болевая, температурная, тактильная и др. чувствительность), от соответствующих мышц, сухожилий, суставов (мышечное чувство, состояние суставов, сухожилий); 2) по двигательным нервам передаются «приказы» к мышцам — сократиться или расслабиться в той или иной мере; 3) по вегетативным волокнам идет управление работой стенок сосудов, кожных желез и гладких мышц кожных волос.

В осуществлении речевой и певческой функций принимают участие многочисленные органы, относящиеся к артикуляторному, гортанному и дыхательному аппаратам. Они имеют различную иннервацию. Движение голосовых связок осуществляется действием внутренних мышц гортани, иннервируемых посредством верхнего и нижнего гортанных нервов. Эти нервы являются ветвями блуждающего нерва (n. vagus), входящего в группу черепномозговых нервов (X пара). Блуждающий нерв является смешанным нервом: он несет в своем составе двигательные, чувствительные и вегетативные волокна.

Начинаясь от ядер, лежащих в продолговатом мозгу, блуждающий нерв выходит через одно из отверстий основания черепа и спускается в грудную полость, отдавая по пути многочисленные ветви. Одной из ветвей, отходящих от блуждающего нерва в его шейном отделе, является верхнегортанный нерв. Верхнегортанный нерв иннервирует перстничитовидные мышцы, натягивающие голосовые связки.

Нижнегортанные нервы, иннервирующие мышцы, приводящие, разводящие и напрягающие голосовые связки, являются конечными ветвями возвратного нерва (n. recurrens). Возвратный нерв отходит от ствола блуждающего нерва в верхней части грудной клетки и, обогнув справа подключичную артерию, а слева — дугу аорты, возвращается в область шеи и идет к мышцам гортани. Через гортанные нервы идут не только двигательные импульсы к мышцам, но и осуществляется чувствительная иннервация мышц, связок, суставов и слизистой оболочки гортани.

Шейная мускулатура, производящая смещение гортани вверх и вниз и заведующая установкой гортани в пении, получает свою иннервацию главным образом от двух последних пар черепномозговых нервов (XI и XII) и шейных спинномозговых (сегментарных) нервов.

Мышцы, осуществляющие вдох и выдох, получают свою иннервацию от соответствующих спинномозговых нервов (грудные и поясничные сегменты). Диафрагма, эта важнейшая мышца вдоха, получает свою иннервацию через диафрагмальный нерв (n. phrenicus), идущий от шейных сегментов спинного мозга.

Мышцы артикуляторного аппарата

получают свою иннервацию от черепномозговых нервов.

В осуществлении функции голосового аппарата принимают участие некоторые вегетативные нервные сплетения, такие, как глоточное, трахеальное, легочное и ряд других.

Главным органом управления всеми видами деятельности организма является центральная нервная система: кора головного мозга, подкорковые узлы и скопления серого вещества в более низких отделах — промежуточном, продолговатом и спинном мозге.

Управление различными функциями организма, начиная от простейших и кончая наисложнейшими, осуществляется по принципу рефлекса, то есть ответа на полученное раздражение. Всем известное рефлекторное отдергивание руки при прикосновении к горячему происходит в результате того, что нервный импульс, поступая по чувствительным нервам в соответствующий сегмент спинного мозга, тотчас передается на двигательные клетки спинного мозга и оттуда по двигательным волокнам — к мышцам, производящим отдергивание. В этой простой реакции рефлекторная дуга замыкается на уровне спинного мозга. Разные отделы центральной нервной системы играют неодинаковую роль в управлении функциями организма.

Низшие отделы центральной нервной системы: спинной, продолговатый и средний мозг — управляют более простыми, врожденными реакциями, так называемыми безусловными рефлексами. В продолговатом мозгу находится дыхательный центр и рефлекторные центры других жизненно важных функций организма.

В подкорковых чувствительных и двигательных узлах осуществляется регуляция сложных координированных актов, таких, как, например, ходьба. Работа подкорковых узлов, куда стекаются все чувствительные импульсы, которые затем передаются в кору, играет большую роль в функции самой коры.

Кора вместе с подкоркой осуществляет наиболее тонкие реакции организма, регулирует сложнейшие виды деятельности. Это высший орган управления, орган нашей сознательной деятельности. В этом гигантском четырнадцатимиллиардном скоплении нервных клеток представлен весь организм человека со всеми функциями. В коре головного мозга сосредоточен весь индивидуальный опыт человека — все, что он знает и умеет делать. Деятельность коры головного мозга при активном участии подкорковых центров называют высшей нервной деятельностью.

Различные участки коры имеют разное строение и связаны с различными функциями. Так, например, зрительные области расположены в затылочных долях; слуховые — в височной; зона кожной и мышечно-суставной чувствительности всего тела — в передней части теменной доли; а двигательная область, где представлены все произвольные мышцы, — в заднем отделе лобной доли.

В коре происходит высший анализ и синтез сигналов, поступающих по чувствительным нейронам. Путь, по которому идет определенное раздражение, или сигнал (от рецептора по чувствительным

нервам в кору головного мозга), И. П. Павлов назвал анализатором. Под влиянием тренировки анализ различных видов чувствительности может становиться все более и более тонким. Как мы говорим в жизни, — ощущения способны развиваться. Этот процесс сводится к умению включать в работу все меньшие и меньшие группы мозговых клеток, тормозя остальные клетки ядра анализатора.

В двигательном анализаторе, анализирующем мышечно-суставное чувство, совершенствование двигательной функции будет выражаться в уменьшении лишних движений, ликвидации ненужных напряжений. Получая в результате деятельности анализаторов информацию о состоянии организма и явлениях, происходящих в окружающей среде, мозг перерабатывает ее и по двигательным путям дает «приказ» отреагировать должным образом.

Всякое движение есть строго согласованная последовательная работа многих мышц. Сокращение мышц вызывается возбуждением соответствующих двигательных нейронов. Расслаблению мышц соответствует тормозное состояние двигательных нейронов. Во время как одни мышцы сокращаются, их антагонисты — расслабляются. Степень, сила, последовательность сокращения и расслабления разных групп мышц, участвующих в каком-либо двигательном акте, должны осуществляться очень точно. Только такая согласованная работа делает движение ловким, свободным.

Произвольными движениями ведает двигательная область коры головного мозга в заднем отделе лобной доли, откуда идет двигательный, так называемый пирамидный, путь ко всем произвольным мышцам нашего тела. В слаженности, координированности действий разных групп мышц большую роль играют подкорковые двигательные пути и мозжечок, входящие в экстрапирамидную систему.

При разучивании каких-либо новых движений, на основе предыдущего двигательного опыта, дается примерная последовательность нужных для этого сокращений и расслаблений мышц. Результат этой попытки оценивается при помощи информации, получаемой через зрительный, двигательный и другие анализаторы, сравнивается с желаемым, и делается новая попытка более совершенного исполнения нужного движения. Так постепенно в результате тренировки вырабатывается новый двигательный навык: лишние движения тормозятся, а нужные закрепляются повторением, в результате чего движение делается легким, свободным, автоматичным. Вся необходимая последовательность рефлексов начинает выполняться стереотипно. Таким образом, для контроля за движением нужна информация о том, как оно выполнено, то есть обратные связи работающего органа с мозгом. Это — необходимое условие совершенствования функции.

Речь и пение являются весьма тонко координированными двигательными актами, в которых принимают участие многочисленные органы. Каждый речевой или певческий звук является следствием особой, точной координации всех компонентов голосообразования: дыхания, гортани, артикуляции.

С развитием членораздельной речи у человека развиваются как органы, непосредственно участвующие в образовании речевых звуков, так и центральные механизмы управления речеобразованием. Как указывал Энгельс, членораздельная речь и труд превратили мозг обезьяны в мозг человека с его современной анатомической структурой и физиологическими свойствами. В осуществлении речи и пения принимает участие весь головной мозг. Однако особое отношение к речевой и певческой функциям имеют зоны коры, расположенные слева в височно-теменной и заднелобной доле I—4—6—15—16. Слухоречевая зона (центр Вернике) I—4 связана с анализом речевых звуков. Речедвигательная зона (центр Брока) I—15 связана с двигательной координацией при речевых движениях. Здесь же находятся зоны коры, при поражении которых расстраивается контроль и понимание смысла речи I—16, а также чтение, то есть зрительно-речевые ассоциации I—6. В этих же областях коры находятся и зоны, непосредственно участвующие в воспроизведении музыкальных звуков.

В осуществлении пения вводится в работу сложная система управления фонацией. Певец читает нотный текст, представляет себе последовательность смены высоты, длительности, силы и характера звуков, то есть звучание музыкальной фразы, затем дает «приказ» соответствующим мышцам, участвующим в голосообразовании, произвести нужные движения.

Осуществляя пение, то есть воспроизводя голосом музыку, звучащую мысленно в его голове, певец одновременно контролирует выполнение этой сложной двигательной задачи как при помощи слуха, так и при помощи целого ряда внутренних ощущений от работающих мышц, сухожилий и от возникающих вибрационных и дыхательных феноменов I ДЕЖЗИ. Эти обратные связи работающего голосового аппарата с корой головного мозга, принимающей участие в осуществлении фонации, необходимы для выработки нужных координаций. На основе этих идущих из периферии к центру сообщений в соответствующие отделы головного мозга происходит анализ I А (сравнение полученных впечатлений с заданием, которое было послано с предыдущим опытом) и дается новый двигательный приказ с целью улучшения координации, нахождения искомого звучания. По такому принципу происходит улучшение функции и приобретение нужного навыка. Для ученика-певца контролером правильного звучания является слух педагога до тех пор, пока он сам не научится различать необходимые тонкости звучания своего голоса, не разовьет так называемый вокальный слух. Постоянная тренировка в процессе постановки голоса приводит к высокому совершенству работы системы обратных связей: в сильной степени развиваются слуховые, мышечные, вибрационные и другие ощущения. Ведущую роль в этих обратных связях играет слуховой и речедвигательный анализаторы, тесно взаимосвязанные друг с другом. Под речедвигательным анализом понимается система мышечно-суставных ощущений, идущих в кору головного мозга от всей массы мышц, участвующих в фонации. Во время фонации мозг через слуховой анализатор I И получает

сведения о характере произведенного звука, а через речедвигательный I ДЕ — о функции мышц, производящих необходимые для образования этого звука движения.

Обычно при развитии тонких и точных движений, например при игре на струнных, клавишных инструментах, а также гимнастике, движения осуществляются произвольно, то есть непосредственно волевым усилием.

В речевых и певческих движениях вопрос управления осложняется, так как в систему механизма голосообразования включаются органы, степень произвольности работы которых весьма различна. Так, например, такие участвующие в артикуляции органы, как язык, губы, нижняя челюсть или мышцы шеи, опускающие и поднимающие гортань, вполне произвольны. Мышцы, осуществляющие дыхательные движения, имеют и произвольное и непроизвольное управление. С одной стороны, дыхательные мышцы работают автоматически, с другой стороны — в известных пределах подчиняются нашему волевому контролю. Мы можем вдохнуть с любой глубиной, варьировать длительность вдоха и выдоха, включать в дыхательные экскурсии преимущественно реберные или, наоборот, брюшные мышцы и т. п.

Между тем в легких есть система гладких мышц трахеи и бронхов, участвующих в фонации и совсем не имеющих этой произвольности. Особый интерес с этой точки зрения представляет система внутренних мышц гортанного устройства, непосредственно участвующая в осуществлении колебательных движений голосовых связок — в образовании певческого звука голоса.

Систему внутренних мышц гортани следует отнести к мышцам, имеющим двойное управление

и е. При вдохе голосовые связки расходятся и голосовая щель становится широкой, при выдохе они несколько сходятся, то есть повторяют дыхательные движения, отражая его автоматизм. Однако голосовые связки могут быть произвольно сомкнуты, поставлены в положение шепота, фальцета, грудного регистра, напряжены в большей или меньшей степени, то есть подчинены нашему сознанию.

Во время пения обе системы управления — автоматическая и произвольная — работают в единстве. Например, сложные и тонкие смены подсвязочного давления, а вместе с ним и работа гортани при переходе от гласного к гласному в пении или речи осуществляются автоматически. Между тем мы сознательно можем осуществить пение этих гласных в фальцетном или грудном регистре, то есть произвольно изменить тип работы гортани. Естественно, человек не может контролировать каждое колебание голосовой связки в отдельности, но легко контролирует общее число колебаний связок в секунду, то есть высоту звука, и может произвольно менять характер смыканий связок. Таким образом, голосовой аппарат имеет произвольно автоматическое управление.

Под певческим голосом обычно понимается возможность извлекать звуки, обладающие особыми тембровыми качествами и способностью «литься». Профессиональный певческий голос, кроме специфического певческого тембра и льющегося характера звука, должен обладать достаточной силой и большим диапазоном. Эту способность следует отнести не только за счет особенностей строения голосового аппарата, но главным образом за счет особенностей системы управления — за счет центральной нервной системы.

ТКАНИ ОРГАНИЗМА

Под тканью подразумевается комплекс клеток и продуктов их жизнедеятельности, которые имеют общее происхождение, строение и выполняют единые функциональные задачи. Разные ткани организма имеют различное назначение. По кровные ткани, или эпителии, отделяют организм от внешней среды, покрывают внутренние органы снаружи, выстилают полые органы изнутри. Опорными тканями, на которых держатся другие ткани организма, являются костная и хрящевая. Соединительная ткань соединяет различные клеточные элементы между собой, служит им основой, а также связывает органы и части скелета, и потому широко представлена во всех органах и тканях организма. Мышечная ткань, из которой построены мышцы, обладает свойством сокращения, и ее основная задача связана с двигательной функцией организма. Нервная ткань обладает свойством раздражимости и способна передавать это раздражение по нервам в нужный отдел организма.

Дыхательные пути человека выстланы слизистой оболочкой II И. Слизистая оболочка состоит из эпителиальных клеток II И—25, лежащих в один ряд и покрытых ресничками II И—24, ко-

торые совершают мерцательные движения II З. Между эпителиальными клетками вкраплены особые, так называемые бокаловидные, клетки II И—26, которые выделяют слизь на поверхность этой оболочки. Мерцательный эпителий волнообразными движениями своих ресничек удаляет эту слизь, вместе с осевшими на ней пылевыми частицами и микроорганизмами, по направлению к глотке, откуда она удаляется наружу или проглатывается и обезвреживается. Кроме бокаловидных клеток на поверхности слизистой оболочки открываютсяходы многочисленных слизистых желез, лежащих в соединительной ткани подслизистого слоя. Мерцательный эпителий лежит на соединительнотканной мембране II И—28, являющейся опорой этой ткани. Между клетками эпителия разветвляются концевые аппараты чувствительных нервов, сигнализирующих о явлениях, происходящих в дыхательных путях. В подслизистом соединительнотканном слое II И—29 проходят сосуды, питающие эпителий и нервы.

Слизистая оболочка тонка, и через нее хорошо просвечивает красный цвет мышц и сосудов, которые она покрывает. Однако на истинных голосовых связках она выглядит перламутрово-белой и блестящей, так как находящиеся под ней голосовые

мышцы покрыты соединительнотканной блестящей оболочкой.

Соединительная ткань состоит из соединительнотканых клеток и многочисленных волокон, лежащих между ними. Из соединительной ткани образуются многочисленные пластины, мембраны, перегородки между мышцами — фасции, различного рода перекладины, переплеты, служащие опорой другим типам клеток.

Мышечная ткань состоит из волокон, которые бывают двух родов: гладкие и поперечнополосатые. Эти два типа волокон, обладая общим свойством сократимости, резко отличаются как по своим функциональным свойствам, так и по строению.

Гладкие мышечные волокна П ГК имеют веретенообразную форму и невелики по размеру (доли миллиметра). Гладкие мышцы входят в состав многих внутренних органов, осуществляя необходимые для жизнедеятельности организма двигательные акты. Они осуществляют перистальтику кишечника, прогоняя по нему пищу, сжимают или расширяют сосуды, в зависимости от потребности, опорожняют пузырьные образования (желчный, мочево́й), выключают из работы определенные отделы легких, когда в них нет необходимости, и, наоборот, расширяют бронхи — когда вентиляция легких должна усиливаться, автоматически, рефлекторно расширяют и сужают зрачок глаза и т. п.

Поперечнополосатые мышечные волокна, в отличие от гладких, имеют длину, измеряющуюся сантиметрами, и представляют собой попе-

речно-исчерченные длинные нити П ДЖ. Поперечнополосатые мышечные волокна собраны в большие комплексы — мышцы, деятельность которых подчинена волевому контролю. К мышечным волокнам подходят нервные окончания от двигательного нерва П Ж—20, передающие приказ сократиться в той или иной степени и с той или иной быстротой. Для контроля над выполнением этого приказа мышечные волокна снабжены концевыми воспринимающими аппаратами — рецепторами П Д—10 чувствительного нерва П Д—12, который передает в соответствующие отделы коры головного мозга информацию о состоянии мышечного волокна П ДК.

Все наши произвольные движения выполняются поперечнополосатыми мышцами. Эти мышцы способны сокращаться с большой скоростью и силой. Сила мышцы зависит от количества мышечных волокон, приходящихся на ее поперечное сечение. Чем толще мышца, тем она сильнее. Желая изучить действие мышц, следует всегда помнить, что мышца способна лишь сокращаться, то есть действовать в одном направлении. Обратное движение всегда осуществляется другой мышцей, ее антагонистом. Как правило, произвольные мышцы работают комплексно, то есть в осуществлении какого-либо движения участвуют многие мышцы. Мышцы, действующие совместно, в одном направлении, называются синергистами. При анализе работы мышц следует различать, где находится неподвижное место прикрепления мышцы и где подвижное, которое двигается под влиянием сокращения.

Раздел I

ГОРТАНЬ

Единственным местом, где зарождается звук певческого голоса, является гортань (ларинкс), которая представляет собой сложное образование, состоящее из хрящей, мышц и связок. Она составляет часть дыхательного тракта человека и располагается между глоткой (фаринкс) V А—6 и трахеей V—19, помещаясь в передней части шеи на уровне III—IV—V шейных позвонков I—13 (у женщины несколько выше, чем у мужчин). У последних гортань хорошо заметна благодаря так называемому кадыку, или адамову яблоку. Прикрепляясь подвижно, гортань окружена мышцами шеи и при помощи связок V В—21 скреплена с подъязычной костью V В—8, которая расположена непосредственно над ней. Вместе с подъязычной костью III А—8 гортань с помощью мышц и связок подвешена к нижней челюсти и основанию черепа, а также связана мышцами с верхней частью грудной клетки и лопаткой III.

Гортань в известной степени механически связана с движениями языка, так как последний своим корнем III В—6 прикрепляется к подъязычной кости, которая, в свою очередь, связана с гортанью прочными связками и соединительнотканной мембраной III В—30, V В—21. При высывании языка изо рта, гортань, следуя за подъязычной костью, смещается вверх. Если язык уложить далеко назад, то гортань несколько опустится.

Мышцы, прикрепляющиеся к хрящам гортани, разделяются на две группы. Группа наружных мышц смещает гортань в целом. Группа внутренних мышц изменяет расположение хрящей в отношении друг к другу и осуществляет голосообразовательную функцию голосовых связок.

Мышцы, смещающие гортань

В процессе речи и пения гортань часто значительно смещается. При зевании и глубоком вдохе она опускается, доходя у некоторых людей почти до яремной вырезки грудины. Эти физиологические смещения гортани могут достигать 7—8 см (2). Поднятие гортани осуществляется целым комплексом мышц, идущих к основанию черепа и нижней челюсти, главными из которых являются средний и нижний сжиматели глотки III Б—7—10, продольные мышцы глотки: шило-глоточная XIV А Б—4 и ши-

ло-подъязычная III А—5, двубрюшная III А—2—4, подбородочно-подъязычная III В—29 и щито-подъязычная III Б—9.

Опускание гортани осуществляют мышцы, идущие к груди и лопатке: щито-грудинная III А—13, подъязычно-грудинная III А—12 и подъязычно-лопаточная III А—11—17. Такое многообразие мышц, имеющих различное прикрепление как в области гортанного комплекса и подъязычной кости, так и на разных костях скелета, позволяет гортани осуществлять различные комбинации смещений вверх и вниз, а также наклонов вокруг фронтальной оси.

Хрящи гортани

Хрящевой остов гортани IV состоит из нескольких хрящей: щитовидного, перстневидного, двух черпаловидных и надгортанника. Все эти хрящи при помощи связок подвижно скреплены между собой. Щитовидный, перстневидный и черпаловидный хрящи состоят из плотного стекловидного хряща и потому прочны, сравнительно мало эластичны и дают хорошую опору прикрепляющимся к ним мышцам. Надгортанник же состоит из эластичного хряща, поэтому легко прогибается в любом направлении, что обеспечивает его основную физиологическую функцию — функцию заслонки, закрывающей вход в гортань и препятствующей попаданию в дыхательные пути пищи или других инородных тел.

Щитовидный хрящ IV Г состоит из двух пластинок IV А—3 сложной конфигурации, скрепленных между собой под углом IV Г—5, и напоминает собою щиток, защищающий гортань спереди. Передняя часть хряща, где обе пластинки соединяются вместе, выступает вперед и имеет вырезку IV Г—25. У мужчин пластины щитовидного хряща сходятся под более острым углом, чем у женщин. Большие размеры гортани, более острый и выступающий вперед угол соединения пластинок щитовидного хряща и более низкое положение мужской гортани делает это место (кадык) ясно заметным на шее. У женщин кадык обычно не виден, но при ощупывании передний угол щитовидного хряща и вырезка на нем легко находятся. Сзади пластины щитовидного хряща имеются верхние IV Г—12 и нижние рожки IV Г—7. Нижние рожки

служат для сочленения с перстневидным хрящом IV А—7, а верхние являются местом прикрепления связок, идущих к концам больших рожков подъязычной кости IV А—11.

На боковой поверхности пластин щитовидного хряща располагается выступающая косая линия IV А—4, служащая для прикрепления наружных мышц гортани. Верхний край пластин при помощи соединительнотканной мембраны соединен с подъязычной костью IV А—2. Эта мембрана в передней части уплотнена и образует прочную связку V В—21, соединяющую тело подъязычной кости с вырезкой щитовидного хряща. Эти связки и мембрана передают все движения от подъязычной кости к гортани, позволяя им сближаться, но не давая отдаляться друг от друга.

Немного ниже вырезки щитовидного хряща, с внутренней стороны находится место прикрепления передних концов голосовых связок IV БВ—13, а над ним — место прикрепления надгортанника IV БВ—10—22.

Перстневидный хрящ IV Е находится непосредственно под щитовидным, имеет кольцевидную форму, напоминая собою перстень, обращенный своей печаткой кзади. Кпереди обращено кольцо перстневидного хряща Е—8, которое хорошо прощупывается ниже кадыка под кожей передней поверхности шеи. Место сочленения перстневидного хряща с нижними рожками щитовидного находится на боковых сторонах кольца, у места перехода его в печатку IV Е—28. Эти суставы укреплены плотными связками, обеспечивающими надежность сочленения IV Б—19. Ось, вокруг которой возможно движение в этом сочленении, проходит через оба сустава и лежит горизонтально во фронтальной плоскости VII В—8. Печатка перстневидного хряща представляет собою хрящевую пластину неправильной формы, стоящую вертикально IV Е—20. На задней ее поверхности имеются две площадки для прикрепления задних перстне-черпаловидных мышц, разделенных небольшим гребешком. На верхнем крае печатки перстневидного хряща имеются две небольшие суставные площадки для сочленения с черпаловидными хрящами IV Е—27. К верхнему краю кольцевидной части перстневидного хряща прикрепляются эластическая соединительнотканная мембрана или эластический конус гортани IV А—6, V Г—28, идущий к свободному краю голосовых связок IV Б—15. На кольцевой части перстневидного хряща берут свое начало перстне-щитовидные VII А—5—6 и боковые перстне-черпаловидные мышцы IX А—9. К нижнему краю перстневидного хряща прикрепляется соединительно-тканная мембрана, идущая к первому кольцу трахеи IV А—9.

Парные черпаловидные хрящи IV Е—14 невелики по размерам и имеют весьма сложную форму, которую можно условно считать близкой к трехгранной пирамиде. Своим основанием IV Е—29 эти трехгранные пирамидки сочленяются с верхним краем печатки перстневидного хряща IV Е—27, образуя сустав, позволяющий им поворачиваться вокруг вертикальной оси. Кпереди направлен сильно выступающий голосовой (вокальный) отросток черпаловидного хряща IV Е—

23, к которому прикрепляются истинные голосовые связки V В—24. К концу его прикрепляются соединительнотканные волокна, выстилающие свободный край голосовой связки IV Б—15—16, V Г—25, а к наружной стороне прикрепляются системы мышечных волокон, идущих от щитовидного хряща: внутренние щито-черпаловидные (вокальные) мышцы V В—24. Несколько выше, переходя на наружную поверхность и мышечный отросток, прикрепляются наружные щито-черпаловидные мышцы IX А—7. Выше вокального отростка, на том же ребре пирамидки, находятся два небольших выступа, на которых прикрепляются волокна ложных голосовых связок. Кнаружи и кзади выступает мышечный отросток черпаловидного хряща IV Е—17, являющийся местом прикрепления наружных щито-черпаловидных IX А—7, боковых перстне-черпаловидных IX А—9 и задних перстне-черпаловидных IX А—10 мышц. Воздействуя на мышечный отросток, эти мышцы поворачивают черпаловидный хрящ вокруг вертикальной оси и тем самым отводят от средней линии или приводят к ней вокальный отросток. На верхушках черпаловидных хрящей находятся маленькие клиновидные хрящи, а еще выше их, в толще черпало-надгортанной складки, такие же маленькие — врисберговы. К задней поверхности черпаловидных хрящей прикрепляются поперечные черпаловидные VI Е—31 и косые черпаловидные VI Е—30. Черпаловидные хрящи со всех сторон одеты мягкими тканями, но их верхушки VI Д—6, а также области мышечного VI Е—32 и вокального VI Д—19 отростков выступают и хорошо видны при осмотре ларингоскопическим зеркалом. Черпаловидные хрящи — единственное подвижное место прикрепления голосовых связок, так как впереди они неподвижно прикреплены к щитовидному хрящу. От их сближения, расхождения и поворота вокруг вертикальной оси зависит степень закрытия или раскрытия голосовой щели, а отчасти также и характер (тип) работы голосовых связок.

Надгортанник IV Б—10, V В—9 имеет листовидную форму и своим стебельком IV В—22 прикрепляется позади вырезки щитовидного хряща. Одна поверхность листка обращена назад и вниз, смотрит в глотку и во вход в гортань. Другая, свободная лишь в верхней части, обращена в сторону корня языка. К нижней части этой поверхности примыкает жировое тело V А—32, заполняющее треугольное пространство между подъязычной костью, щитовидным хрящом и надгортанником. От тела подъязычной кости V А В—8 к надгортаннику идет веерообразная связка V В—22, пронизывающая это жировое тело. От корня языка к надгортаннику идет складка слизистой оболочки, образуя язычно-надгортанную складку XIII Б—17. К боковым сторонам надгортанника подходят от верхушек черпаловидных хрящей складки слизистой оболочки VI Г—5, внутри которых проходят черпало-надгортаннные мышцы VI Е—13, IX А—3. Черпало-надгортаннные складки и свободный (верхний) конец надгортанника ограничивают отверстие входа в гортань VI Г—36, V А—10. Форма надгортанника у людей бывает различной: иногда надгортанник в своей листовидной части широк и представляет со-

бою слегка вогнутую пластинку, в других случаях он почти трубкообразен. Так же варьирует он в смысле длины и соотношения с окружающими образованиями.

Подъязычная кость

Выше гортани, непосредственно над ней, находится подъязычная кость, имеющая подковообразную форму IV А—1. Она состоит из тела, больших и малых рожков. Тело ее IV А—1 легко прощупывается непосредственно выше кадыка, ясно выделяясь из окружающих мягких тканей. К телу подъязычной кости подходят задние рожки IV А Б—11 — относительно длинные и тонкие отростки, образующие боковые части подковы. Вверх и назад от тела смотрят два небольших выроста — малые рожки IV В—30, служащие для прикрепления сухожилий и мышц. Подъязычная кость, как мы уже указывали, при помощи связок и соединительнотканной мембраны соединена с верхним краем щитовидного хряща. Она является местом прикрепления почти всех мышц передней части шеи. Кроме мышц к подъязычной кости подходит шило-подъязычная связка XVI Б—11, служащая для прикрепления подъязычной кости к шиловидному отростку основания черепа. Прикрепляются к подъязычной кости и плотные межмышечные соединительнотканные пластины — фасции, идущие вверх к нижней челюсти и вниз к грудной клетке.

Мышцы гортани

Система собственных внутренних мышц гортани состоит из группы мышц, суживающих просвет гортани, то есть выполняющих роль сфинктера, парной мышцы, разводящей черпаловидные хрящи и расширяющей голосовую щель, а также парной мышцы, натягивающей голосовые связки.

Такое преобладание сжимателей над расширятелями объясняется жизненно важной защитной функцией гортани — препятствовать попаданию в дыхательные пути различных инородных тел. При натуживании все мышцы-сжиматели осуществляют прочное перекрытие воздухоносных путей на уровне гортани. В процессе эволюции из общего сфинктера выделился ряд отдельных мышц, а с развитием голосообразовательной функции мышечное строение гортани усложнилось еще больше, обогатившись особым образом сформированной вокальной мышцей.

Голосовые связки V АБ—17, VI АБ Д—16 — это единственное место, где возникает звук голоса. Они представляют собой сложное образование. При осмотре гортани с помощью ларингоскопического зеркала видна поверхность голосовых связок, выделяющихся на фоне окружающей розовой слизистой оболочки в виде двух блестящих белых лент. Этот цвет зависит от мощных пучков соединительнотканных волокон, лежащих под слизистой оболочкой голосовых связок. В действительности голосовые связки не лентообразны, а имеют значительную толщину. Основную толщину связки составляют внутренние щито-черпаловидные (голо-

совые) мышцы V В—24, VI БВ—21, покрытые со стороны просвета гортани мощным слоем соединительной ткани, состоящей из эластических волокон. Этот соединительнотканый пласт спускается вниз и прикрепляется к верхнему краю перстневидного хряща. Верхний внутренний утолщенный край его растянут между вокальным отростком черпаловидного хряща и щитовидным хрящом, образуя край истинной голосовой связки V ВГ—23—25, IV Б—13—15, IV В—13—23. Все это соединительнотканное образование носит название эластического конуса гортани.

Голосовые мышцы формируются, выделяясь в виде особого отдела из общей массы щито-черпаловидных мышц, с семилетнего возраста, и лишь к 12 годам полностью отделяются от наружных щито-черпаловидных мышц (1). Исследования закладки голосовых мышц у зародыша человека показали, что часть их волокон развивается из особого зачатка, которого нет даже у самых близких к человеку животных (22). На основании этих данных можно сказать, что речевая и певческая функции человека непосредственно связаны с развитием вокальной мышцы.

Вокальная мышца отличается от других внутренних мышц гортани не только спецификой своей закладки и развития, но также своим строением, особенностью обмена веществ и необычайными функциональными возможностями. Если в других внутренних мышцах гортани волокна располагаются параллельно друг другу или веерообразно, в зависимости от вида мышц, то в вокальной мышце они имеют различные направления. Другие внутренние мышцы гортани протягиваются от одних хрящей к другим, а в вокальной мышце многие системы волокон, начинаясь на хрящах, заканчиваются в соединительной ткани края голосовой связки, то есть в утолщенной части эластического конуса.

Такая особенность структуры создает голосовым мышцам особые функциональные возможности. Анатомы, исследовавшие строение голосовых связок, выделили в них ряд направлений волокон. Кроме продольных волокон, идущих параллельно краю связки от щитовидного хряща к черпаловидному, были выделены также поперечные и косые волокна, прикрепляющиеся к соединительнотканым волокнам свободного края голосовых связок (1, 7, 12).

Самым интересным фактом последнего времени в анатомии голосовых мышц явилось выделение двух систем косых волокон (16) V Д. Правда, и раньше анатомы выделяли косые пучки, которые более характерны для нижних отделов толщи мышцы, но четкое выделение их в две системы можно отнести только к последнему десятилетию. Эти косые системы мышц идут: одна — начинаясь от внутренней поверхности щитовидного хряща, вплетается другим концом в соединительнотканый край голосовой связки; другая — от основания наружной поверхности голосового отростка черпаловидного хряща также идет к соединительнотканному краю голосовой связки. Эти волокна вплетаются в край связки подобно зубьям гребенки. Если сложить по правилу параллелограмма усилия этих

мышц, то видно, что косые пучки будут оттягивать край связки кнаружи, то есть размыкать голосовую щель. В этом же направлении будут действовать и поперечные волокна. Продольные же волокна будут способствовать закрытию щели.

Вопрос о ходе мышечных пучков в голосовых мышцах до сих пор не может считаться окончательно разрешенным, так как исследователи получали разноречивые данные. Ясно одно: что эти пучки не идут параллельно, а расположены в различных направлениях, что дает голосовым мышцам исключительные приспособительные возможности во время вокальной функции.

Голосовые мышцы путем тренировки можно научить работать с тем или иным звуковым оттенком, перегруппировкой напряжений систем различных мышечных пучков. Выделение систем косых волокон послужило одним из важных фактов утверждения нового взгляда на функцию голосовых связок во время фонации (см. ниже).

Итак, в самой голосовой мышце, благодаря своеобразию ее мышечного строения (сильно варьирующегося у разных людей), заложены важнейшие функциональные возможности, о которых мы скажем ниже.

Своеобразие закладки, формирования и анатомической структуры сочетается в голосовой связке с необычными для других мышц свойствами обмена веществ.

В работающей мышце происходит сильнейшая трата энергии. Энергия, заключенная в мышечных клетках, переходит в механическую работу. В процессе работы мышца потребляет большое количество кислорода, приносимого кровью. Если создать условия недостаточного кровоснабжения, то к работающей мышце будет подходить мало кислорода, она будет испытывать кислородный голод и ее деятельность нарушится. Обычные поперечнополосатые мышцы могут работать в условиях кислородной недостаточности не более нескольких минут. Однако есть особо важные для жизни организма мышцы, которые весьма устойчивы к кислородному голоданию: к таким мышцам относится сердечная мышца и грудные мышцы птиц. Как оказалось, по последним исследованиям, к мышцам весьма устойчивым в смысле недостатка кислорода относятся и голосовые мышцы человека (15). Эти мышцы могут сокращаться и продолжать свою работу более полутора часов в условиях кислородного голодания. Эта особенность обмена веществ в голосовых мышцах подчеркивает их специальное назначение, важность для организма функции голосообразования и обеспечивает неутомляемость при правильной работе.

Весьма важные наблюдения были сделаны в отношении связи функции голосовых мышц с эндокринной системой (23, 13). Железы внутренней секреции постоянно выделяют в кровь свои секреты — гормоны, оказывающие исключительное действие на многие функции организма. О связи вокальной функции гортани с эндокринной системой знали давно. Голоса мальчика и девочки до момента полового созревания на слух почти не различаются. Только в момент, когда под влиянием желез внутренней секреции начнется процесс решительной

перестройки организма, наступит и резкое различие в вокальной функции — мутация, смена голоса. У кастратов, лишенных соответствующих гормонов, такая перестройка голоса, естественно, не наступает, и он остается по характеру детским, приобретающая лишь силу, свойственную голосу взрослого. При старении организма резкий спад профессиональных возможностей голоса женщин наступает между 50—60 годами, в то самое время, когда организм опять проходит эндокринную перестройку, так называемый климактерический период. Некоторые исследования показали, что в голосовой мышце содержится значительно больше гормонов, чем в других мышцах тела. Отсюда были сделаны выводы, что для полноценной работы голосовых мышц необходимо присутствие достаточного количества некоторых гормонов. В связи с этим было отмечено, что большинство певцов с мощными оперными голосами принадлежат к людям с особой нервно-эндокринной конституцией (23, 13).

Наконец, одним из важнейших новых фактов о функции голосовых мышц явилась обнаруженная в ней возможность чрезвычайно быстрых сокращений. Обычные мышечные волокна под влиянием подходящих к ним нервных импульсов могут сокращаться со скоростью немногим более десяти раз в секунду. В голосовой мышце обнаружены совершенно иные возможности. Оказалось, что волокна голосовых мышц способны сокращаться со звуковой частотой, то есть много сотен раз в секунду (20). Этот факт позволил утверждать, что голосовые мышцы в процессе голосообразования активно сокращаются со звуковой частотой, а не являются натянутыми эластическими жгутами, колебания которых зависят от движения выдыхаемого воздуха, как учит мнозластическая теория колебаний голосовых связок (см. ниже).

Итак, в результате исследований выяснено, что голосовые мышцы представляют собой совершенно особый вид мышц, имеющих важнейшие структурные и функциональные особенности. Вряд ли следует сомневаться, что вокальные возможности человека связаны с этими особенностями строения и функции голосовых мышц.

Кнаружи от вокальных мышц расположены наружные щито-черпаловидные мышцы IX А—7, VII И—22. Они тянутся от внутренней поверхности пластин щитовидного хряща к мышечному отростку, к боковой грани черпаловидного хряща и представляют собой систему волокон, идущих несколько веерообразно. Эти волокна идут в виде довольно широкого пласта, прикрепляются к мышечному отростку черпаловидных хрящей, к переднебоковой поверхности черпала, перекидываясь некоторыми пучками через его ребро, и переходят в систему задних черпаловидных мышц VI Е—31. Наружные щито-черпаловидные мышцы—это мощный сжиматель, закрывающий просвет гортани VII И—22. Прикрепляясь на мышечном отростке черпаловидного хряща, они тянут его вперед, поворачивая этот хрящ вокруг вертикальной оси, чем сближают голосовые отростки и смыкают голосовую щель. Верхние волокна этих мышц, прикрепляющиеся вдоль наружного ребра черпала, тянут его вперед, осуществляя наклон черпаловидных хрящей

вперед IX Б. Сокращаясь, этот мышечный пласт сближает боковые стенки гортани, истинные и ложные связки, а также наклоняет вперед черпаловидные хрящи, помогая им приблизиться к надгортаннику и сомкнуть вход в гортань IX БДЕ.

Непосредственно под наружной щито-черпаловидной мышцей расположены боковые перстне-черпаловидные мышцы IX А—9, VII ИЖ—21. Пучки волокон этих мышц идут от верхнего края кольцевидной части перстневидного хряща и прикрепляются к мышечному отростку черпаловидного IX А—8. Эти мышцы тянут мышечный отросток вперед и вниз VII И—21, являясь синергистами наружных щито-черпаловидных мышц. Они также поворачивают черпаловидный хрящ вокруг вертикальной оси, чем сближают вокальные отростки и, следовательно, способствуют замыканию голосовой щели.

Сзади между черпалами находятся пучки поперечных черпаловидных мышц VI Е—31, VII Г—19, прикрепляющихся к задней внутренней грани черпала на протяжении всей их высоты. Эти мышцы при сокращении сближают черпала между собой и сводят их верхушки, замыкая тем самым хрящевую часть голосовой щели VII Ж—19. Наружные волокна этой мышцы, прикрепляющиеся к мышечному отростку и наружной грани черпаловидных хрящей, тянут мышечный отросток назад и могут, в содружестве с задними перстне-черпаловидными мышцами VII ГЗ—20, повернуть черпаловидный хрящ, развести вокальные отростки в стороны, в результате чего голосовая щель открывается. В содружестве с наружными щито-черпаловидными мышцами межчерпаловидные мышцы являются главным замыкателем заднего отдела голосовой щели.

Поверх поперечных черпаловидных мышц идут косые черпаловидные мышцы VI Е—30, представляющие собой слабо выраженные косые пучки волокон, идущих от мышечного отростка одного черпаловидного хряща к верхушке другого. Эти мышцы действуют аналогично поперечным черпаловидным, способствуя сближению верхушек черпала VII ГЖ—18.

Их продолжением в толще черпало-надгортанных складок являются черпало-надгортанные мышцы VI БЕ—13, представляющие собой слабо выраженные пучки мышечных волокон, идущих к надгортаннику. Эти волокна наклоняют надгортанник кзади и способствуют закрытию входа в гортань.

К надгортаннику прикрепляются также идущие от щитовидного хряща волокна щито-надгортанных мышц IX А—4, слабых пучков антагонистов предыдущих мышц, оттягивающих надгортанник вперед и тем самым открывающих вход в гортань.

Единственным антагонистом группы сжимателей гортани являются задние перстне-черпаловидные мышцы VI АЕ—9, VII ГЗ—20. Эти мышцы имеют обширное прикрепление к задней поверхности печатки перстневидного хряща и направляют свои волокна к мышечному отростку черпаловидных хрящей VI Е—32. Они тянут мышечный отросток назад и вниз, тем самым поворачи-

вают черпаловидные хрящи так, что вокальные отростки расходятся и верхушки отходят в сторону VII З—20. Этот поворот и наклон черпала кнаружи ведет к раскрытию голосовой щели как в ее связочной, так и в хрящевой части. Особенно полно это движение осуществляется при глубоком вдохе, когда голосовая щель раскрывается максимально.

Этим перечнем заканчивается описание мышц, приводящих в движение черпаловидные хрящи, а через них и голосовые связки. Однако существует еще одна пара собственных мышц гортани, которая непосредственно влияет на работу голосовых связок, — это боковые перстне-щитовидные мышцы V В—26, VII А—5—6. Эти мышцы отличаются тем, что они непосредственно не прикрепляются к черпаловидным хрящам и не действуют на голосовые связки через поворот или наклон этих хрящей. Они начинаются от передней части и верхнего края кольца перстневидного хряща VII А—7 и идут в виде двух пучков вверх и назад, прикрепляясь к нижнему краю щитовидного хряща, впереди от его сочленения с перстнем VII А—8. В результате действия этих мышц передние части щитовидного и перстневидного хрящей сближаются друг с другом VII Б. Это движение происходит вокруг фронтальной оси в перстне-щитовидном суставе VII БВ—8. Такой наклон щитовидного хряща к перстневидному ведет к тому, что расстояние между местом прикрепления голосовой связки к щитовидному хрящу VII БВ—9 и печаткой перстня, на котором сидит черпаловидный хрящ VII В—12, увеличивается, то есть голосовая связка стремится растянуться. Таким образом, перстне-щитовидные мышцы стремятся развести точки прикрепления голосовых мышц VII В—9—11 (правая половина рисунка) и тем самым воздействуют на характер их работы. В осуществлении наклона щитовидного хряща к перстневидному могут принять участие некоторые наружные мышцы гортани.

✓ Функция голосовых связок

Такое своеобразное устройство опорно-двигательного аппарата гортани дает возможность голосовым связкам широко варьировать характер своей работы. При сильном вдохе VII ДЗ, VIII А вокальные отростки разведены и голосовая щель широко открыта как в хрящевой VIII Б—7, так и в связочной VIII Б—6 части. При обычном вдохе это открытие меньше VIII Б. При придыхании связки сближены, но щель еще значительна VIII В. При шепоте связки сближены, а хрящевой отдел их раскрыт VIII Г. Фонация осуществляется при сомкнутых связках: они раскрываются и смыкаются заново при каждом цикле вибрации. От типа вибрации голосовых связок зависит характер звучания голоса. В грудном регистре голосовые связки полностью сближены VIII ДЖ, в вибрации участвует вся масса голосовых связок VIII ЖИК. При грудном звучании голоса в колебаниях голосовых связок принимают участие и черпаловидные хрящи VIII Д—15. Но по мере повышения звука, то есть по мере увеличения частоты вибраций, наступает момент, когда в таком режиме работать связки уже

не могут, и тогда происходит резкая смена характера их работы. Черпаловидные хрящи прижимаются друг к другу и выключаются из вибрации, а связочный отдел голосовой щели раскрывается, образуя веретенообразную щель VIII E₁ E₂ E₃. Голос при этом приобретает фальцетный (фистула) характер. Фальцетный звук получается вследствие краевой работы связок: воздушная струя проходит сквозь веретенообразную щель и приводит в колебание связочный край VIII 3—12. Механизм дальнейшего повышения звука также отличается от звуковысотного механизма грудного регистра. Все грудное звучание осуществляется при неизменной длине голосовых связок. При фальцете по мере повышения звука веретенообразный участок разомкнутой части голосовой щели уменьшается VIII E₂, E₃—8. Чем выше звук — тем меньше разомкнутый участок голосовой щели. Такой механизм возможен только потому, что благодаря своеобразному расположению мышечных волокон голосовая связка может сокращаться и расслабляться отдельными частями, зонами. Путем тренировки может быть найдена своеобразная комбинация грудного и фальцетного типа вибрации голосовых связок и голос приобретет смешанное (микстовое) звучание.

Различия в строении гортани

Строение детской, мужской и женской гортани различно между собой, поэтому и работа голосовых связок у них имеет существенные различия. Детская гортань мала по размеру, и голосовые связки соответственно имеют меньший размер и толщину. Пластинки щитовидного хряща детской гортани соединены под более тупым углом, поэтому она более округла и не выступает под кожей шеи в виде кадыка. Поскольку голосовые мышцы у детей мало развиты и еще не выделяются из общей массы щито-черпаловидных мышц в отдельный своеобразно организованный комплекс, голос детей обычно меньшего диапазона и силы, чем у взрослых. Детские голоса имеют специфический характер, напоминающий фальцет взрослых. Фальцетный характер работы их голосовых связок обычно хорошо ощутим на слух. В период мутации у мальчиков гортань вырастает в 1,5 раза, выпячиваясь вперед. Угол схождения пластин щитовидного хряща становится острым, голосовые связки вытягиваются в длину и достигают 2—2,5 см. Голос при этом понижается сразу на октаву. У женщин гортань по конфигурации ближе к детской, так как растет пропорционально во все стороны. Длина связок у женщин 1,3—1,8 см. Эти анатомические различия ведут к различию в функциональных возможностях. Женский голос значительно выше, чем мужской, и имеет иное регистровое строение (3 регистра). У мужчин же более развит нижний отрезок звуковой шкалы и голос имеет двухрегистровое строение.

Как отмечалось многими авторами, длина и толщина голосовых связок определяет тип голоса. У басов связки наиболее толстые и длинные, у баритона они короче, у теноров еще короче — и тоньше. Такая же последовательность отмечается и в

женских голосах. Однако часто имеют место несовпадения с такой классификацией.

В настоящее время получены новые физиологические данные о причинах регистровых переходов, которые связываются не с особенностями мышечного строения и устройства гортани, а с функцией ее двигательных нервов. Об этих данных, связанных с нейроронаксической теорией фонации, мы скажем несколько позднее.

Полость гортани

Полость гортани напоминает форму песочных часов VI БВ. Она делится голосовыми связками на два пространства. Верхнее — от голосовых связок до входа в гортань V АБ—33, VI БВ—37 (надсвязочная полость гортани) — и нижнее пространство, непосредственно продолжающееся в трубку трахеи VI АБВ—12. Подсвязочное пространство почти не меняет своей конфигурации при различных функциональных заданиях. Надсвязочное — способно в сильнейшей степени менять свой объем и конфигурацию, так как все стенки надсвязочной полости гортани подвижны (2). Если посмотреть на эту полость в профиль, то она имеет треугольную форму или форму сапожка V АБ—33, IX В—12. Сверху эта полость прикрыта подвижным надгортанником, снизу голосовыми связками, сзади ограничена черпаловидными хрящами и, наконец, с боков, под слизистой оболочкой, лежат наружные щито-черпаловидные мышцы. В момент натуживания эта полость IX ВГЖ—12 исчезает вовсе IX ДЕЗ, так как сфинктерное устройство перекрывает воздухоносные пути на трех уровнях: на уровне истинных голосовых связок IX ДЕ—15, в самой полости гортани — на уровне ложных IX ДЕ—13 связок и, наконец, на уровне входа в гортань IX ДЕ—12. Сжимаясь, наружные щито-черпаловидные мышцы IX А—7 прижимают правую и левую стенки этой полости друг к другу и наклоняют черпаловидный хрящ вперед, к опускающемуся надгортаннику. Таким образом надсвязочная полость гортани перестает существовать. При вдохе же она широко открыта IX ВГЖ.

На боковой поверхности этой полости, выстланной, как и все дыхательные пути, слизистой оболочкой, непосредственно над блестящей перламутровой истинной голосовой связкой, находится складка слизистой оболочки, носящая название ложной голосовой связки V АБ—15, VI АБВ—14. Внутри ложной связки проходит небольшое количество мышечных и соединительнотканых волокон. Существенной роли в певческой функции ложные связки не играют. Они могут в большей или меньшей степени прикрывать истинные, но сами в нормальных условиях не являются источником звука. Только когда истинные связки поражены болезнью и не функционируют, как компенсаторный механизм для образования звука могут включиться ложные связки, приближающиеся друг к другу усилиями наружных щито-черпаловидных мышц. Этот ложно-связочный голос имеет иную природу и иные функциональные возможности по сравнению с истинным голосом — результатом функции вокальных мышц.

Между истинными и ложными связками находится щелевидное углубление слизистой оболочки, так называемые морганиевы желудочки V АБ—16, VI АБВ—15. Морганевы желудочки выстланы слизистой оболочкой, обильно снабженной слизистыми железами. В образовании певческого голоса они никакой роли не играют. У некоторых людей с сильно развитой мускулатурой гортанного аппарата они во время певческой фонации вовсе исчезают (17). Есть данные, что в речевом голосе они меняют свою конфигурацию от гласного к гласному, но причина этих изменений не выяснена (5).

Слизистая оболочка полости гортани, переходя на свободный край голосовой связки, меняет свое микроскопическое строение. Эпителий из однослойного мерцательного переходит в прочный многослойный, которым и выстлана внутренняя «трущаяся» часть голосовых связок. Там, где происходит смыкание связок — столь ответственная и усиленная вибрационная работа, — организм снабжен более плотным, выносливым к нагрузке видом покровной ткани. В слизистой обо-

лочке свободного края связки имеется некоторое количество слизистых желез. Слизистая оболочка гортани богата снабжена чувствительными нервными окончаниями. Исследователи отмечают три основные чувствительные рефлексогенные зоны: у входа в гортань — в области надгортанника и черпало-надгортанных складок, в области ложных связок и в подсвязочном пространстве (1). Через эти чувствительные окончания мозг получает подробную информацию обо всем, что претерпевает в этот момент гортань. Следует думать, что зона под истинными голосовыми связками связана больше с сигналами об изменяющемся подсвязочном давлении воздуха во время фонации. Зона входа в гортань сообщает преимущественно о вредных агентах, если таковые проникают в гортань, чтобы кашлевым толчком выбросить их обратно или перекрыть вход в дыхательные пути. Богатство чувствительной иннервации показывает важность информации об акустических, вибрационных, дыхательных феноменах, происходящих в гортани во время фонации.

ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ

Звук голоса возникает в результате колебаний голосовых связок в токе воздуха. Если голосовые связки являются тем вибрационным механизмом, где рождаются звуковые волны голоса, то энергию для звуковых волн дает дыхательная система.

Основной жизненно-важной функцией дыхательной системы является функция газообмена крови. Эта функция, как и многие другие, связанные с поддержанием жизнедеятельности организма, осуществляется без участия нашей воли, нашего сознания, управляясь вегетативной нервной системой. Механизм вдоха и выдоха также имеет «автоматическое» управление из вегетативных отделов нервной системы. Однако дыхание имеет и произвольное управление: каждый человек может остановить, ускорить или изменить характер своих дыхательных движений произвольно. Эта произвольность, однако, способна проявляться до определенных границ. Она исчезает как только начинает резко нарушаться жизненно важная функция газообмена. Потому дыхание не может быть задержано бесконечно. Двойная регуляция дыхания позволяет организму наиболее целесообразно управлять дыхательными движениями.

Дыхательная система, подающая воздух к колеблющимся голосовым связкам, состоит из воздухоносных путей трахеи XI А—4, бронхиального дерева XI А—6—8 и легочной ткани, где в легочных пузырьках совершается газообмен между воздухом и кровью. В легких нет собственной мускулатуры, за счет которой они могли бы совершать дыхательные движения. Эту функцию совершают мышцы, лежащие в стенках грудной полости.

Трахея XI А—4 представляет трубку с неспадающимися стенками 12—17 см длиной, опускающуюся от гортани до уровня IV грудного позвонка, где она делится на правый и левый брон-

хи XI А—6. Опорным скелетом ее является ряд хрящевых колец XI Б—26, связанных между собой соединительно-тканной мембраной XI Б—30. Эти кольца сзади не замкнуты, и этот участок заполнен мышцами XI Б—28 и соединительнотканной мембраной XI Б—29. Такая конструкция делает трахею гибкой, эластичной. Трахея, как и бронхи, выстлана изнутри слизистой оболочкой XI Б—27, покрытой мерцательным эпителием. Она содержит в подслизистом слое развитую систему слизистых желез. Сзади, своей перепончатой частью XI Б—31, трахея непосредственно прилегает к пищеводу III БВ—27. Она рыхло соединена с окружающими тканями, что позволяет ей совершать значительные экскурсии, связанные с движениями вдоха и выдоха, а также с опусканием или подъемом гортани. Наличие мышц в мембранозной части дает трахее возможность в небольших пределах уменьшать свой просвет. Обычно ширина трахеи 2, 5—3 см.

Трахея разветвляется на два главных бронха (правый и левый), которые образуют в легких более мелкие ветви в виде бронхов первого и второго порядка XI А—8.

Мелкие бронхи XI Д переходят в бронхиолы, а последние заканчиваются гроздью легочных пузырьков XI Е—42, где и совершается газообмен.

Строение крупных бронхов не отличается от строения трахеи. По мере уменьшения калибра бронхов, хрящевые полукольца принимают неправильную форму XI Г—33, и в более мелких бронхах хрящ лежит в виде отдельных пластинок или полосок. Количество хрящевых пластинок постоянно уменьшается XI Д—36. В более мелких бронхах больше развиты соединительная ткань и гладкие мышцы XI Г—34. Постепенно элементы хряща вовсе исчезают из стенки бронхов, их заменяет соединительно-тканная мембрана XI Д—37.

Просвет мелких бронхов и бронхиол поддерживается уже исключительно тонусом заложенных в их стенках гладкомышечных волокон XI Д—38. Бронхиолы XI Е—40 оканчиваются легочными дольками XI Е—41, состоящими из легочных пузырьков XI Е—42. Легочные пузырьки окружают, как гроздь, бронхиолу. Образуя огромную поверхность, они создают возможность через свои тончайшие стенки совершаться газообмену между воздухом и кровью капиллярных сосудов, окружающих каждый легочный пузырек. Легочные пузырьки, как и мелкие бронхи, содержат много эластических волокон.

Легкие делаются: правое на два, а левое на три доли, покрытые сверху гладкой и скользкой оболочкой — плеврой (легочная плевра). Такой же оболочкой выстланы стенки грудной полости и диафрагма (пристеночная плевра). Плевра выделяет небольшое количество плевральной жидкости, которая позволяет легкому беспрепятственно скользить вдоль стенок грудной полости. Легкое непосредственно прилегает своими боковыми частями к стенкам грудной полости, а своей нижней поверхностью — к диафрагме. Поэтому все движения стенок грудной полости и диафрагмы передаются легкому. В нормальных условиях легочная и пристеночная плевроны плотно прилегают друг к другу, позволяя совершать лишь скольжение. Таким образом, грудная полость представляется полностью заполненной легкими XI А. Если же в капиллярную щель между пристеночной и легочной плеврой ввести иглу и пустить туда воздух, то легкое сократится и между легким и грудной стенкой образуется полость — воздушное пространство. Это показывает, что в естественных условиях легкое находится в растянутом состоянии. Легкое сжимается благодаря имеющейся в нем эластической ткани и гладкой мускулатуре, которые в норме находятся в растянутом состоянии. Эластическая тяга легких помогает осуществлять выдох при спокойном дыхании, например во время сна.

Основной силой, осуществляющей дыхательные экскурсии легких, является поперечно-полосатая, произвольно управляемая мускулатура грудной клетки, диафрагмы и брюшного пресса. Это относится как к дыхательным движениям, связанным с необходимой для жизни функцией газообмена, так и к фонационному дыханию, связанному с голосообразованием.

Мышцы, участвующие в дыхании

К мышцам, осуществляющим вдох, следует отнести систему мышц, разводящих ребра, расширяющих грудную клетку, поднимающих ее, а также важнейшую мышцу вдоха — диафрагму. Мышцы, поднимающие ребра, заложены между ними XI А—9, а также идут к ним от позвоночника. Сверху к грудной клетке подходят мышцы, которые стремятся поднять верхнее ребро и грудину III А—14—16. К этим мышцам в случаях, когда не хватает воздуха и организм испытывает одышку, или при максимальном наборе дыхания, может присоединиться передняя группа мышц шеи III

А—9—12—13—1—2—3—4—29, идущая от основания черепа, нижней челюсти и гортани. В результате этого источник звука голоса — гортань — может потерять свободу, нужную для осуществления различных фонационных движений.

Наиболее важной и интересной в отношении своего строения и функции мышц вдоха является грудобрюшная преграда, или диафрагма XI АВ—10—13—19, XII В—14—19. Грудобрюшная преграда делит внутреннюю полость человека на две части: на грудную и брюшную. Она представляет собой своеобразную мышцу, имеющую обширную площадь прикрепления по стенкам полости тела и сухожильный центр XI АВ—10, XII В—14. Проще всего представить себе ее форму как форму опрокинутого таза, края которого прикреплены к стенкам полости тела, а доньшко, имеющее сухожильное строение, куполообразно поднято вверх, в сторону грудной полости. Мышечные пучки этой куполообразной мышцы берут свое начало сзади, на телах поясничных позвонков XII В—21 и на сухожильных растяжениях XI АВ—45, XII В—22, идущих от позвоночника к нижним ребрам. Сбоку, от стенок грудной полости XII В—20, чуть выше нижнереберных дуг XI А—14, и спереди диафрагма прикрепляется по краю нижнего отверстия грудной клетки, то есть по реберной дуге XI В—14. Пучки этих волокон XI А—13, В—19—21—23, XII В—19—20 направляются вверх и вплетаются в сухожильный центр диафрагмы.

При сокращении мышечных пучков купол диафрагмы и ее боковые стороны оттягиваются вниз X АВ—4. Этим движением купол диафрагмы уплощается, и легкие растягиваются вниз, наполняясь засасываемым воздухом. Таким движением диафрагма выполняет вдох. При одновременном выдохательном движении грудной клетки X АВ—5—6 размер ее нижнего отверстия расширяется, так как ребра раздвигаются; тем самым окружность, по которой прикрепляется диафрагма, увеличивается. Это создает лучшие условия для осуществления диафрагмой выдохательного движения — вдох получается более глубоким и полным. Как все мышцы, диафрагма работает, осуществляя движение в одну сторону, то есть вниз, и потому может осуществлять только вдох. Диафрагма, благодаря своей большой площади и способности совершать значительную экскурсию вниз, является главной мышцей вдоха.

Осуществляя свое движение вниз, диафрагма давит на органы, находящиеся в брюшной полости, и заставляет их перемещаться, уступая этому давлению. Брюшная полость замкнута со всех сторон и заполнена многочисленными органами. Сзади ее стенку составляет позвоночник и сильнейшая система спинных мышц, служащих для поддержания корпуса; снизу находится таз XII В—42, тоже служащий вместилищем ряда органов. Таз закрыт снизу системой прочных связок и мышц XII Г.

С боков и спереди стенки брюшной полости легко податливы, так как состоят из обширного пласта сравнительно тонких мышц, образующих так называемый брюшной пресс XII АВ. Именно

эта стенка и выпячивается вперед по мере опускания диафрагмы XБ—7—8, создавая возможность перемещения внутренним органам брюшной полости. Поэтому тип вдоха, где преимущественную роль играет диафрагма, называют диафрагматическим, или абдоминальным (abdominalis — брюшной, лат.) — XВ.

Если вдох всегда активен, то есть требует активного сокращения выдохательных мышц, то выдох может быть осуществлен как пассивно, благодаря действию эластической тяги легких и пассивному спадению грудных стенок, так и активно — путем вытеснения воздуха из легких действием мышц-выдохателей. Активный выдох осуществляется межреберные мышцы, тянущие ребра вниз, и мышцы брюшного пресса. Мускулатура брюшного пресса участвует в выдохе двояким образом. Во-первых, она тянет грудную клетку вниз, так как прикрепляется к нижней реберной дуге XII Б—7—6 и тем самым способствует опусканию ребер и спадению стенок грудной клетки. Такое действие будет особенно заметно при грудном характере вдоха X Е. Во-вторых, брюшной пресс, сокращаясь, будет давить на органы брюшной полости, повышать в ней давление и тем самым поднимать уступающую этому давлению диафрагму. Пассивное поднятие диафрагмы под воздействием брюшного пресса будет оказывать давление на легкие, и воздух из них начнет выходить. Этот механизм действия брюшного пресса особенно ясно выражен при диафрагматическом, то есть брюшном, типе дыхания. Диафрагма — мышца вдоха — и брюшной пресс — мышца выдоха — являются типичными мышцами-антагонистами.

Брюшной пресс представляет собою комплекс мышц, действующих обычно содружественно. Его сокращение особенно наглядно видно при кашлевом толчке. Мышцы эти растянуты между краем нижнереберной дуги грудной клетки XII Б—6—7 сверху и тазовыми костями внизу XII Б—9—11—12. С боков они переходят в сухожильные растяжения — апоневрозы XI АВ—46 и уходят в толщу мышц поясницы XI АВ—15. Все мышцы брюшного пресса представляют собою плоские мышечные пластины, ход волокон которых различен. Снаружи и посредине лежат прямые брюшные мышцы XII АВ—2, имеющие характерные сухожильные перехваты. Они идут от подложечной области нижнереберной дуги XII Б—6 к горизонтальной ветви лобковой кости XII В Г—33. Кнаружи от них лежат наружные косые брюшные мышцы XII Б—3, волокна которых идут от нижних ребер вниз и к середине, вплетаясь в сухожильное растяжение, окружающее прямые мышцы живота XII Б—10. Под этим слоем лежат внутренние косые мышцы XII АВ—4, направление волокон которых обратно наружным косым. Эти волокна идут снизу вверх и к середине, начинаясь от сухожильных растяжений, идущих к костям таза XII Б—9 и поясничной области, и заканчиваясь в сухожильных растяжениях, окружающих прямые мышцы живота XII Б—8. Самый глубокий слой мышц брюшного пресса составляют поперечные мышцы XII Б—5, идущие от

поясничного сухожильного растяжения к растяжениям, окружающим прямую мышцу живота XII Б—8.

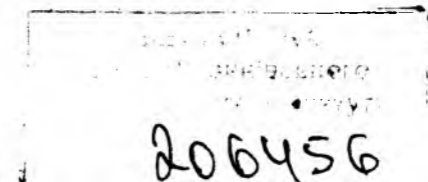
Различный ход волокон мышц брюшного пресса позволяет ему осуществлять сгибание туловища и повороты корпуса в стороны.

При фонационном дыхании можно приучить себя работать преимущественно той или иной частью дыхательного аппарата. Поскольку вдох и выдох осуществляют поперечно-полосатые мышцы, подвластные контролю нашего сознания, то при известной тренировке может быть усвоен любой тип дыхательных движений X ВГДЕ. Как показали исследования певцы во время пения пользуются смешанным типом дыхания — реберно-диафрагматическим, или, что то же, — costo-абдоминальным X АВВГД с превалированием работы мышц грудной клетки или живота, в зависимости от привычки. С физиологической точки зрения в пении может быть употреблен любой тип дыхания, кроме «ключичного», где в работу входит верхняя часть грудной клетки, что ведет к напряжению шейных мышц и скованности гортани. Для осуществления фонации нужен строго координированный выдох, то есть точная подача дыхания работающим связкам. О том, какая группа дыхательной мускулатуры принимает участие в выдохе, не является вопросом первой важности. Однако можно отметить, что нижнереберно-диафрагматический тип дыхания, когда нижние ребра раздвинуты, создает наилучшие условия для работы диафрагмы, которая при фонационном выдохе отнюдь не пассивна.

По современным данным, основную энергию певческого выдоха дают произвольные мышцы-выдохатели грудной клетки и брюшного пресса, но диафрагма — мышца вдоха — и гладкие мышцы, заключенные в стенках бронхиального дерева, также активно участвуют в этом выдохе, противодействуя ему. На сравнительно грубую подачу выдоха, осуществляемого за счет брюшного пресса и мышц-выдохателей грудной клетки, они накладывают свой узор, тонко и точно регулируя необходимое в каждый данный момент подсвязочное давление и объем проходящего между связок воздуха (5). Эта тонкая координация подачи дыхания, различная для разных гласных и согласных, для нот различной высоты, силы и тембра, вырабатывается в процессе освоения речи и пения и постепенно автоматизируется.

Диафрагма, осуществляя на фонационном выдохе мелкие выдохательные движения, уменьшает подсвязочное давление и создает необходимую для образования разных звуков игру подсвязочного давления (5).

Гладкие мышцы, заключенные в стенках мелких и среднего калибра бронхов, регулируют просвет воздухоносных путей и тем самым дают возможность гибко менять объем воздуха, идущий к голосовым связкам в каждый данный момент осуществления речи или пения. Гладкие мышцы бронхов сокращаются рефлекторно и не подвластны нашей воле. Сокращаясь, они могут вовсе выключать из процесса дыхания отдельные участки легочной ткани. При необходимости для ор-



ганизма повышенной вентиляции легких эта мускулатура расслабляется, просвет бронхов увеличивается и газообмен совершается более свободно и полно.

В связи с вопросом фонационного дыхания следует сказать несколько слов о так называемой тазовой диафрагме XII Г, которой приписывается некоторыми певцами определенное значение в осуществлении фонации. Под тазовой диафрагмой понимается комплекс мышц и связок, запирающих отверстия таза снизу. Прежде всего надо отметить, что это отверстие ограничено костными образованиями XII Г—29—41 и весьма невелико, составляя немногим более 10 см в диаметре. По размерам оно способно лишь пропустить головку новорожденного ребенка. Это отверстие ограниче-

ГЛОТКА

В результате работы голосовых связок и дыхания в гортани возникают звуковые волны — голос, который, однако, еще не имеет характера какого-либо звука речи, то есть формы гласного или согласного. В гортани рождаются основные качества голоса: высота звука, его сила, первичный тембр, который несет в себе и певческие особенности.

В полостях, расположенных выше гортани, то есть в глотке и в полости рта, тембр и сила звука лишь видоизменяются, высота же остается такой, какой она родилась в гортани.

Гортань непосредственно своим входом открывается в нижний отдел глотки. Под глоткой XIII АБ—7—12—15, V АБ—6 понимается полость, находящаяся за нёбными дужками полости рта XIII АБ—4—6, которая сверху и спереди переходит в носовую полость, а внизу в пищевод. Как показывает само название, основной ее функцией является глотание. Как только пищевой комок попадает в область корня языка и нёбных дужек, он неминуемо проглатывается благодаря глотательному рефлексу. Для осуществления своей основной функции глотка снабжена мощной круговой глотательной мускулатурой, составляющей ее стенки. Эта мускулатура, охватывая глоточную полость с боков и сзади, идет главным образом в поперечном направлении, начинаясь с самого верха, от основания черепа, и продолжаясь до самого низа, где мышцы глотки постепенно переходят в мускулатуру пищевода.

Основную толщу стенок глотки, этого своеобразного мышечного мешка, составляет верхний, средний и нижний глоточные сжиматели (констрикторы) XIV АБ—2—7—12, III БВ—7—10. Волокна сжимателей идут, в основном, направляясь сзади вниз и вперед. При сокращении они не только сжимают просвет глотки, но и поднимают ее. Как только пищевой комок проходит за дужки, его охватывает верхний сжиматель и проталкивает ниже. Так же действуют средний и нижний сжиматели, сокращаясь последовательно и проталкивая пищевой комок в пищевод. Верхний сжиматель XIV АБ—2, начинаясь от основания черепа, посылает свои волокна к области угла нижней че-

люсти XIV А—5. Средний сжиматель XIV АБ—7 отходит сзади от сухожильного шва XIV Б—35 и прикрепляется к большим рожек подъязычной кости XIV АБ—8. Нижний сжиматель прикрепляется отделом пластин щитовидного хряща вплоть до его косой линии XIV А—13, III БВ—23 и к наружной поверхности перстневидного хряща, расходясь своими волокнами сзади, и заканчивается в сухожильном шве XIV Б—35.

Как видно из направления волокон глоточных сжимателей, они не только проталкивают пищевой комок при глотании, но поднимают вверх подъязычную кость и гортань. Подъем гортани вверх и одновременное поднятие и смещение вперед подъязычной кости помогают надгортаннику прикрыть вход в гортань, чтобы пища не попадала в дыхательные пути. Движение, аналогичное изображенному на таблице XXIV Г. Наклон надгортанника к верхушкам черпаловидных хрящей помогает также корень языка, который, смещаясь назад и вниз, ложится на надгортанник и прижимает его вниз. Такой сложный комплекс движений надежно прикрывает вход в гортань.

Как видно из расположения сжимателей глотки, они составляют боковые и заднюю стенки глоточного мешка. Кпереди глотка сообщается с рядом полостей XIV В, XIII АБ. В верхнем отделе глотки открываются правая и левая носовые полости округлыми отверстиями, так называемыми хоанами XIV В—23. От хоан вниз спускается нёбная занавеска (мягкое нёбо) с висящим на ней маленьким язычком XIV В—25—26. Со стороны ротовой полости она является продолжением твердого нёба XIII АБ—1. Край нёбной занавески ограничивает сверху отверстие зёва, ведущее в ротовую полость. При поднятии мягкого нёба XV Г—22, которое сопровождает глотание, верхняя часть глотки отделяется от остальных ее отделов. Эта часть глотки носит название носоглотки XV Г—21, XIII Б—12. Та часть глотки, которая видна через раскрытый рот за нёбными дужками XIII АБ—4—6, носит название ротовой части глотки, или ротоглотки XIII АБ—7.

Нижняя часть глотки — гипофаринкс, куда смотрит гортань XIV В—31—34, XIII Б—19—21, на-

зывается также гортанной частью глотки XIII Б—15.

В носоглотке XIII Б—12, на ее боковых стенках, открываются отверстия слуховых (евстахиевых) труб XIII Б—11, XIV В—24, соединяющих полость глотки с барабанными полостями правого и левого уха. Во время глотки мышцы глотки сокращаются и в ушах можно услышать щелчок от размыкающихся слуховых труб, через которые воздух из носоглотки попадает в барабанную полость. Через слуховую трубу воспалительный процесс слизистой оболочки глотки может перейти в среднее ухо.

В своде носоглотки, образованной основной костью основания черепа, находится носоглоточная миндалина XIII Б—9, полипозные разрастания которой носят название аденоидов.

Ротоглотка XIII АБ—7 ограничена задней и боковыми стенками, а спереди широко сообщается посредством зева с полостью рта. Ротоглотка является местом, где дыхательный и пищеварительный тракты перекрещиваются. Когда мы пользуемся нормальным носовым дыханием, пищеварительный тракт перекрывается ртом, поднятым языком и опущенным мягким нёбом XV Б. Воздух свободно проходит из носа в носоглотку, глотку, входит в гортань, трахею и далее в легкие. При глотании, когда пищевой комок проходит из глотки в пищевод, одновременно закрываются два клапанных механизма — мягкое нёбо, которое поднимается, препятствуя попаданию пищи в нос, и надгортанник, который, опускаясь, закрывает вход в гортань, то есть в дыхательные пути.

Нижняя часть глотки (гипофаринкс) XIII Б—15 значительна по размерам и обычно не видна непосредственно через рот. Переднюю стенку здесь образуют: в верхней части — корень языка XIII Б—13 и свободный конец надгортанника XIII Б—14, а ниже в полость выступает гортань XIII Б—21. По бокам гортани глотка имеет две ямки — грушевидные синусы XIII Б—22, XIV В—33, ограниченные снаружи пластинами щитовидного хряща VI ГЕ—26. Нижний отрезок этого отдела глотки воронкообразно сужен и переходит в пищевод XIV В—21.

Благодаря возможным смещениям гортани размер глотки может значительно укорачиваться или удлиняться. Кроме поперечной мускулатуры глотка содержит продольные пучки, которые проходят в боковых ее отделах XIV АБ—4, образуя толщину задней дужки зева XV А—5—6. Эти волокна, начинаясь на основании черепа, спускаются вниз, вплетаются в боковую стенку глотки на уровне гортани (шило-глоточная XIV АБ—4, нёбно-глоточная XV А—6 и трубно-глоточная XV А—5 мышцы).

Сзади глотка прилежит к шейным позвонкам XIV А—3 и связана с ними рыхлой соединительной тканью, позволяющей глотке делать значительные смещения при глотании. С боков она окружена мышцами шеи III А. Глотка, обладая мощными сжимателями, не имеет специальной мускулатуры, расширяющей ее просвет. Когда мускулатура сжимателей расслаблена, глотка получает максимальные размеры. Единственным местом, где может произойти активное расширение глотки, является ее

нижний отдел. Путем смещения вперед подъязычной кости, гортани и корня языка просвет нижнего отдела глотки может быть значительно расширен, как это в действительности бывает при так называемом «прикрытии звука» верхнего регистра мужских голосов XXIII. В фонации глотка играет исключительно важную роль, являясь одним из двух резонаторов, в которых происходит образование гласных звуков. Кроме того, из этого отдела идет управление координированной работой голосового и артикуляторного аппарата (5).

Под зёв о м понимается пространство, соединяющее рот и глотку XIII АБ. Зёв образуется сверху мягким нёбом XIII АБ—2—3, с боков — передними XIII АБ—4 и задними XIII АБ—6 нёбными дужками, и внизу — задним и средним отделом языка XIII АБ—8. Мягкое нёбо, или нёбная занавеска XIII АБ—2, представляет собою мягкое продолжение твердого нёба. Оно образовано пластом мышц XV А, лежащих на соединительнотканной мембране, которые как со стороны рта, так и со стороны глотки одеты слизистой оболочкой. В мягком нёбе проходит целая система мышц, которые, сокращаясь, поднимают мягкое нёбо и перекрывают ход в носоглотку. Эти две парные мышцы носят название поднимателей нёбной занавески XV А—3, XIV А—37 и натягивателей нёбной занавески XIX А—36. Обе мышцы начинаются на основании черепа и заканчиваются в мягком нёбе, осуществляя одни — функцию натягивания, а другие — функцию поднятия мягкого нёба.

Кроме этих мышц мягкое нёбо содержит и мышцы, опускающие его. Они проходят в толще передней и задней дужек зева XVI Г—15—16. Та, что образует заднюю дужку, нёбно-глоточная мышца XV А—5—6, как мы уже говорили, вплетается в мышечную стенку глотки, подходя своими волокнами к гортани. Мышца, идущая в толще передней дужки, нёбно-язычная XVI Г—16 вплетается в массу мышц языка, образуя систему его поперечных волокон. Эти мышцы опускают нёбную занавеску и сокращают отверстие зева. На свободном крае мягкого нёба помещается маленький язычок XIII АБ—3, имеющий собственную мышцу XV А—4, при сокращении которой он укорачивается. Маленький язычок не играет самостоятельной роли в фонации, следуя все время за мягким нёбом.

Между передней и задней дужками зева помещаются нёбные миндалины XIII АБ—5, XV А—8, которые могут значительно выступать, сокращая пространство зева. Нёбные миндалины XIII АБ—5 вместе с носоглоточной миндалиной XIII АБ—9 и язычной миндалиной, помещающейся в области корня языка, образуют лимфоидное кольцо (Пирогова—Вальдейера). Эти лимфоидные образования содержат ряд углублений — крипт.

Мнение о том, что они несут защитную функцию, не является единодушным. Миндалины склонны к хроническому воспалительному процессу (хронический тонзиллит). Тогда они становятся источником инфекции, которая ведет к тяжелым нарушениям в организме, что, несомненно, отражается на процессе пения. Удаление миндалин без повреждения мягкого нёба и дужек никаких вредных последствий для голоса не оставляет.

РОТОВАЯ ПОЛОСТЬ

Ротовая полость ограничена сверху твердым нёбом XIII AB—I, с боков зубами и зубными отростками верхней челюсти. При открытом рте в образовании боковых стенок принимают участие щеки XIII B—23. Нижняя часть полости заполнена языком. Основная, жизненно важная функция полости рта — пережевывание пищи, которое происходит при опущенной нёбной занавеске, прилежащей к спинке языка. В это время зев полностью замкнут и ход в глотку перекрыт, что позволяет человеку свободно дышать во время пережевывания пищи. Дыхательная трубка перекрывается только в момент глотания. Форма и размеры твердого нёба, как и строение других стенок ротовой полости, различны у разных людей. Глубина, ширина, наклон передней стенки твердого нёба, его соотношение с длиной мягкого нёба индивидуальны. Подвержены варьированию и зубы, имеющие у разных людей иной наклон. Размеры языка также неодинаковы, вследствие чего анатомические взаимоотношения в ротовой полости у людей резко отличаются друг от друга. Ротовая полость имеет исключительно важное значение для фонации: здесь артикулируется большинство согласных и формируется ротовая характеристика каждого гласного звука (см. ниже).

Губы, замыкающие ротовую полость спереди, а также язык и мягкое нёбо, являются теми мышечными образованиями, благодаря которым индифферентный звук гортани превращается в какой-либо звук речи. Губы, являясь замыкателем ротовой полости, то есть относясь к сжимателям пищеварительного тракта, одновременно принадлежат к мимической мускулатуре лица. В толще губ заложены не только круговые мышцы, осуществляющие сужение ротового отверстия, но также ряд мышц, приходящих с разных сторон от костей лицевой части скелета. Благодаря этим мышцам губы могут быть растянуты в стороны, в положении улыбки (мышца улыбки), подняты вверх (собачья мышца), оттянуты книзу.

Открытие и закрытие рта осуществляется жевательными мышцами. Рот открывается путем оттягивания нижней челюсти книзу — подбородочно-подъязычной мышцей III B—29, XVI AB—4 и мышцей, образующей дно полости рта III AB—3. Эти мышцы прикрепляются к подъязычной кости и потому при сильных движениях ведут к напряжению мышц передней части шеи. В результате таких движений гортань может оказаться скованной и работа ее будет затруднена. Антагонистами этой группы мышц являются мощные жевательные мышцы, осуществляющие откусывание и разжевывание пищи. Эта мускулатура у начинающих есть часто бывает содружественно напряжена, что ведет к зажатости челюсти и скованности артикуляторных движений.

ПОЛОСТЬ НОСА

Парные носовые полости XVII сложны по своему строению и напоминают собою две щели XVII BG—19, лежащие в лицевой части черепа. Спереди с наружным пространством они сообща-

ются при помощи наружных носовых отверстий (ноздри), сзади через хоаны XVII A—24 с глоткой XVII A—27. В профильном сечении носовая полость имеет треугольную форму XVII A. Носовые полости

язык XIII AB—8, XVI является главным артикуляторным органом. При отсутствии или параличе его речь не может быть осуществлена. Язык — целиком мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой, содержащей вкусовые сосочки XIII B—25. В нем различают корень XIII B—13, спинку XIII B—8 и кончик XIII B—24. Во вкусовых сосочках слизистой оболочки языка находятся окончания вкусовых нервов. Язык — чрезвычайно подвижное и легко изменяющее свою форму образование. Такая способность к изменению своей конфигурации определяется своеобразием хода его мышечных волокон. Составленный из волокон различного направления, он способен к самым сложным перемещениям и изменениям своей формы. Мышцы языка начинаются от различных частей скелета: от основания черепа XVI B, нижней челюсти XVI—A, подъязычной кости XVI B и нёба XVI Г. Наряду с этим в языке есть и собственные системы волокон XVI A—3, Г—18—19. От подбородка и внутреннего угла нижней челюсти в язык веерообразно входит система волокон XVI A—2, при сокращении которой язык вытягивается вперед. Эта система составляет часть вертикальных волокон языка XVI Г—18. От подъязычной кости вперед и вверх идут пучки волокон XVI B—8, составляющих часть продольных волокон языка. При их сокращении язык оттягивается назад и вниз. От шиловидного отростка основания черепа отходит, спускаясь вперед и вниз, система мышечных волокон XVI B—7, которая разветвляется в языке пучками, идущими вдоль. Эта система тянет язык назад и вверх. Пучки мышц, опускающиеся из передней дужки XVI Г—16, входят в язык, составляя поперечные системы волокон.

Кроме указанных мышц, идущих к языку, имеются пучки поперечных XVI Г—19, продольных XVI A—3 и вертикальных волокон XVI Г—18, которые начинаются и заканчиваются в толще самих мышц языка. Все эти системы мышц действуют согласованно, что позволяет языку принимать различные положения и форму.

Основной, жизненно важной функцией языка является участие в акте жевания, где на нем лежит сложная работа перекалывания пищевого комка, контроль за степенью измельченности пищи, готовности ее для проглатывания и, наконец, само глотательное движение, в котором корень языка принимает активное участие. У человека же язык, кроме того, входит в систему речедвигательных органов и выполняет в процессе речи тончайшую и сложнейшую работу. В силу этого он обильно снабжен двигательными и чувствительными нервами, которые позволяют ему делать эти тонкие движения и осуществлять контроль над ними.

отделены друг от друга вертикально стоящей носовой перегородкой XVII BB—15, передняя часть которой — хрящевая. На наружной стенке каждой полости имеются по три носовых раковины XVII ABB—7—8—10. Носовые раковины имеют тонкий костный скелет, покрытый особой губчатой тканью, обильно снабженной сосудами. Носовые раковины, как и все стенки носовой полости, покрыты слизистой оболочкой с мерцательным эпителием. Под каждой раковиной имеется носовой ход XVII ABB—16—9—11. В носовые полости открывается ряд отверстий, идущих из придаточных полостей носа. В области верхней раковины, в ее слизистой оболочке, разветвляются обонятельные нервы XVII A—6.

Нос является начальным отделом дыхательных путей, в который попадает воздух во время вдоха. Здесь, соприкасаясь с большой поверхностью влажной слизистой оболочки, воздух согревается, увлажняется и очищается. Обильное снабжение кровью носовых раковин обеспечивает успешность этой функции. Когда же слизистая оболочка воспалена, носовые раковины отекают и носовые ходы оказываются полностью закрытыми и забитыми слизью, нормальное носовое дыхание нарушается. Иногда причиной затрудненного дыхания бывает сильное искривление носовой перегородки, что чаще всего является результатом неправильного развития костей лицевого черепа.

В лицевой части черепа помещается ряд полостей (пазух), так называемых придаточных полостей носа XVII ABГ—3—18—20—23, представляющих собою пустоты неправильной фор-

мы в костях черепа, выстланные слизистой оболочкой. Наибольшие по размеру — гайморовы XVII BG—20 — лежат в теле верхней челюсти. Эти полости имеют в диаметре около 3 см и так же, как остальные полости, выстланы слизистой оболочкой. Узкий проход из них открывается в средний носовой ход. В лобной кости в надбровной области помещаются лобные (фронтальные) пазухи XVII AG—3, обычно различного размера — от 1,5—2 см в длину. Они открываются узкими отверстиями XVII A—4 в средний носовой ход. Между носовой полостью XVII BG—19 в верхнем ее отделе и глазницей XVII B—17 помещается ряд маленьких полостей неправильной формы XVII BG—18, это — решетчатый лабиринт. Наконец, в теле основной кости черепа в самый задний отдел носовой полости открывается маленькое отверстие пазухи основной кости XVII A—23. Все эти полости в норме заполнены воздухом. (При переходе воспаления из носа на слизистую оболочку придаточных полостей они заполняются воспалительным отделяемым, что может привести к весьма неприятным последствиям.)

Придаточные полости носа в акте дыхания и речевой фонации участия не принимают. При пении они входят в понятие «верхнего резонатора» и в них могут возникнуть резонаторные явления (см. ниже), так как эти полости наполнены воздухом и стенки их достаточно упруги. Однако звук, возникший в них вследствие резонанса, не имеет выхода наружу и для слушателя остается бесполезным. Вибрационные явления в придаточных полостях носа по нервным путям стимулируют работу гортани (17).

Раздел II

РАБОТА ГОЛОСОВОГО АППАРАТА В РЕЧИ

В процессе речи все части голосового аппарата функционируют в теснейшей взаимосвязи, подчиняясь задаче воспроизведения необходимого звука, которую диктует ему слуховое представление. С раннего детства, начиная усваивать речь, ребенок вырабатывает в своем голосовом аппарате необходимые координации, которые, подкрепляясь ежедневным речевым общением, становятся очень прочными. Каждый звук речи требует сложнейшей координации всех частей голосового аппарата: артикуляторных органов, дыхания и гортани. Необходимые координации осуществляются в строгой последовательности. Например, для произнесения гласного звука вначале происходит установка артикуляторных органов в определенную для этого гласного позицию, а уже потом подается звук, то есть начинает работать система: гортань — дыхание (18). У человека, научившегося говорить, все необходимое для выполнения каждого звука осуществляется цепью рефлексов — стереотипно, то есть автоматически. Достаточно подать для этого только «команду», как весь стереотип рефлексов, нужный для произведения данного звука, будет автоматически осуществлен. Стереотипы звуков речи родного языка чрезвычайно прочны. Они являются причиной акцентов при переходе к речи на другом языке. Речевые стереотипы часто являются помехой при обучении пению, где требуется нахождение особых певческих координаций.

Звуки, которые способен производить голосовой аппарат человека, можно подразделить на тоновые, то есть имеющие определенную высоту, например все гласные звуки; и шумовые, например согласные *с, л, ч* и др.

Как известно, звук — это последовательные сгущения и разрежения воздуха, возникающие чаще всего вследствие вибрации каких-либо упругих тел. Шумовые звуки состоят из многих неперiodических колебаний воздуха. Тоновые звуки характеризуются периодичностью колебаний, совершающихся с определенной частотой. Эту частоту колебаний мы воспринимаем как высоту звука. Размах (амплитуда) колебаний воспринимается как сила звука.

Все музыкальные звуки, как и гласные звуки нашей речи, являются сложными, то есть состоят не из одного периодического колебания, а из многих, имеющих разную частоту и амплитуду. В

сложном звуке различают основной тон, частота которого определяет высоту звука, и обертоны, частичные тоны (гармоники), от количества и силы которых зависит тембр сложного звука. Гармонические обертоны по частоте в 2, 3, 4 и т. д. раз больше основного тона. Основной тон и обертоны воспринимаются нашим ухом слитно, как единое звучание, имеющее определенную высоту и тембр.

Сложный звук при помощи специальной аппаратуры может быть разложен на соответствующие ему простые звуки. Графическое изображение состава сложного звука носит название спектра звука.

Если мы графически изобразим обертоновый состав сложного звука, отложив по горизонтали частоту колебаний в секунду каждого обертона, а по вертикали — размах (амплитуду) колебаний этих обертонов, то получим спектр звука:

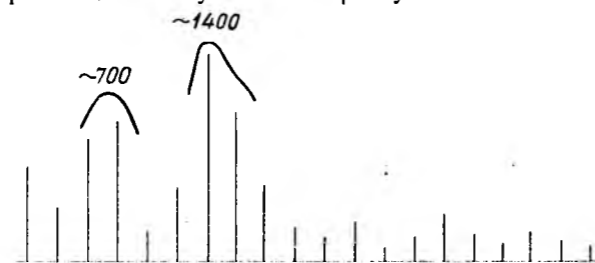


График 1.

На графике 1 изображен спектр гласного звука *е* в речи. Как мы видим, в составе обертонов, входящих в этот гласный звук, есть две группы, имеющие значительно большую амплитуду, чем другие. Эти сильные обертоны характерны для всякого звука *е*, кто бы его ни произнес и на какой бы высоте это произношение ни было осуществлено. Именно по этим характерным сильным обертонам наше ухо и узнаёт, что был произнесен звук *е*, а не какой-нибудь другой. Каждый гласный звук содержит свои, характерные только для него, усиленные обертоны. Они называются формантами гласных. Все остальные обертоны данного гласного звука воспринимаются нами как индивидуальный тембр голоса человека, произнесшего этот звук. Не различая в сложном звуке отдельных обертонов, звучащих слитно, наш слух по формантным областям спектра определяет, какой гласный звук был про-

изнесен; а по совокупности остальных обертонов — какой человек этот звук произнес.

Гортань образует звук, еще не имеющий характера того или иного гласного, то есть не несущий в обертоновом составе формант гласных. Форманты гласных образуются в результате резонанса полостей рта и глотки.

Явление резонанса широко известно. Если на рояле нажать педаль и спеть тон определенной высоты, то рояль «ответит» звучанием той струны, звук которой по высоте совпадает с только что спетым. Подобным же образом могут резонировать и воздушные полости, имеющие достаточно упругие стенки. Маленькие полости резонируют на высокие звуки, а большие — на низкие.

Первичный звук, возникший в результате колебаний голосовых связок, содержит около пятнадцати обертонов примерно равной амплитуды. Проходя через полости глотки и рта, он подвергается своеобразной фильтрации: большинство обертонов гасится, некоторые же, совпадающие с собственными тонами полостей рта и глотки, входят с ними в резонанс и оказываются усиленными. Именно потому язык на каждом гласном звуке должен иметь определенный уклад. Язык формирует во рту и в глотке полости, необходимые для резонанса соответствующих обертонов, то есть для возникновения речевых формант. Так из индифферентного тембра первичного звука гортани в результате резонанса полостей глотки и рта возникает звук, содержащий характерные усиленные обертоны — форманты, и потому воспринимаемый нами как гласный.

Все звуки речи делятся на гласные и согласные, которые имеют между собою по механизму образования принципиальное различие. Гласные XIX образуются вследствие свободного прохождения звука, рожденного гортанью, по глоточной и ротовой полостям. Никаких препятствий звуку в ротоглоточном канале нет. Голос, возникший в гортани, свободно проходит по полости глотки и рта, фильтруется там и выходит, приобретая усиленные обертоны — форманты, которые наше ухо классифицирует как тот или иной гласный звук.

Таким образом, звук голоса приобретает характер гласного в полостях ротоглоточного канала, а такие основные качества его, как высота, сила и характерный индивидуальный тембр, рождаются в гортани. Голосовые связки (гортань), меняя свою работу, придают гласному нужную высоту, силу и индивидуальный тембр.

При произношении согласных XVIII в ротоглоточном канале обязательно создается препятствие, через которое с силой проталкивается воздушная струя. Шумы, получающиеся в результате прохождения воздушной струи через это препятствие, мы классифицируем как глухой согласный звук того или иного типа. Таким образом, источником звука при произношении глухих согласных является шум, и гортань в работу не включена. При образовании звонких согласных к шуму, образующемуся при прохождении воздушной струи через препятствие, присоединяется звук гортани, поэтому звонкие согласные имеют определенную высоту (например, *л, м, з* и др.), в то время как

глухие согласные, где гортань «молчит», ею не обладают (например, *ч, ц, х, ф* и др.).

Согласные, кроме указанного различия в отношении включения в работу гортани, имеют еще ряд особенностей по механизму своего возникновения. При одних согласных перерыв воздушной струи полный и звук возникает в результате резкого размыкания сужения, то есть прорыва воздушной струи (смычные или взрывные согласные) XVIII Б. При других — имеется лишь сужение в виде щели того или иного типа и звук возникает от трения воздушной струи о стенки этого сужения (щелевые, или фрикативные, согласные) XVIII Ф. Примером взрывных согласных может служить глухой звук *п* и парный ему звонкий *б* или такая же пара *т* и *д*. Примером щелевых может служить глухой свистящий звук *с* и парный с ним звонкий *з*, или *ф* и *в*.

Различаются согласные и по месту возникновения сужения: при звуке *п* оно образуется губами; при *ф* щель формируется нижней губой и верхними зубами; при *с* — кончиком языка и передним отделом твердого нёба у верхних зубов, при *ш* сужение образуется между языком и куполом твердого нёба, при *к* — еще глубже: между спинкой языка и задним отделом твердого нёба, а при *х* между задним отделом языка и мягким нёбом. Таким образом формируется то большое количество различных согласных, которое характерно для любого языка.

В потоке речи согласные осуществляют основную смысло-различительную роль. Разборчивость речи прежде всего связана с четким произношением согласных. Гласные в этом отношении играют менее существенную роль. Они несут такие основные голосовые качества, как высота, на которой осуществляется речь (мелодика речи), сила звука и индивидуально окрашенный той или иной эмоцией тембр.

Каждый согласный и гласный требуют для своего образования строго дозированной порции воздуха, поданной под определенным давлением. Разные гласные, на разной высоте, при разной силе звучания также требуют каждый раз иной координации между дыханием, работой гортани и артикуляцией. Таким образом, поток речи представляет собой непрерывную смену мышечных координаций и воздушных давлений, необходимых для произношения того или иного звука.

Речь осуществляется при быстрой смене гласных и согласных. Потому в процессе произнесения слова движения, необходимые для произнесения одного звука речи, связываются с движениями, необходимыми для последующего звука. Подготовка к произнесению последующего звука происходит еще на предыдущем. Предыдущий звук как бы подготавливается к произношению последующего. Таким образом, звуки речи взаимовлияют друг на друга (5). Так, например, один и тот же гласный звук, заключенный в слове между разными согласными, будет неодинаков по своему положению (укладу). Это объясняется прежде всего теми мышечными движениями, которые приходится произвести языку при переходе от согласного к гласному и обратно. Движение языка, необ-

ходимое для произношения согласного, сказывается на укладе последующего гласного звука. Так, например, в слове *са* уклад *а* будет иным, чем в слове *ха*, так как *с* артикулируется близко у зубов, а *х* глубоко.

Согласные и последующие гласные связаны между собой не только в силу мышечных влияний, но и через различные варианты изменения воздушного давления. Согласные щелевого характера образуются при незамкнутом ротоглоточном канале, когда дыхательная струя плавно, без толчка скользит через сужение в ротоглоточном канале, поэтому последующий гласный, образующийся за счет включения в работу голосовых связок, будет начат в момент плавного вытекания воздуха. Голосовые связки сблизятся и начнут колебаться на плавном движении дыхательной струи (например, на слове *фа*). В результате такого взаимодействия звук *а* будет обладать иной координацией, то есть звучанием (мягкое звучание), чем, например, в слове *па* или *да*, после взрывного согласного (жесткое звучание). В случае начала слова с взрывного согласного связки включаются в работу более резко, так как взрывной согласный требует большего подъема давления и образуется путем толчка дыхания, проходящего через разомкнувшееся препятствие. Повышение воздушного давления в полостях ротоглоточного канала перед размыканием препятствия при образовании взрывных согласных *б*, *г* хорошо видно на таблице XVIII. Оно выражается в сильном расширении стенок полостей, уступающих поднятому давлению. Таким образом, действие согласных на работу голосовых связок в известной мере можно приравнять к действию атаки (начала звука) на звукообразование.

На таблице XVIII мы приводим артикуляцию нескольких согласных, часто употребляющихся в вокальной педагогике с целью воздействия на характер последующего гласного звука, то есть на работу голосовых связок в их взаимодействии с дыханием.

На согласном *м*: губы сомкнуты, мягкое нёбо несколько поднято, но оставляет широкий проход в носоглотку, язык отодвинут назад, поднят вверх и лежит почти касаясь своей спинкой заднего отдела нёбного свода, полость глотки относительно широка, и надгортанник, следуя за поднятым языком, приподнят.

На согласном *н*: губы разомкнуты, мягкое нёбо оставляет широкий проход в носоглотку, кончик языка плотно прижат к основанию верхних зубов, полностью перекрывая движение воздуха, язык лежит и корень его отодвинут назад, нависая над надгортанником. Надгортанник наклонен к задней стенке глотки.

На согласном *л*: губы разомкнуты, мягкое нёбо поднято полностью, прикрывая ход в носоглотку, кончик языка прижат к передним зубам, образуя с боков проход для воздушной струи, спинка языка отодвинута к задней стенке глотки, образуя сужение, резко отделяющее ротовую полость от глоточной, глоточная полость узка, и надгортанник стоит наклонно.

На согласном *б*: губы сомкнуты и напряжены,

готовые к резкому размыканию; мягкое нёбо полностью перекрывает ход в носоглотку, язык лежит в индифферентной позиции, полости глотки и рта широкие и свободно сообщаются, надгортанник стоит наклонно.

На согласном *з*: губы разомкнуты, рот приоткрыт, мягкое нёбо полностью перекрывает ход в носоглотку, язык своей спинкой поднят вверх, к заднему отделу твердого нёба, и полностью перекрывает ход воздушной струе, ротовая полость очень мала, а глоточная резко расширена, особенно в нижнем отделе, надгортанник приподнят.

На согласном *ф*: губы разомкнуты; нижняя губа прижата к верхним зубам, образуя щель для прохождения воздушной струи, мягкое нёбо полностью перекрывает ход в носоглотку, язык лежит в индифферентном положении, полости рта и глотки узкие, надгортанник сильно наклонен к задней стенке глотки.

Артикуляция гласных XIX, как мы уже отмечали, отличается свободным прохождением воздушной струи по полостям ротоглоточного канала, где звук гортани обрастает характерными усиленными обертонами—формантами гласных, по которым мы и отличаем один гласный от другого. Данные, добытые разными авторами, о количестве обертонов, имеющих формантное значение, не совсем совпадают. Все же можно сказать, что каждый гласный звук имеет две основные форманты, возникающие одна в ротовой, другая в глоточной полости. Именно поэтому каждый гласный звук требует своего уклада языка, определенной степени открытия рта и раствора губ.

Гласный звук *и* образуется при смещении языка вперед и вверх так, чтобы получилась маленькая полость между спинкой языка и передней частью нёба и широкая глоточная полость. На *и* ротовая полость имеет наименьший объем по сравнению со всеми остальными гласными, а глоточная полость—наибольший. Надгортанник, следуя за корнем языка, несколько приподнят. Рост при этом гласном звуке открыт немного и углы губ разведены в стороны. Мягкое нёбо на *и*, так же как и на всех остальных чистых гласных русского языка, поднято и полностью перекрывает ход в носоглотку.

На гласном *е*, по сравнению с *и*, уклад языка понижается, ротовая полость становится шире, а глоточная несколько сужается. Раскрытие рта увеличивается, и губы менее раздвинуты в стороны. Надгортанник, следуя за более спокойно лежащим языком, несколько наклоняется назад.

На гласном *а* отмечается перемещение языка кзади и образование широкой полости во рту. Раскрытие рта здесь наибольшее, а губы более овальные. Надгортанник наклоняется к задней стенке глотки, отодвинутый корнем языка. Глоточная полость здесь наименьшая.

На гласном *о* уклад языка несколько повышается по сравнению с *а*, а рот прикрывается, округляясь выдвигающимися губами.

На гласном *у* язык отодвинут назад, несколько приподнят, причем образуется хорошо выраженное сужение между спинкой языка и задним отделом нёба или между спинкой языка и задней стенкой

глотки. Ротовая полость при этом представляется длинной и узкой трубкой, а глоточная полость расширена. В связи с расширением глоточной полости, особенно в ее нижнем отделе, надгортанник отходит вперед и вход в гортань приоткрывается. Раскрытие рта уменьшается еще более, чем на *о*, и ротовое отверстие сужается вытянутыми вперед губами.

Итак, объем ротового резонатора уменьшается в последовательности *а-о-е-у-и*, а объем глоточного в этой же последовательности увеличивается. При формировании гласных ротовой и глоточной резонаторы находятся в обратных взаимоотношениях. В такой же последовательности изменяется наклон надгортанника, который на *а* наибольший и постепенно выпрямляется в последовательности *а-о-е-у-и*.

Весьма существенным является взаимоотношение между работой артикуляторных органов и гортанью при произношении различных гласных XIX, XX. Положение гортани в речи меняется в зависимости от произносимого гласного. На гласных *и* и *е*, когда язык смещен вперед и вверх, гортань стоит несколько выше положения покоя. На гласном *а* и *о* она находится в индифферентном состоянии на уровне положения покоя. На гласном *у* вместе с расширением нижнего отдела глотки она, как правило, смещается несколько вниз.

При произношении различных гласных, даже если они произносятся в равной силе и на одной и той же высоте, голосовые связки и дыхание бывают включены в работу в разной мере. Как мы видели, ротовое отверстие на разных гласных бывает открыто в неодинаковой степени. Форма ротоглоточного канала также бывает различна в отношении образующихся расширений и сужений. Поэтому сила звука, родившаяся в гортани, будет на разных гласных поглощаться в разной степени.

Если сравнить форму ротоглоточного канала при произнесении гласного *а* с формой при произнесении гласного *и* или *у*, то это можно легко себе представить XIX. На *а*, звук, выйдя из входа гортани, попадет в узкую глотку и потом проходит по рупору, постепенно расширяющемуся, через широко открытое отверстие рта в наружное пространство. В этом случае звук будет поглощаться сравнительно мало. На *и* или на *у*, он, выйдя из гортани, сразу попадает в сильно расширенную глотку, а выход из нее оказывается сильно суженным. Естественно, что в наружное пространство пройдет лишь небольшая часть энергии звука, а главная часть—поглотится стенками глоточной полости. Между тем изменить форму этих полостей, так неудачно сформированных для выведения звуковой энергии в наружное пространство, нельзя, так как не получится нужный гласный звук. Таким образом, при одной и той же затрате энергии со стороны связок и дыхания разные гласные должны были бы иметь весьма различную громкость: *а* всегда было бы во много раз громче *и* и *у*.

Однако для понимания речи необходима примерно одинаковая сила звучания всех гласных.

Эта ровность достигается путем увеличения исходной силы звука на тех гласных, при которых звуковая энергия значительно поглощается ротоглоточным каналом (5). Чтобы гласные в слове звучали одинаково громко, голосовые связки и дыхание должны выдавать энергию на *и* и *у* значительно большую, чем на *а*. Действительно, при поперечных томограммах голосовых связок (17) было обнаружено, что при равной на слух силе на *а* связки меньше включены в работу, чем на *у* или *и*. На *а* они более тонки, а на *и* и *у*—сильно утолщены. Соответственно этому изменяется подвязочное давление, которое при равной силе звука на *и* является наибольшим и уменьшается в последовательности *и-у-е-о-а*.

В процессе речи гортань и дыхание гибко подстраиваются к изменению условий, возникающих в артикуляторном аппарате при произношении различных гласных и согласных в слове. Эта смена происходит с большой быстротой, осуществляется автоматически и не требует участия нашего сознания.

Длительность звучания гласных звуков в речи сравнительно невелика. Они имеют скользящий характер, следуя интонационной задаче. Так, например, утверждение «*Да!*» строится на скольжении звука *а* вниз по звуковой шкале, а вопрос «*Да?*» строится на скольжении *а* вверх. Это интонационное скольжение звуков голоса в потоке речи создает своеобразную мелодику речи, без которой она становится невыразительной, теряет часть сообщения, а иногда делает содержание речевого сообщения вовсе непонятным. Так будет, если слово «*Да*» лишит вопросительной или утвердительной интонации. На такое слово ответом будет: «*А что: да?*»—так как смысл будет неясен. Интонация имеет смысловое значение, и задачу интонационных скольжений звука выполняют голосовые связки во взаимодействии с дыханием.

Индивидуальный тембр голоса определяется прежде всего особенностями строения и функций гортани данного человека. Размеры гортани и голосовых связок, мощность мускулатуры гортани, тонус этих мышц, как и мышц дыхательного аппарата, наконец, характер смыкания связок—все это создает неповторимые индивидуальные отличия одного голоса от другого. В характере смыкания связок, основную роль играют речевые навыки, приобретенные в процессе индивидуального развития. Слушая, повторяя и усваивая речевые нормы произношения того или иного языка, человек тем самым приучает свою гортань к функциональным особенностям, характерным для того или иного языка. Гортанное звучание многих восточных языков, глубокое звучание английской речи, мягкость и звонкость итальянской—результат необходимых приспособлений голосового аппарата. Таким образом, язык влияет на организацию вибрационной работы голосовых связок, создавая необходимый тип этой работы и накладывая неизгладимый отпечаток на функцию гортани в целом.

«Жесткий» тип работы гортани, когда рождается звук яркий, но резкий, часто неприятный и горловой, характеризуется излишней плотностью смы-

кания голосовых связок и малой длительностью фазы открытия голосовой щели. В этот момент смыкание связок слишком активизировано и звук имеет много высоких обертонов, делающих его резким и жестким, а дыхание мало просачивается через голосовую щель.

При «мягком» голосе, когда звук не имеет излишних высоких обертонов, смыкание связок менее плотно и фаза их размыкания удлинена. Дыхание при такой работе гортани свободнее вытекает через голосовую щель.

Эта привычная работа гортани влияет на все другие голосовые задания, и в частности — на про-

цесс пения. Этим объясняется, например, трудность усвоения европейской манеры певческого голосообразования для многих народов Востока, обладающих жестким и гортанным характером звучания голоса. Столь же трудной оказалась бы попытка европейца петь в национальной азиатской манере. Указанное различие лежит в основе деления языков на вокальные и менее вокальные. Следует отметить, что любой тип работы гортани физиологичен, естествен, и поэтому даже на так называемой горловой манере работы гортани восточные народные певцы говорят и поют без усталости до глубокой старости.

Раздел III

РАБОТА ГОЛОСОВОГО АППАРАТА В ПЕНИИ

Пение нельзя рассматривать как растянутую речь. Звуковая речь является внешним выражением наших мыслей, текущих в форме внутренней речи. Она управляется из соответствующих речевых центров коры головного мозга и выражается в специфических речевых координациях голосового аппарата, создающих поток речевых звуков. Основные характерные качества речи — быстрая смена звуков, отсутствие точной высоты гласных, их скользящий характер, сравнительно небольшой диапазон, захватываемый повышениями и понижениями голоса при обычной спокойной речи, и сравнительно небольшая сила голоса.

Пение, как мы указывали выше, является выражением музыкального переживания, то есть связано с эмоциональной сферой. Возможность петь определяется прежде всего наличием музыкальных представлений, возникающих на основе переработки слуховых впечатлений. Если музыкальные представления отсутствуют, то голосовому аппарату нечего выразить звуком, хотя само образование певческого голоса ничем не затруднено. Человек «музыкально глухой» будет и «музыкально немой». Пение — воспроизведение музыки голосом — требует прежде всего развитой музыкальности, то есть умения чувствовать и понимать музыку.

Таким образом, управление певческой фонацией идет из иных, по сравнению с речью, отделов мозга, связанных с музыкальной деятельностью.

Воспроизводя голосом ту музыку, которую он слышит внутри себя, певец приспособливает голосовой аппарат для производства музыкальных певческих звуков, то есть звуков, имеющих точную высоту, определенную длительность и специфический певческий тембр. Этим и отличаются певческие гласные звуки от речевых. Профессиональное пение, кроме того, требует большой силы голоса, широкого звуковысотного диапазона и красоты певческого тембра.

Итак, пение качественно отличается от речи, поэтому режимы работы голосового аппарата в пении и речи принципиально отличаются друг от друга.

Профессиональное пение предъявляет к голосовому аппарату особенно высокие требования в смысле тембра, силы, диапазона и выносливости, что присуще не каждому. Поэтому между музы-

кальными способностями и голосовыми данными нельзя провести параллели. Сочетание отличной музыкальности с отличными возможностями к пению со стороны голосового аппарата есть наилучшая основа для успешного обучения пению.

Основные певческие качества голоса определяются особенностями работы голосовых связок, взаимодействующих с дыханием. Певческий тембр, сила звука, его высота и выносливость аппарата связаны в первую очередь с функцией голосового затвора гортани — с голосовыми связками и нервами, приводящими их в действие. Следовательно, профессиональный певческий голос — результат особой функции нервно-мышечного аппарата гортани, функции определяемой головным мозгом.

Основные свойства певческого голоса — это его высота, сила и тембр.

Высота звука голоса зависит от количества смыканий и размыканий голосовых связок в секунду. Каждое размыкание пропускает порцию подвязочного воздуха и создает волну сгущения, за которой следует перерыв струи воздуха, то есть разрежение. Звук — это волны сгущения и разрежения, периодически следующие друг за другом с определенной частотой. Частота вибрации голосовых связок при пении велика и составляет около 70 колебаний в секунду при нижнем *фа* большой октавы у баса, 440 колебаний в секунду на высоком *ля* баритона, 512 — на высоком *тено*ровом *до*, и 1024 — на высоком *до* у сопрано. Эти цифры дают ясное представление о той сложной и тонкой работе, которую связки, взаимодействуя с дыханием, должны произвести, чтобы достигнуть нужной высоты звука, то есть чистой интонации, что является непременным условием правильного пения.

До последнего десятилетия считалось, что голосовые связки, прежде чем начать свои колебательные движения, должны быть лишь сомкнуты и напряжены в необходимой для данной высоты ноты степени. Дыхание же, преодолевая это напряжение, размыкает связки, открывает голосовую щель, которая затем, в силу эластичности напряженных связок, снова замыкается. Так, в силу эластичности напряженных голосовых мышц и подачи дыхания, связки осуществляют свои колебательные движения, рождая звук нужной высоты. В этой мышечно-эластической (миоэластической) те-

ории образования звука голосовым связкам отводится роль упругих эластических жгутов, пассивно вибрирующих в токе проходящего воздуха. Основной двигательной силой, размыкающей связки, по миоэластической теории, является подсвязочное давление, то есть сила выдыхательных мышц, а смыкающей силой — упругость напряженных связок.

Механизм повышения звука объясняется по этой теории увеличением напряжения голосовых связок и давления под ними при их неизменной длине VIII Д (грудной регистр). Этот механизм можно по аналогии сравнить с повышением натяжения струны скрипки за счет накручивания ее на колок. Такое увеличение напряжения голосовых мышц имеет физиологический предел, выше которого дальнейшее поднятие тона идет по принципу укорочения вибрирующей части связки VIII E₁, E₂, E₃ (фальцетный регистр). Этот механизм можно сравнить с сокращением вибрирующего отрезка струны путем прижатия ее пальцем к грифу. Однако ряд фактов, наблюдавшихся в жизни, не укладывается в миоэластическую теорию фонации.

За последнее десятилетие появились данные, выдвинувшие новую, нейрохронаксическую теорию возникновения звука (17). Согласно этой теории, голосовые связки колеблются в результате активного сокращения косых систем волокон голосовых мышц V Д, размыкающих связки в период каждого колебательного цикла. Эти активные размыкания голосовых связок, сомкнутых за счет работы остальных внутренних, в том числе, возможно, и продольных, волокон вокальных мышц гортани, осуществляются под влиянием серии двигательных импульсов, поступающих по двигательному нерву гортани из коры головного мозга.

По этой теории высота тона зависит от частоты поступающих к голосовой связке двигательных импульсов и является полностью феноменом центрального происхождения. Сколько импульсов в секунду «пошлет» мозг к голосовым связкам, согласно «представлению» о нужной высоте тона, столько раз голосовые связки активно раскроют голосовую щель и выпустят при этом точно такое же количество порций подсвязочного воздуха, то есть создадут заданную частоту звука. Если воздушное давление под связками будет сильным, то порции выпускаемого голосовыми связками воздуха будут обладать большой энергией, звук будет сильным. Если давление слабое — то и звук будет слабый, но частота вибраций при этом останется прежней.

Опытами было показано, что связки могут совершать колебательные движения с заданной звуковой частотой и без всякого тока воздуха, в результате чего звук, разумеется, не возникнет (21). Во время операции на гортани больной дышал через трахеотомическую трубку и доступ дыхания к голосовым связкам был исключен. При попытке издать звук голосовые связки колебались со звуковой частотой, что было зафиксировано кино съемкой. Этот факт подтверждает, что голосовые связки размыкаются под влиянием активного

сокращения голосовых мышц, что частота открытой голосовой щели есть результат частоты импульсов, идущих по двигательному нерву гортани к голосовым мышцам, и не зависит от подсвязочного давления. По нейрохронаксической теории высота тона не связана с дыханием, которое имеет отношение только к силе звука. Чем сильнее подача дыхания, тем сильнее звук при той же его высоте.

В свете этой теории возможно совершенно иное толкование механизма образования регистров голоса и возникновения того или иного характера (типа) голоса.

Если по мышечно-эластической теории тип голоса зависит от длины и толщины голосовых связок, что, как мы уже отмечали, далеко не всегда совпадает с действительностью, то по нейрохронаксической теории тип голоса определяется особенностями индивидуальной возбудимости двигательного нерва гортани (возвратного, т. е. рекуррентного нерва). Чем легче возникает это возбуждение, тем проводимость нерва лучше, то есть тем большее число импульсов он может провести в единицу времени из мозга к голосовым мышцам. Хронаксия — это единица, показывающая минимальное время, нужное для возбуждения нерва током определенной силы. Чем меньше хронаксия, тем большее число импульсов способен провести двигательный нерв гортани данного человека и тем выше, следовательно, тип его голоса (17, 14).

Регистровый переход, объяснявшийся миоэластической теорией резким изменением типа вибрации голосовых связок вследствие прижатия друг к другу черпаловидных хрящей и раскрытия голосовой щели, нейрохронаксической теорией объясняется изменением типа работы двигательного нерва гортани (17). Если к двигательному нерву гортани, то есть к возвратному нерву, предъявить такие требования частоты проведения импульсов, которые превысят его физиологические возможности, то оказывается, что он видоизменяет тип своей работы. Когда частота импульсов находится в пределах его физиологических возможностей, импульсы бегут по всем волокнам нерва одновременно, в одной фазе (монофазно), и одновременно же достигают голосовой мышцы, обеспечивая ее сокращение всеми входящими в ее состав волокнами. Тогда образуется грудной, или, по новой теории, монофазный регистр голоса. Если же задать частоту, превышающую физиологические возможности нерва, то происходит деление работы волокон нерва на две системы, которые начинают проводить импульсы с разностью фаз. Когда одна система волокон проводит импульсы, другая отдыхает, и наоборот. В результате нерв, в целом, проведет число импульсов, превышающее физиологические возможности каждого волокна, и к голосовым мышцам поступит заданное число импульсов. Сокращение голосовых мышц будет совершаться с нужной высокой частотой. Этот тип работы нерва, где фазы смещены на 1/2 периода, дает фальцетное звучание голоса, или, по новой терминологии, — двухфазный (бифазный) регистр. Таким же образом может быть осуществлено и еще большее повышение звука, как следствие трех-

фазной работы возвратного нерва. Момент перехода одного типа работы нерва на другой отражается на характере работы голосовых мышц, то есть возникает регистровый переход. Таким образом, нейрохронаксическая теория объяснила регистровые переходы с совершенно иной позиции.

В настоящей работе мы не имеем возможности разбирать все «за» и «против» нейрохронаксической теории или подробно останавливаться на многих физиологических и анатомических фактах, полученных ее сторонниками и противниками. Мы лишь заметим, что эта теория не опровергает полностью миоэластической теории, так как оставляет за голосовыми связками роль эластических напряженных тяжей, замыкающих голосовую щель после активного ее раскрытия за счет сокращения голосовых мышц.

Сила голоса — это размах, то есть амплитуда колебательных движений воздуха. Она зависит прежде всего от силы звука, рожденного в гортани. Возникнув в гортани, сила звука в дальнейшем, проходя по полостям ротоглоточного канала, лишь убывает в различных степенях за счет той или иной части спектра, но всегда убывает. Гортань, голосовые связки — единственное место, где энергия мышечной работы переходит в звуковую энергию. В голосовом аппарате нет других механизмов, за счет которых звуковая энергия голоса, родившаяся в гортани, могла бы увеличиться или дополниться. Зато трата этой энергии во многом зависит от устройства и приспособления ротоглоточного канала.

Звуковая энергия, родившаяся в результате прохождения подсвязочного воздуха через периодически открывающийся затвор голосовой щели, распространяется вверх и вниз по воздухоносным путям, где, в основном, поглощается стенками этих путей, то есть тратится понапрасну, и лишь очень незначительная часть этой энергии достигает наружного пространства, то есть используется полезно. Эта полезная часть энергии может быть увеличена, если рот открыт широко, в ротоглоточном канале нет сильных сужений и он имеет форму правильного рупора. Если же рот открыт мало и ротоглоточный канал имеет перехваты, особенно в ротовой полости, то полезный выход звуковой энергии в наружное пространство будет невелик. Этим объясняется отмеченная выше «разногромкость» гласных. Звуки *м* и *н*, когда рот закрыт, невозможно сделать очень громкими.

Та часть энергии, которая поглощается стенками голосового аппарата, сотрясая их, вызывает у певца своеобразные вибрационные ощущения, которые в груди и лицевой части скелета называются певцами «резонаторными» ощущениями (8).

Явления резонанса действительно возникают в голосовом аппарате, так как в нем имеются полости и трубки с упругими стенками, наполненные воздухом. Явление резонанса, при котором, как известно, происходит «усиление» звука, представляет собой, в действительности, механизм сохранения и накопления звуковой энергии, а не добавки ее, то есть истинного усиления. В областях

резонанса звуковая энергия не расходуется попусту, не поглощается стенками, а накапливается и потому кажется усиленной по сравнению с соседними поглощенными областями спектра.

Благодаря резонаторным явлениям во рту и глотке, как мы уже видели, возникают форманты гласных, по которым ухо слушателя и отличает один гласный звук от другого. Резонаторные явления могут возникать в носу и его придаточных полостях, особенно в тех случаях, когда в исходном звуке гортани имеется много высоких частот. Тогда в этих полостях происходит накопление звуковой энергии и певец ощущает сильные вибрации в лицевой части головы, так называемой «маске» певцов (головной резонатор). Однако эта энергия не имеет выхода в наружное пространство, почти целиком поглощается окружающими тканями и поэтому ухом слушателя не улавливается.

Резонанс трахеи и главных бронхов, отвечающих на низкие частоты, также вызывает накопление энергии, которая, в основном, поглощается пористой губкообразной тканью легких, вызывая ощущение вибраций в груди (грудной резонатор певцов). Только небольшая часть этой энергии через затвор голосовой щели может пройти в ротоглоточный канал и достигнуть уха слушателя, то есть тратиться полезно.

Однако для самого поющего эти резонаторные явления в груди и голове, возникающие как следствие распространения звуковой энергии гортани по полостям и стенкам голосового аппарата, не являются бесполезными. Во-первых, они являются отличными ориентирами качества звучания голоса. На высокие частоты, порядка 2500—3500 колебаний в секунду, хорошо «отвечает» «головной резонатор», а на низкие, порядка 500 колебаний в секунду, — «грудной резонатор». Во-вторых, эти сильные вибрационные ощущения раздражают рецепторы чувствительных нервов, лежащие в слизистой оболочке резонирующих полостей и в окружающих тканях, а эти раздражения, передаваясь по нервной системе, достигают гортани и стимулируют ее работу (17). Такая «обратная связь» помогает работе гортани. Этим может быть объяснено удобство и легкость пения, когда голос хорошо резонирует в головном и грудном резонаторах.

Таким образом, резонаторные явления в полостях голосового аппарата непосредственно не усиливают голоса, рожденного в гортани, но видоизменяют исходный тембр, придавая ему качество гласного, а также другие качества тембра, такие, как звонкость, яркость, округлость и т. д. Усиление же звучания может произойти вследствие обратного влияния грудного и головного резонаторов через нервную систему на гортань. Резонаторные явления стимулируют голосовую функцию гортани, и поэтому ее функциональные возможности повышаются.

К вопросу громкости голоса, то есть субъективного восприятия слушателем силы звука, относится в известной мере и вопрос тембра.

Под тембром голоса понимается окраска его звучания. Как мы помним, тембр зависит от количества и силы входящих в звук дополнительных тонов — обертонов. Каждый гласный звук ха-

рактируется наличием в обертоновом составе определенных, усиленных обертонов-формант. Остальной набор обертонов составляет индивидуальный тембр голоса данного человека.

Хорошо поставленный певческий голос характеризуется на слух определенными особенностями тембра, окрашивающими все гласные и весь диапазон, по которым он отличается от голоса «непевческого», «бытового». Хороший певческий голос, кроме большой силы звучания, имеет ярко выраженное качество звонкости, яркости, «металла», звучит насыщенно, полно, «мясисто» и имеет приятную на слух вибрацию.

Эта приятная на слух вибрация, так называемое певческое вибрато, представляет собой, как показали акустические исследования, периодическое изменение всех качеств звука: высоты, силы и тембра. Эти вибрации приятны на слух, если они осуществляются со скоростью 5—7 раз в секунду. Если же частота их слишком велика (барашек) или мала (качание), то это воспринимается ухом как дефект тембра. Вибрато образуется благодаря периодическому смещению (дрожанию) гортани во время певческой фонации. Отсутствие вибрато делает тембр голоса «непевческим», лишает его «жизни», и он делается «прямым». Гортань при этом перестает совершать колебательные движения.

Отмеченные выше качества хорошо поставленного певческого голоса — его звонкость, металличность, с одной стороны, и объемность, мясистость — с другой, — находят свое выражение в спектре звука, в виде двух областей усиленной частот, «пики». Качество металличности связано с усилением частот в области от 2600 до 3200 колебаний в секунду, это так называемая высокая певческая форманта; а качество округлости, объемности — с усилением в области 500 колебаний в секунду — это низкая певческая форманта (9). Если из тембра голоса «вырезать» эти области частот, то вместе с ними исчезнут и вышеотмеченные качества (см. график 2):

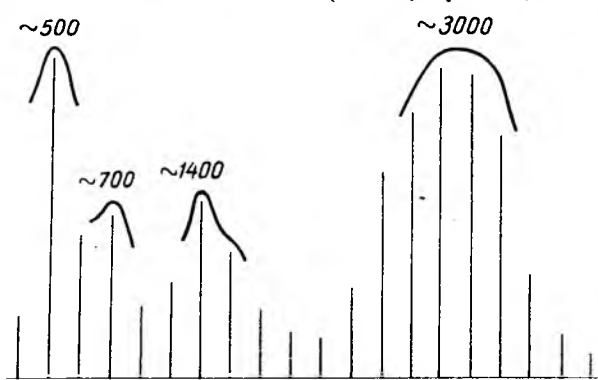


График 2.

Звонкость и металличность певческого голоса — важнейшее его качество, позволяющее при небольшой силе голоса быть хорошо слышным в зале. Оно объясняется особой чувствительностью нашего уха к этой области частот. Выработка этого качества составляет одну из забот певца.

Высокая певческая форманта возникает в гортани. Выработка этой форманты зави-

сит от характера смыкания голосовых связок и организации полости гортани (2, 3, 4, 10). Металлический тембр голоса получается тогда, когда голосовые связки плотно смыкаются друг с другом, а надсвязочная полость гортани покрыта надгортанником и вход в нее сужен. В натуральном необработанном фальцете металличность отсутствует, так как между связками остается щель и вход в гортань широк. Образование металличности тембра облегчено у тех певцов, у которых хорошо развита мускулатура гортани и хороший мышечный тонус, поэтому плотное смыкание голосовых связок осуществляется легко. У голосов со слабым развитием гортанного сфинктера и слабым тонусом голосовых мышц смыкание менее плотное и высокая форманта формируется плохо или не возникает вовсе. В этом случае голос имеет мягкий, вялый характер и плохо летит в зал.

Когда в исходном тембре гортани имеется высокая певческая форманта, то на эти усиленные частоты, порядка 3000 колебаний в секунду, хорошо резонируют придаточные полости носа. Благодаря этому певец ощущает сильные вибрации в лицевой части черепа. Ему кажется, что голос звучит как бы в голове (в маске). Между тем в действительности это — следствие хорошей выработки гортанью высокой певческой форманты. При правильном формировании звука он сам «попадает в верхний резонатор». Слушатель же при этом ощущает яркость, металличность, певческого звука.

Ухо человека особенно чувствительно к этой области частот. Поэтому увеличение силы в этой области, лучшая выработка высокой форманты сразу прибавляет громкость голоса для слушателя. Свойство правильно поставленного певческого голоса хорошо лететь в зал связано именно с этим феноменом.

Если певец умеет правильно формировать звук и высокая певческая форманта образуется хорошо, то при малых затратах мышечной энергии гортани он достигает большого акустического эффекта, (летающий, собранный голос). Певец с небольшой силой голоса, но с правильно сформированным тембром может звучать для слушателя громче, чем певец с мощным звуком, но без достаточной выработки высокой певческой форманты (с несобранным, нелетающим голосом).

Индивидуальный тембр певческого голоса прежде всего связан с особенностями анатомической структуры гортани и с естественными приспособлениями ее к певческой функции.

Структура и приспособление органов надставной трубки, то есть всех полостей и органов, лежащих выше гортани, играют в вопросе индивидуального тембра меньшую роль. Приспособительные возможности голосовых связок весьма велики. Голосовые мышцы, благодаря своеобразию расположения мышечных волокон, могут в сильной степени варьировать характер своей работы как в смысле степени сближения голосовых связок, так и в смысле формы вибрации.

Обертоновый состав сложного звука зависит от того, что упругое тело, являющееся источником возникновения колебаний, колеблется не только всей своей длиной, но и своими частями. Эти ча-

сти, колеблясь каждая со своей частотой, рождает обертоны, то есть частичные тоны. Голосовые связки могут перераспределять свои напряжения и тем самым давать возможность одним обертонам выработываться лучше, чем другим. Таким образом, исходный тембр может быть в сильной степени изменен в лучшую сторону в результате целенаправленной тренировки. И наоборот, вследствие отсутствия достаточного внимания со стороны педагога и певца, при больших нагрузках и других нерациональных действиях характер вибраций связок может измениться в ином направлении, вместе с тем уйдут и лучшие качества тембра данного голоса.

Местом образования низкой певческой форманты предположительно считается нижний отдел глотки. Эта форманта, придающая певческому голосу округлость, возникает при хорошем расслаблении мускулатуры нижней части глотки.

Таким образом, певческий тембр голоса образуется в гортани и близлежащей к ней нижней части глотки. Ротоглоточная полость является местом возникновения гласных и согласных и не имеет прямого влияния на возникновение певческих качеств голоса. Верхний и нижний резонаторы не участвуют непосредственно в образовании певческого тембра голоса, а стимулируют работу гортани. Когда в исходном тембре гортани содержатся хорошо выраженные высокая и низкая певческие форманты, резонаторы ощутимо сигнализируют об этом певцу.

Высокая и низкая певческие форманты и наличие в голосе не выходящего из нормальных границ певческого вибрато создают специфический певческий тембр. Все эти качества должны присутствовать в обработанном певческом голосе на всех гласных и во всем диапазоне. Если они отсутствуют в какой-либо части диапазона или на каком-либо гласном, то эти звуки выпадают из общего характера звучания и полост такого певца звучит разнотемброво, то есть пестро. Ровность певческого голоса — необходимое условие профессионального звучания. Если на тех или иных звуках или гласных не образуется высокая форманта, — эти звуки имеют глухой тембр, «заваливаются». Если в них недостаточно выражена низкая певческая форманта, то звук теряет полноту, «площится», обелается. При дефектах вибрато звуки также выпадают из общего характера звучания, начиная тремоллировать или приобретать прямой, «гудкообразный» тембр, в зависимости от характера дефекта.

Поскольку тембровые певческие качества связаны с работой гортани, профессиональный певец с целью выработки ровного певческого тембра (9) создает единые условия для их образования XX, XXI. Как показывают объективные наблюдения, профессиональный певец удерживает гортань в постоянном для всех гласных и всего диапазона положении и приучает свой голосовой аппарат работать в одинаковом режиме (2, 3, 4). Единый характер работы связок, единство в приспособлении и положении гортани на всем диапазоне и на всех гласных создают тембровое

постоянство — ровность голоса. Это единство положения гортани и ее внутренней работы вырабатывается в процессе постановки голоса, когда педагог требует петь разные гласные и звуки различной высоты одинаковым характером звука, то есть под слуховым контролем. Однако некоторые певцы приучают себя и к сознательному мышечному контролю за работой голосовых связок и положением гортани.

Поскольку певческий голос требует выработки особых вокальных качеств звучания, режим работы гортани при пении иной, чем в речи. Естественно, что положение и приспособление гортани в речи и в пении также не совпадают (2, 4) XX.

В пении гортань квалифицированного певца, как правило, занимает одно и то же положение на всех гласных и на всем диапазоне XXI. Небольшие отклонения от этого, в основном, единого положения встречаются постоянно и чаще всего наблюдаются на предельных нотах диапазона XXII. Если на гласных речи гортань смещается вверх и вниз в зависимости от произносимой гласной и надгортанник, следуя за корнем языка, меняет свое положение, — то в пении происходит стабилизация гортани в положении, как правило, не совпадающем с речевыми установками XX, XXI.

Уровень гортани в пении у квалифицированного певца может быть выше положения покоя, может совпадать с ним и может быть значительно ниже его (2, 3, 4) XXII. Диапазон этих смещений наблюдается значительный. Гортань в пении может быть поднятой на высоту до 3—3,5 см над уровнем покоя и может быть настолько же опущена. Качества певческого голоса: его тембр, сила, диапазон зависят прежде всего от внутренней работы гортани, от особенностей функции гортанного сфинктера и поэтому непосредственно не связаны с уровнем гортани в пении. Отличные певческие качества голоса наблюдаются у профессионалов как с низкой гортанью в пении, так и с высокой XXII. Есть наблюдения, что положение гортани связано с типом голоса: басы и баритоны, как правило, поют на пониженной, легкие сопрано — на повышенной или нормально лежащей гортани.

Положение гортани в пении усваивается в результате обучения и отражает наиболее удобные условия для образования наилучших певческих качеств голоса данного человека. По-видимому, каждый тип голоса пользуется в пении определенной характерной длиной ротоглоточного канала, то есть определенным объемом надгортанного воздушного столба, создающего удобство для пения соответствующим тембром (теноровым, басовым, сопрановым и т. п.).

Надгортанник, влияющий на степень прикрытия входа в гортань, у квалифицированного певца также стабилизируется XX, XXI, XXIII, XXIV БВ в своем положении, которое обеспечиваеткрытие входа в гортань. Сужение входа в гортань, то есть ограничение надсвязочной полости гортани и постоянство ее формы и объема — характерная особенность певческого приспособления гортани (2, 3, 4), XX, XXI, XXII, XXIII. В этой полости происходит усиление высоких обертонов, воз-

никших в процессе вибрации голосовых связок,— образование высокой певческой форманты.

При обучении пению певец научается так артикулировать гласные звуки, что они не нарушают ни единого положения надгортанника, ни постоянства сужения входа в гортань, ни устойчивого положения гортани. Работа артикуляционного аппарата как бы разобщается с работой гортани. Голос на всех гласных делается одинаково звонким.

При повышении гортани для певческой фонации ХХII (верхние 2 случая); ХХIV БГ в голосовом аппарате происходят движения, аналогичные движениям начальной фазы глотательного акта. Гортань подтягивается вверх, подъязычная кость резко смещается вперед и как бы надавливается на гортань, корень языка смещается назад и, отжимая надгортанник назад и вниз, прикрывает вход в гортань. Это положение — с корнем, прижатым к надгортаннику, — язык сохраняет на всех гласных и на всем диапазоне. Даже те гласные звуки, которые требуют широкого открытия нижнего отдела глотки, как *и* и *у*, не меняют этого характерного положения (2, 3, 4) ХХIV Б.

При понижении гортани во время пения ХХII (нижняя строчка), ХХIV ВД взаимоотношение гортани подъязычной кости и надгортанника — иное. При понижении гортани в пении подъязычная кость также опускается и смещается телом кзади, сближаясь с верхним краем щитовидного хряща гортани. Большие рожки ее глядят наклонно кверху и кзади. Этим смещением тело подсвязочной кости через жировое тело гортани давит на надгортанник, прогибая его средний отдел назад и вниз и тем самым смещая к верхушечкам черпаловидных хрящей. Вход в гортань сужается, а свободный конец надгортанника принимает вертикальное положение. Язык в этом случае никакого участия в наклоне надгортанника не принимает, и между язычной поверхностью надгортанника и корнем языка имеется хорошо выраженное пространство (2, 4).

Артикуляционные уклады языка, характерные для того или иного гласного звука речи, остаются в общих чертах и в пении ХХ, ХХI, то есть по укладу можно определить, какой гласный звук поется. Однако они, как правило, значительно отличаются от речи, так как при пении шире открыт рот и имеется иное, певческое положение гортани. Певческие гласные звучат более округло на слух благодаря более широко открытому рту, более широкой ротовой и глоточной полости. Все это делает певческие гласные ближе друг к другу по укладу языка в сравнении с речевыми.

Уклады языка в пении одного и того же гласного звука разными певцами неодинаковы. Они имеют лишь общий тип своего положения. Образование отличного певческого голоса наблюдается при весьма различных артикуляционных укладах языка (2, 4). В частности, так называемое классическое положение языка в виде ложечки с кончиком у передних зубов является для этого совсем не обязательным ХХII, ХХIII. Качество певческого звука зависит от верной ра-

боты гортани, и задача артикуляции гласных в пении — не нарушать этой правильной стабильной работы.

Губы при формировании певческих гласных не принимают такого активного участия, как при речевых, и у многих певцов их положение стандартизуется (2, 4). Можно сказать, что губы у подавляющего числа профессиональных певцов стандартизованы в одном положении для всех гласных. Следовательно, их положение отражает общее удобство или привычку звукообразования в той или иной манере, в интересах общей окраски голоса и не связано с конкретно произносимой гласной. У голосов, обладающих «темным» тембром (басы, баритоны, низкие меццо-сопрано), губы часто вытянуты вперед на всех гласных, даже на *и*. У «светлых» тембров (высокие сопрано, лирические тенора) губы чаще всего находятся в положении улыбки и верхние зубы на всех гласных обнажены даже на гласном *у*, обычно требующем выдвижения губ вперед.

Мягкое нёбо при произношении чистых гласных в пении так же поднято и прижато к задней стенке глотки, как и в речи (2, 4) ХХ, ХХI, ХХII, ХХIII. При опускании мягкого нёба, когда между ним и задней стенкой глотки остается свободный ход в носоглотку XV В, XVIII Н, голос приобретает носовой оттенок, начинает звучать глушаво. Во время зевка мягкое нёбо хорошо поднимается, гортань опускается и глотка широко открывается, поэтому прием зевка любят многие певцы.

Приспособления ротоглоточного канала в пении, кроме основной задачи формирования звуков речи, учитывают и необходимость выведения, с наименьшими потерями, звуковой энергии гортани в наружное пространство. Широкие полости рта и глотки, отсутствие сильных сужений, достаточно открытый рот и правильная рупорообразная форма канала способствуют лучшему выведению звуковой энергии.

Ряд анатомических особенностей могут облегчить или затруднить эту задачу. К ним можно отнести строение твердого и мягкого нёба, конфигурацию задней стенки глотки, размеры языка. Наилучшими конструктивными моментами, удобными для выведения звуковой энергии гортани в наружное пространство, являются: наклон задней стенки глотки вперед, короткое, мясистое мягкое нёбо, глубокий купол твердого нёба, при некрутой его передней стенке, и достаточная ширина твердого нёба.

Как показали исследования (2, 3, 4, 17), на работе гортани существенным образом сказываются длина ротоглоточного канала, форма и объем полости, которые в нем образуются в речи и в пении. Звук, издаваемый непосредственно голосовыми связками, изучен при операциях на шее, когда связки прямо смотрят через рану в наружное пространство. Он не имеет ни той силы, ни того тембра, который свойствен обычному голосу, выходящему изо рта. Это объясняется тем воздействием, которое оказывают полости ротоглоточного канала на работу голосовой щели во время фонации. Столб воздуха, имеющийся в полостях

гортани глотки и рта, создает противодействие, т. е. акустическое сопротивление (импеданс), работающей голосовой щели, где взаимодействуют голосовые связки и дыхание. Импеданс является силой, позволяющей источнику колебаний наиболее эффективно отдавать свою энергию воздушному пространству, поэтому в любых рупорах перед источником колебаний ставится предрупорная камера с суженным выходом из нее. Есть основания думать, что в голосовом аппарате эту роль выполняет надсвязочная полость гортани (2, 3, 4). Размеры и форма ротоглоточного рупора также принимают участие в образовании импеданса: разные гласные и разный уровень гортани в пении влияют на импеданс. Импеданс, испытываемый сверху голосовыми связками, помогает им в борьбе с подсвязочным давлением и снимает тем самым часть их нагрузки. Работа голосовых связок в пении требует от них огромной выносливости. Правильно найденный в процессе постановки голоса импеданс позволяет им безболезненно производить большую звуковую работу.

Звуковой эффект, который воспринимает певец во время пения, является важнейшим стимулятором голосовой функции. Пение облегчается в условиях повышенной слышимости певцом своего голоса. В заглушенной комнате, где певец себя плохо слышит, петь трудно. Стимулируют работу гортани также: вибрационные раздражения, идущие от стенок резонаторных полостей и воздухоносного канала, раздражения рецепторов стенок трахеи и бронхов, реагирующие на изменения воздушного давления, а также рецепторов, заложенных в мышцах и связках, от их активной работы I ДЕЖЗ.

Наибольшие трудности во время пения возникают тогда, когда певцы подходят к верхним, предельным нотам своего диапазона. У мужчин естественные физиологические возможности гортани могут быть увеличены, и в голосе будет выработан еще ряд дополнительных тонов, если певец научится пользоваться так называемым прикрытием голоса и осуществит пение смешанным регистром. Используя гласные *о* или *у*, певец может научиться более округло и более «темно» по тембру формировать верхние звуки диапазона, прикрывать их. При этом голосообразование облегчается и появляется возможность выработать несколько еще более высоких звуков. При прикрытии происходит заметное расширение глоточной полости ХХIII, что увеличивает импеданс и, тем самым облегчает работу голосовых связок (2, 4, 17). В результате такого облегчения в голосовых связках появляются новые физиологические возможности, и они способны дать еще несколько звуков, дополняющих верхний отрезок диапазона голоса. При правильной технике прикрытия звонкость голоса не нарушается и, становясь более «темным», «округлым», голос не теряет металличности. Это связано с умением сохранить неизменной работу гортани, что объективно выражается в сохранении ее уровня и в сужении входа в гортань (2, 4) ХХIII. При неправильной технике прикрытия, вместе с увеличением размера глот-

точной трубки, певец меняет работу гортани, и тогда вход в гортань раскрывается, высокая форманта перестает возникать в достаточной мере, и поэтому на слух голос теряет металл, «заваливается», звучит «перекрыто».

Смещение грудного и фальцетного звучания в мужском голосе и выработка смешанного регистра являются необходимым условием ровного и легкого перехода в верхний, «прикрытый» участок диапазона. Голосовые связки, благодаря введению в грудной регистр элементов фальцетной работы, менее плотно смыкаются и легче поддерживаются в своей работе проходящей струей дыхания.

Следует отметить, что у оперного певца с хорошей техникой голосообразования процесс пения осуществляется легко. Он мало утомляет свои голосовые связки. Это происходит потому, что основную силу для образования звука голоса у таких певцов дает дыхание, а голосовые мышцы, в условиях работы с достаточным акустическим сопротивлением, дают лишь интонационную настройку, то есть формируют качество высоты, мало включаясь в борьбу с подсвязочным давлением.

Если связки активно включены в работу более чем следует, фаза смыкания удлиняется, голос не смешан, не замикстован, он имеет на слух горловый, резкий оттенок, иногда звучит зажато; верхние ноты диапазона звучат открыто, а предельные ноты или очень напряжены и резки, или вовсе отсутствуют. Такое пение вызывает большое утомление голосовых мышц и может привести к включению ненужных напряжений мускулатуры, окружающей гортань, то есть привести к «зажатию» голоса. Важно петь так, чтобы основная сила в работе голосового аппарата осуществлялась за счет дыхания, чтобы работа голосовых связок имела смешанный характер и певец умел бы пользоваться в пении достаточным импедансом.

Певческая фонация возможна и при других взаимоотношениях работы гортани, дыхания и ротоглоточных полостей, но она редко может привести к полноценному раскрытию всех потенциальных, вокальных возможностей голосового аппарата.

Тип дыхательных движений при пении не может иметь первенствующего значения для фонации, так как в основе лежит координированный выдох, а не тип вдоха. Однако тип вдоха может оказать некоторое влияние на положение гортани и на тонус диафрагмы. Если певец пользуется диафрагматическим или нижне-реберно-диафрагматическим дыханием, то гортань, следуя за трахеей и легкими, также смещается вниз, что целесообразно для многих типов голосов, особенно для басов и баритонов. На этом моменте фиксируется внимание певца, и последующее образование звука выполняется на этой вдыхательной установке. Если вдох сделать грудью, то гортань может остаться в положении покоя.

В процессе фонации у певца возникает множество сопутствующих этому процессу ощущений вибрационного, мышечного, акустического и аэродинамического характера. Так,

при фонационном выдохе, например, ощущение поднятого давления в брюшной полости воспринимаются певцами по-разному. Некоторые чувствуют напряжение тазовой диафрагмы, другие — поясничных мышц, третьи — в области солнечного сплетения и т. п. Эти субъективные ощущения весьма варьируются у различных певцов, и не следует думать, что правильное, хорошее пение всегда рождает одни и те же ощущения. Педагог должен всегда отталкиваться от правильного звучания голоса ученика, а не от субъективных внутренних ощущений. Важно фиксировать те ощущения, которые в данном конкретном случае сопро-

вождают правильное образование певческого голоса.

Внутренние ощущения певца, наряду со слухом, — важнейшее средство контроля за работой голосового аппарата. Не обладая абсолютным слухом, опытный певец может определить высоту взятой ноты по своим внутренним, мышечным ощущениям. «Чувство атаки», «чувство дыхательных мышц», «чувство подвязочного давления», резонаторные и другие ощущения дают возможность певцу, при соответствующей тренировке, очень тонко координировать работу голосового аппарата в процессе фонации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачева М. С. Морфология и функциональное значение перинного аппарата гортани. Медгиз. М., 1956.
2. Дмитриев Л. Б. Рентгенологическое исследование строения и приспособления голосового аппарата у певцов. Диссертация. 1957.
3. Дмитриев Л. Б. Об акустической природе некоторых физиологических приспособлений голосового аппарата у певцов. Голособразование у певцов. Мичгаз.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Колонка	Строка	Набрано	Следует читать
6	правая	15 сверху	связана о	связана с
6	правая	20—21 снизу	послано с предыдущим опытом)	Послано, и с предыдущим опытом)
19	правая	27 сверху	XIX A—36	XIV A—36
24	правая	25 снизу	Рост	Рот
32	левая	33 сверху	подвязочной кости	подъязычной кости

В таблице VI, рис. Б и В добавить: 22 — надгортанное углубление (вадекула).

Заказ 5842

mai 1956.

23. Soulairac, A. Mécanismes des intervention hormonales dans la phonation. Congrès A. F. E. P. L., Paris, 16—19 octobre 1957.