

# Основы фонологии (лекция)

Ю.Е. Степанова ✉

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

## Аннотация

Фонология является разделом оториноларингологии и занимается решением вопросов, связанных с диагностикой, лечением и профилактикой нарушений голоса. Нарушения голосовой функции, особенно у лиц голосоречевых профессий, ухудшают качество жизни, влияют на межличностные отношения, создают трудности в общении, а в ряде случаев приводят к профессиональной непригодности. Известно, что около 6% населения страдает расстройствами голоса, а среди специалистов голосоречевых профессий заболевания гортани встречаются в 5–6 раз чаще. Изобретение гортанного зеркала стало знаковым событием в возникновении ларингологии, а в последующем и фонологии. Процесс голосообразования обеспечивает голосовой аппарат, который состоит из четырех отделов и образует единую функциональную систему. Колебания голосовых складок являются сложным физиологическим процессом, в результате которого появляется звук. Но этот звук не похож на голос, который мы слышим. Свой неповторимый тембр он приобретает в резонаторном отделе. Оценить состояние голосовой функции возможно с помощью видеоэндостробоскопии гортани и акустических методов исследования. Перечисленные методы диагностики взаимно дополняют друг друга и создают максимально объективное представление о голосе и его нарушениях.

**Ключевые слова:** фонология, голосовой аппарат, дисфония, видеоэндостробоскопия гортани, эндоскопия гортани, акустический анализ голоса

**Для цитирования:** Степанова Ю.Е. Основы фонологии (лекция). Consilium Medicum. 2023;25(3):187–193. DOI: 10.26442/20751753.2023.3.202096

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2023 г.

LECTURE

## Fundamentals of phoniatry (lecture)

Julia E. Stepanova ✉

Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Saint Petersburg, Russia;  
Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia

## Abstract

Phoniatry is a branch of otorhinolaryngology and deals with issues related to the diagnosis, treatment and prevention of voice disorders. Violations of voice function, especially in persons of voice-speaking professions, worsen the quality of life, affect interpersonal relationships, create difficulties in communication, and in some cases lead to professional unfitness. It is known that about 6% of the population suffers from voice disorders, and laryngeal diseases are 5–6 times more common among specialists of voice-speaking professions. The invention of the laryngeal mirror became a landmark event in the emergence of laryngology, and subsequently phoniatry. The process of voice formation is provided by the voice apparatus, which consists of four departments and forms a single functional system. The vibrations of the vocal folds are a complex physiological process as a result of which sound appears. But this sound is not like the voice we hear. He acquires his unique timbre in the resonator department. It is possible to assess the state of voice function with the help of video endostroboscopy of the larynx and acoustic research methods. These diagnostic methods complement each other and create the most objective representation of the voice and its disorders.

**Keywords:** phoniatry, vocal apparatus, dysphonia, video endostroboscopy of the larynx, laryngeal endoscopy, acoustic voice analysis

**For citation:** Stepanova JuE. Fundamentals of phoniatry (lecture). Consilium Medicum. 2023;25(3):187–193. DOI: 10.26442/20751753.2023.3.202096

## Введение

«Лечение голоса» – так с греческого языка переводится «фонология» («фон» – голос, «иатрия» – лечение). Данная дисциплина является разделом оториноларингологии. Своевременную диагностику, лечение и профилактику нарушений голосовой функции относят к важным задачам фонологии. Проблемами, связанными с голосовыми нарушениями, традиционно занимаются врачи-фонологи [1, 2].

Современное определение фонологии сформулировано Союзом европейских фонологов на XXI конгрессе в Люцерне (Швейцария, 1999 г.). Фонология – это область медицины, которая изучает заболевания и нарушения голоса, речи, языка, слуха и глотания; данная специальность базируется на анатомических, физиологических, диагностических и терапевтических принципах оториноларингологии и использует достижения других разделов медицины (неврологии, психиатрии, эндокринологии, педиатрии, стоматологии, ортодонтии), а также научных дисциплин немедицинского профиля (языкознания, психолингвистики, логопедии, вокальной педагогики, сценической речи, пси-

хологии, педагогики, акустики). Столь емкое определение подчеркивает, во-первых, глубину клинического мышления, которым должен обладать врач-фонолог; во-вторых, необходимость привлекать к решению конкретных задач специалистов различного профиля [1].

Нарушения голосовой функции, особенно у лиц голосоречевых профессий, ухудшают качество жизни, влияют на межличностные отношения, создают трудности в общении, а в ряде случаев приводят к профессиональной непригодности. В 1978 г. Союзом европейских фонологов разработаны требования по оценке нарушений качества голоса, предъявляемые при различных видах голосовой нагрузки, и представлены их градации. Наиболее высокие требования предъявляют к голосу сольных, хоровых певцов, артистов, дикторов радиовещания и телевидения. Лица этих профессий вошли в первую группу. Вторую группу с высокими требованиями к качеству голоса составили учителя и педагогические работники, профессиональные дикторы, переводчики, телефонисты, политики, работники и воспитатели дошкольных учреждений. Юристы, врачи, сержанты, офицеры, а также лица, работаю-

## Информация об авторе / Information about the author

✉ **Степанова Юлия Евгеньевна** – д-р мед. наук, доц., зав. отд. патофизиологии голоса и речи ФГБУ СПб НИИ ЛОР, проф. каф. оториноларингологии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова». E-mail: julia.stepanov@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-1502-6337

✉ **Julia E. Stepanova** – D. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Mechnikov North-Western State Medical University. E-mail: julia.stepanov@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-1502-6337

щие в шумных цехах, образовали третью группу с повышенными требованиями к голосовой функции. Стремительное обновление общества в последние годы привело к появлению новых голосоречевых профессий: менеджеры, секретари-референты, рекламные агенты, представители сетевого маркетинга, служащие банков и т.д. [3, 4].

### История фониатрии

Развитие второй сигнальной системы человека в глубокой древности привело к использованию в повседневной жизни не только речи, но и пения, часто чрезмерно громких звуков, которые изменяли фонацию, т.е. формировались объективные предпосылки к появлению фониатрии. В эпоху античного мира пение развивалось как вокальная речь, а в последующем приобрело характерные для искусства черты. Следует отметить, что Гиппократ – древнегреческий врач, живший в V–IV веках до нашей эры, проявлял особый интерес к голосовому аппарату человека. Он первым предположил, что звук зарождается в гортани и описал изменения голосовой функции при различных соматических нарушениях.

Изобретение гортанного зеркала стало знаковым событием в возникновении ларингологии, а в последующем и фониатрии. До настоящего времени вопрос об авторстве этого изобретения остается спорным. В руководствах по фониатрии признанным авторитетом считается вокальный педагог и исследователь певческого голоса Мануэль Гарсиа, который осмотрел свою гортань плоским зеркальцем дантиста. Он сообщил об этом в докладе «Наблюдения над человеческим голосом» (Лондон, 1884) и был признан автором ларингоскопии [5]. Другие литературные источники приводят сведения о более раннем изобретении гортанного зеркала английскими учеными Бабингтоном (1829) и Листоном (1840), а также немецким хирургом Гофманом (1841).

Первым применил гортанное зеркало в России известный ларинголог и педиатр К.А. Раухфус в 1860 г. А через год впервые в мировой практике он произвел тиреотомию и удалил опухоль, которую диагностировал при непрямой ларингоскопии. Большая заслуга во внедрении этого метода в нашей стране среди практических врачей-оториноларингологов принадлежит доктору медицины В.Н. Никитину. Он в течение 3 лет руководил занятиями по ларингологии на женских врачебных курсах при Санкт-Петербургском Николаевском госпитале.

Развитие фониатрии в России тесно связано с развитием фониатрии в Санкт-Петербурге. Так, в 1884 г. Д.И. Кошляков опубликовал работу о значении ларингостробоскопии для обследования гортани. С этого времени начинается становление Санкт-Петербургской школы фониатров. Через год, в 1885 г., профессор Н.П. Симаковский, основавший в Военно-медицинской академии первую ЛОР-кафедру в России, представил работу о функциональных расстройствах голоса, а также о стробоскопе и его применении при изучении голосовых складок. Прошло более 200 лет, но и сегодня этот метод является ведущим в фониатрии.

В историю фониатрии России вошли имена ученых, исследования которых остаются актуальными до настоящего времени: М.И. Фомичев, Д.В. Фельдберг, Е.Н. Малютин, Ф.Ф. Заседателев, Л.Д. Работнов, Э.Н. Иванов, В.П. Морозов, Ю.С. Василенко и др. [1, 6].

### Периоды развития фониатрии

В становлении фониатрии выделяют следующие периоды.

*Первый период:* 60–70 лет после изобретения гортанного зеркала. Это время приобретения научных знаний, обобщения фониатрических наблюдений, которые проводили физиологи и ларингологи. Исследования были посвящены функциональным расстройствам голосового аппарата в период наступления половой зрелости, значению стробоскопии и пневмографии в исследовании голосового аппарата.

*Второй период:* 20–40 годы XX в. Появляются новые методы исследования голосового аппарата, такие как рентгеноскопия, рентгенотомография, рентгенокинематография, спектральный анализ голоса. Большое внимание уделяется вопросам физиологии голосовых складок в процессе голосообразования при фонации звуков разной высоты и силы, профессиональным заболеваниям голосового аппарата, их лечению и профилактике, особенностям детского голоса и его изменениям в период мутации, устанавливается связь между эндокринной системой и голосовым аппаратом.

*Третий период:* 50–70 годы XX в. характеризуются использованием в фониатрии новейших достижений различных специальностей: гистологии, возрастной гистологии, возрастной физиологии человека, спектрального анализа голоса. Одновременное применение спектрального анализа и рентгенографии во время пения обогатило фониатрию новыми научными данными.

*Четвертый период,* с конца 80-х годов XX в. до настоящего времени, характеризуется широким внедрением в фониатрию видео- и эндоскопической техники, новых методов морфологических исследований, электронной микроскопии, лазерной фонохирургии гортани [1, 5, 6].

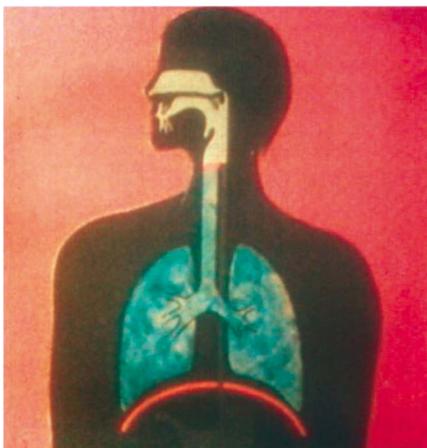
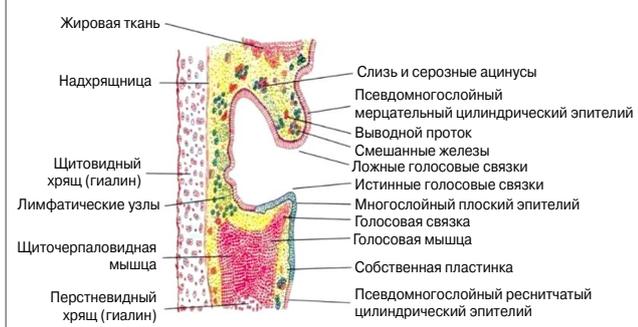
### Заболеемость голосового аппарата

Известно, что около 6% населения страдает расстройствами голоса, а среди специалистов голосоречевых профессий заболевания гортани встречаются в 5–6 раз чаще [2]. Американская академия оториноларингологии – хирургии головы и шеи в 2018 г. опубликовала рекомендации, в которых дисфонию определили как нарушение голоса, которое должен диагностировать врач. С этим состоянием сталкивался каждый третий житель планеты. Но чаще других дисфонией страдают профессионалы голоса и лица пожилого возраста [7, 8]. При обследовании верхних дыхательных путей у профессионалов и непрофессионалов голоса выявлено, что в первой группе 52% пациентов имели патологию гортани. При этом во второй группе среди лиц, не связанных с речевой профессией, этот показатель равен 3,7–5,2% [9]. В настоящее время спектр заболеваний голосового аппарата у профессионалов голоса достаточно широк. Так, по данным ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» (2021 г.), 39,1% пациентов страдали функциональными дисфониями. Воспалительные заболевания гортани выявлены у 34,9%. Среди функциональных изменений наиболее часто встречались гипотонусные, гипо-гипертонусные и реже – гипертонусные дисфонии. Органические заболевания гортани представлены ларингитами (острым и хроническим), узелками, полипами, кистами, а также сосудистой патологией голосовых складок и др. [4, 10].

### Анатомия и физиология фонации

Основными параметрами для оценки фонации являются высота, сила и тембр голоса. Высота голоса – это субъективное восприятие частоты колебаний голосовых складок. Чем больше колебательных движений в секунду совершают голосовые складки, тем выше звук. По данным Ю.С. Василенко (2013 г.), в разговорной речи частота голоса варьирует от 85 до 200 Гц у мужчин и от 160 до 340 Гц у женщин. У вокалистов частотный диапазон значительно шире: в зависимости от типа голоса частота его от 80 до 524 Гц у мужчин и от 256 до 1024 Гц у женщин. Сила голоса (громкость) представляет собой субъективное ощущение амплитуды колебаний. В разговорной речи сила звука составляет от 40 до 80 дБ, в то время как при пении – от 70 до 120 дБ. Тембр, или окраска голоса, – качество звука, которое складывается из колебаний голосовых складок и работы резонаторной системы [1].

Как известно, процесс голосообразования обеспечивает голосовой аппарат, который состоит из четырех отделов и образует единую функциональную систему: генератор голосового аппарата (гортань), энергетический отдел (диафрагма, легкие, бронхи, трахея), резонаторный (верхние

**Рис. 1. Голосовой аппарат [5].****Рис. 2. Гистологическое строение голосовой складки [5].**

и нижние резонаторы) и артикуляционный (губы, зубы, язык, твердое и мягкое небо) отделы (рис. 1).

*Гортань – генератор голосового аппарата.* Колебания голосовых складок являются сложным физиологическим процессом, в результате которого появляется звук. Но этот звук не похож на голос, который мы слышим. Свой индивидуальный тембр он приобретает в резонаторном отделе.

*Строение голосовой складки.* При осмотре гортани здорового пациента гортанным зеркалом или эндоскопом голосовые складки выглядят как «белые натянутые струны», так как врач видит только их верхнюю поверхность. Но анатомически они имеют треугольную форму, верхнюю и нижнюю поверхности, латеральный и медиальный края.

Гистологическое строение голосовой складки представлено следующими элементами: многослойным плоским эпителием, базальной мембраной, ниже которых расположены собственная пластинка и голосовая мышца (рис. 2). Собственная пластинка образована тремя слоями: поверхностным, срединным и глубоким. Поверхностный слой известен как пространство Рейнке. В нем содержится аморфная субстанция, напоминающая мягкий желатин. Срединный слой представлен преимущественно коллагеновыми волокнами, а глубокий слой – эластическими волокнами. Два последних слоя формируют голосовую связку (lig. vocale), затем следует голосовая мышца (m. vocalis).

Следует отметить, что гортанные желудочки и вестибулярные складки покрыты мерцательным эпителием. В гортанных желудочках содержатся лимфоидные фолликулы, продуцирующие эндоларингеальный секрет. Пространство Рейнке распространяется от передней комиссуры до голосового отростка. Следовательно, хронический полипозный ларингит Рейнке и полипы голосовых складок не могут располагаться за пределами голосового отростка. В слизистой оболочке голосовых складок содержатся рецепторы гормонов щитовидной железы и половых гормонов, поэтому гортань является гормонозависимым органом [5, 11].

Гортань – активно смещающийся при фонации и дыхании орган. Эти изменения возможны благодаря действию наружных и внутренних мышц. Внутренние мышцы гортани принимают участие в натяжении голосовых складок, сужении и расширении голосовой щели. Основная роль в натяжении голосовых складок принадлежит перстнещитовидной мышце (m. cricothyreoideus, m. anticus), во время сокращения которой щитовидный хрящ наклоняется вперед. Также в их натяжении принимает участие голосовая мышца (m. vocalis, m. thyroarytenoideus internus), при сокращении которой голосовые складки напрягаются и несколько сближаются. При отсутствии антагонистической активности m. anticus голосовые складки укорачиваются.

Иннервация гортани осуществляется двумя ветвями блуждающего нерва (n. vagus) – верхним гортанным нервом (n. laryngeus superior) и нижним гортанным нервом, который отделяется от возвратного нерва (n. laryngeus inferior s. n. recurrens, n. vagi). Патологический процесс, возникший в органах шеи (щитовидной железе, трахее, пищеводе) или в грудной полости (верхушках легких, лимфатических узлах средостения), а также дилатация аорты или правой подключичной артерии по ходу возвратного нерва могут вызывать его сдавливание и нарушение подвижности соответствующей половины гортани. Также к парезу гортани приводит травма нерва во время операций на органах шеи [1, 2].

*Энергетический отдел голосового аппарата.* Известно, что голосовая функция здорового человека невозможна без стабильного фонационного дыхания. Анатомической основой речевого дыхания является диафрагма – «опора» фонационного выдоха. Во время фонации или во время пения изменяется соотношение фаз вдоха и выдоха. Так, во время спокойного дыхания их соотношение составляет 1:1,5, при пении – 1:30, т.е. фаза фонационного выдоха значительно удлиняется. Также изменяется величина подскладкового давления и скорость прохождения воздушного потока через голосовую щель во время фонации. Величина подскладкового давления при обычном разговоре составляет 10 см вод. ст., во время исполнения оперных произведений она увеличивается до 200 см вод. ст. Показатели скорости прохождения воздушной струи изменяются от 3–5 м/с во время спокойного дыхания до 40–200 м/с при пении [12].

Следует отметить, что при спокойном дыхании функционируют не все альвеолы и капилляры. При глубоком дыхании их количество увеличивается с максимальным открытием в нижних отделах легких.

При заболеваниях органов желудочно-кишечного тракта уменьшается экскурсия диафрагмы во время фонации, а патология бронхов, легких, трахеи приводит к уменьшению подскладкового давления, что отрицательно сказывается на фонационном выдохе и формирует форсированную манеру голосообразования.

От состояния фонационного дыхания зависят частота и интенсивность (сила, дБ) колебаний голосовых складок. Интенсивность фонации, или уровень звукового давления, является важнейшей энергетической характеристикой голоса. Ее определяет амплитуда колебаний голосовых складок и величина подскладкового давления. Последнее обусловлено деятельностью энергетического отдела голосового аппарата и противостоящей ей плотности смыкания голосовых складок, а также состоянием резонаторных полостей надставной трубы [1, 6, 12]. Частота колебаний голосовых складок обусловлена их длиной, массой, натяжением, формой резонаторов, а также скоростью воздушного потока и показателями воздушного давления под голосовыми складками. По мере повышения и усиления звука давление в подскладковом отделе гортани увеличивается, а при понижении и уменьшении интенсивности уменьшается. Таким образом, между сомкнутыми голосовыми складками и воздушным давлением устанавливается определенное взаимоотношение: чем выше давление воздуха, тем большее сопротивление оказы-

вают голосовые складки. Следовательно, голосовые складки во время фонации не находятся в полной зависимости от воздушного давления, а напротив, своей активной деятельностью регулируют работу органов дыхания.

Фонационное дыхание при различных патологических состояниях гортани имеет ряд особенностей. Так, для женщин с узелками голосовых складок характерно увеличение подскладкового давления, силы голоса и скорости воздушного потока. При полипах голосовых складок подскладковое давление и скорость воздушного потока становятся значительно выше нормы, а частота основного тона – ниже. Кроме этого, фонационное дыхание пациентов с нарушениями голосовой функции характеризуется чрезмерно коротким вдохом по сравнению с удлиненным выдохом [1, 12].

*Резонаторный отдел голосового аппарата.* Это система полостей разной величины, расположенных выше и ниже уровня гортани. Верхние резонаторы: носовая полость, околоносовые пазухи, полость рта и глотки. Нижние резонаторы: грудная полость, трахея, бронхи. Голос в этих полостях приобретает особые качества – появляется тембральная окраска. Например, при остром рините изменяется тембр голоса, появляется назализация звука.

Мягкое небо, особенно uvula, обильно снабжено рецепторами и имеет рефлекторную связь с гортанью. Минимальное движение мягкого неба рефлекторно вызывает изменение положения голосовых складок. Широкое открытие глотки во время фониции связано с подъемом мягкого неба, напряжением небных дужек и опусканием корня языка. Эти изменения обеспечивают большую силу звука. Глотка иннервируется ветвями языкоглоточного, блуждающего, добавочного нервов, а также нервными волокнами из верхнего шейного симпатического узла. Во время исполнения вокальных произведений профессиональные певцы направляют звук в точку, которая располагается по средней линии твердого неба позади верхних резцов. Это приводит к рефлекторному повышению тонуса голосовых мышц и улучшению таких показателей качества голоса, как звонкость, полетность, тембральная окраска [6, 12].

Полость носа с околоносовыми пазухами является важной частью резонаторной системы голосового аппарата. Звуковые волны, резонирующие в околоносовые пазухи, повышают тонус голосовых мышц, что способствует усилению звука и улучшению его тембральной окраски [12, 13].

Заболевания полости носа и околоносовых пазух сопровождаются изменением состояния слизистой оболочки, снижением рефлекторной активности тройничного нерва. Это создает условия для возникновения функциональных расстройств голоса и ухудшения его динамических свойств: снижения звучности и полетности, появления матовости звука. После восстановления носового дыхания акустические показатели голоса значительно улучшаются у лиц голосоречевых профессий [1, 12].

Искривление носовой перегородки является самой частой патологией у пациентов как с органическими, так и функциональными дисфониями и приводит к изменению акустических показателей голоса [14].

Гипертрофия небных миндалин, их рубцовые изменения, хронический воспалительный процесс нарушают подвижность мягкого неба и негативно влияют на голосовую функцию. Консервативное лечение небных миндалин, которое следует проводить комплексно, приводит к улучшению акустических показателей голоса. Хирургическое лечение хронического тонзиллита у профессионалов голоса, особенно вокалистов, должно осуществляться по строгим медицинским показаниям и максимально щадяще, с целью профилактики рубцовых изменений в области мягкого неба и небных дужек [15, 16].

*Артикуляционный отдел голосового аппарата.* Звуки, возникающие в гортани, преобразуются в гласные звуки речи бла-

годаря изменению формы и объема резонаторных полостей. При прохождении по резонаторным полостям через сужения, образованные языком, твердым и мягким небом, губами, приобретает характерную окраску различных гласных звуков. Во время фонационного выдоха на пути воздушного потока отдельные части ротовой полости смыкаются, и воздушная струя, прорываясь через эти препятствия, преобразуется в звук. Поэтому для удовлетворительного звучания голоса все органы артикуляционного отдела должны быть нормальных размеров и хорошо подвижны.

Голосовая функция также зависит от состояния центральной нервной системы, слухового анализатора, эндокринной, иммунной, гастродуоденальной, респираторной систем. Поэтому патологический процесс, возникший как в самом голосовом аппарате, так и в других органах или системах, может привести к развитию функциональных или органических заболеваний гортани, которые сопровождаются дисфонией.

## Теории фонации

Впервые *миоэластическая* (аэродинамическая) теория сформулирована Ферреином в 1741 г. По мнению автора, голосовые складки колебались вертикально в результате прохождения между их сомкнутыми краями тока воздуха, создаваемого органами дыхания. Однако эти представления претерпели изменения после внедрения в практику метода стробоскопии. Был установлен горизонтальный характер колебаний голосовых складок, а также тот факт, что во время вибрации происходит не только сближение голосовых складок, но и их удаление. По мнению Мюллера (1835 г.), при формировании звука фонационная щель должна быть закрыта. Во время фонационного выдоха воздух из трахеи, бронхов, легких оказывает давление на голосовые складки, что приводит к их открытию и быстрому возвращению в исходное положение, т.е. закрытию. Струя воздуха прерывается, а голосовые складки совершают колебания.

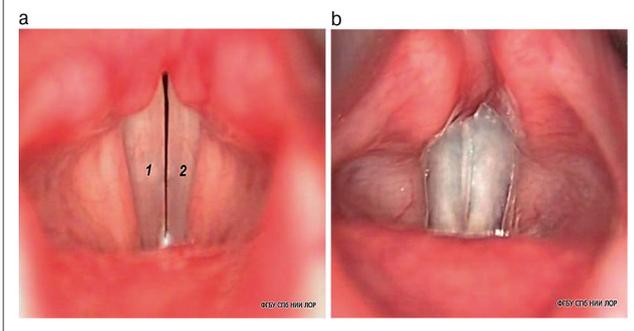
Через столетие в 1941 г. Тарнеуд объяснил колебания голосовых складок наличием двух противоположных сил: во-первых, силой давления воздушного потока, которая обеспечивала расхождение голосовых складок, во-вторых, силой приведения голосовых складок за счет сокращения мышц. Эта теория не рассматривала участие нервной системы в процессе фонации.

*Мукоондулярную теорию* фонации предложил J. Perello (1962 г.). Согласно этой теории фонация обусловлена смещением свободного края слизистой оболочки голосовых складок по свободному краю во время их колебаний. Это волнообразное движение слизистой оболочки начинается на нижней поверхности голосовой складки, проходит по ее краю, продолжается на верхней поверхности и медленно гаснет в гортанном желудочке. Одновременно с затуханием одной волны происходит формирование следующей. Данная теория дает механическое объяснение процессу фонации. Она не отражает сложный комплекс взаимоотношений между деятельностью мышц гортани и центральной нервной системой.

*Нейрохронактическая теория.* В 1950 г. французский физик Рауль Юссон предложил нейрохронактическую теорию голосообразования. Согласно этой теории голосовые складки колеблются не пассивно под действием тока воздуха, а активно под влиянием нервных импульсов, исходящих из головного мозга. Голосовые складки периодически то сокращаются, то расслабляются независимо от давления на них воздушного потока.

В настоящее время большинство специалистов в области фониатрии считают, что процесс голосообразования базируется как на активных движениях голосовых складок, т.е. под влиянием центральной нервной системы, так и пассивных, обусловленных воздействием проходящего через голосовую щель воздуха [1, 12].

**Рис. 3. Фонация в головном регистре (а) и грудном регистре (б): 1 – правая голосовая складка; 2 – левая голосовая складка.**



### Клинические особенности голосовой функции

Нарушения голосовой функции проявляются двумя главными симптомами: дисфонией и афонией. Дисфония – это любое нарушение фонации: осиплость, придыхание, гнусавость, чрезмерно громкий или тихий, высокий или низкий голос, который не характерен для данного возрастного периода, тусклый голос, диплофония или битональность, когда одновременно можно слышать как низкие, так и высокие ноты. Афония – полное отсутствие голосовой функции, обусловленное психогенными расстройствами или органическими изменениями гортани (опухоль, рубцовые стенозы межскладкового отдела гортани, распространенный папилломатоз и т.д.). Если пациент использует шепотную речь, но кашель остается звучным, то такое состояние свидетельствует о психогенном характере заболевания (диагностический прием, который используется для дифференциальной диагностики до осмотра гортани).

Выделяют два возрастных периода в жизни человека, когда голос сопровождается дисфонией, но эти изменения являются физиологическими и закономерными. Так, мутационная дисфония присуща возрастному периоду 11–18 лет. Мутация – это физиологический процесс, который сопровождается изменениями в эндокринной, нервной, иммунной системе ребенка. В процессе мутации голос неустойчивый, высокое звучание сменяется на низкое, т.е. возникают «киксы». В этот период времени происходит постепенная смена головного (фальцетного) механизма голосообразования грудным [17].

Пресбицию также следует отнести к физиологическому изменению голоса у лиц пожилого и старческого возраста. Голосовой аппарат в норме подвергается возрастным изменениям после 60 лет. У 30% людей старше 65 лет выявляют дисфонию. Степень выраженности нарушений зависит от состояния организма, образа жизни, конституциональных особенностей человека: уменьшается сила голоса, снижается или повышается его высота, диапазон становится более узким, голос приобретает грубое звучание [18].

### Методы исследования гортани

Как известно, основными методами исследования гортани на современном этапе являются эндоскопические. Они перечислены в Приказе №905н от 12.11.2012 Минздрава России «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи населению по профилю оториноларингология». Отдельно в приказе представлено оснащение оториноларингологического кабинета (фониатрического), оказывающего помощь пациентам с заболеваниями голосового аппарата, в которое входит компьютерная система диагностики голоса и речи.

К «золотому стандарту» исследования гортани относят видеоларингоскопию и видеоларингостробоскопию. Их проводят в обязательном порядке пациентам с дисфониями. Для осмотра гортани могут быть использованы фа-

ринголарингоскоп (жесткий эндоскоп) или ринофаринголарингоскоп (гибкий эндоскоп).

Во время ларингоскопии оценивают цвет слизистой оболочки всех отделов гортани, форму надгортанника, симметричность расположения черпаловидных хрящев и черпало-надгортанных складок, подвижность и тонус голосовых складок, форму голосовой щели во время фонации и дыхания, участие в фонации вестибулярных складок, а также состояние подскладкового отдела гортани и первых колец трахеи (если они видны). Затем выполняют ларингостробоскопию (видеоларингостробоскопию). Видеоларингостробоскопия – метод исследования гортани, который позволяет увидеть колебания голосовых складок, оценить количественно и качественно показатели их вибраторного цикла. В процессе обследования пациент по просьбе врача фонировать звук «И» в разном диапазоне частот. Увидеть колебания голосовых складок во время зеркальной ларингоскопии, эндоскопии, видеозэндоскопии невозможно из-за инерции зрительного восприятия. Глаз человека может различать последовательные изображения, возникшие на сетчатке с интервалом более 0,2 с. Если этот интервал составляет менее 0,2 с, то последовательные изображения сливаются и создается впечатление непрерывности изображения. Поэтому основная цель видеозэндостробоскопии – получить стробоскопический эффект, основанный на оптической иллюзии, т.е. врач видит колебания голосовых складок «в замедленном движении» (закон Тальбота). Это достигается за счет освещения пульсирующим светом (генерируется специальной лампой-вспышкой стробоскопа) голосовых складок [1, 4, 12, 19].

При осмотре пациенту предлагают фонировать гласный «И» в головном регистре (пациент поет высоко). Складки максимально натягиваются, длина их увеличивается, они плотно смыкаются по всей длине или между ними остается тонкая линейная щель, надгортанник максимально отклоняется к корню языка (рис. 3, а).

При фонации в грудном регистре (пациент поет низко) голосовые складки укорачиваются и плотно смыкаются, щель между ними отсутствует (рис. 3, б). Если диагностируется любая другая форма голосовой щели, не соответствующая физиологической, т.е. широкая линейная, треугольная, в форме песочных часов или овальная, то это патологическая фонационная щель.

Как правило, в здоровой гортани вестибулярные складки не принимают участие в фонации. Если вестибулярные складки при фонации смыкаются над голосовыми и закрывают их полностью или частично, а при дыхании возвращаются в исходное положение, то такое состояние расценивают как гиперфункцию вестибулярных складок. Это явление обратимое. Если вестибулярные складки при фонации закрывают голосовые складки, а при дыхании их размеры не изменяются и они продолжают закрывать голосовые складки полностью или частично, то такое состояние называют гипертрофией вестибулярных складок, которая необратима.

Вибраторный цикл голосовых складок, или одно колебание, которые совершают голосовые складки во время фонации, оценивают методом стробоскопии [1, 4, 19, 20].

Изучают следующие показатели вибраторного цикла: амплитуда колебаний голосовых складок (величина, симметричность), частота колебаний голосовых складок (регулярность), смещение слизистой оболочки свободного края голосовой складки (слизистая волна), наличие или отсутствие невибрирующих участков голосовых складок.

Под амплитудой колебаний понимают латеро-медиальное смещение голосовой складки относительно средней линии гортани. Она может быть малой, средней и большой. При некоторых патологических состояниях колебания отсутствуют, т.е. амплитуда нулевая. При изучении симметричности колебаний необходимо определить наличие или отсутствие различий между амплитудой колебаний правой и левой го-

ловых складок. Колебания могут быть симметричными или асимметричными. Амплитуду описывают как «одинаковую с обеих сторон» (симметричные колебания) или как «большую амплитуду» одной голосовой складки по сравнению с «меньшей амплитудой» противоположной голосовой складки (асимметричные колебания).

Частота колебаний. Регулярными (периодическими) колебания считают тогда, когда обе голосовые складки имеют одинаковую и постоянную частоту. Если обе голосовые складки одновременно приходят к средней линии, то такие колебания считают регулярными колебаниями.

Слизистая волна – смещение слизистой оболочки голосовой складки (многослойный плоский эпителий, базальная мембрана, подэпителиальное пространство Рейнке) относительно голосовой связки и голосовой мышцы во время фонации. Клинически слизистая волна во время фонации определяется как углубление по всей длине края голосовой складки, которое распространяется с нижней поверхности голосовой складки на верхнюю поверхность, доходит до гортанного желудочка и гаснет. Лучше слизистая волна видна при фонации в грудном регистре. Слизистая волна может быть малой, большой или отсутствовать, т.е. нулевой. Невибрирующие участки – отсутствие колебаний участка голосовой складки вследствие патологических изменений (например, рубец, папиллома и т.д.).

Таким образом, знание нормальной ларингоскопической и ларингостробоскопической картины необходимо для определения патологических изменений гортани.

### Акустический анализ голоса

Голос рассматривают с акустической точки зрения как колебание частиц воздуха, распространяющихся в виде волн сгущения и разрежения. Все методы акустической оценки голосовой функции можно разделить на субъективные и объективные. В повседневной практике оториноларингологи чаще проводят субъективную оценку голоса, она начинается уже во время беседы с пациентом.

При аудиторской оценке голос здорового человека должен быть приятным на слух, обладать балансом ротового и носового резонанса, быть достаточно громким, частота основного тона должна соответствовать возрасту, размеру тела и полу пациента; голос также должен иметь соответствующие модуляции, включая высоту тона и громкость.

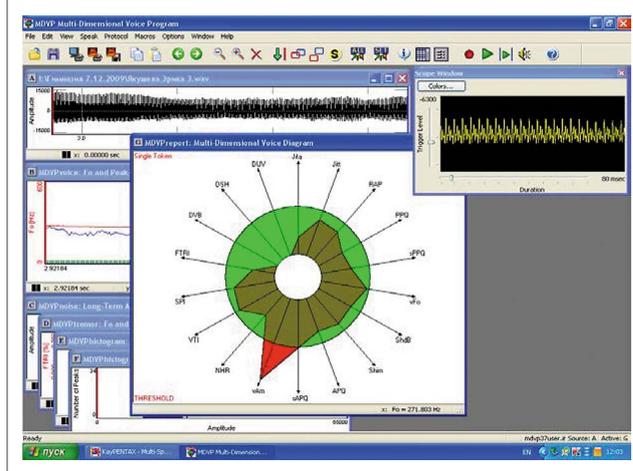
Субъективную оценку степени нарушения голоса проводят с помощью специальных шкал. С этой целью используют шкалу Союза европейских фонiatров (1978 г.), в которой степень охриплости оценивают по 4-балльной шкале: 0 – нормальный голос; 1 – легкая охриплость; 2 – среднетяжелая охриплость; 3 – тяжелая охриплость.

По шкале N. Yanagihara (1967 г.) качество голоса оценивается в баллах от 0 до 5, причем изучается только одна характеристика голоса – звучность или степень охриплости: 0 – нормальный голос; 1 – глухой голос; 2 – легкая степень охриплости; 3 – средняя степень охриплости; 4 – тяжелая степень охриплости; 5 – афония.

Для многокомпонентной субъективной оценки голоса разработана шкала GRBAS [21]. Параметры шкалы GRBAS расшифровываются как G (grade) – степень дисфонии, т.е. общее состояние голоса; R (roughness) – охриплость; B (breathness) – придыхание; A (asthmecity) – слабость; S (strain) – напряженность голоса. Фонацию оценивают по пяти перечисленным параметрам с использованием 4-значной балльной шкалы: 0 – нормальный голос; 1 – легкие изменения; 2 – умеренные изменения; 3 – выраженные изменения.

Следует отметить, что основным недостатком субъективных методик является зависимость результатов исследования от квалификации audиторов, проводящих оценку голоса. Чаще всего методика проведения исследования состоит из оценки тремя независимыми экспертами 15-минутного

**Рис. 4. Основное окно отчета, программа MDVP, содержит радиальную диаграмму рассчитанных показателей.**



текста, который читает пациент. Также может проводиться прослушивание аудиозаписи голоса исследуемого.

Кроме перечисленных методик возможно применение самооценки голоса пациентом по визуальным аналоговым шкалам или с применением специальных опросников, таких как VHI (Voice Handicap Index).

Простым и информативным методом оценки качества голоса (фонационного выдоха) является определение времени максимальной фонации. После глубокого вдоха пациент как можно дольше фонировать гласную «А» на первичной, комфортной для него высоте и громкости. Данный показатель измеряется в секундах 3 раза, с интервалом 10–20 с. Максимальный результат принимают за окончательный. В среднем время максимальной фонации для взрослого человека составляет 20 с [1].

Современным объективным методом оценки качества голоса является компьютерный акустический анализ с использованием специального оборудования и программного обеспечения, такого как CSL (Computerized Speech Laboratory), Multi-Speech, MDVP (Multi-Dimensional Voice Program), LingWaves, EVA (Evaluation Vocal Assitee), Praat, Dr. Speech, DIANA и др.

Запись голоса для компьютерного анализа стандартная. Микрофон располагают на расстоянии 30 см от рта исследуемого. Уровень шума в помещении не должен превышать 40 дБ. Пациент делает глубокий вдох и протяжно не менее 4 с произносит гласный звук «А». Тональность и громкость звука должны быть комфортными для пациента. Акустический сигнал отражается в активном окне программы. Затем курсором выделяют необходимый для анализа участок, исключая начало и конец фонации. Программа выводит на экран монитора отчет в виде окон с диаграммами различных параметров [19].

Например, проведение акустического (компьютерного) анализа голоса с помощью программы MDVP позволяет оценить и объективизировать состояние фонации в процессе исследования. Восемнадцать акустических показателей отображаются на радиальной диаграмме. Все нормативные данные находятся внутри зеленого круга, а за его пределами располагаются значения патологических отклонений красного цвета (рис. 4).

При проведении компьютерного акустического анализа наиболее часто оценивают такие показатели, как частоту основного тона, нерегулярность голоса по частоте и амплитуде, а также коэффициенты соотношения шумовых и гармонических компонентов в спектре голоса. Частота основного тона (F0) – это физическая величина, отображающая среднюю частоту колебаний голосовых складок в секунду (Гц). О ней субъективно судят по высоте голоса.

Известно, что частота и амплитуда колебаний голосовых складок во время фонации звука не являются величинами постоянными. Нестабильность голоса по частоте (дрожание) отражает параметр jitter, который дает косвенное представление о правильности цикла колебаний голосовых складок. Этот показатель при отсутствии нарушений голосовой функции не должен превышать 1%. Высокие значения jitter свидетельствуют о нерегулярности колебаний голосовых складок.

Нестабильность голоса по амплитуде (мерцание) отражает показатель shimmer. В норме он не должен превышать 7%. Высокие значения shimmer свидетельствуют о невозможности поддерживать периодические колебания голосовыми складками и присутствии турбулентного шума.

В различных программах могут быть представлены многообразные показатели соотношения шумовых и гармонических компонентов в спектре голоса. Так, в программе LingWaves это величина гортанно-шумового коэффициента (GNE – glottal to noise expiration ratio), в программе MDVP – ряд показателей, таких как соотношение шумовых и гармонических компонентов NHR (noise-to-harmonic ratio), индекс турбулентности VTI (voice turbulence index) и индекс мягкости фонации SPI (soft phonation index), которые отличаются особенностями расчета.

Метод компьютерного акустического анализа необходимо применять до и после лечения для определения его эффективности.

## Заключение

Таким образом, фонология, являясь наукой о голосе, имеет давние традиции, многовековую историю и актуальные задачи, соответствующие современному этапу ее развития. Оценка голосовой функции возможна объективными и субъективными методами исследования. Самым доступным для врачей любой специальности является аудиторская оценка голоса, на основании которой врач диагностирует дисфонию и направляет пациента к профильному специалисту. Видеостробоскопия позволяет увидеть колебания голосовых складок и субъективно оценить показатели вибраторного цикла. В то же время акустический анализ голоса представляет голосовую функцию в субъективном выражении в виде диаграмм и в объективном виде – цифровых значениях. Эти методы диагностики взаимно дополняют друг друга и создают максимально объективное представление о голосе и его изменениях.

**Раскрытие интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Disclosure of interest.** The author declares that she has no competing interests.

**Вклад автора.** Автор декларирует соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

**Author's contribution.** The author declares the compliance of her authorship according to the international ICMJE criteria.

**Источник финансирования.** Автор декларирует отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

**Funding source.** The author declares that there is no external funding for the exploration and analysis work.

## Литература/References

1. Василенко Ю.С. Голос. Фонологические аспекты. М.: Дипак, 2013 [Vasilenko Iu.S. Golos. Foniatricheskie aspekty. Moscow: Dipak, 2013 (in Russian)].
2. Оториноларингология: национальное руководство. Под ред. В.Т. Пальчуна. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016 [Otorinolaringologiya: natsionalnoe rukovodstvo. Pod red. VT Pal'chuna. Moscow: GEOTAR-Media (in Russian)].
3. The recommendations of the European Union by phoniatrics for the assessment of voice disorders. Prague, 1978.
4. Степанова Ю.Е., Корень Е.Е., Готовыхина Т.В. Клинико-диагностический алгоритм работы врача-оториноларинголога с профессионалами голоса. *Российская оториноларингология*. 2019;1:116-23 [Stepanova YuE, Koren' EE, Gotovyakhina TV. Clinical and diagnostic algorithm for otorhinolaryngologist's work with voice professionals. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2019;1:116-23 (in Russian)]. DOI:10.18692/1810-4800-2019-1-116-123
5. Abitbol J. Atlas of laser voice surgery. San Diego: Singular, 1995.
6. Ермолаев В.Г., Лебедева Н.Ф., Морозов В.П. Руководство по фонологии. Ленинград: Медицина. Ленинградское отделение, 1970 [Ermolayev VG, Lebedeva NF, Morozov VP. Rukovodstvo po foniatrii. Leningrad: Meditsina. Leningradskoe otdelenie, 1970 (in Russian)].
7. Stachler RJ, Francis DO, Schwartz SR, et al. Clinical Practice Guideline: Hoarseness (Dysphonia) (Update). *Otolaryngol – Head Neck Surg*. 2018;158(1):1-42. DOI:10.1177/014599817751030
8. Roy N, Merril RM, Thibeault S, et al. Prevalence of voice disorders in teachers and general population. *J Speech Lang Hear Res*. 2004;47(2):281-93. DOI:10.1044/1092-4388(2004)023
9. Плешков И.В., Анникеева З.И. Заболевания голосового аппарата у вокалистов и представителей речевых профессий. М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2003 [Pleshkov IV, Anikeeva ZI. Zabolevaniia golosovogo apparata u vokalistov i predstavitelei rechevykh professii. Moscow: GEOTAR-MEDIA, 2003 (in Russian)].
10. Готовыхина Т.В., Степанова Ю.Е., Корень Е.Е. Влияние пандемии Covid-19 на заболеваемость гортани. *Российская оториноларингология*. 2022;4:29-34 [Gotovyakhina TV, Stepanova YuE, Koren' EE. Impact of Covid-19 on laryngeal morbidity. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2022;4:29-34 (in Russian)]. DOI:10.18692/1810-4800-2022-4-29-34
11. Veltner Ch, Kleinsasser N, Joa P, et al. Detection of hormone receptors in the human vocal fold. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2008;265(10):1239-44. DOI:10.1007/s00405-008-0632-x
12. Максимов И. Фонология. М.: Медицина, 1987 [Maksimov I. Foniatriia. Moscow: Meditsina, 1987 (in Russian)].
13. Морозов В.П. Искусство резонансного пения. Основы резонансной теории и техники. М., 2008 [Morozov VP. Iskusstvo rezonansnogo peniia. Osnovy rezonansnoi teorii i tekhniki. Moscow, 2008 (in Russian)].
14. Пискунов Г.З., Анготоева И.Б., Исабаева Н.В. Функциональное состояние гортани у пациентов с искривлением носовой перегородки. *Клинический вестник*. 2013;1:58-62. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19863118>. Ссылка активна на 07.02.2023 [Piskunov GZ, Angotoeva IB, Isabaeva NV. Functional state of the larynx in patients with the deviated nasal septum. *Klinicheskii vestnik*. 2013;1:58-62. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19863118>. Accessed: 07.02.2023 (in Russian)].
15. Свистушкин В.М., Старостина С.В., Аветисян Э.Е. Функциональное состояние гортани у пациентов с хроническим тонзиллитом (аналитический обзор). *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2018;24(1):36-47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32721453>. Ссылка активна на 07.02.2023 [Svistushkin VM, Starostina SV, Avetisyan EE. Functional state of the larynx in patients with chronic tonsillitis (analytical review). *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2018;24(1):36-47. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32721453>. Accessed: 07.02.2023 (in Russian)].
16. Романенко С.Г., Павлихин О.Г. Лечебная тактика при хроническом тонзиллите у вокалистов. *Вестник оториноларингологии*. 2010;2:60-2. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17754514>. Ссылка активна на 07.02.2023 [Romanenko SG, Pavlihin OG. Lechebnaia taktika pri khronicheskom tonzillite u vokalistov. *Vestnik otorinolaringologii*. 2010;2:60-2. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17754514>. Accessed: 07.02.2023 (in Russian)].
17. Lim JY, Lim SE, Choi SH, et al. Clinical characteristics and voice analysis of patients with mutational dysphonia: clinical significance of diplophonia and closed quotients. *J Voice*. 2007;21(1):12-9. DOI:10.1016/j.jvoice.2005.10.002
18. Hari Kumar KVS, Garg A, Ajai Chandra NS, et al. Voice and endocrinology. *Indian J Endocrinol Metab*. 2016;20(5):590-4. DOI:10.4103/2230-8210.190523
19. Степанова Ю.Е., Артиушкин С.А., Готовыхина Т.В. Заболевания гортани у лиц голосоречевых профессий. СПб., 2018 [Stepanova IuE, Artiushkin SA, Gotovyakhina TV. Zabolevaniia gortani u lits golosorechevykh professii. Saint Petersburg, 2018 (in Russian)].
20. Степанова Ю.Е., Швалев Н.В. Применение видеостробоскопии для диагностики, лечения функциональных и органических заболеваний гортани: пособие для врачей. СПб., 2000. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41216489>. Ссылка активна на 07.02.2023 [Stepanova YuE, Shvalev NV. The use of videostroboscopy for the diagnosis, treatment of functional and organic diseases of the larynx: a manual for doctors. Saint Petersburg, 2000. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41216489>. Accessed: 07.02.2023 (in Russian)].
21. Dejonckere PH. Perceptual and laboratory assessment of dysphonia. *Otolaryngol Clin North Am*. 2000;33(4):731-50. DOI:10.1016/S0030-6665(05)70240-1

Статья поступила в редакцию / The article received: 15.02.2023

Статья принята к печати / The article approved for publication: 24.04.2023



OMNIDOCTOR.RU