УДК 616.22-008.54
https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-4-58-63

Акустические характеристики голоса у представителей голосоречевых профессий с функциональной дисфонией по гипотонусному типу

Ю. Е. Степанова[1], М. В. Мохотаева[1], А. А. Корнеенков[1]

[1] Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, 190013, Россия

Acoustic characteristics of voice in voice professionals with hypotonic dysphonia

Yu. E. Stepanova[1], M. V. Mokhotaeva[1], A. A. Korneenkov[1]

[1] Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Saint Petersburg, 190013, Russia

В статье представлены результаты исследования акустических характеристик голоса у лиц голосоречевых профессий и непрофессионалов голоса. Обследовано 80 человек в возрасте от 23 до 45 лет с функциональной дисфонией по гипотонусному типу, которые обратились в фониатрическое отделение СПб НИИ ЛОР. Из них 23 человека являлись профессиональными вокалистами, 12 – представителями речевых профессий, 45 – непрофессионалами голоса. Сначала врач-фониатр проводил осмотр гортани и оценивал ее состояние при видеоэндостробоскопии (K. Storz) или видеоринофаринголарингоскопии (VIVIDEO, Kay Pentax). Объективный акустический анализ проводили с использованием программно-аппаратного комплекса Multi-Speech и программы MDVP (Kay Pentax). Оценивали цифровое и графическое выражение следующих параметров: соотношение шума и гармоник (NHR), индекс турбулентности (VTI) и индекс мягкости фонации (SPI). Результаты проведенного исследования показали, что индекс SPI является наиболее информативным при оценке охриплости у пациентов с функциональной дисфонией по гипотонусному типу. Более низкие значения этого показателя у вокалистов можно объяснить наличием достаточно развитой резонаторной системы голосового аппарата, что выражается в усилении высокочастотных составляющих спектра голоса.
Ключевые слова: нарушения голоса, гипотонусная дисфония, акустический анализ голоса, охриплость.

Для цитирования: Степанова Ю. Е., Мохотаева М. В., Корнеенков А. А. Акустические характеристики голоса у представителей голосоречевых профессий с функциональной дисфонией по гипотонусному типу. *Российская оториноларингология.* 2021;20(4):58–63. https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-4-58-63

The article presents the results of a study of the acoustic characteristics of the voice in voice professionals and non-voice professionals. We examined 80 people aged 23 to 45 years with functional dysphonia of the hypotonic type, who applied to the phoniatric office of the St. Petersburg Research Institute of ENT. Of these, 23 were professional vocalists, 12 were representatives of speech professions, and 45 were non-professional voices. First, the phoniatrist examined the larynx and assessed its condition with video endostroboscopy (K. Storz) or video pharyngolaryngoscopy (VIVIDEO, KayPentax). Objective acoustic analysis was performed using the Multi-Speech software and hardware complex and the MDVP software (KayPentax). The numerical and graphical expressions of the following parameters were evaluated: noise-to-harmonic ratio (NHR), voice turbulence index (VTI), and soft phonation index (SPI). The results of the study showed that the SPI index is the most informative in assessing hoarseness in patients with hypotonic functional dysphonia. The lower values of this indicator in vocalists can be explained by the presence of a sufficiently developed resonator system of the vocal apparatus, which is reflected in the amplification of the high-frequency components of the voice spectrum.
Keywords: voice disorders, hypotonic dysphonia, acoustic evaluation of voice, roughness.

For citation: Stepanova Yu. E., Mokhotaeva M. V., Korneenkov A. A. Acoustic characteristics of voice in voice professionals with hypotonic dysphonia. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2021;20(4):58-63. https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-4-58-63

В последние годы отмечается рост числа представителей голосоречевых профессий с дисфониями. Это обусловлено чрезмерными вокальными и речевыми нагрузками, сложным вокальным репертуаром, отсутствием необходимого уровня профессиональной вокальной и речевой подго-

© Коллектив авторов, 2021

товки, подражанием, использованием нефизиологичных техник фонации. Также значительную роль в формировании голосовой патологии играют нарушения режимов дня, питания, стресс, неудовлетворительные условия работы, наличие сопутствующих заболеваний [1–6].

Среди пациентов, которые обращаются за фониатрической помощью, в 40% случаев диагностируют расстройства голоса функционального характера [7–9].

Как известно, при функциональной дисфонии пациенты жалуются на быструю утомляемость голоса, охриплость, желание откашляться, дискомфорт в глотке и мышцах шеи во время или после голосовой нагрузки. Однако осмотр гортани не выявляет какой-либо органической патологии, новообразований голосовых складок, воспалительных изменений, нарушения иннервации и т. д.

Следует отметить, что заболевания голосового аппарата приводят к неудовлетворительному качеству певческого и речевого голоса и, следовательно, к потере трудоспособности. Такое изменение голосовой функции, как охриплость является наиболее распространенной жалобой пациентов при обращении к фониатру или фонопеду.

В методических рекомендациях по оценке нарушений качества голоса, разработанных в 1978 году Союзом европейских фониатров, были сформулированы градации требований, предъявляемых к голосу при различных видах работы. В первую группу с наиболее высокими требованиями к качеству голоса отнесли сольных, хоровых певцов, артистов, дикторов радиовещания и телевидения. Вторую группу с высокими требованиями к качеству голоса составили учителя и педагогические работники, профессиональные дикторы, переводчики, телефонисты, политики, работники и воспитатели дошкольных учреждений. Также хорошей голосовой функцией (третья группа) должны обладать юристы, врачи, сержанты, офицеры, а также лица, работающие в шумных цехах.

Как известно, основными методами исследования гортани в современных условиях являются эндоскопические методы. Они перечислены в Приказе № 905н от 12.11.2012 г. 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 также входит компьютерная система диагностики голоса и речи. Кроме оториноларингологов-фониатров, в отделении должны работать логопеды-фонопеды, т. е. специалисты с высшим педагогическим образованием по специальности «логопедия». С помощью специальных дыхательных, голосовых упражнений они формируют у больного правильный механизм голосоведения, что способствует восстановлению голосовой функции. Таким образом, акустический анализ голоса может быть использован как фониатрами, так и фонопедами.

Акустический анализ занимает важное место в диагностике нарушений голоса. Одним из значимых акустических показателей дисфонии является соотношение шумовых и гармонических компонентов в спектре сигнала. С точки зрения акустики появление охриплости в голосе представляет собой замещение шумом гармонических составляющих спектра. Чем более выражена охриплость, тем выше процент шума в спектре сигнала [10].

Современные программно-аппаратные комплексы для оценки качества голоса определяют соотношение шума (негармонических составляющих спектра голоса) и гармонической энергии на заданном частотном диапазоне спектра. Для этого используют следующие показатели: соотношение шума и гармоник (Noise-to-Harmonic Ratio – NHR), индекс турбулентности (Voice Turbulence Index – VTI) и индекс мягкости фонации (Soft Phonation Index – SPI) [11–13].

Показатель NHR представляет собой среднее отношение негармонической спектральной энергии в диапазоне 70–4200 Гц к гармонической энергии в пределах 70–4200 Гц. Высокие значения NHR интерпретируются как присутствие спектрального шума вследствие нестабильности голоса по частоте и амплитуде, остановок при фонации звука, наличия негармонических компонентов и турбулентного шума, возникающего вследствие неполного смыкания голосовых складок.

Индекс VTI – это относительный энергетический уровень высокочастотного шума (в пределах 1800–5800 Гц). Представляет отношение спектральной негармонической высокочастотной энергии в пределах 1800–5800 Гц к спектральной гармонической энергии в пределах 70–4200 Гц. В отличие от NHR характеризует высокочастотные составляющие. Значения индекса коррелируют с уровнем турбулентного шума, возникающего при неполном смыкании голосовых складок.

Индекс SPI представляет собой отношение низкочастотной гармонической энергии в пределах 70–1550 Гц к высокочастотной гармонической энергии в пределах 1600–4200 Гц.

У пациентов без патологии голоса значения NHR не превышают 0,12, а VTI и SPI должны быть не более 0,06 и 14, соответственно. Более высокие значения показателей свидетельствуют о наличии охриплости [14].

Различные акустические характеристики голосовой функции у взрослых и детей были из-

учены нами ранее [15–17]. Однако определение патогномоничных акустических показателей охриплости у профессионалов голоса с функциональной гипотонусной дисфонией не проводилось и представляет значительный интерес для фониатров и фонопедов.

Цель исследования

Используя компьютерный анализ определить наиболее информативные акустические параметры голоса, характеризующие гармонические и шумовые составляющие спектра у представителей различных профессий с функциональной дисфонией по гипотонусному типу.

Задачи исследования

1. Изучить клинические изменения гортани у пациентов с функциональной дисфонией по гипотонусному типу.

2. Сравнить акустические параметры голоса у пациентов с различными требованиями к качеству голоса: вокалистов, представителей речевых профессий, непрофессионалов голоса.

3. Установить патогномоничные показатели охриплости, основываясь на результатах проведенного статистического анализа полученных результатов.

Пациенты и методы исследования

В фониатрическое отделение ФГБУ СПб НИИ ЛОР обратились 80 пациентов в возрасте от 23 до 45 лет с жалобами на дисфонию. Из них 23 человека являлись вокалистами, 12 – представителями речевых профессий, 45 – непрофессионалами голоса. У всех пациентов диагностировали функциональную дисфонию по гипотонусному типу.

Методика исследования гортани и голосовой функции состояла в следующем. Сначала врач-фониатр проводил осмотр гортани и оценивал показатели вибраторного цикла, используя жесткие эндоскопы и видеоларингостробоскоп (K. Storz). Если осмотр гортани жестким эндоскопом вызывал значительные затруднения вследствие анатомических особенностей, выраженного глоточного рефлекса или использования пациентом высокой вокальной позиции во время фонации, то применяли видеоринофаринголарингоскоп (VIVIDEO, Kay Pentax). Видеоэндоскопическая и видеоэндостробоскопическая картина гортани здоровых людей достаточно хорошо изучена [18, 19].

Акустическое обследование пациентов включало объективный (компьютерный) акустический анализ голоса с использованием программно-аппаратного комплекса Multi-Speech и программы MDVP (Kay Pentax). Для оценки качества голоса проводили аудиозапись в специально оборудованном помещении, где уровень шума не превышал 15 дБ. Микрофон располагали на расстоянии 15 см от рта пациента. Обследуемому предлагали произнести протяжно (не менее 4 с), на комфортной высоте и громкости, гласный звук [а]. После того как была произведена запись голоса, из нее выделяли необходимый участок звукового сигнала курсором, и программа выводила на экран монитора отчет в виде нескольких окон с диаграммами. Основное окно отчета содержало радиальную диаграмму, отражающую значения всех рассчитанных показателей, и протокол исследования. После этого определяли значения показателей соотношения шума и гармоник (NHR), индекса турбулентности (VTI) и индекса мягкости фонации (SPI).

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли в программной среде R (версия 4.0.3). Для решения поставленных задач использовали метод статистического оценивания с расчетом числовых характеристик показателей и их визуальное представление с помощью диаграмм размаха. Для сравнительной оценки акустических параметров в трех группах применяли статистический критерий Краскела – Уоллиса (Kruskal – Wallis), для попарного сравнения – критерий Вилкоксона (Wilcoxon). В качестве порогового значения ошибки первого рода принимали значение $\alpha = 0{,}05$.

Результаты исследования

Клинически функциональная дисфония по гипотонусному типу проявлялась сниженным тонусом мышц гортани у всех обследованных пациентов (100%). Ведущий диагностический признак – форма фонационной щели. Известно, что у здоровых пациентов во время фонации голосовые складки смыкаются плотно по всей длине или между ними, может оставаться тонкая линейная щель. У обследованных нами пациентов сниженный тонус мышц гортани проявлялся овальной, широкой линейной или треугольной фонационной щелью. В 30% случаев голосовая складка и голосовая мышца были видны изолированно, т. е. присутствовал симптом «неоднородности голосовой складки». У 20% обследованных, преимущественно вокалистов, был выявлен симптом «зияния гортанных желудочков».

При гипотонусной дисфонии у 96% больных была видна нижняя поверхность голосовых складок, в то время как у здорового человека при дыхании визуализируется только верхняя поверхность голосовых складок. Видеоларингостробоскопическая картина также отличалась от картины здоровых пациентов своей «пестротой», т. е. изменением симметричных и регулярных колебаний в нескольких вибраторных циклах на асимметричные и нерегулярные колебания в последующих циклах. Слизистая волна оказалась уменьшенной.

Акустическая диагностика. Полученные результаты акустического исследования больных с гипотонусной дисфонией были представлены в графическом (качественном) и цифровом (количественном) выражении. При графическом выражении голосовой функции здорового пациента все показатели голоса распределялись на круговой диаграмме. Каждому значению соответствовал радианный луч, который у здоровых обследованных не должен выходить за пределы нормальных значений (зеленого круга).

Типичные голосовые профили пациентов вокалистов и представителей неречевых профессий с функциональной дисфонией по гипотонусному типу представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что у обеих пациенток единственным, не соответствующим нормативным значениям оказался показатель SPI, который у пациентки не голосоречевой профессии был значительно больше, чем у вокалистки.

Результаты количественного анализа NHR, VTI и SPI для трех групп пациентов (вокалистов, представителей речевых и неречевых профессий) отражены в таблице (представлены средние значения и стандартные отклонения – SD).

Основываясь на результатах, представленных в таблице, средний показатель SPI у вокалистов был в 1,8–1,9 раза меньше, чем у лиц речевых и неречевых профессий.

Для сравнительной оценки акустических параметров в трех группах применяли статистический критерий Краскела – Уоллиса (Kruskal – Wallis) (H) как непараметрическую альтернативу одномерному (межгрупповому) дисперсионному анализу. В качестве нулевой выдвигалась гипотеза, что различные выборки (данные отдельных групп пациентов) были взяты из одного и того же распределения или из распределений с одинаковыми медианами.

Для показателей NHR и VTI нулевая гипотеза не была опровергнута. Для NHR значение критерия $H = 2{,}542$, $df = 2$, уровень значимости $p = 0{,}2799$, а для показателя VTI – $H = 1{,}3935$, $df = 2$, $p = 0{,}4982$.

В то же время для показателя SPI ($H = 14{,}337$, $df = 2$, p-value = 0,00077) нулевая гипотеза была отклонена. Исходя из этого можно сделать вывод, что на значение данного показателя оказывает влияние профессиональная группа, к которой относится пациент. Чтобы уточнить, между какими

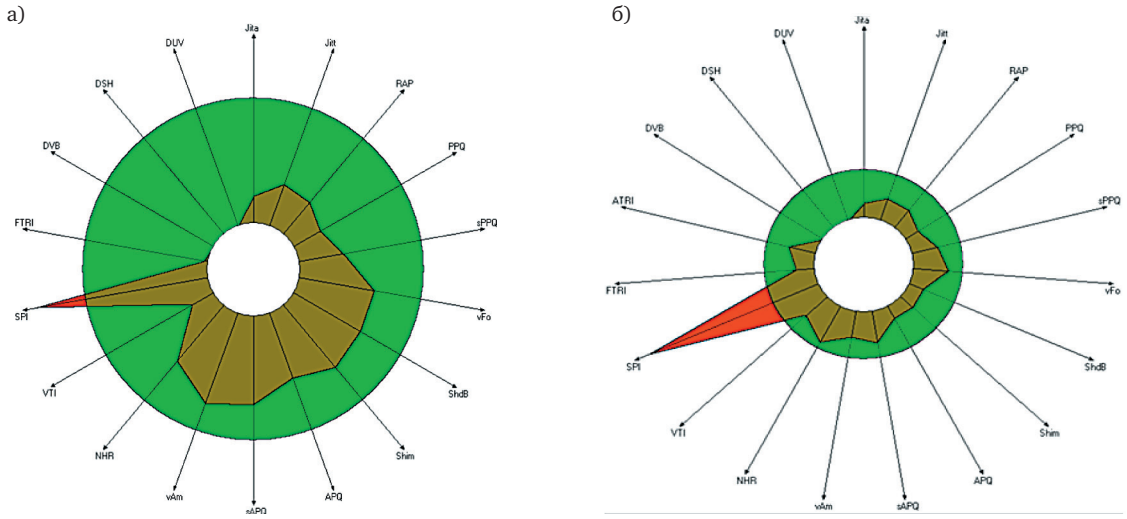

Рис. 1. Голосовой профиль вокалистки (а) и пациентки не голосоречевой профессии (б) с функциональной дисфонией по гипотонусному типу

Fig. 1. (a) Voice profile of the patient (singer) with functional hypotonic dysphonia, (b) voice profile of the patient with functional hypotonic dysphonia (non-speech profession)

Таблица

Средние значения показателей NHR, VTI и SPI у больных различных профессий с функциональной дисфонией по гипотонусному типу

Table

The average values of NHR, VTI and SPI in patients with functional hypotonic dysphonia

Группа	Показатели		
	NHR	VTI	SPI
Вокалисты	0,125 (SD = 0,027)	0,040 (SD = 0,009)	16,3 (SD = 7,7)
Представители речевых профессий	0,138 (SD = 0,032)	0,0365 (SD = 0,015)	30,8 (SD = 13,1)
Представители неречевых профессий	0,132 (SD = 0,03)	0,039 (SD = 0,014)	29,3 (SD = 15,8)

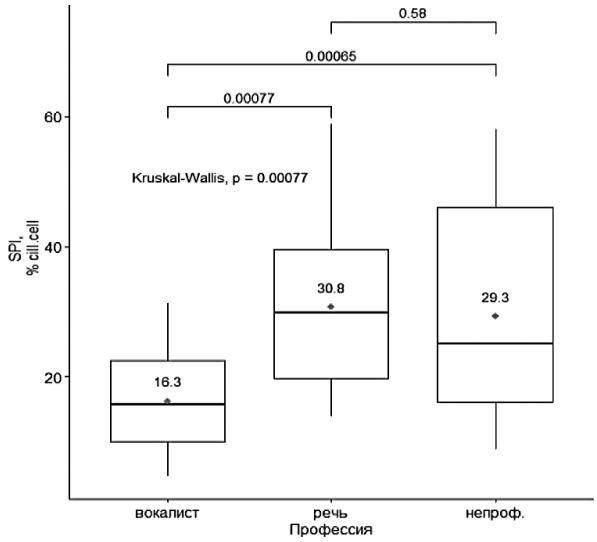

Рис. 2. Диаграмма размаха (box plot) SPI в группах пациентов
Fig. 2. Box plot of SPI in patient groups

группами имеются статистически значимые различия показателя, был проведен статистический тест на основе рангового критерия Вилкоксона (Wilcoxon) для связанных выборок.

На рис. 2 представлена диаграмма размаха или «ящик с усами» (box plot) показателя SPI в группах пациентов и уровня значимости *p* для попарных сравнений между отдельными группами и для всех групп в целом. На данной диаграмме представлены границы ящика – первый и третий квартили (25-й и 75-й процентили соответственно), линия в середине ящика – медиана (50-й процентиль), а также средние значения SPI в различных группах пациентов, которые обозначены знаком •. В верхней части диаграммы горизонтальные линии, соединяют попарно сравниваемые группы. Число на горизонтальных линиях – *p*-значение по критерию Вилкоксона (Wilcoxon) и *p*-уровень, полученный по критерию Краскела – Уоллиса – 0,00077.

Статистически значимые различия ($p < 0,05$) показателя SPI обнаружены между вокалистами (обозначение группы – «вокалист») и представителями речевых профессий («речь») ($p = 0,00077$) и группами «вокалист» и непрофессионалами голоса («непроф.») ($p = 0,00065$). Между группами «речь» и «непроф.» статистически значимых различий не обнаружено ($p = 0,582$).

Таким образом, при оценке охриплости у пациентов с дисфонией по гипотонусному типу самым информативным оказался показатель SPI. Более низкие значения этого показателя у вокалистов можно объяснить наличием достаточно развитой резонаторной системы голосового аппарата, что выражалось в усилении высокочастотных составляющих спектра.

Выводы

Акустический анализ позволяет объективно оценить качество голоса и, в частности охриплость.

Наиболее информативным показателем для оценки охриплости у пациентов с функциональной дисфонией является SPI.

В современных условиях акустический анализ должен стать неотъемлемой частью реабилитационной работы фониатра и фонопеда, так как позволяет оценить эффективность проводимого лечения и фонопедической коррекции, документировать итоги исследования. Результаты акустического анализа наглядно демонстрируют пациенту динамику улучшения качества голоса и тем самым мотивируют его на продолжение реабилитации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Василенко Ю. С. Голос. Фониатрические аспекты. М.: Дипак, 2013 [Vasilenko Yu. S. Golos. *Foniatricheskie aspekty.* M.: Dipak, 2013. (In Russ.)]
2. Орлова О. С., Василенко Ю. С., Захарова А. Ф., Самохвалова Л. О., Козлова П. А. Распространенность, причины и особенности нарушений голоса у педагогов. *Вестник оториноларингологии.* 2000;5:18-21 [Orlova O. S., Vasilenko Yu. S., Zakharova A. F., Samokhvalova L. O., Kozlova P. A. Prevalence, causes and features of voice disorders in teachers. *Vestnik otorinolaringologii.* 2000;5:18-21. (In Russ.)]
3. Плешков И. В., Аникеева З. И. Заболевания голосового аппарата у вокалистов и представителей речевых профессий. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. 168 с. [Pleshkov I. V., Anikeeva Z. I. *Zabolevaniya golosovogo apparata u vokalistov i predstavitelei rechevykh professii.* M.: GEOTAR-MED, 2003. 168 p. (In Russ.)]
4. Kwok M., Eslick G. D. The Impact of Vocal and Laryngeal Pathologies Among Professional Singers: A Meta-analysis. *J Voice.* 2019;1:58-65.
5. Roy N., Bless D. M. Personality traits and psychological factors in voice pathology: A foundation for future research. *Journal of Speech, Language and Hearing Research.* 2000;43:737-748.
6. Roy N., Merril R. M., Thibeault S., Parsa R. A. Gray S. D., Smith E. M. Prevalence of voice disorders in teachers and general population. *Journal of Speech, Language and Hearing Research.* 2004;47(2):281-293.
7. Степанова Ю. Е., Готовяхина Т. В., Корнеенков А. А., Корень Е. Е. Комплексное лечение дисфоний у лиц голосоречевых профессий. *Вестник оториноларингологии.* 2017;3:48-53 [Stepanova Yu. E., Gotovyakhina T. V., Korneenkov A. A., Koren' E. E. The combined treatment of dysphonia in the subjects engaged in the voice

and speech professions. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii.* 2017;3:48-53. (In Russ.)] https://doi.org/10.17116/otorino201782348-53
8. Sama A., Carding P. N., Price S., Kelly P., Wilson J. A. The clinical features of functional dysphonia. *Laryngoscope*. 2001;111:458-63.
9. Van Houtte E., Van Lierde K., Claeys S. Pathophysiology and treatment of muscle tension dysphonia: A review of the current knowledge. *J Voice.* 2011;25:20-27.
10. Baken R. J., Orlikoff R. F. Clinical measurement of speech and voice (2nd ed.). San Diego: Singular Publishing Group. 2000. 610 p.
11. Geredakis A., Karala M., Ziavra N., Toki E. Preliminary Measurements of Voice Parameters using Multi Dimentional Voice Program. *World J. of Research and Review.* 2017;5(1):17-22.
12. Mathew M. M., Bhat., J. S. Soft phonation index – a sensitive parameter? *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2009;61:127-130.
13. Roussel N. C., Lobdell M. The clinical utility of the soft phonation index. *Clin. Linguistics Phonetics.* 2006;20(2):181-186.
14. Kay Elemetrics Corp. Multi-Dimensional Voice Program (MDVP), Model 5105. Software Instruction Manual, Kay Elemetrics Corp., Lincoln Park-NJ, 2008. 184 p.
15. Юрков А. Ю., Степанова Ю. Е., Мохотаева М. В., Корень Е. Е. Акустический анализ голоса у пациентов с функциональной дисфонией по гипотонусному типу. *Российская оториноларингология.* 2010; прил. № 1:421–425 [Yurkov A. U., Stepanova Yu. E., Mokhotaeva M. V., Koren' E. E. The acoustic analysis of voices of patients with functional hypotonic dysphonia. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2010;Adj. N 1:421-425. (In Russ.)]
16. Мохотаева М. В., Степанова Ю. Е. Диагностика состояния голосовой функции методом акустического анализа. *Российская оториноларингология.* 2010;1(44):49–53 [Mokhotaeva M. V., Stepanova Yu. E. Diagnosis of vocal function state children by the method of acoustic analysis. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2010;1(44):86-89. (In Russ.)].
17. Корень Е. Е., Степанова Ю. Е., Мохотаева М. В., Бахилин В. М. Результаты акустического исследования голоса больных с функциональными и органическими дисфониями. *Росийская оториноларингология.* 2013;3:70–74 [Koren' E. E., Stepanova Yu. E., Mokhotaeva M. V., Bakhilin V. M. The acoustic analysis results voice of the patients with organic and functional dysphonia. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2010;1(44):86-89. (In Russ.)].
18. Степанова Ю. Е. Современные методы диагностики заболеваний гортани. *Доктор Ру.* 2009;49(5):31-34 [Stepanova Yu. E. Modern methods of diagnosis of diseases of the larynx. *Doctor Ru.* 2009; 49(5):31-34. (In Russ.)].
19. Степанова Ю. Е. Инновационные эндоскопические технологии в диагностике заболеваний гортани у взрослых и детей. *Вестник оториноларингологии.* 2020;85(6):41–45 [Stepanova Yu.E. Innovative endoscopic technologies in the diagnosis of laryngeal diseases in adults and children. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii.* 2020;85(6):41-45. (In Russ.)] https://doi.org/10.17116/otorino20208506141

Информация об авторах

✉ **Степанова Юлия Евгеньевна** – доктор медицинских наук, доцент, заведующая отделом патофизиологии голоса и речи, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); тел.: +7 (812) 316-41-17, e-mail: julia.stepanov@yandex.ru

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1502-6337

Мохотаева Маргарита Владимировна – кандидат педагогических наук, фонопед фониатрического отделения, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); тел.: +7 (812) 316-41-17, e-mail: mokhotaeva@mail.ru

Корнеенков Алексей Александрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией информатики и статистики, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); e-mail: korneyenkov@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5870-8042

Information about authors

✉ **Yuliya E. Stepanova** – MD, Associate Professor, Head of Voice and Speech Pathophysiology Department, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str., Saint Petersburg, Russia, 190013); phone: +7-812-316-41-17, e-mail: julia.stepanov@yandex.ru

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1502-6337

Margarita V. Mokhotaeva – MD Candidate, Voice Therapist of Voice and Speech Pathophysiology Department, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str., Saint Petersburg, Russia, 190013); phone:+7-812-316-41-17, e-mail: mokhotaeva@mail.ru

Alexei A. Korneenkov – MD, Professor, Head of the Laboratory of Informatics and Statistics, Saint-Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str., St. Petersburg, 190013, Russia); e-mail: korneyenkov@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5870-8042