



## ЛИТЕРАТУРА

1. A randomized control trial of surgical task performance in frontal recess surgery: zero versus angled telescopes / S. K. Kang [et al.] // Am. J. Rhinol. – 2002. – Vol.16. – P. 33–36.
2. High-resolution computed tomography analysis of the frontal sinus ostium: A pilot study/ J. A. Eloy [et al.] // Am. J. Otolaryngol. – 2012. – Vol. 10. – P. 126–132.
3. Kennedy D. W. Technical innovations and the evolution of endoscopic sinus surgery // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl. – 2006. – Vol. 196. – P. 3–12.
4. Kennedy D. W., Hwang P. H. Rhinology: diseases of the nose, sinuses, and skull base. – USA: Thieme, 2012. – 776 p.
5. Kountak S. E., Senior B. A., Draf W. The frontal sinus. – Germany: Springer, 2005. – 294 p.
6. Schlosser R. J., Harvey R. J. Endoscopic sinus surgery: optimizing outcomes and avoiding failures/Ed. by R. J. Schlosser and R. J. Harvey. – USA: Plural Publishing, 2012. – 356 p.

**Клименко** Ксения Эльдаровна – канд. мед. наук, врач ЛОР-отделения ЦКБ с поликлиникой Управления делами Президента РФ. Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15, тел.: 8 (926) 536-36-52, e-mail: ent.klimenko@gmail.com

**Крюков** Андрей Иванович – докт. мед. наук, профессор, директор Московского научно-практического центра оториноларингологии им. Свержевского Департамента здравоохранения Москвы. Москва, Загородное шоссе, д. 18А, тел.: 8-495-633-92-26.

УДК 616.22-008.5:534.532

## РЕЗУЛЬТАТЫ АКУСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОСА БОЛЬНЫХ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ДИСФОНИЯМИ

Е. Е. Корень, Ю. Е. Степанова, М. В. Мохотаева, В. М. Бахилин

## THE ACOUSTIC ANALYSIS RESULTS VOICE OF THE PATIENTS WITH ORGANIC AND FUNCTIONAL DYSPHONIAS

E. E. Koren, Y. E. Stepanova, M. V. Mokhotaeva, V. M. Bakhilin

ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи Минздрава России»  
(Директор – засл. врач РФ, член-корр. РАМН, проф. Ю. К. Янов)

В статье представлены результаты акустического исследования голоса у 78 больных с органическими и функциональными дисфониями. Наиболее выраженные изменения выявлены у пациентов с полипами голосовых складок.

**Ключевые слова:** органические и функциональные дисфонии, акустическое исследование.

**Библиография:** 15 источников.

The article presents the results of the acoustic analysis voice which has been made for 78 patients with organic and functional dysphonias. Most pronounced changes observed in patients with vocal cords polyps.

**Key words:** organic and functional dysphonias, acoustic analysis.

**Bibliography:** 15 sources.

Известно, что большинство заболеваний гортани сопровождается нарушением голосовой функции, которое субъективно воспринимается как охриплость. Основным механизмом возникновения охриплости является неперидичность основного тона по частоте и амплитуде, а также дополнительные шумовые компоненты в спектре звукового сигнала [7, 10]. Субъективную оценку качества голоса аудиторами нельзя считать достаточно точной. Поэтому для объективной оценки состояния голосовой функции используется акустический анализ голоса.

В фундаментальных работах по акустике, проведенных Г. Фантом и В. П. Морозовым, изучался

голос как здоровых лиц без вокального образования, так и профессиональных певцов [4, 12]. В последующих отечественных и зарубежных публикациях представлены результаты исследования голосовой функции у взрослых и детей с функциональными дисфониями, хроническим ларингитом, стенозами гортани и церебральным параличом [1, 2, 5, 6, 8, 13–15].

Однако сравнение акустических показателей при различных органических и функциональных нарушениях голоса не проводилось.

**Цель исследования.** Сравнительный анализ голосовой функции у больных с функциональными и органическими дисфониями.

**Пациенты и методы исследования.** Объективная оценка состояния голосовой функции проведена у 108 женщин. В исследовании приняли участие 78 пациентов с дисфониями, которые обратились в фониатрическое отделение СПб НИИ ЛОР, и 30 здоровых женщин, составивших контрольную группу. Все пациенты были профессионалами голоса (артисты оперных и драматических театров, студенты-вокалисты, преподаватели). Средний возраст больных составил  $33,8 \pm 1,7$  года, а обследуемых в контрольной группе –  $30,9 \pm 3,1$  года.

По клиническим проявлениям заболеваний гортани пациенты были разделены на две группы: с функциональной дисфонией (ФД) – 30 человек и органической дисфонией (ОД) – 48. Длительность нарушений голосовой функции у больных с ФД составила  $1,6 \pm 1,2$  года, а с ОД –  $2,1 \pm 1,0$  год. Группу с ФД составили пациенты с функциональной дисфонией по гипотонусному типу. Группа с ОД была разделена на три подгруппы: хронический катаральный ларингит (ХЛ) – 13 человек, мягкие узелки голосовых складок (УГС) – 20 больных, полипы голосовых складок (ПГС) – 15 пациентов. Согласно послеоперационному гистологическому заключению удаленные полипы в 8(53%) наблюдениях оказались фиброзными, в 5(34%) – ангиоматозными и в 2(13%) – отечными, что совпадало с клиническим диагнозом.

Больные с ФД предъявляли жалобы на повышенную утомляемость голоса и дискомфорт в глотке при незначительных голосовых нагрузках. Пациенты с ОД жаловались на периодическую осиплость, возникающую после голосовых нагрузок, или постоянную осиплость.

Для диагностики заболеваний гортани применяли метод видеоэндостробоскопии и акустический анализ голоса. При проведении видеоэндостробоскопии оценивали амплитуду, симметричность, частоту колебаний голосовых складок, слизистую волну, наличие или отсутствие невибрирующих частей голосовых складок, форму голосовой щели [9].

Для проведения акустического исследования была использована компьютеризированная речевая лаборатория CSL 4150B, программа MDVP (Multi-Dimensional Voice Program). Методика исследования предполагала запись голоса, которая осуществлялась в положении больного сидя, при этом микрофон находился на расстоянии 25 см от губ. Пациент максимально долго произносил гласный звук «а». После того как была произведена запись голоса, из нее выделялся 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.

Известно, что нормальная голосовая функция невозможна без стабильного фонационного выдоха. Состояние голосовой функции и фонационного выдоха оценивали по времени максимальной фонации (ВМФ), частоте основного тона (ЧОТ) и ряду показателей, характеризующих нестабильность частоты и амплитуды звуковой волны, а также соотношению шумовых и гармонических компонентов в спектре гласного звука. Эти показатели мы распределили на три группы.

Первую группу составили показатели, характеризующие колебания частоты основного тона голоса в краткосрочном периоде: Jitter Percent, Relative Average Perturbation (RAP), Pitch Average Perturbation (PPQ). Jitter – изменение ЧОТ от периода к периоду в пределах анализируемого участка. Коэффициенты PPQ и RAP также представляли изменение частоты от периода к периоду в пределах анализируемого сигнала, но с коэффициентом сглаживания в 3 и 5 периодов. Применение коэффициента сглаживания снижало вероятность ошибок при расчете и более точно отражало нестабильность голоса.

Во вторую группу вошли показатели колебаний амплитуды звуковой волны: Shimmer (dB), Shimmer (%), Amplitude Perturbation Quotient (APQ). Shimmer – изменение амплитуды колебаний от периода к периоду в пределах анализируемого участка. Нестабильность амплитуды связана с невозможностью совершать голосовыми складками колебания с определенным периодом, а также присутствием турбулентного шума [6, 11]. Значение коэффициента APQ является относительной величиной измерения амплитуды от периода к периоду с фактором сглаживания в 11 периодов.

Третья группа объединила показатели отношения негармонического (шумового) и гармонического компонентов в спектре гласного звука (NHR, VTI). Коэффициент NHR – отношение шумового и гармонического компонентов в спектре гласного звука в диапазоне 70–4200 Гц. Соотношение шумового компонента в диапазоне от 1800 до 5800 Гц к гармоническому компоненту в диапазоне от 70 до 4200 Гц соответствует коэффициенту VTI. Коэффициент SPI отражает отношение низкочастотной гармонической составляющей в диапазоне от 70 до 1550 Гц к высокочастотной гармонической составляющей в пределах от 1600 до 4200 Гц.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием пакета программ Statistica 10 и приложения Microsoft Excel 2003. Результаты математической обработки представлены средними значениями, доверительными интервалами и коэффициентами корреляции.

**Результаты исследования голосовой функции.** У всех больных ВМФ оказалось ниже кон-



Т а б л и ц а 1

Оценка голосовой функции у женщин с функциональными и органическими дисфониями

Показатель	ФД	ОД			Контрольная группа
		ПГС	ХЛ	УГС	
ВМФ, с	11,7±2,6	<b>6,7±1,8*</b>	13,8±4,2	10,4±2,0	16,7±7,4
ЧОТ, Гц	217±17	<b>178±18*</b>	209±17	211±16	231±17

\* В табл. 1–4 достоверное различие ( $p < 0,05$ ) между группами.

трольных значений. Однако статистически достоверное снижение этого показателя выявлено только в подгруппе больных с ПГС ( $p < 0,05$ ). Для голоса этих пациентов также характерно самое низкое звучание, о чем свидетельствовало снижение ЧОТ ( $p < 0,05$ ). Результаты проведенного исследования представлены в табл. 1.

При изучении акустических показателей нестабильности голоса по частоте было выявлено их достоверное увеличение у пациентов с ФД, ПГС и ХЛ ( $p < 0,05$ ). У пациентов с УГС значения RAP и PPQ были несколько повышены по сравнению с контрольной группой ( $p > 0,05$ ). Наибольшие значения Jitter и PPQ характерны для больных с ПГС, они оказались выше в 4,5 раза по сравнению с контрольными показателями (табл. 2).

В проведенном нами исследовании акустических показатели нестабильности голоса по ампли-

туде были определены статистически значимые различия для Shimmer (dB), Shimmer (%) и APQ (%) у всех пациентов с функциональными и органическими дисфониями ( $p < 0,05$ ). Результаты представлены в табл. 3.

При изучении соотношения шумовой и гармонической составляющей в спектре сигнала было выявлено, что у пациентов с ФД, ПГС и ХЛ коэффициенты NHR и SPI оказались достоверно выше контрольных значений и имели наибольшее значение в подгруппе с ПГС ( $p < 0,05$ ). Коэффициент VTI, характеризующий уровень высокочастотного шума, имел статистически значимые различия только в подгруппе ПГС ( $p < 0,05$ ). Результаты исследования представлены в табл. 4.

**Обсуждение полученных результатов.** В результате проведенного исследования выявлено, что акустические показатели голоса больных с

Т а б л и ц а 2

Акустические показатели нестабильности голоса по частоте у больных с функциональными и органическими дисфониями

Группа	Показатели		
	Jitter (%)	RAP (%)	PPQ (%)
ФД	<b>2,36±0,87*</b>	<b>1,4±0,5*</b>	<b>1,46±0,58*</b>
ОД:			
ПГС	<b>3,44±0,93*</b>	<b>2,1±0,57*</b>	<b>2,36±0,79*</b>
ХЛ	<b>2,12±0,87*</b>	<b>2,12±0,87*</b>	<b>1,24±0,5*</b>
УГС	<b>1,82±0,79*</b>	1,05±0,46	1,12±0,54
Контрольная	0,77±0,22	0,46±0,14	0,45±0,13

Т а б л и ц а 3

Акустические показатели нестабильности голоса по амплитуде у больных с функциональными и органическими дисфониями

Группа	Показатели		
	Shimmer (дБ)	Shimmer (%)	APQ (%)
ФД	<b>0,71±0,19*</b>	<b>7,79±1,95*</b>	<b>5,89±1,74*</b>
ОД:			
ПГС	<b>0,87±0,09*</b>	<b>9,42±0,98*</b>	<b>6,91±0,92*</b>
ХЛ	<b>0,77±0,18*</b>	<b>8,15±1,92*</b>	<b>5,98±1,33*</b>
УГС	<b>0,72±0,28*</b>	<b>6,87±1,35*</b>	<b>6,07±1,02*</b>
Контрольная	0,33±0,08	3,77±0,93	2,73±0,59

**Акустические показатели соотношения негармонических и гармонических колебаний у больных с дисфониями**

Группы	Показатели		
	NHR	VPI	SPI
ФД	<b>0,18±0,02*</b>	0,05±0,005	<b>29,88±3,29*</b>
ОД:			
ПГС	<b>0,20±0,05*</b>	<b>0,03 ±0,004*</b>	<b>40,50±8,36*</b>
ХЛ	<b>0,18±0,02*</b>	0,06±0,007	<b>28,66±7,13*</b>
УГС	0,17±0,04	0,04±0,006	24,21±5,56
Контрольная группа	0,13±0,01	0,05±0,007	15,38±4,73

дисфониями отличались от аналогичных показателей здоровых лиц. Известно, что от состояния фонационного дыхания, наличия патологических изменений голосовых складок, а также плотности их смыкания зависят частота и амплитуда колебаний голосовых складок.

Полученные при акустическом исследовании данные коррелировали с видеостробиоскопической картиной гортани. Преобладание низкочастотных гармонических колебаний в спектре голоса характерно для пациентов с неплотным смыканием голосовых складок. Клинически наибольший размер фонационной щели оказался у пациентов с ПГС, что также сопровождалось значительным уменьшением или отсутствием слизистой волны, уменьшением амплитуды и частоты колебаний голосовых складок.

На качество фонации больных с ХЛ влияли уменьшение амплитуды и слизистой волны, обусловленные хроническим воспалением слизистой оболочки гортани, а также голосовая щель неправильной формы.

У пациентов в подгруппе с УГС при видеостробиоскопическом исследовании были выявлены только мягкие узелки голосовых складок, которые оказывали незначительное влияние на форму голосовой щели, амплитуду и частоту колебаний голосовых складок. Этим объясняется отсутствие достоверных отличий некоторых акустических характеристик в этой подгруппе.

При видеостробиоскопическом обследовании больных с ФД выявлено, что голосовая щель имела форму овала, была широкой линейной или треугольной. При этом голосовые складки колебались как симметрично, так и асимметрично (симптом «пестроты стробиоскопической картины»), а слизистая волна была нормальной или

уменьшенной. Это приводило к нестабильности частоты и амплитуды голоса.

Известно, что более грубые нарушения голоса характеризуются высоким процентом шума в акустическом сигнале [3, 13]. В нашем исследовании средние значения коэффициентов, показывающих соотношение негармонических и гармонических составляющих в спектре гласного звука, превышали контрольные значения. Однако статистические различия обнаружены не у всех больных. Так, коэффициенты NHR и SPI были достоверно выше у больных с ФД, ПГС и ХЛ и имели наибольшее значение у пациентов с ПГС ( $p < 0,05$ ). Следует отметить, что только у больных с ПГС коэффициент VPI имел статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). Следовательно, самый высокий уровень шума в акустическом сигнале выявлен у больных с ПГС.

В результате проведенного исследования можно сделать следующее заключение. Патологические изменения слизистой оболочки гортани обуславливают изменение амплитуды, частоты колебаний, смещения слизистой волны голосовых складок, уменьшают плотность их смыкания, что ухудшает акустические показатели голоса. Поэтому чем более выражены изменения показателей вибраторного цикла голосовых складок, тем больше страдает голосовая функция. В результате больные с ПГС испытывают наибольшие трудности во время фонации.

Проведенный корреляционный анализ между видеостробиоскопической картиной гортани и акустическими параметрами голоса RAP, APQ выявил статистически значимую связь между парно сравнимаемыми показателями как при ФД ( $r = 0,51, p < 0,05; r = 0,49 p < 0,05$ ), так и при ОД ( $r = 0,53, p < 0,05; r = 0,85, p < 0,05$ ).



### Выводы

Акустический анализ голоса больных с дисфониями является объективным и достоверным методом оценки состояния голосовой функции и может быть использован для диагностики заболеваний гортани.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акустический анализ голоса у пациентов с функциональной дисфонией по гипотонусному типу / А. Ю. Юрков [и др.] // Рос. оторинолар. – 2010. Прил. № 1. – С. 421–425.
2. Аникеева З. И., Плешков И. В. Клинико-акустические характеристики голоса при функциональных нарушениях у лиц речевой и певческой профессии с сопряженной патологией внутренних органов и систем // Там же. – 2009. – № 5 (42). – С. 9–16.
3. Мещеркин А. П., Осипенко Е. В. Объективные методы исследования голоса в практической фониатрии // Заболевания голосового аппарата и верхних дыхательных путей: сб. науч. тр. – Владимир; М., 2001. – С. 129–131.
4. Морозов В. П. Искусство резонансного пения. Основы резонансной теории и техники. – М., 2008. – 590 с.
5. Мохотаева М. В. Исследование неустойчивости голоса по частоте и амплитуде у детей с церебральным параличом // Голос и речь. – № 1(1). – 2010. – С. 49–50.
6. Мохотаева М. В., Степанова Ю. Е. Диагностика состояния голосовой функции методом акустического анализа // Рос. оторинолар. – 2010. – № 1(44). – С. 86–89.
7. Степанова Ю. Е. Анатомо-функциональные особенности гортани у детей после хирургического лечения рубцовых стенозов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 1994. – 23 с.
8. Степанова Ю. Е. Состояние голосовой функции, внешнего и фонационного дыхания у детей с заболеваниями гортани // Рос. оторинолар. – 2008. – № 4(35). – С. 170–174.
9. Степанова Ю. Е., Швалев Н. В. Применение видеостробоскопии для диагностики, лечения функциональных и органических заболеваний гортани: пособие для врачей. – СПб., 2000. – 23 с.
10. Рябова М. А., Карпищенко С. А., Ермакова В. Н. Акустический анализ голоса при хронических стенозах гортани // Рос. оторинолар. – 2002. – № 1(1). – С. 85–86.
11. Улоза В. Д. Охриплость, физиологические и акустические корреляты, объективная оценка // Вестн. оторинолар. – 1982. – № 4. – С. 85–90.
12. Фант Г. Акустическая теория речеобразования. – М.: Наука, 1964. – 278 с.
13. Horii Y. Jitter and shimmer in sustained vocal fry phonation // Folia foniatrica. – 1985. – N 37. – P. 81–86.
14. Orlikoff R. F., Baken R. J. Consideration of relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter // Folia Phoniatica. – 1990. – Vol. 42. – P. 31–40.
15. Orlikoff R. F., Baken R. J. Clinical Speech and Voice Measurement: Laboratory Exercises. – San Diego, California, Singular Publishing Group, 1993. – 479 p.

**Корень** Елена Евгеньевна – врач-оториноларинголог фониатрического отделения НИИ ЛОР. 190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9, тел.: 8-812- 316-41-17, e-mail: gulesha@bk.ru

**Степанова** Юлия Евгеньевна – докт. мед. наук, руководитель отдела физиологии и патологии голоса и речи НИИ ЛОР. 190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9, тел.: 8-812-316-41-17

**Мохотаева** Маргарита Владимировна – фонопед отдела физиологии и патологии голоса и речи НИИ ЛОР. 190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9, тел.: 8-812-316-41-17

**Бахилин** Виктор Михайлович – н. с. лаборатории информатики и статистики НИИ ЛОР. 190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9, тел.: (812) 575-94-48, e-mail: sc.victor.6219@gmail.com