

<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.4.017>

УДК 616.216.11-002-036.12:616.314-06:616.212.5-089-035



Кобахидзе А.Г.¹ ✉, Меркулова Е.П.¹, Долдова В.С.², Андрианова Т.Д.², Петрушко А.И.³

¹ Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения
Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь

² Республиканский научно-практический центр оториноларингологии, Минск, Беларусь

³ Городская клиническая больница скорой медицинской помощи, Минск, Беларусь

Акустические характеристики голоса пациентов с хроническим синуситом

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: обзор литературы – Андрианова Т.Д.; подбор и анализ данных, концепция исследования – Кобахидзе А.Г., Меркулова Е.П., Долдова В.С., Петрушко А.И.; статистический анализ данных – Кобахидзе А.Г., Меркулова Е.П.

Подана: 24.05.2023

Принята: 08.11.2023

Контакты: leqsokobaxidze@yahoo.com

Резюме

Введение. В последние годы отмечается стойкая тенденция анализа функционального состояния лор-органов. При этом используются как субъективные, так и объективные методы исследования. Применение современных объективных методов исследования функционального состояния голосового аппарата, таких как акустический анализ голоса, дает возможность выявлять даже незначительные изменения в голосе человека. Несмотря на давнюю историю, современная технология акустического анализа голоса является сравнительно новой, но динамично развивающейся областью клинического исследования. Следует отметить, что данные об акустических параметрах голоса у пациентов с хронической патологией верхних дыхательных путей противоречивы и малочисленны. Под влиянием любой хронической патологии изменяется качество жизни человека, характеризующее физиологические, психологические, эмоциональные и социальные составляющие.

Цель. Определить акустические параметры голоса у пациентов с хроническим синуситом.

Материалы и методы. В исследовании приняло участие 55 человек в возрасте от 19 до 76 лет: 35 человек с хроническим неполипозным синуситом и 20 человек – медицинские работники, по результатам диспансерного наблюдения относящиеся к группе здоровых. Объективный анализ голоса проводился с помощью программного обеспечения «LingWaves» Phonetogramm 2.5.

Результаты. В ходе анализа объективных характеристик голоса у здоровых лиц и пациентов с хроническим синуситом отмечено лишь достоверное различие во времени максимальной фонации (15,6 сек. и 13,3 сек.; $p=0,033$). Остальные параметры голосовой функции здоровых лиц и пациентов с патологией синусов не отличались между собой.

Выводы. Частотные характеристики голосового аппарата людей являются стабильными и малоизменяемыми при патологии околоносовых пазух.

Ключевые слова: акустический анализ голоса, фонетограмма, хронический синусит, акустические характеристики голоса

Kobakhidze A.¹ ✉, Merkulava A.¹, Daldova V.², Andrianova T.², Piatrushka A.³

¹ Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Republican Scientific and Practical Center of Otorhinolaryngology, Minsk, Belarus

³ City Clinical Hospital of Emergency Medical Care, Minsk, Belarus

Acoustic Characteristics of the Voice of Patients with Chronic Sinusitis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: literature review – Andrianova T.; selection of analytical data and analysis, study concept and design – Kobakhidze A., Merkulava A., Daldova V., Piatrushka A.; statistical data analysis – Kobakhidze A., Merkulava A.

Submitted: 24.05.2023

Accepted: 08.11.2023

Contacts: leqsokobaxidze@yahoo.com

Abstract

Introduction. During last years, there has been a persistent trend of analyzing the functional state of ENT organs. At the same time, both subjective and objective research methods are used. The use of modern objective methods of studying the functional state of the vocal apparatus, such as acoustic analysis of the voice, makes it possible to detect even minor changes in a person's voice. Despite its long history, the modern technology of acoustic voice analysis is a relatively new, but dynamically developing area of clinical research. It should be noted that the data on the acoustic parameters of the voice in patients with chronic pathology of the upper respiratory tract are contradictory and few. Under the influence of any chronic pathology, the quality of human life changes, characterizing the physiological, psychological, emotional, and social components.

Purpose. To determine the acoustic parameters of the voice in patients with chronic sinusitis.

Materials and methods. The study involved 55 people aged 19 to 76 years (35 people with chronic non-polypous sinusitis and 20 people – medical workers, according to the results of dispensary observation, belonging to the healthy group. The objective analysis of the voice was carried out using the software "LingWaves" Phonetogramm 2.5.

Results. During the analysis of the objective characteristics of the voice in healthy and patients with chronic sinusitis, only a significant difference in the time of maximum phonation was noted (15.6 seconds and 13.3 seconds; $p=0.033$). The remaining parameters of the vocal function of healthy individuals and those with sinus pathology did not differ from each other.

Conclusions. The frequency characteristics of the human vocal apparatus are stable, and little changed in the pathology of the sinuses.

Keywords: acoustic analysis of the voice, phonetogram, chronic sinusitis, acoustic characteristics of the voice

■ ВВЕДЕНИЕ

Растущая частота различных нарушений голоса (от 6% до 49%) делает проблему повышения качества и доступности диагностики голосовых расстройств особенно актуальной [1–4]. В последние годы отмечается стойкая тенденция анализа функционального состояния лор-органов. При этом используются как субъективные, так и объективные методы исследования. Если проанализировать используемые в настоящее время субъективные методы анализа состояния гортани, то наиболее известные шкалы (N. Yanagihara, GRBAS, Voice Related Quality of Life (VRQOL), Voice Handicap Index (VHI) и Vocal Performance Questionnaire (VPQ)) [5, 6] определяют прежде всего уровень дисфонии. Задача опросника – быстро определить расстройство звучности голоса, выраженность охриплости, грубость голоса, нарушение дыхания, слабость и напряжение голоса. Использование субъективных методов требует подготовленных экспертов и во многом полагается на их опыт. В последние годы отмечается тенденция использования опросников не только у лиц с патологией гортани, но и при экспертной оценке состояния пациентов, страдающих другой патологией, например, муковисцидозом [7] и аденомой гипофиза [8].

Один из недостатков субъективных методов оценки голосовой функции – возможность отсутствия контакта и взаимопонимания между врачом и пациентом. Современный уровень доказательной медицины диктует необходимость документальной фиксации проведенного анализа, изменений в динамике, сравнения с параметрами здоровых людей, заподозрить отклонения от нормы и оценить эффективность проводимого курса лечения, а также при проведении медицинской экспертизы. Применение современных объективных методов исследования функционального состояния голосового аппарата, таких как акустический анализ голоса, дает возможность выявлять даже незначительные изменения, которые невозможно интерпретировать без учета возрастной нормы. Поскольку на голос сильно влияют изменения возраста и пола, сопутствующая патология, необходимо учитывать множество факторов, которые имеют первостепенное значение при создании баз данных, которые будут служить ориентиром для акустического анализа голоса.

Объективный акустический анализ голоса включает фонетографию, спектрографию голоса и исследование речевого профиля. Фонетография основана на одновременной регистрации частоты основного тона (ЧОТ) в герцах (Гц) и интенсивности голоса в децибелах (дБ) по всему тональному диапазону [9]. Тональный (или частотный) диапазон голоса представляет собой последовательность тонов, которые могут быть воспроизведены голосовым аппаратом в пределах между самым низким и самым высоким звуком. Тональный диапазон зависит от многих факторов: возраста, пола, анатомических особенностей гортани, состояния центральной нервной системы и эндокринных органов, вокального образования.

В настоящее время для записи и анализа акустического анализа голоса используются различные компьютерные программы: MDVP (Multi-dimensional Voice Program), EVA (Evaluation Vocal Assissee), CSL (Computerized Speech Laboratory), Praat, Cspeech, SoundScope, Dr. Speech, The HngWAVES Phonetogram и прочие. Преимущество их состоит в том, что они позволяют провести мультипараметровый анализ голоса [10].

Основными акустическими показателями, позволяющими оценить состояние голосовой функции, являются частота основного тона (ЧОТ), время максимальной фонации (ВМФ), сила голоса, частотный и динамический диапазоны голоса,

нестабильность голоса по частоте (Jitter, Pitch Period Perturbation Quotient, или PPQ, Relative Average Perturbation Quotient, или RAP) и по амплитуде (Shimmer, Amplitude Perturbation Quotient, или APQ), соотношение шума и гармонических компонентов (Harmonics-to-noise ratio, или HNR). ЧОТ определяется интенсивностью колебаний голосовых складок.

Объективным показателем комплексной оценки акустических параметров голоса принято считать индекс дисфонии (DSI), который впервые выявил F.L. Wuytz в 2000 году. Автор предложил формулу для расчета DSI:

$$DSI = 0,13 \times MPT + 0,0053 \times F(0)\text{-High} - 0,26 \times I\text{-Low} - 1,18 \times \text{Jitter}(\%) + 12,4,$$

где MPT – время максимальной фонации;

F(0)-High – максимальная частота голоса;

I-Low – минимальная сила голоса.

По данным F.L. Wuytz, при хороших качествах певческого голоса у взрослых DSI равен +5, при дисфонии снижается и может достигать –5, т. е. чем ниже значение DSI, тем хуже вокальные данные голоса [11].

Несмотря на давнюю историю, современная технология акустического анализа голоса является сравнительно новой, но динамично развивающейся областью клинического исследования. Однако следует отметить, что данные об акустических параметрах голоса у пациентов с хронической патологией верхних дыхательных путей противоречивы и малочисленны. Под влиянием любой хронической патологии изменяется качество жизни человека, характеризующее физиологические, психологические, эмоциональные и социальные составляющие. Голосовая функция отражает физическое состояние пациента, его социальную активность, эмоциональное самочувствие, взаимодействие с родственниками, коллегами и т. д. В этом плане стоит отметить 2022 год, который продемонстрировал интерес ученых к необходимости изучения состояния голосовой функции после хирургического вмешательства на околоносовых пазухах и полости носа [12, 13].

В то же время основная часть данных наблюдений касается изучения изменений произношения назальных согласных звуков, демонстрирующих устранение симптома гнусавости в результате проведенного хирургического лечения патологии носа и околоносовых пазух. На данный момент нет никакой исследовательской базы объективного акустического анализа голоса пациентов с хроническим синуситом.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить акустические параметры голоса у пациентов с хроническим синуситом.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 55 человек в возрасте от 19 до 76 лет: 35 человек с хроническим непалипозным синуситом и 20 человек – медицинские работники, по результатам диспансерного наблюдения относящиеся к группе здоровых. Визуальное и функциональное состояние гортани оценивали методом оптической ларингостробоскопии с использованием жесткого ларингоскопа, а также методом непрямой

ларингоскопии. Состояние голосовой функции оценивали методом акустического анализа голоса на стандартизированной программе «LingWaves» Phonetogramm 2.5 (Германия) с записью фонетогаммы. Проанализированы следующие показатели: частота основного тона (ЧОТ), максимальная и минимальная частота основного тона, Jitter (пертурбации частоты основного тона), время максимальной фонации (ВМФ), количество аperiодичных колебаний голосовых складок в единицу времени (Irregularity), шум (Noise) и огрубление (Overall Severity).

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием параметрических и непараметрических методов исследования, в том числе методов описательной статистики, оценки достоверности (критерий Стьюдента), метода построения доверительных интервалов, метода проверки статистических гипотез. При оценке акустических параметров и для проверки статистических гипотез использовали: анализ соответствия вида распределения значений признака закону нормального распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка, тест Левена на однородность дисперсий; двусторонний t-тест для независимых переменных, параметрический анализ вариаций. Оценка взаимосвязей признаков проводилась с использованием метода корреляционного анализа – тест Пирсона (r , p). При сравнении групп достоверными считали различия, если полученное значение p для исследуемого критерия было ниже критического уровня значимости – 0,05. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета прикладных программ Statistica 10.0.

В ходе исследования была составлена база данных акустического анализа голоса взрослых белорусской популяции.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний возраст обследованных лиц составил 44 года (ДИ 95% 39,7–48,3). Рассматривались две группы (здоровые и пациенты с хроническим синуситом). Группы по возрасту были однородны ($p=0,15$), различия в среднем возрасте не достоверны ($p=0,71$). Рис. 1 демонстрирует распределение обследованных нами лиц по возрасту.

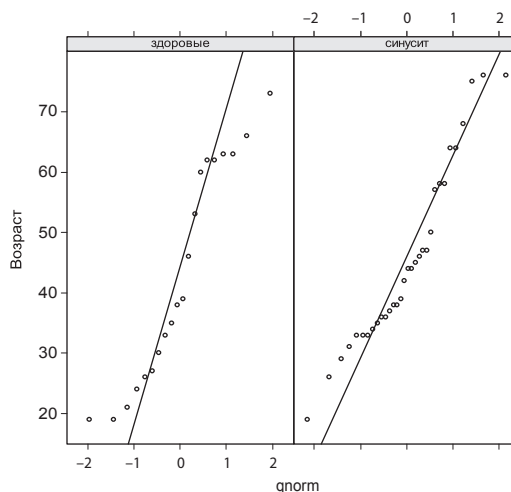


Рис. 1. Распределение здоровых лиц и пациентов с хроническим синуситом по возрасту
Fig. 1. Distribution of healthy individuals and patients with chronic sinusitis by age

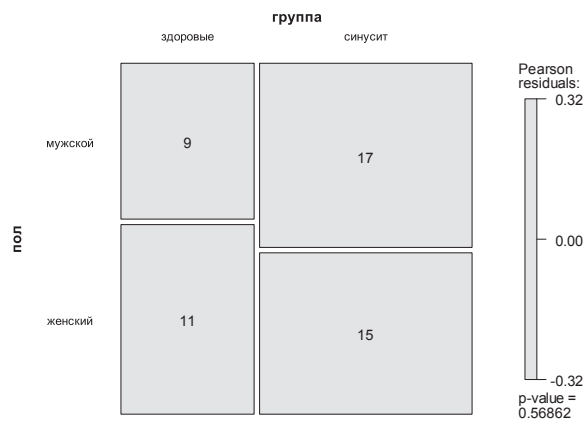


Рис. 2. Распределение здоровых лиц и пациентов с хроническим синуситом по полу
Fig. 2. Distribution of healthy individuals and patients with chronic sinusitis by gender

Разделение выборок по гендерной характеристике также не отличалось между анализируемыми группами ($p=0,5$), что показано на рис. 2.

Частота основного тона изменялась в пределах от 90,5 до 321,04 Гц у пациентов и от 106,2 до 294,6 Гц у здоровых лиц. Средние значения ЧОТ по группам представлены в табл. 1. Различия в ЧОТ по группам не значимы ($p=0,452$).

На рис. 3 отображена диаграмма данных максимальной частоты голоса. Характерно, что статистическая обработка данных не выявила зависимости отличия от наличия патологии околоносовых пазух ($p=0,4$). Не установлена также зависимость максимальной частоты голоса от пола в обеих исследуемых группах ($p=0,5$), поэтому на рис. 3 нами отображена диаграмма данных здоровых/пациентов, а также мужчин/женщин.

Аналогичные данные получены нами в отношении минимальной частоты голоса. Статистическая обработка данных проведена нами аналогично в отношении всех анализируемых показателей, и в табл. 2 приведены коэффициенты корреляции данных характеристик голоса в двух группах.

По результатам обследования была рассчитана длительность фонационного выдоха (сек.), которая изменялась от 5,1 до 21,85 сек. у пациентов с хроническим синуситом и от 8,1 до 20,1 сек. у здоровых лиц. Различия в средних (15,6 сек. и 13,3 сек.) по группам значимы ($p=0,033$). На рис. 4 представлена диаграмма данных показателей.

Таблица 1
Средние значения частоты основного тона в анализируемых группах
Table 1
The average values of the pitch frequency in the analyzed groups

Группы	М, Гц	95% ДИ
1-я группа (пациенты с хроническим синуситом) (n=35)	183,1	161,8–204,4
2-я группа (здоровые) (n=20)	196,7	165,0–228,4
Всего (n=55)	188,1	170,8–205,3

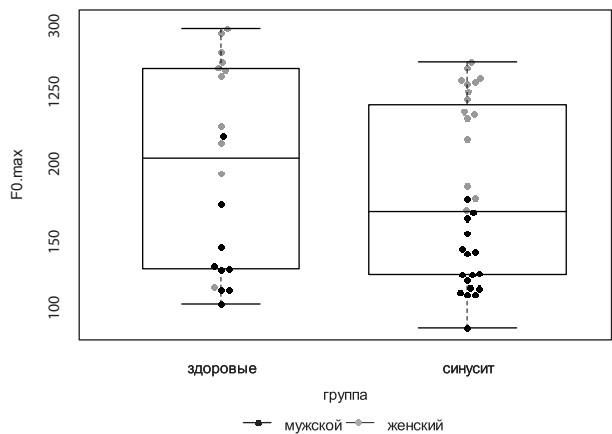


Рис. 3. Максимальная частота голоса у здоровых лиц и пациентов с хроническим синуситом
Fig. 3. Maximum voice frequency in healthy individuals and patients with chronic sinusitis

Таблица 2
Корреляционные зависимости между возрастом пациентов с хроническим синуситом и акустическими параметрами голоса
Table 2
Correlations between the age of patients with chronic sinusitis and acoustic parameters of the voice

	ЧОТ	Max ЧОТ	Min ЧОТ	GNE	Jitter	ВМФ	Noise	Overall Severity	Irregularity
r	0,312	0,330	0,240	-0,113	0,005	-0,284	0,166	0,166	0,305
p	>0,01	>0,01	>0,01	<0,01	<0,01	<0,01	>0,01	>0,01	>0,01

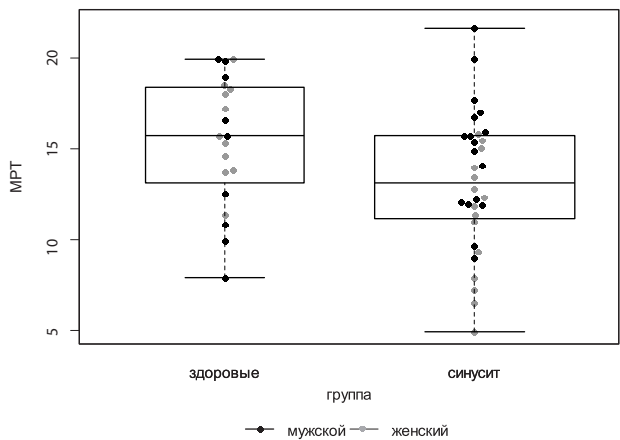


Рис. 4. Длительность фонационного выдоха в зависимости от наличия хронического синусита и пола
Fig. 4. Duration of phonation exhalation depending on the presence of chronic sinusitis and gender

■ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе полученных нами результатов исследования следует подчеркнуть, что в доступной литературе нет аналитических материалов, касающихся использования компьютерного анализа голоса у пациентов, страдающих хроническим синуситом. Сравнительный анализ голосовых характеристик показал отсутствие достоверного отличия между исследуемыми группами в отношении частотных характеристик, что позволяет нам сделать вывод о природной стабильности минимальной, максимальной и средней частоты голоса у людей. Анализ современной литературы подтверждает наше мнение. Исследования, проведенные в различных странах с оценкой голосовых характеристик пациентов после хирургического лечения патологии полости носа и околоносовых пазух, показали, что частотная характеристика голоса не изменялась [14, 15]. В то же время патология верхних дыхательных путей, несомненно, отрицательно сказывается на работе слизистой оболочки нижних дыхательных путей и голосе человека. Нами доказано достоверное отличие времени длительности максимального выдоха у здоровых лиц и пациентов с хроническим синуситом в сторону его уменьшения при патологии околоносовых синусов. Данное обстоятельство представляется важным в плане дальнейших исследований о необходимости проведения комплексной диагностики и реабилитационных мероприятий у пациентов, страдающих хроническим синуситом.

■ ВЫВОДЫ

1. Частотные характеристики голосового аппарата людей являются стабильными и малоизменяемыми при патологии околоносовых пазух.
2. Доказано достоверное отличие длительности максимальной фонации у пациентов с хроническим синуситом (13,3 сек.) и здоровых лиц (15,6 сек.) ($p=0,033$).

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bogomilsky M., Radzig E. Laryngitis in children: features of the course and treatment. *Vestnik otorhinolaryngologii*. 2009;1:45–49. (in Russian)
2. Angelillo N., Di Costanzo B., Angelillo M., Costa G. Epidemiological study on vocal disorders in pediatric age. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2008;49(1):1–5.
3. Hema N., Mahesh S., Pushpavathi M., Normative data for Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) for adults – A computerized voice analysis system. *Journal of All India Institute of Speech and Hearing*. 2009;28:1–7.
4. Schaeffer N., Knudsen M., Small A. Multidimensional voice data on participants with perceptually normal voices from ages 60 to 80: a preliminary acoustic reference for the elderly population. *Journal Voice*. 2015;29(5):631–637.
5. Kojima T., Fujimura S., Hasebe K., Okanoue Y., Shuya O., Yuki R. Objective Assessment of Pathological Voice Using Artificial Intelligence Based on the GRBAS Scale. *Journal Voice*. 2021;29. doi: org/10.1016/j.jvoice.2021.11.021
6. Kojima T., Shoji T., Yo Kishimoto. A New iPhone Application for Voice Quality Assessment Based on the GRBAS Scale. *The Laryngoscope*. 2020;131(3):580–583.
7. Willis J., Michael D.D., Boyer H., Misono S. Prevalence and Severity of Dysphonia in Patients with Cystic Fibrosis: A Pilot Study. *Otolaryngology Head Neck Surgery*. 2015;153(1):88–93.
8. Kuran G., Cavus G. Vocal Quality Assessment of Patients with Pituitary Adenomas Operated via Endoscopic and Microscopic Approaches. *Turkish Neurosurgery*. 2020;30(1):38–42.
9. Mokhotaeva M., Stepanova Yu. Diagnostics of the state of voice function in children by acoustic analysis method. *Russian otorhinolaryngology*. 2010;1(44):86–89. (in Russian)
10. Sorenson D.N. A fundamental frequency investigation of children ages 6–10 years old. *Journal of Communication Disorders*. 1989;22:115–123.
11. Stepanova Yu. *Modern aspects of voice disorders in children. Collection of theses scientific and practical conference dedicated to the 30th anniversary of the Omsk City Phoniatric Center*. Omsk, 2006:87–89. (in Russian)
12. Shetty V., Thejaswi D., Biniyam K., Aroor R., Bhat V., Saldhana M. The effect of functional endoscopic sinus surgery on nasal resonance. *World Journal Otorhinolaryngology Head Neck Surgery*. 2022;16(3):269–273.
13. Delgado-Ruiz R., Botticelli D., Romanos G. Temporal and Permanent Changes Induced by Maxillary Sinus Lifting with Bone Grafts and Maxillary Functional Endoscopic Sinus Surgery in the Voice Characteristics-Systematic Review. *Dentistry Journal*. 2022;11(3):47.
14. Yang K.L., Luo S., Tsai M.H., Chang Y., Kuo H.Y., Chen W.C. Nasality outcome in unilateral chronic rhinosinusitis following functional endoscopic sinus surgery. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2022;121(5):936–942.
15. Madill C. The Impact of Nasalance on Cepstral Peak Prominence and Harmonics-to-Noise Ratio. *Laryngoscope*. 2019;129(8):299–304.