



11. Цыплаков Д. Э. Морфологическое и электронномикроскопическое исследование клеток слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи при экспериментальном синусите и динамике лечения ксимедином / Д. Э. Цыплаков, С. Б. Мосихин, А. С. Лопатин // Рос. ринология. – 2007. – № 1. – С. 8–11.
12. Шапиро М. Я. К вопросу о морфологии нервного аппарата слизистой оболочки лобных пазух / М. Я. Шапиро // Вест. оторинолар. – 1956. – № 1. С. 33–36.
13. Close L. G. Headaches and disease of the nose and paranasal sinuses / L. G. Close, J. Avin // Seminars in Neurology. – 1997. – V. 17. – N4. – P. 351–354.
14. Djupesland P. G. Nitric oxide in the nasal airway: a new dimension in otorhinolaryngology / P. G. Djupesland, J. M. Chatkin, W. Qian // Am. J. Otolaryngol. – 2001. – V. 22(1). – P. 19–32.
15. Jallat-Daloz I. Neural-epithelial cell interplay: in vitro evidence that vagal mediators increase PGE2 production by human nasal epithelial cells / I. Jallat-Daloz, J. L. Cognard, J. M. Badet // Allergy Asthma Proc. – 2001. – V. 22(1). – P. 17–23.
16. Мйчиче Н. Effets vasculaires des neurokinines chez l' homme / Н. Мйчиче, А. Koroglu, J. Elaerts // Therapie. – 2001. – V. 56(3). – P. 205–11.
17. Modulatory effect of two novel CGRP receptor antagonists on nasal vasodilatory responses to exogenous CGRP, capsaicin, bradykinin and histamine in anaesthetised pigs / D. Malis, B. Rist, K. Nicoucar et al. // Regul Pept. – 2001. – V. 101(1–3). P. 101.
18. Patients with rheumatoid arthritis adapt differently to repetitive painful stimuli compared to healthy controls / J. Wendler, T. Hummel, M. Reissinger et al. // J. Clin Neurosci. – 2001. – V. 8(3). – P. 272–7.

УДК: 616. 22–009. 11–031. 4–08–039. 73

ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНСЕРВАТИВНОЙ ТЕРАПИИ ОДНОСТОРОННИХ ПАРАЛИЧЕЙ ГОРТАНИ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГОЛОСА

З. К. Темираева¹, О. В. Немых¹, П. В. Пашков

¹Санкт-Петербургский государственный медицинский университет

им. акад. И. П. Павлова

(Зав. кафедрой оториноларингологии с клиникой – з. д. н. РФ,
проф. М. С. Плужников)

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ»

(Зав. каф. ЭУТ – проф. К. Е Аббакумов)

Дисфония является одним из наиболее значимых в социальном отношении симптомом односторонних парезов гортани. Перед отоларингологами стоит задача количественной оценки нарушений голоса, являющихся критериями эффективности лечения парезов гортани.

До недавнего времени качественная оценка голоса осуществлялась исключительно на основании восприятия врача [1, 2, 5, 9]. Данный подход зависит от большого количества субъективных факторов и не может полноценно отражать состояние голосовой функции.

В настоящее время методы субъективной оценки продолжают использоваться отоларингологами по всему миру. Разработанная Nigano [7] шкала GRBAS считается наиболее удачной. Этот метод обеспечивает субъективную количественную оценку голоса по 5 параметрам: общая степень дисфонии, грубость голоса, хриплость голоса, слабость голоса, напряженность голоса. Каждый параметр оценивается по 4-х балльной шкале. Результаты клинического применения этой шкалы показали, что наиболее достоверными являются только первые три параметра: G, R, B, поэтому во многих исследованиях можно встретить так называемый упрощенный вариант этой шкалы. Именно эта шкала часто используется в качестве золотого стандарта для проверки новых методик объективного акустического анализа голоса.

Существующие методы анализа голоса, основанные на субъективной оценке широко используются, не смотря на наличие современных компьютерных технологий и мультиме-



данных устройств для записи звуковых данных, так как на сегодняшний день не существует единых критериев объективной оценки голоса.

Наиболее широко используемые системы для акустического анализа [3, 6, 10]: MDVP (Multi-dimensional Voice Program), Key Elemetrics; EVA (Evaluation Vocal Assisatee); CSL (Computerized Speech Laboratory), Key Elemetrics; CSpeech; SoundScope (developed by CM Instruments); Dr. Speech (developed by Tiger Electronics, Inc.); SSVa (System for Singer Voice Analysis).

По сей день значительное количество исследований посвящается определению влияния патологических изменений гортани на акустические характеристики голоса. Были установлены следующие свойства голосового сигнала при патологии:

- Статистически значимые изменения в основном тоне (F_0) и амплитуде голоса (пертурбации основного тона и амплитуды). Голосовой аппарат человека не способен воспроизводить абсолютно устойчивую частоту голоса. Каждый период отличается от последующего амплитудой и частотой.
- Присутствие громкого турбулентного (аддитивного) шума.
- Снижение амплитуды и частоты основного тона (часто наблюдается).
- Преобладание первой гармоники в спектре сигнала.
- Ослабление или исчезновение высокочастотных гармоник (выше 1 кГц).
- Наличие субгармоник.
- Паузы в генерации периода основного тона.

Эти изменения не всегда представлены одновременно. В зависимости от заболевания и его стадии проявляется только часть из них.

Оценка голоса человека сложна из-за многомерной, многофакторной природы и высокой вариабельности физических характеристик речевого сигнала. Тем не менее, в последнее время возрос интерес к объективной документации и оценке качества голоса.

Акустические параметры позволяют производить объективные и неинвазивные измерения голосовой функции. С течением времени эти измерения все больше становятся доступными. Их применение для мониторинга изменений качества голоса во время лечения оказывается необходимым при оценке эффективности лечения.

Целью нашей работы явился сравнительный анализ акустических параметров голоса у больных с односторонними параличами гортани до, и после лечения, определение информативных показателей для оценки эффективности лечения.

Материалы и методы

В ЛОР-клинике СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова находились под наблюдением 10 больных с односторонними параличами гортани в возрасте от 21 до 72 лет, из них 5 женщин и 5 мужчин. В 7 случаях причиной односторонних параличей гортани явилось оперативное вмешательство на щитовидной железе, у 2 пациента – на сонной артерии, у 1 – аневризма грудного отдела аорты. Давность паралича в 6 случаях составила 7 дней, в 3 случаях – 6 месяцев, в 1 случае – 1 год. Контрольная группа состояла из 20 здоровых людей (без патологии гортани), не имеющих жалоб на собственный голос. Нами была сформирована контрольная группа, состоящая из 20 человек (15 мужчин, 5 женщин) возрастом от 21–56 лет. По результатам анализа были получены следующие усредненные значения акустических параметров: Pitch (Hz): $533,819 \pm 12,268$; Jitter (local %): 11.27 ± 0.074 ; Shimmer (local %): 6.306 ± 0.01 ; HNR (dB): 22.389 ± 0.301 ; Intensity (dB): 19.152 ± 0.205 .

Акустический анализ голоса проводился при помощи лицензионной компьютерной программы «Praat». Запись голоса производилась 2 раза: до консервативного лечения и через 1 месяц после него. Запись производилась в звуко-изолированной комнате (2,5x3,0 м) с использованием микрофона, прикрепляющегося на заушной области пациента (AKG – C 420 B–LOCK). Данная модель микрофона практически не улавливает посторонних шумов (например, шума вентиляторов компьютера), значительно улучшая качество записи. Пациента просили произнести продолжительный гласный звук /a:/ на привычной тональности и громкости пять раз подряд. Записанный голос сохраняется в аудиофайл формата WAV.



При проведении данного исследования, нами был применен ряд новых методик записи и обработки записей голосов пациентов:

1. Для получения наиболее достоверных результатов об изменении акустических параметров (особенно это касается параметров Jitter и Shimmer), запись производилась 5 раз в течение одной сессии. В дальнейшем полученные данные были подвергнуты статистической обработке по алгоритму обработки погрешностей прямых измерений. В результате этих расчетов было получено среднее значение исследуемого параметра и доверительный интервал погрешности (в таблице 1 величина стоящая после \pm). Такая методика наиболее информативно отражает изменение параметра, так как ранее нельзя было с уверенностью сказать, произошло ли приращение параметра или это лишь стандартные отклонения связанные, например, с утомляемостью голоса, или другими внешними факторами. Получив среднее значение параметра вместе с его доверительным интервалом, мы можем, сравнивая их, с уверенностью сказать, что изменение величины произошло, если доверительные интервалы не перекрывают друг друга. В противном случае возможен случай, что по результатам лечения параметр вообще не изменился по сравнению со своей первоначальной величиной.

Данная методика записи голоса дала положительные результаты, особенно это касается таких акустических параметров как HNR и Intensity. В данном случае доверительные интервалы не перекрывают друг друга, что свидетельствует о реальном изменении параметра, что отражено в таблице 1.

Что же касается Параметров Jitter и Shimmer то при акустическом анализе, данные параметры были признаны нами как малозначимыми для исследования данной патологии, так как приращение данных параметров незначительно, а доверительные интервалы по значениям близки, хотя и не перекрывают друг друга.

2. Кроме того, уменьшение численного значения доверительного интервала косвенно свидетельствует об улучшении голоса, так как чем меньше данная величина, тем меньше разница между измеренными значениями акустических параметров по пяти записям. Следовательно, акустический сигнал становится более ровным и меньше флюктуирует на протяжении сессии записей.

3. Кроме того, мы выявили характерный для одностороннего паралича гортани параметр, ранее никем не используемый: разность между Number of pulses (количество смыканий голосовых складок) и Number of period (период между звуковыми волнами, возникающих при смыкании голосовых складок во время вибрации), которая в норме должна равняться 1. Чем больше эта разность, тем больше неэффективных, т. е. беззвучных смыканий голосовых складок, что характерно для односторонних параличей гортани. Данный показатель представляет особый интерес, поскольку отражает патологический процесс фонации, характерный для одностороннего паралича гортани: при несомкнутой голосовой щели в подскладочном пространстве не достаточно давления для формирования полноценной звуковой волны, что приводит к частым беззвучным колебаниям голосовых складок.

Параметры Number of pulses и Number of period зависят от продолжительности записи в отличие от параметров Jitter, Shimmer, HNR и Intensity, которые остаются постоянными независимо от длины звукового фрагмента. В связи с этим для объективной оценки мы предлагаем рассматривать не разность, а отношения параметров Number of pulses (количество смыканий голосовых складок) Number of period (период между звуковыми волнами). Данные параметры не описаны в литературе. При акустическом анализе голоса мы сравнивали «реальное» отношение численного значений параметра Number of pulses к значению Number of period при патологии, с некоторым «идеальным» отношением Number of pulses / Number of period (в норме Number of period = Number of pulses – 1). Затем мы сравнивали насколько «реальное» отношение отличается от «идеального» до и после проведенного лечения, и на основании этого принимали решение о состоянии голосовой функции, так как если разница уменьшается («реальное» приближается к «идеальному»), то состояние голосовой функции улучшилось.

Вышеописанный анализ данных позволил сделать параметры Number of pulses и Number of period более информативными для акустического анализа голоса. Использование описан-



ного нами анализа данных позволяет абстрагироваться от временного интервала и проводить объективную оценку голоса почти при любой продолжительности записи.

4. В литературе описан анализ 2-х секундного фрагмента записи голоса. Мы же проводили анализ всего записанного фрагмента, за исключением нескольких первоначальных миллисекунд. На наш взгляд анализ всего фрагмента дает более точные, усредненные по данному фрагменту, данные. Для сравнения мы провели анализ фрагмента по составляющим его 2-х секундным промежуткам, в результате получили широкий разброс данных, что подтверждает необходимость анализа всего фрагмента в целом.

Нами было показано, что информативными параметрами акустического анализа голоса при односторонних параличах гортани являются следующие:

1. Intensity – интенсивность сигнала, которая отражает громкость голоса, измеряется в дБ, при улучшении смыкания голосовых складок возрастает.

2. HNR – соотношение гармоника/шум в звуковом сигнале, измеряется в дБ. В любом голосе присутствует определенная доля шума, которая соответствует степени охриплости. Этот показатель коррелирует с плотностью смыкания голосовых складок и соответствует параметру «В» шкалы субъективной оценки GRBAS [4, 8, 11]. Измерение HNR служит индикатором степени турбулентного шума, появляющегося во время фонации в результате утечки воздуха через голосовую щель, недостаточно сомкнутую при односторонних параличах гортани.

3. Jitter – степень частотной нестабильности вибрационной способности складок называется. Praat позволяет измерить 5 вариантов jitter, различных по алгоритму вычисления: jitter (local) – измеряется в %, jitter (local, absolute) – измеряется в миллисекундах, jitter (RAP) – измеряется в %, jitter (ppq5) – измеряется в %, jitter (ddp) – измеряется в %.

Для всех представленных вариантов вычисления jitter (кроме jitter (ddp)) известны границы нормы. Иногда jitter невозможно вычислить, сигнал становится аperiодичным, что является косвенным подтверждением высокой степени дисфонии при тяжелом поражении гортани.

4. Shimmer – степень амплитудной нестабильности вибрационной способности складок. В Praat можно измерить 6 вариантов shimmer: shimmer (local) – измеряется в %, shimmer (local, dB) – измеряется в дБ, shimmer (arq3) – измеряется в %, shimmer (arq5) – измеряется в %, shimmer (arq11) – измеряется в %, shimmer (ddp) – измеряется в %.

Shimmer так же как и jitter регистрируется как в норме, так и при дисфонии, для некоторых вариантов shimmer известен порог патологии. При дисфонии значение shimmer увеличивается.

По данным литературы, значения jitter и shimmer соответствуют параметру «R» шкалы GRBAS [8, 11], который отражает грубость голоса, вызванную беспорядочностью частоты основного тона и амплитуды в голосовом сигнале. Присутствие беспорядочности вибрации очевидно в случаях появления новообразований и наличия значительного дисбаланса между голосовыми складками.

5. Отношение параметров Number of pulses (количество смыканий голосовых складок) к Number of period (период между звуковыми волнами).

6. Pitch – частота основного тона.

Результаты

При акустическом исследовании голоса значения исследуемых показателей после лечения сроком 1 месяц изменились в лучшую сторону в 8 случаях, в 2-х случаях улучшения акустических параметров не наблюдалось, что соответствовало клиническим данным.

Рассматривая изменение значения параметра Pitch (частота основного тона) можно отметить уменьшение численного значения доверительного интервала погрешности, что в случае с показателем Pitch имеет особую важность и информативность. Так как уменьшение доверительного интервала свидетельствует о том, что частота основного тона становится более стабильной меньше флуктуирует в течении всей сессии записей.



Рассматривая графу (Pulses) таблицы 1, отметим уменьшение отношения Number of pulses / Number of period поле лечения, что свидетельствует об улучшении состояния голосовой функции, так как чем больше это отношение стремится к 1, тем меньше разница между «реальным» значением измеряемой величины и некоторым «идеалом» при данных параметрах записи.

Параметр HNR является одним из самых объективных из акустических параметров и, в то же время, самым простым в оценке, так как значение HNR при улучшении состояния голосовой функции должно возрастать и стремиться к значениями около 20 dB (для гласного звука /a:/). Поскольку HNR есть соотношение гармонической и шумовой энергии во временной области, то при возрастании значения этого показателя шумовой энергии в сигнале становится меньше.

Параметр Intensity сравнивался с аналогичным параметром контрольной группы. В среднем полученные в результате обработки данные, схожи со средним значением Intensity для контрольной группы. Увеличение этого показателя после лечения так же свидетельствует об улучшении состояния голосовой функции.

Что же касается параметров Jitter и Shimmer, представленных в таблице 2, то как было сказано ранее, их изменение было незначительным, и мало отличалось от показателей контрольной группы, поэтому эти параметры были признаны как малоинформативные.

Таблица 1

	Pitch, Hz		Pulses *		HNR, dB		Intensity, dB	
1	532,202± 14,4	537,632± 5,3	1,148± 0,24	1,108± 0,084	19,744± 0,3	20,857± 0,8	19,184± 0,05	19,459± 0,18
2	534,377± 6,7	521,333± 12,9	1,091± 0,297	1,093± 0,287	22,119± 0,2	21,57± 0,1	19,744± 0,3	19,698± 1,2
3	521,43± 12,9	532,48± 6,2	1,097± 0,089	1,049± 0,07	21,869± 1,3	21,956± 0,1	18,94± 0,518	19,596± 1,4
4	506,0,35± 31,14	512,366± 25,47	1,094± 0,316	1,087± 0,23	20,642± 0,5	21,335± 0,3	20,644± 0,7	21,334± 0,85
5	241,111±3,9	545,139± 20,07	1,054± 0,24	1,092± 0,128	22,372± 0,2	21,043± 0,2	25,95±1,9	19,26±0,3
6	535,55±17,6	569,52±14,5	1,099± 0,051	1,093± 0,045	22,139± 0,1	21,002± 0,15	19,783± 2,04	20,132± 0,97
7	527,164± 21,13	530,25± 10,7	1,096± 0,127	1,092± 0,1	21,93± 0,2	21,99± 0,1	19,594± 0,2	20,486± 0,5
8	540,552± 7,5	568,78± 15,3	1,092± 0,154	1,090± 0,14	20,472± 0,06	21,791± 0,04	20,019± 1,9	21,729± 0,8
9	607,72±13,6	610,24±11,1	1,094± 0,147	1,089± 0,125	14,873± 0,3	18,371± 0,2	19,426± 0,4	20,497± 0,76
10	527,261± 10,35	535,303± 21,165	1,089± 0,275	1,082±0,3	18,926± 0,25	21,098± 0,75	19,267± 1,4	19,545± 1,8

Выводы:

1. Запись голоса необходимо осуществлять по пять раз в каждой сессии, проводить анализ всего записанного фрагмента.
2. Информативными параметрами акустического анализа голоса при односторонних параличах гортани являются Jitter, Shimmer; HNR; Intensity, они адекватно отражают динамику изменения качества голоса, что является важным дополнительным критерием для оценки эффективности проводимого курса лечения.
3. Отношение Number of pulses и Number of period является характерным для односторонних параличей гортани показателем, который отражает несостоятельность гортани в формировании необходимого давления в подскладковом пространстве для образования звуковой волны.

4. Необходимо проводить статистическую обработку по алгоритму обработки погрешностей прямых измерений для получения средних значений исследуемого параметра и доверительного интервала погрешности. Эти вычисления позволяют судить о достоверности используемых параметров.

Таблица 2

	Jitter (local), %		Shimmer (local), %	
1	11,106+0,09	11,202+0,13	8,684+0,1	7,255+0,14
2	11,101+0,09	11,281+0,006	6,432+0,3	6,999+0,2
3	11,253+0,09	11,465+0,005	6,398+0,0075	6,307+0,08
4	11,193+0,1	11,211+0,007	8,715+0,75	8,600+0,14
5	5,166+0,7	5,310+0,150	21,043+0,2	6,228+0,2
6	11,262+0,01	11,29+0,07	6,607+0,1	6,203+0,2
7	11,209+0,12	11,280+0,24	6,788+0,2	6,799+0,35
8	11,283+0,1	11,291+0,2	7,772+0,1	7,509+0,35
9	11,287+0,06	11,287+0,15	13,873+0,295	11,237+0,45
10	11,204+0,4	11,207+0,13	9,505+0,25	7,174+0,2

Примечание: *Pulses – отношение Number of pulses / Number of period.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернобельский С. И. Клинико-функциональная оценка результатов лечения больных с односторонним парезом гортани методом многопараметрового акустического анализа голоса / С. И. Чернобельский // Вестн. оторинолар. – 2005. – № 3. – С. 17–19.
2. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques / P. H. Dejonckere, P. Bradley, P. Clemente and al. // Eur. Arch. Otorhinolaryngol. – 2001. – № 258. – P. 77–82.
3. An acoustic analysis of pathological voice and its applications to the evaluation of laryngeal pathology. / H. Kasuya, S. Ogawa, Y. Kikuchi et al. // Speech Communications. – 1986. – № 5. – P. 171–181.
4. Davis S. B. Advances in basic research and practice. / S. B. Davis // Speech and Language. – 1979. – № 1. – P. 271–335.
5. Eskenazi L. Acoustic correlates of vocal quality / L. Eskenazi, D. G. Childers, DM. Hicks // J. Speech Hear Res. – 1990. – № 33. – P. 298–306.
6. Hadjitodorov S. A computer system for acoustic analysis of pathological voices and laryngeal diseases screening. / S. Hadjitodorov, P. Mitev // Medical Engineering and Physics. – 2002. – № 24. – P. 419–429.
7. Hirano M. Clinical examination of voice. / M. Hirano. – New York:Springer, 1981. – 289 p.
8. Objective Voice Analysis for Dysphonic Patients: A Multiparametric Protocol Including Acoustic and Aerodynamic Measurements / P. Yu, M. Ouaknine, J. Revis, et al. // Journal of Voice. – 2001. – Vol. 15, № 4. – P. 529–542
9. Perceptual evaluation of voice quality: review, tutorial and a framework for future research. / J. Kreiman, B. R. Gerratt, G. B. Kempster et al. // J. Speech Hear Res. – 1993. – № 36. – P. 21–40.
10. The dysphonia severity index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach / F. L. Wuyts, M. S. De Bodt, G. Molenberghs et al. // J. Speech Hear. Res. – 2000. – № 43. – P. 796–809.
11. Uloza V. Effects on voice by endolaryngeal microsurgery / V. Uloza. // Eur. Arch. Otorhinolaryngol. – 1999. – № 256. – P. 312–315.