

Т.А. ШИДЛОВСЬКА, С.Е. ЯРЕМЧУК, Т.Б. ЗЕМЛЯК

АКУСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ JITTER ТА SHIMMER У ПАЦІЄНТІВ З РУХОВИМИ РОЗЛАДАМИ ГОРТАНІ

*ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка НАМН України»,
(дир. – акад. НАМН України, проф. Д.І. Заболотний)*

Порушення голосу, його сили, висоти, виразності, тембру є одним з беззаперечних клінічних проявів рухових розладів гортані [1-4]. Суб'єктивно такі зміни голосу часто сприймаються хворим як захриплість. Основним з фізичних механізмів виникнення захриплості є неперіодичність основного тону за частотою та амплітудою, а також додаткові шумові компоненти в спектрі звукового сигналу [5]. При парезах та паралічах гортані ступінь порушення голосової функції може бути різноманітною – від легкої захриплості до афонії. Моторні розлади при пошкодженні поворотного гортанного нерва часто супроводжуються сенсорними порушеннями, що ускладнюють координацію рефлекторних механізмів дихання та голосоутворення і поглиблюють чи/або впливають на вираженість захриплості. Наявність багатofакторних впливів потребує залучення об'єктивних методів дослідження для покращення розуміння зв'язків між фізіологічними даними, що характеризують порушення голосоутворення та фізичними даними, що характеризують мовленнєвий сигнал. Об'єктивні методи дослідження якості голосу ґрунтуються на запису фонетограми, спектрограми голосу та проведенні аналізу його акустичних характеристик [1, 2, 3, 6].

Останні роки широкого розповсюдження набуває застосування цифрової автоматичної обробки мовленнєвого сигналу з використанням спеціальних програмних продуктів (Computerized Speech Lab, Speech, EZ Voice, Dr. Speech. тощо). Водночас фахівці з акустики відмічають високу

ефективність програми «Praat» у вивченні акустичних параметрів голосового сигналу, особливостей основного тону, гучності звукового сигналу, що може бути використано в клінічній практиці [1, 2, 3, 7]. Однак аналіз літератури свідчить про брак даних, що відображають акустичну картину фонаторної функції у хворих з парезами та паралічами гортані. На думку деяких авторів [8], акустичний аналіз необхідний для кількісної характеристики якості голосу пацієнтів з паралітичним стенозом гортані, що особливо важливо для встановлення діагнозу та оцінювання результатів проведеного лікування.

Мета даної роботи – вивчити акустичні показники Jitter та Shimmer голосового сигналу у хворих з руховими розладами гортані.

Матеріал і методи дослідження

Нами було обстежено пацієнтів з односторонніми та двобічними парезами та паралічами гортані. Наявність односторонніх та двобічних парезів та паралічів гортані у хворих була встановлена при непрямій ларингоскопії та відеоларингоскопічному дослідженні з використанням жорсткого ендоскопу на обладнанні фірми WOLF (Німеччина). Серед пацієнтів було 15 осіб з білатеральними руховими розладами гортані (1-а група), 15 – з двобічними руховими розладами гортані після ендоскопічної ендоларингеальної односторонньої хордоаритеноїдотомії (2-а група), 15 – з односторонніми руховими порушеннями гортані (3-я група). В якості контрольної групи були обстежені 15 осіб

без патології голосового апарату і порушень фонації (К). Всього обстежено 60 осіб.

Всім обстеженим виконувався голосовий функціональний тест, зокрема визначався час максимальної фонації (ЧМФ). Вимірювання часу максимальної фонації проводили наступним чином: пацієнта просили вдихнути повітря і на зручній для нього частоті та зі зручною гучністю фонувати голосну «а». За допомогою годинника з секундоміром вимірювали час від початку фонації до переходу звуку в шепіт. Дослідження виконували тричі з інтервалами в 60 с та обчислювали середнє арифметичне значення.

При проведенні акустичного обстеження було використано комп'ютерну цифрову акустичну обробку голосового сигналу за допомогою програмного забезпечення «Praat V 4.2.1». Запис голосового сигналу здійснювався в положенні хворого сидячи, мікрофон розташовувався на відстані 20 см від досліджуваного. Пацієнта просили здійснювати фонацію звуку «а» з максимальною тривалістю на зручній для нього висоті тону. Аналізу підлягали такі дані:

– Fdelta – різниця між максимальною та мінімальною частотою тону, чи частотний діапазон (в Гц);

– SPLdelta – різниця між максимальною та мінімальною силою голосу, чи динамічний діапазон (в дБ);

– Jitter – міра варіабельності частоти основного тону (ЧОТ) від періоду до періоду у межах ділянки звукового сигналу, що підлягає аналізу. Відображає ступінь частотної нестабільності голосу, вимірюється у відсотках;

– Shimmer – міра варіабельності амплітуди коливань від періоду до періоду ділянки звукового сигналу, що аналізується. Відображає ступінь амплітудної нестабільності голосу, вимірюється у відсотках;

– NHR (noise-to-harmonics ratio) – показник, що характеризує відношення негармонічного (шумового) та гармонічного компонентів у спектрі голосного звуку в діапазоні 70-4200 Гц.

Для аналізу отриманих даних використовувались методи варіаційної статистики. Розраховувалось середньостатистичне значення показників – величина (М) та її похи-

бка ($\pm m$), а також коефіцієнт достовірності різниці (t). Достовірність отриманих результатів оцінювалась за таблицею критеріїв Стьюдента.

Результати та їх обговорення

При огляді внутрішніх структур гортані за допомогою непрямой ларингоскопії та відеоларингоскопії у хворих з руховими розладами гортані визначалися обмеження чи відсутність аддукції та/або абдукції однієї або обох голосових складок, неповне змикання чи постійна відсутність закриття голосової щілини, обмеження чи відсутність рухів черпакуватого хряща. При суб'єктивному оцінюванні хворими з руховими розладами гортані якості власного голосу та перцептивній оцінці голосу на слух дослідника в усіх групах обстежуваних визначалися наявність порушень якості голосу, що відбивали зміни у голосоутворюючій системі різного ступеня вираженості.

Голос людини – це звукове коливання, субстратом якого є потік повітря, яке з альвеол через бронхи та трахею досягає органа-ефектора голосоутворюючої системи – гортані, де трансформується в голосові коливання, як такі, і через резонатори – глотку, порожнини рота і носа розповсюджується в навколишньому просторі [9]. Динамічний потік повітря при цьому забезпечується фонаційним диханням, що відноситься до групи утрудненого дихання. Даний тип дихання потребує не лише забезпечення об'ємних та швидкісних параметрів аеродинамічного повітряного потоку, а й фізіологічної швидкої маневреності щодо кількості повітря та величин підглотисного тиску, які змінюються в залежності від того, який саме генерується звук. Система координуючого управління дихальною та голосоутворюючою функцією залучає роботу як периферичного відділу нервово-м'язевого апарату гортані, так і центральних механізмів регуляції.

Для оцінки якості голосу доцільно проводити функціональні тести. В клінічній практиці часто використовується метод визначення часу максимальної фонації. Він дає змогу оцінити загальний обсяг повітря, яке використовується для фонації, роботу внутрішніх м'язів гортані та силу експіраторної напруги дихальних м'язів [9]. Таким

чином, метод дозволяє здійснити відносну оцінку фонаційного дихання хворого. При проведенні визначення часу максимальної

фонації звуку «а» у хворих з руховими розладами гортані було виявлено наступне (табл. 1).

Таблиця 1

Показник часу максимальної фонації у хворих з руховими розладами гортані та у осіб контрольної групи

Групи	ЧМФ, с
1-а (n=15)	6,9±0,15**
2-а (n=15)	4,5±0,1**
3-я (n=10)	8,1±0,42**
К	18,0±2,7
t (1-2)	13,3 (P<0,01)
t (1-3)	2,7 (P<0,05)
t (2-3)	8,3 (P<0,01)

Примітка: * - достовірність відмінностей (P<0,05) порівняно з контрольною групою; ** - достовірність відмінностей (P<0,01) порівняно з контрольною групою.

Як видно з зазначених у таблиці даних, в усіх групах обстежуваних хворих з парезами та паралічами гортані визначається суттєве достовірне зниження часу максимальної фонації в порівнянні з контрольною групою. При цьому, найвищі значення показників часу максимальної фонації хворих з руховими розладами гортані визначалися серед пацієнтів 3 групи з однібічними руховими порушеннями. Так, середнє значення ЧМФ у цій групі обстежуваних становило 8,1±0,42 с. У хворих з білатеральними руховими розладами гортані (1-а група) час максимальної фонації звуку «а» склав 6,9±0,15 с. Після хірургічного лікування хворих з двобічними руховими порушеннями гортані середнє значення ЧМФ у них становило лише 4,5±0,1 с (2-а група).

На нашу думку, у групі хворих з білатеральними руховими розладами гортані (1-а група) низький в порівнянні з контрольною групою час максимальної фонації обумовлений наявністю обструктивного варіанту дихальної недостатності на тлі існуючого стенозу гортані. Як наслідок, має місце неможливість системи зовнішнього дихання забезпечити необхідний для фонації об'єм повітря на вдиху та швидкість і відповідно, кількість повітряного потоку, яке проходить за певний час через голосову щілину на ви-

диху. Це, на нашу думку, деякою мірою пояснює один з механізмів порушень голосоутворення у хворих з двобічними руховими розладами гортані.

Зниження показнику часу максимальної фонації в групі хворих з двобічними руховими розладами гортані після виконання однібічної хордоаритеноїдотомії пов'язане з відсутністю фізіологічної можливості у даній категорії хворих дозованого та економічного витрачання повітря на видиху, що ускладнюється вираженістю придихальної атаки при генеруванні звуку на фоні повної чи часткової відсутності змикання голосових складок. Крім того, при фіксованому положенні прооперованої голосової складки у хворих з двобічними руховими розладами гортані унеможливується створення адекватного підглотисного тиску для підтримання кількості повітря, що необхідне для забезпечення відповідної сили та тривалості генерованих тонів, незважаючи на забезпечення кращих умов для вдиху та видиху після виконання хірургічного лікування.

Найкращі показники часу максимальної фонації у обстежених 3-ї групи мають очевидну причину – одна голосова складка працює у повному обсязі, що дозволяє до деякої міри компенсувати недіючу сторону під час фонації та дихання.

Практичне значення досить простого тесту визначення часу максимальної фонації стає зрозумілим при деталізації акустичних механізмів генерування голосу. Так, голос людини, як і всі інші звуки, має силу, висоту і тембр. Водночас, він не є простим звуковим коливанням, а складається з низки простих звуків, поєднуючи основний тон з обертонами. Основний тон – це звук певної частоти, що є домінантним в системі складного звуку, і дозволяє чітко визначити його місце за висотою на тон-шкалі. Існує певна залежність між силою (гучністю) звуку та висотою його основного тону. Як правило, чим більша інтенсивність, тим вище основний тон. Сила звуку пов'язана з амплітудою коливань голосових складок і значною мірою визначається величиною підкладкового тиску, тобто силою видиху. Забезпечення певної сили звуку, величини підкладкового тиску обумовлює рівень, зростання чи зниження висоти основного тону, опосередковано регулює його відносну сталість. Додатковим механізмом підтримання сталості висоти основного тону є зміна напруження голосових та передніх щитоперснєподібних м'язів. Порушення в роботі нервово-м'язового апарату гортані викликають не лише обмеження функціонування системи зовнішнього дихання, а й виключають можливість повноцінного регулювання висоти основного тону за рахунок зміни тону гортанних м'язів. Визначення часу максимальної фонації є віддзеркаленням можливості системи голосоутворення забезпечити необхідний для формування звуку підкладковий тиск достатньо тривалий час та, відповідно, підтримувати бажану силу звуку і якість голосу. Це дозволяє розглядати його як інформативний непрямий показник порушень голосу у хворих з руховими розладами гортані.

Аналіз отриманих нами в попередніх дослідженнях даних щодо суб'єктивної оцінки пацієнтами з парезами та паралічами гортані якості власного голосу виявив необхідність пошуку більш об'єктивних показників оцінки порушень голосової функції для даної категорії хворих, порушення голосоутворення у яких є багатофакторним процесом на тлі очевидно органічної природи.

В фундаментальних роботах з акустичної теорії голосоутворення зазначається, що основною властивістю голосового джерела є періодичність звуку, що генерується. Вона визначається тривалістю одного циклу роботи голосових складок, обернено пропорційна її величина є основною частотою голосу. Водночас поняття «висота голосу» та «основна частота голосу» не є тотожними. Висота голосу – це відчуття, пов'язане з впливом того чи іншого тону, а частота – фізична властивість звукової хвилі. Тривалість циклу, яким визначається висота голосу, завжди дещо змінюється від періоду до періоду. Дані зміни можуть мати систематичний і довільний (керований) характер та обумовлювати інтонаційний малюнок мови, а також можуть бути мимовільними [10]. Таким чином, значення висоти основного тону не може розглядатися як стала величина, адже людському голосу притаманна як фізіологічна відносна монотонність (рівномірність) звукового сигналу, так і відносна непостійність висоти голосу. В контексті вищезазначеного особливого значення набуває аналіз акустичних параметрів, що відображають і дають можливість оцінити фізіологічну та патологічну мінливість основних характеристик звукового сигналу.

Акустичне дослідження голосу є об'єктивною оцінкою якості голосового сигналу, що дозволяє вивчити цілу низку фізичних параметрів, зокрема частоту та інтенсивність основного та гармонічних тонів, які є складовими компонентами голосних звуків. Однак нерідко для даних показників притаманна певна мінливість. Крім того, постає питання порівняння показників пацієнтів з різноманітними характеристиками голосу та різною патологією голосового апарата.

За даними літератури, останнім часом значного поширення набуло дослідження акустичних показників Jitter та Shimmer [3, 5, 7, 8, 11]. На думку багатьох авторів, вони є одними з найбільш чутливих та інформативних показників акустичної картини фонаторної функції гортані при патології голосу. На нашу думку, цінність цих показників полягає у їх «відносності». Вони характеризують не сам по собі рівень частоти та амплітуди звукових хвиль, а отже висоти і

сили голосу, а їх зміни в процесі фонації. Це дає змогу оцінити стабільність фонування кожного пацієнта, а також створює можливість коректного порівняння голосових даних у різних пацієнтів чи групах пацієнтів з різною висотою чи силою голосу при різноманітній патології голосоутворення. Також важливим відносним акустичним показником є співвідношення гармоніка/шум (чистий тон та гармонічний тон до шуму, нерегулярних коливань), який дозволяє кількісно оцінити захриплість. Акустично захриплість характеризується невпорядкованою, аперіодичною мінливістю частоти основного тону, наявністю шумових компонентів, пов'язаних з варіабельністю частоти [9].

Всім обстежуваним нами хворим з руховими розладами гортані нами було виконано акустичне дослідження голосового сигналу при фонуванні звуку «а». Аналіз отриманих в ході цифрової обробки даних індивідуального акустичного профілю хворих з парезами та паралічами гортані показав (табл. 2) високу частотну розбіжність висоти тону у хворих з білатеральними ру-

ховими розладами гортані. Під час виконання фонаційного завдання деякі з цих хворих відмічали напруження в м'язах шії та відчуття важкості при намаганні утримання фонації звуку «а» з постійною висотою. Так, у 26,7% хворих 1-ї групи з білатеральними руховими розладами гортані різниця між максимальною та мінімальною висотою тону (частотна розбіжність) при фонації становила більше ніж 100 Гц. Серед пацієнтів 2-ї групи, які в анамнезі мали односторонню хордоаритеноїдотомію, значення частотної розбіжності у більше ніж 100 Гц визначалося у 66,7% випадках. В 3-й групі обстежених з односторонніми парезами та паралічами гортані частотна розбіжність звуку була у межах 10-15 Гц. Висока частотна розбіжність висоти тону звукового сигналу у хворих з білатеральними руховими розладами гортані засвідчує втрату можливості втримання постійного та чистого звуку при фонації навіть нетривалий період даною категорією хворих. Клінічним проявом даних порушень може бути «зрив» звуку, втрата мелодійності та поява перцептивного тремолування голосу.

Таблиця 2

Акустичні показники аналізу голосового сигналу при фонації «а» у пацієнтів з руховими розладами гортані та у осіб контрольної групи (К)

Групи	Акустичні показники		
	Jitter, %	Shimmer, %	NHR
К	0,22±0,16	0,37±0,85	0,0035±0,001
1-а	0,95±0,1**	5,66±2,1*	0,088±0,01**
2-а	2,6±0,7**	11,7±1,9**	0,3±0,068**
3-я	0,77±0,1*	7,5±0,4**	0,02±0,006**
t (1-2)	2,33 (p<0,05)	2,13 (p<0,05)	3,08 (p<0,01)
t (1-3)	1,27 (p>0,05)	0,86 (p>0,05)	5,83 (p<0,01)
t (2-3)	2,58 (p<0,05)	2,16 (p<0,05)	4,1 (p<0,01)

Примітка: * - достовірність відмінностей (P<0,05) порівняно з контрольною групою; ** - достовірність відмінностей (P<0,01) порівняно з контрольною групою.

Фонування звуку «а» відбувалось в межах значень показника гучності, що відповідає розмовній мові. При цьому значення динамічного діапазону в більшості випадків обстежуваних в усіх групах хворих з руховими розладами гортані не перевищувало 15 дБ. Зауважимо, що зважаючи на

отримані нами дані щодо ЧМФ у обстежуваних нами хворих з руховими розладами гортані, акустичному аналізу підлягали ділянки тривалістю 4 с, а у частини пацієнтів 1-ї та 2-ї груп вони склали 3,2-4 с, оскільки це був максимальний придатний для акустичного аналізу відрізок запису фонації.

При аналізі отриманих даних акустичного дослідження звукового сигналу при фонуванні голосного звуку «а» були виявлені суттєві відмінності між значеннями параметрів Jitter та Shimmer, а також показника відношення негармонічного (шумового) та гармонічного компоненту в спектрі (NHR) у пацієнтів з руховими розладами гортані та у осіб контрольної групи. При цьому визначалась статистично достовірна відмінність між акустичними параметрами, отриманими у пацієнтів 1-ї, 2-ї та 3-ї груп з руховими розладами гортані та особами, що не мали ознак порушення голосу (контрольна група) ($p < 0,05$; $p < 0,01$).

Середні значення акустичних показників Jitter, Shimmer та NHR у хворих 1-ї групи з двобічними руховими порушеннями гортані склали: Jitter – $0,95 \pm 0,1\%$; Shimmer – $5,66 \pm 2,1\%$; NHR – $0,088 \pm 0,01$. У хворих 3-ї групи з однобічними парезами та паралічами гортані середні значення акустичних показників дорівнювало: Jitter – $0,77 \pm 0,1\%$; Shimmer – $7,5 \pm 0,4\%$; NHR – $0,02 \pm 0,006$. Отримані дані демонструють виражену варіабельність характеристик основного тону (частоти та амплітуди) у хворих як з однобічними, так і двобічними руховими порушеннями гортані, з превалюванням нестійкої амплітуди коливань голосових складок. Водночас не було виявлено статистично достовірної відмінності між показниками Jitter та Shimmer у пацієнтів 1-ї та 3-ї груп, відповідно, з двобічними та однобічними руховими розладами гортані ($p > 0,05$). На нашу думку, високі значення коефіцієнтів Jitter та Shimmer певною мірою кількісно відображають ступінь асинхронізму вібраторного циклу голосових складок, що визначається при порушеннях нервово-м'язевого апарату гортані. У хворих з парезами та паралічами гортані такий асинхронізм обумовлюється, серед іншого, положенням структур голосового апарату при різному ступені зближення та щільності змикання голосових складок під час фонації, а також різними вадами здатності їх до вібраторних коливань. Зауважимо, що величина показника NHR у пацієнтів 1-ї та 3-ї груп з руховими порушеннями гортані відображає наявність та вираженість додаткових нерегулярних частотних проявів (шумів)

звукового сигналу при фонуванні звуку «а», що клінічно підтверджується перцептивно вираженою захриплістю у хворих як з однобічними, так і двобічними руховими розладами гортані.

Найвищі значення показників варіабельності за частотою (Jitter) та амплітудою (Shimmer), а також коефіцієнта NHR були отримані у хворих 2-ї групи з білатеральними руховими розладами гортані, яким було виконано однобічну хордоаритеноїдотомію. Так, середні значення акустичних показників у обстежених даної групи склали: Jitter – $2,6 \pm 0,7\%$; Shimmer – $11,7 \pm 1,9\%$; NHR – $0,3 \pm 0,068$. Отримані дані вказують на виражену нестабільність голосу за частотою та амплітудою, значну частку шумового компоненту в спектрі голосового сигналу у пацієнтів з руховими розладами гортані після хірургічного лікування (однобічної хордоаритеноїдотомії) та свідчить про найгірший стан фонаторної функції у даної категорії хворих з поміж обстежуваних.

На нашу думку, значення акустичних показників Jitter та Shimmer, що відбивають ступінь варіабельності основного тону за частотою та амплітудою, можуть розглядатися як об'єктивний критерій оцінки функціонального стану голосового апарату, що дозволить визначити тяжкість порушень функції голосоутворення при парезах та паралічах гортані.

Висновки:

1. У пацієнтів з руховими розладами гортані спостерігаються виражені порушення голосоутворення.

2. Визначення часу максимальної фонації є віддзеркаленням можливості системи голосоутворення забезпечити необхідний підкладковий тиск та, відповідно, силу звуку і якість голосу певний період часу, що дає можливість розглядати його як доступний, простий у виконанні і достатньо інформативний метод оцінки порушень голосу у хворих з руховими розладами гортані.

3. Дослідження акустичних показників Jitter, Shimmer, NHR у пацієнтів з руховими розладами гортані є достатньо інформативними методиками, що дають можливість кількісно оцінити нестійкість основного тону за частотою та амплітудою, а також

вираженість захриплості. Це дозволяє використовувати їх у якості об'єктивних критеріїв визначення ступеню порушень голосової функції у даної категорії хворих.

4. Найбільш виражені порушення характеристик голосу серед обстежених з руховими розладами гортані мають місце у прооперованих хворих з білатеральними

парезами і паралічами, що підтверджується об'єктивними акустичними даними.

5. Отримані дані свідчать про виражену частотну та амплітудну нестабільність, а також негармонічність голосу пацієнтів з руховими розладами гортані, що відображає значні порушення голосоутворення у даної категорії хворих.

Література

1. Colton R.H., Casper J.K., Leonard R. Understanding Voice Problems. Lippincott Williams & Wilkins, 2011. – 496 p.
2. Sulica L., Blitzer A. Vocal Fold Paralysis. Springer Berlin Heidelberg, 2006. – 270 p.
3. Seidner W., Nawka T. Aids to Voice Diagnostics. XION GmbH, 2014. – 291 p.
4. Романчишен А.Ф., Накатис Я.А., Вабалайте К.В., Готовяхина Т.В. Причины расстройств голосовой функции после операций на щитовидной железе. – СПб: «СпецЛит», 2017. – 111 с.
5. Корень Е.Е., Степанова Ю.Е., Мохотаева М.В., Бахилин В.М. Результаты акустического исследования голоса больных с функциональными и органическими дисфониями // Рос. оториноларингология. – 2013. – №3(64). – С.70-74.
6. Шидловська Т.А., Волкова Т.В., Цимбалюк Є.М. Характеристика формант F1 та F2 за даними спектрального аналізу голосового сигналу у пацієнтів з функціональними та органіч-

- ними захворюваннями голосового апарату // Журн. вушних, носових і горлових хвороб. – 2016. – №4. – С. 32-48.
7. Войтенко В.В., Черенько С.М., Паламарчук В.О. Акустичний аналіз голосу пацієнтів в тиреоїдній хірургії // Сучасні медичні технології. – 2013. – №3. – С. 245-248.
8. Юрков А.Ю., Усков А.Е. Количественная оценка голоса у пациентов с хроническими двусторонними паралитическими стенозами гортани // Рос. оториноларингология. – 2013. – №2(63). – С. 105-107.
9. Шидловська Т. А. Функціональні порушення голосу. – К.: «Логос», 2011. – 520 с.
10. Фант Г. Акустическая теория речеобразования. – М.: «Наука», 1964. – Р. 10-58.
11. Naufel de Felipe A.C., Marotti Martelletti Grillo M.H., Thais Helena Grechi. Standardization of acoustic measures for normal voice patterns // Rev Bras Otorrinolaringol. – 2006. – Vol.72(5). – P. 659-664.

References

1. Colton R.H., Casper J.K., Leonard R. Understanding Voice Problems. Lippincott Williams&Wilkins. 2011:496 p.
2. Sulica L., Blitzer A. Vocal Fold Paralysis. Springer Berlin Heidelberg. 2006:270 p.
3. Seidner W., Nawka T. Aids to Voice Diagnostics. XION GmbH. 2014:291 p.
4. Romanchishen AF, Nakatis Ya A, Vabalayte KV, Gotovyahina TV. Causes of voice function disorders after thyroid gland Surgery. Saint-Petersburg: «SpetsLit». 2017:111. Russian.
5. Koren EE, Stepanova YE, Mokhotaeva MV, Bakhilin VM. The acoustic analysis results voice of the patients with organic and functional dysphonias. Rossiiskaya otolaryngologia. 2013;3(64):70-4. Russian.
6. Shydlov'ska TA, Volkova TV, Cymbaljuk JeM. Formants F1 and F2 characteristics according to voice signal spectral analysis in patients with func-

- tional and organic diseases of the vocal apparatus. Zhurnal vushnyh, nosovyh i gorlovyh hvorob. 2016;4:32-48. Ukrainian.
7. Voytenko VV, Cherenko SM, Palamarchuk VA. Acoustic voice analysis of patients with diseases of the thyroid gland. Modern medical technology. 2013;3:245-8. Ukrainian.
8. Yurkov AYU, Uskov AE. Voice quantification in patients with chronic bilateral paralytic laryngeal stenosis. Rossiiskaya otolaryngologia. 2013;2(63):105-7. Russian.
9. Shidlovskaya TA. Functional disorders of voice. Kyiv. 2011. 521 p. Ukrainian.
10. Funt G. Acoustic Theory of Speech Production. Moscow. 1964:10-58. Russian.
11. Naufel de Felipe AC, Marotti Martelletti Grillo MH, Grechi ThH. Standardization of acoustic measures for normal voice patterns. Rev Bras Otorrinolaringol. 2006;72(5):659-64.

Надійшла до редакції 17.10.17

© Т.А. Шидловська, С.Е. Яремчук, Т.Б. Земляк, 2017

АКУСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ JITTER И SHIMMER У ПАЦИЕНТОВ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ РАССТРОЙСТВАМИ ГОРТАНИ

Шидловская Т.А., Яремчук С.Э., Земляк Т.Б. (Киев)

А н н о т а ц и я

Нарушения голоса, его силы, высоты, выразительности, тембра являются одними из клинических проявлений двигательных расстройств гортани. Голос при парезах и параличах гортани страдает в различной степени – от легкой охриплости до афонии. Объективные методы исследования качества голоса основываются на записи фонетограмм, спектрограммы голоса и проведении анализа его акустических характеристик. В последнее время широкое распространение приобретает цифровая автоматическая обработка речевого сигнала с помощью специальных программных обеспечений (Computerized Speech Lab, Cspeech, EZ Voice, Dr. Speech, Praat). В литературе отмечается недостаток информации касательно акустической картины фонаторной функции у больных с парезами и параличами гортани.

Цель работы – изучить акустические показатели Jitter и Shimmer голосового сигнала у больных с двигательными расстройствами гортани.

Материалы и методы: в исследовании принимало участие 60 пациентов с парезами и параличами гортани, среди которых было 15 человек с двусторонними двигательными нарушениями гортани (1-я группа); 15 – с двусторонними двигательными нарушениями гортани после применения хирургического лечения (эндоскопической односторонней хордоаритеноидотомии) (2-я группа); 15 – с односторонними парезами и параличами гортани (3-я группа). В качестве контрольной группы было обследовано 15 человек без патологии голосового аппарата и нарушений фонации. Всем пациентам была выполнена видеоларингоскопия (WOLF, Германия), определялось время максимальной фонации (ВМФ), выполнен акустический анализ голоса. При проведении акустического исследования была использована компьютерная цифровая акустическая обработка голосового сигнала с помощью программного обеспечения «Praat V 4.2.1».

Результаты: по нашим данным, во всех группах обследованных с парезами и параличами гортани определяется существенное достоверное снижение времени максимальной фонации в сравнении с контрольной группой. Наибольшие значения показателей ВМФ среди обследованных групп больных с двигательными расстройствами гортани были получены среди пациентов 3-й группы с односторонними парезами и параличами гортани. Так, среднее значение ВМФ в этой группе больных составило $8,1 \pm 0,42$ с. У больных с билатеральными двигательными расстройствами гортани (1-я группа) ВМФ звука «а» равнялось $6,9 \pm 0,15$ с. У больных с билатеральными двигательными расстройствами гортани, которым была выполнена хордоаритеноидотомия, среднее значение ВМФ составило $4,5 \pm 0,1$ с.

При акустическом исследовании голосового сигнала проводился анализ показателей Jitter (степень частотной нестабильности голоса), Shimmer (степень амплитудной нестабильности голоса), NHR (соотношение шум/ гармоника). Эти показатели являются «относительными», т.к. характеризуют не сам по себе уровень частоты и амплитуды звуковых колебаний, а следовательно высоту и силу голоса, а их изменения в процессе фонации. При анализе полученных данных акустического исследования звукового сигнала при фонации звука «а» определялось статистически достоверное различие между значениями параметров Jitter, Shimmer, NHR у пациентов с двигательными расстройствами гортани и у лиц контрольной группы ($p < 0,05$; $p < 0,01$). В 1-й группе больных с билатеральными двигательными нарушениями гортани среднее значение исследуемых акустических показателей составило: Jitter – $0,95 \pm 0,1\%$; Shimmer – $5,66 \pm 2,1\%$; NHR – $0,088 \pm 0,01$. В 3-й группе больных с односторонними парезами и параличами гортани были получены следующие значения акустических показателей: Jitter – $0,77 \pm 0,1\%$; Shimmer – $7,5 \pm 0,4\%$; NHR – $0,02 \pm 0,006$. При этом не было статистически достоверных отличий между средними значениями показателей Jitter и Shimmer у пациентов 1-й и 3-й групп ($p > 0,05$). Среднее значение акустических показателей у больных с билатеральными двигательными расстройствами гортани после проведения эндоскопической односторонней хордоаритеноидотомии (2-я группа) составило: Jitter – $2,6 \pm 0,7\%$, Shimmer – $11,7 \pm 1,9\%$, NHR – $0,3 \pm 0,068$. Определялось статистически достоверное отличие этих показателей от значений в 1-й и 2-й группах больных с двигательными расстройствами гортани ($p < 0,05$; $p < 0,01$).

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о выраженной частотной и амплитудной нестабильности, а также негармоничности голоса пациентов с двигательными расстройствами гортани, что отражает значительные нарушения голосообразования у данной категории больных. Наиболее выраженные нарушения характеристик голоса определяются в группе больных с билатеральными двигательными расстройствами гортани, которым была выполнена односторонняя хордоаритеноидотомия. Акустические показатели Jitter, Shimmer, NHR могут рассматриваться как объективный критерий определения степени нарушений голосовой функции у больных с двигательными расстройствами гортани.

Ключевые слова: парез гортани, паралич гортани, голосовой аппарат, фонация, акустические показатели голосового сигнала.

JITTER AND SHIMMER ACOUSTIC PARAMETERS OF THE PATIENTS SUFFERING VOCAL FOLD PARALYSIS AND PARESIS

Shidlovskaya TA, Yaremchuk SE, Zemliak TB

State institution «O.S. Kolomyichenko Institute of Otolaryngology of National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; e-mail: amtc@kndio.kiev.ua

Abstract

State of the problem: Pathology of voice, its intensity, pitch, expressiveness and timbre are clinical features of vocal fold paralysis and paresis. Vocal fold paralysis and paresis influence the voice in different ways – from light hoarseness to aphonia. Objective methods of voice quality investigation are based on phonetograms, spectrograms and voice acoustic studies. Nowadays a very good freeware computer programs such as Computerized Speech Lab, Cspeech, EZ Voice, Dr. Speech, Praat are available for speech signal measurements and analysis. Thus, we still have lack of information as for acoustic features of patients suffering vocal fold paralysis and paresis.

Aim: to study Jitter and Shimmer acoustic parameters of patients suffering vocal fold paralysis and paresis.

Materials and Methods: 60 patients with vocal fold paralysis and paresis were under investigation. They include: 15 patients with bilateral larynx mobility disorders (group 1); 15 patients with bilateral larynx mobility disorders who were operated on endoscopic unilateral chordearytenoidotomy (group 2); 15 patients with unilateral larynx mobility disorders (group 3). Besides, 15 people having no pathology of voice apparatus or phonation disorders made up a control group. All the patients had videolaryngoscopy (WOLF, Germany), maximum duration phonation time (MFT), acoustic investigation. «Praat V 4.2.1» freeware computer program was used for voice acoustic investigation.

Results: According to the results of the investigation all the patients with vocal fold paralysis and paresis in all the three groups (group 1, 2, 3) demonstrated statistic sufficient decreasing of MFT as compared to the control group ($p < 0,05$; $p < 0,01$). The highest level of MFT among the patients participating in the investigation were demonstrated by the patients having unilateral larynx mobility disorders (group 3). The average level of MFT is $8,1 \pm 0,42$ s. The patients with bilateral larynx mobility disorders (group 1) had $6,9 \pm 0,15$ s. of the sound «a» MFT. While the patients with bilateral larynx mobility disorders who were operated on endoscopic unilateral chordearytenoidotomy (group 2) demonstrated the average MFT $4,5 \pm 0,1$ s.

The acoustic study included: Jitter parameters (the level of voice instability frequency), Shimmer (the level of voice instability amplitude), NHR (noise to harmonic ratio). According to the acoustic results of the sound «a» phonation there could be seen some statistic difference of Jitter, Shimmer, NHR parameters in all three groups (group 1, 2, 3) as compared to the control group ($p < 0,05$; $p < 0,01$). So, the patients of group 1 those having bilateral larynx mobility disorders demonstrated: Jitter – $0,95 \pm 0,1\%$, Shimmer – $5,66 \pm 2,1\%$, NHR – $0,088 \pm 0,01$. The patients of group 3 those having unilateral larynx mobility disorders showed: Jitter – $0,77 \pm 0,1\%$, Shimmer – $7,5 \pm 0,4\%$, NHR – $0,02 \pm 0,006$. It should be pointed out that the patients of group 1 and group 3 had no sufficient statistic difference of Jitter and Shimmer parameters ($p > 0,05$). The average level of acoustic parameters of the patients with bilateral larynx mobility disorders who were operated on endoscopic unilateral chordearytenoidotomy (group 2) was the following: Jitter – $2,6 \pm 0,7\%$, Shimmer – $11,7 \pm 1,9\%$, NHR – $0,3 \pm 0,068$. So, some statistic sufficient difference could be seen as compared to 1st and 3rd groups.

Conclusion: The results of the investigation prove frequency and amplitude voice instability due to hard voice production disorders of the patients suffering vocal fold paralysis and paresis. The worst results of acoustic parameters were seen in group 2 (patients with bilateral larynx mobility disorders who were operated on endoscopic unilateral chordearytenoidotomy). So, Jitter, Shimmer, NHR acoustic parameters could be considered as an objective criteria for determination of the voice disorders level of patients suffering vocal fold paralysis and paresis.

Key words: larynx paresis, laryngeal paralysis, voice apparatus, phonation, acoustic parameters of the voice signal.