

В.А. Паламарчук

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ВИМОВИ ГОЛОСНИХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ НЕЙРОМ'ЯЗОВИХ СТЕНОЗІВ ГОРТАНІ У РАННІЙ ПООПЕРАЦІЙНИЙ ПЕРІОД

Український науково-практичний центр ендокринної хірургії,
трансплантації ендокринних органів і тканин МОЗ України, Київ

ВСТУП

Попри вдосконалення хірургічної техніки, операції на щитоподібній залозі досить часто (до 39% випадків) супроводжуються нейром'язовими змінами гортані [1, 2, 9]. У зв'язку з цим набуває актуальності ранній прогноз зворотності пошкодження нейром'язового апарату гортані, який дає можливість адекватно проводити лікувально-профілактичні заходи. Для цього можливо застосовувати спектральний аналіз вимови голосних — неінвазійний метод дослідження, що дозволяє розкласти складний звук на окремі складові обертони. За допомогою цього методу можна вивчити обертоновий склад вокальних і мовних голосних у нормі та за різноманітних порушень голосу. Основний тон найчастіше є невисоким, а деякі обертони — різко посиленими. Кожний голосний звук має у своєму обертоновому складі дві основні характеристичні області частот, за якими відрізняється один голосний звук від іншого — форманти (F) голосних. Одна з них продукується резонансом глотки, а інша — резонансом ротової порожнини [2]. Формантні області для голосних слов'янських мов дорівнюють: "а" — 700 і 1000 Гц, "о" — 535 і 780 Гц, "у" — 300 і 650 Гц, "є" — 440 і 1800 Гц, "і" — 40 і 2250 Гц. "І" — єдина голосна з F_2 — 0,2 кГц і F_3 — 0,25-0,5 кГц, що може бути використано для ідентифікації (рис. 1). Найбільш лабільною є F_3 , що зумовлено зміною резонаторної частоти глотки, геометричні розміри якої та рухливість залежать від виду і ступеня нейроплегії. У нормі F_2 — 2 кГц і F_3 — близько 2,5 кГц із середньою інтенсивністю 45-55 dB у жінок [2, 5]. У чоловіків резонансні частоти

зміщуються у більш низькочастотну ділянку спектра: F_2 — 0,12 кГц і F_3 — близько 0,25 кГц (рис. 2).

Мета дослідження — оцінити можливість застосування спектрального аналізу вимови голосних для прогнозування динаміки нейром'язових стенозів гортані у ранній поопераційний період.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

Із 368 хворих після операцій на щитоподібній залозі виїдено та обстежено 24 пацієнти з порушенням рухливості гортані. Мінімальний обсяг операції — тиреоїдектомія (736 гортанних нервів у ризику). Дослідження функції гортані проводили комплексним методом із застосуванням непрямої та прямої ларингоскопії з використанням гнучкого фіброскопу (KARL STORZ 11302BDI) і спектрального аналізу голосу в ранній поопераційний період (3 доби) і через 6 місяців.

Аналіз фонем проводили із застосуванням широкопосмугового мікрофона високої чутливості ($f_{\min}$ — 100 Гц, $f_{\max}$ — 16 кГц) і комп'ютерної програми TrueRTA (Real Time Audio Spectrum Analyzer by J.L. Murphy) [10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Спостерігали 368 пацієнтів після операцій на щитоподібній залозі за обсягом, не меншим від тиреоїдектомії. Всім проведено непряму ларингоскопію у поопераційний період. Для подальшого обстеження виділили групу пацієнтів (24 особи), які мали як дисфонічні розлади, так і доведені ознаки порушення рухливості гортані. У 23 пацієнтів

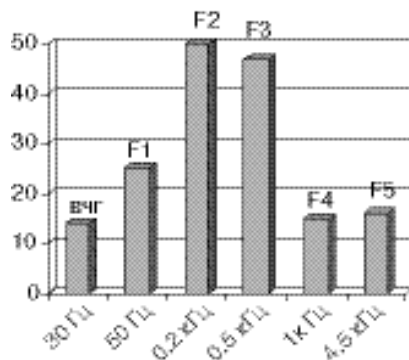


Рис. 1. Частотна спектрограма мовної голосної "і".

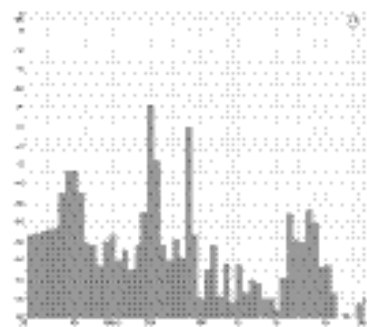


Рис. 2. Частотна спектрограма фонемі "і".

зафіксовано унілатеральний парез гортані, в одному випадку — двобічний. У 22 випадках голосову складку було розташовано медіально і у двох випадках — парамедіально. Всім пацієнтам виконано спектральний аналіз голосу перед операцією та після неї. Дослідження проводили в максимально подібних умовах. Оцінювали частотні й амплітудні зміни за F_2 і F_3 під час ізотонного відтворення фонем "і" (табл.).

Аналіз отриманих спектрограм продемонстрував, що формантні області у перед- і поопераційний періоди співпадають, друга форманта залишається практично незмінною (коливання у 5 dB є фізіологічними). Найбільше змінюється третя форманта.

Всі пацієнти отримували стандартну протинабрякову, симптоматичну та стимулюючу терапію у стаціонарі. В амбулаторних умовах — препарати вітамінів групи В протягом щонайменше трьох місяців.

Під час повторного огляду було визначено відновлення рухливості гортані у 18 випадках. Це пацієнти 1-ї, 2-ї та 4-ї груп (нормальна амплітуда F_3 , $5 < \Delta F < 10$ dB, $10 < \Delta F < 20$ dB, рис. 3) У 6 випадках виявлено відсутність рухливості голосової складки та деформацію черпакоподібного суглоба на унілатеральному боці. Ці випадки спостерігалися у 3-й і

6-й групах, де ΔF перевищувало 20 dB або не визначалося, тобто відповідало власній частоті гортані (в.ч.г.) (рис. 4).

Отже, діагностична ефективність методу складала 86%.

Спектральний аналіз голосу дозволяє давати прогноз стосовно нейром'язового стенозу гортані не лише за характерною формою дугового контуру, але й за співвідношенням амплітуд F_3 і F_2 у динаміці. Для нормальної мовної спектрограми показник F_3/F_2 перебуває у межах від 1,1 до 0,89. Зі зменшенням цього коефіцієнта до 0,7 і нижче прогноз на відновлення рухливості стає сумнівним. Проте якщо спостерігається поступове зростання такого коефіцієнта, прогноз оптимістичний.

Наводимо приклад: у хворої Р. у поопераційний період зафіксовано двобічний парез гортані, складки у парамедіальній позиції. За формою спектрограми ($\Delta F < 20$ dB, наближення F_3 до основного тону гортані, $F_3/F_2 = 0,63$) можна було б запідозрити незворотність пошкодження (рис. 5). Натомість дослідження частотної характеристики голосу, проведене у динаміці, виявило за відсутності суб'єктивного поліпшення фонації збільшення коефіцієнту F_3/F_2 . Через 10 днів по операції та проведеної протинабрякової й стимулю-

Таблиця

Частотна характеристика формантних областей голосних звуків у хворих із нейром'язовими порушеннями гортані

Фонема	Друга форманта $F_2 \approx 0,2$ кГц					Третя форманта $F_3 \approx 0,5$ кГц					
	1-а група	2-а група	3-я група	4-а група	5-а група	1-а група	2-а група	3-я група	4-а група	5-а група	6-а група
	нижче від норми $\Delta F < 5$ dB	нижче від норми $\Delta F < 10$ dB	норма	вище за норму $\Delta F > 5$ dB	співпадіння з основним тоном	нижче від норми $5 < \Delta F < 10$ dB	$10 < \Delta F < 20$ dB	$\Delta F > 20$ dB	норма	вище за норму $\Delta F > 5$ dB	не визначається
"і"	3 (12%)	2 (8.5%)	17 (71%)	2 (8.5%)	—	9 (37.2%)	7 (29%)	2 (8.5%)	1 (4.3%)	—	5 (21%)

Примітка: $\Delta F = |F_2 - F_3|$.

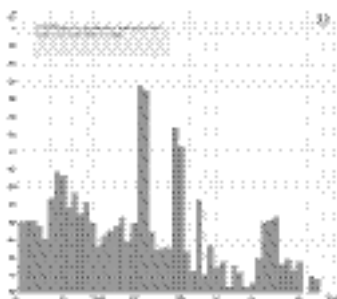


Рис. 3. Спектрограма правобічного транзиторного парезу гортані.

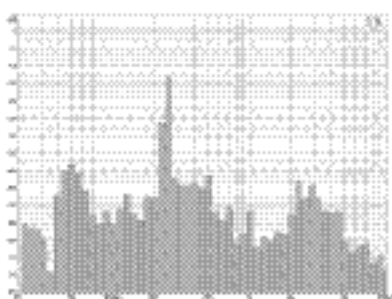


Рис. 4. Спектрограма правобічного паралітичного парезу гортані.

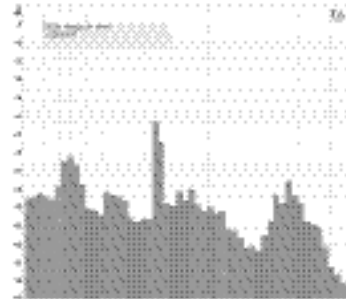


Рис. 5. Спектрограма двобічного парезу гортані у ранній післяопераційний період.

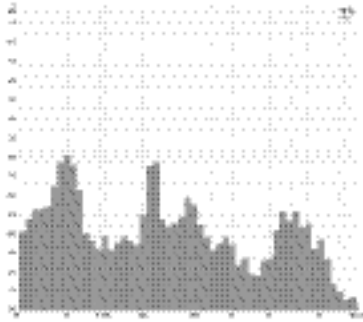


Рис. 6. Спектрограма двобічного парезу гортані через 10 днів після початку лікування. Позитивна динаміка.

ючої терапії зафіксовано зміну форми спектрограми та збільшення коефіцієнту $F_3/F_2 = 0,76$ (рис. 6). Через місяць за результатами непрямой ларингоскопії було констатовано відновлення рухливості гортані у хворої.

ВИСНОВКИ

1. Спектральний аналіз голосу можна застосовувати для прогнозування динаміки адаптаційних процесів нейром'язових стенозів гортані.
2. Нейром'язовий стеноз гортані можна вважати транзиторним, якщо $\Delta F < 20$ dB і $F_3/F_2 > 0,7$.
3. Прогноз щодо відновлення рухливості елементів гортані є несприятливим у випадках, коли третю форманту наближено до власної частоти гортані, тобто $\Delta F > 20$ dB, і $F_3/F_2 < 0,7$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.О., Ермолов Р.Б., Магомедов Р.Б. Профилактика повреждения гортанного нерва при операциях на щитовидной железе // Хирургия. — №1. — 2001. — С. 63-65.
2. Дмитриев Л.Б., Телеева Л.М., Таптапова С.Л., Ермакова И.И. Фонология и фонопедия. — М.: Медицина, 1990. — 271 с.
3. Заболотний Д.І., Павлик Б.І., Савченко Т.Д. Нервово-м'язові розлади гортані в аспекті хірургічного лікування раку щитоподібної залози // Клінічна ендокринологія та ендокринна хірургія. — 4 (9). — 2004.
4. Крылов Б.С., Фельбербаум Р.А., Экимова Г.М. Физиология нервно-мышечного аппарата гортани. — Л.: Наука, 1984. — 216 с.
5. Максимов И. Фонология. — М.: Медицина, 1987. — 283 с.
6. Стернюк Ю.М., Врабель О.М., Приймич Н.Б., Вовк В.С. Операції на щитоподібній залозі та порушення голосу // Клінічна ендокринологія та ендокринна хірургія. — №1(10). — 2005. — С. 57-60.
7. Clark O.H., Duh Q-Y. Thyroid cancer in the thyroid gland (Ed. Monte A. Greer). — N.Y.: Raven Press, 1990. — P. 537-572.

Дата надходження до редакції 15.01.2009 р.

8. Dimov R., Doikov I., Deenitchin G., Jovchev I., Mitov F., Stefanov Ch., Osman A., Ali M., Molov V. Intraoperative assement of neural integrity of the reccurent laryngeal nerves during thyroid surgery by the stimulation electromyography using nerve integrity monitor "neurosign-100" review of 39 consecutive thyroid // Przegląd Lekarski. — 2000. — Vol. 57. — supl.6. — P. 66.
9. Stojanovic A, Henry L.R., Howard R.S., Solomon N.P. Prospektiv trial of voice outcomes afte thyroidektomy: evaluation of pahient-reported and clinician-determined voice assessments in identifying postthyroidectomy dysfonia // Surgery. 2008 Jun; 143(6):732-42.
10. http://www.trueaudio.com/rta_abt1.htm.

РЕЗЮМЕ

Применение спектрального анализа произношения гласных для прогнозирования динамики нейромышечных стенозов гортани в ранний послеоперационный период
В.А. Паламарчук

На основе компьютерной программы TrueRTA (Real Tiam Audio Spectrum Analyzer by J.L. Murphy) для исследования параметров голоса проведен его спектральный анализ у больных с хирургической патологией щитовидной железы на до- и послеоперационном этапах. Показана возможность применения этого метода для оценки обратимости послеоперационных нейромышечных стенозов гортани. Критериями обратимости являются характерная форма огибающей спектрограммы, частотные характеристики и соотношение амплитуд энергетических экстремумов гласных звуков (фонема "и" в славянской транскрипции).

Ключевые слова: нейромышечные стенозы гортани, спектральный анализ голоса.

SUMMARY

Application of the spectral analysis of vowels for dynamics forecasting of neuromuscular laryngeal stenosis in the early postoperative period
V. Palamarchuk

On the basis of computer program TrueRTA (Real Tiam Audio Spectrum Analyzer by J.L. Murphy) for research of parametres of a voice the voice spectral analysis of patients who have a surgical pathology of a thyroid gland on pre- and postoperative stages was investigated. Possibility of application of this method for an estimation of reversibility of postoperative neuromuscular laryngeal stenosis was shown. Criteria of reversibility are the typical form of the enveloping spectrogram, frequency characteristics and a correlation of amplitudes of energy extremums of vowel sounds (a phoneme "i:" in a slavic transcription).

Key words: laryngeal neuromuscular stenosis, voice spectral analysis.