

О.Б. СЕМЧУК

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ГОЛОСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМ – ЗВУКОВИХ РЕДАКТОРІВ

*Каф. оториноларингології (зав. – проф. В.І. Попович)
Ів.-Франків. держ. мед. ун-ту (ректор – академік Є.М. Нейко)*

Спектральний аналіз голосу є одним з неінвазивних додаткових методів об'єктивної діагностики стану голосової функції і ґрунтується на визначенні амплітудно-частотного спектру сукупності звукових коливань, що виникають в голосовому апараті людини та підсилюються і модулюються в системі резонаторних порожнин дихальних шляхів (Л.А. Зарицкий, 1984; Л.Б. Дмитриев и соавт., 1990). Для голосу кожної людини характерна своя спектрограма, на якій ця сукупність коливань відображена у вигляді певної амплітудно-частотної залежності. При наявності патологічних порушень голосоутворення тембр голосу змінюється, що відображається на спектрограмі, результати якої можуть бути використані при діагностиці фоніатричних захворювань та контролі за лікуванням (Д.І. Заболотний та співавт., 2003).

Спектральний аналіз голосу як додатковий метод дослідження патології гортані виник в еру розвитку електронних пристроїв (ламп, транзисторів) і в основному використовувався у 2-й половині ХХ сторіччя (Freystedt, 1935). Проте в той час внаслідок недосконалості електронних способів визначення частот та амплітуд коливань даний метод діагностики спектру голосу мав значні недоліки – був не кількісним, а якісним, описовим, неточним і внаслідок цього виконував другорядну, допоміжну роль в обстеженні пацієнта з патологією голосу (И. Максимов, 1987).

Протягом останнього десятиріччя завдяки розвитку інформаційної технології стало можливим проводити запис і обробку звукового матеріалу на персональному

комп'ютері. З цією метою були створені спеціальні програми – звукові редактори. Високоякісні модулі аналізатора спектру звукових коливань, присутні в таких програмах, за допомогою математичних методів дають можливість проводити на студіях звукозапису детальний спектральний аналіз записаного аудіоматеріалу для оцінки його якості (Р.Ю. Петелин, Ю.В. Петелин, 2003).

Виходячи з цього, було зроблено припущення, що модуль аналізатора спектру є придатним і для оцінки спектру людського голосу. Результати перших спроб застосування таких програм показали, що вони є достатньо зручними і точними інструментами для проведення спектрального аналізу голосу та подальшої інтерпретації отриманого матеріалу (О.Б. Семчук та співавт., 2003). Крім того, в таких програмах наявні численні якісні модулі обробки звуку, які дають можливість стандартизувати амплітуду сигналу, усунути шуми та інші сторонні складові частини записаного звуку, підготувавши таким чином звуковий матеріал для наступного визначення його спектральних характеристик.

Отже, завдання методу комп'ютерного спектрального аналізу голосу полягає у вивченні амплітудно-частотних характеристик складових компонентів людського голосу при фонації голосних звуків за допомогою програм – звукових редакторів.

Для виконання поставленого завдання з метою проведення спектрального аналізу голосу ми користувалися ліцензованими комп'ютерними програмами – звуковими

редакторами Adobe Audition версії 1.5 та Cool Edit Pro версії 2.1.

Застосування методу в клініці здійснювалося шляхом проведення комп'ютерного спектрального аналізу голосу як у здорових людей (О.Б. Семчук, 2005; О.Б. Семчук та співавт., 2005), так і у 76 пацієнтів із захворюваннями голосового апарату (О.Б. Семчук, А.Л. Семчук, 2006; О.Б. Семчук та співавт., 2005). При цьому у всіх хворих спостерігалися певні закономірні зміни спектральних характеристик голосу, висвітлення яких подане у вищезгаданих повідомленнях.

Враховуючи особливості роботи зі звуком, в результаті детального вивчення методів обробки звукового матеріалу в звукових редакторах та виконання численних експериментів з програмами нами запропоновано було наступну **методику проведення спектрального аналізу голосу**:

1) обстежуваний протягом 2-3 с вимовляє голосний звук („а”, „о”, „у”, „и”, „і”, „е”) розмовним голосом середньої інтенсивності, без крику, без вібрата, монотонно на відстані 25-30 см від мікрофона, попередньо обстежуваного інструктують про спосіб вимови звуків;

2) під час вимови звук подається за допомогою мікрофона із задовільною амплітудно-частотною характеристикою та низьким рівнем власних шумів (як правило, використовувалися якісні студійні або концертні мікрофони), на вхід достатньо розрядності звукової карти персонального комп'ютера) і записується з одночасним оцифруванням в звуковому редакторі;

3) після запису та збереження файлу з аудіоматеріалом за допомогою модуля усунення шуму звукового редактора проводиться очистка записаного звуку від сторонніх шумів;

4) для того, щоб стандартизувати амплітуду записаного сигналу, виконується

так звана „нормалізація” сигналу до 100%, тобто вирівнювання амплітуди записаного сигналу до максимальної величини;

5) за допомогою модуля аналізатора спектру звукового редактора, виставивши курсор програми в середню частину записаного звукового матеріалу (оскільки на початку і в кінці фонації голосного звуку виникають спотворення спектру, спричинені атакою і затуханням звуку), проводимо спектральний аналіз звуку;

б) результати спектрального аналізу, що можуть бути представлені як у вигляді графіка, так і у вигляді числової залежності, аналізуємо за якістю та числовими значеннями наступних показників: частота та амплітуда основного тону фонації, кількість та амплітуда обертонів в діапазоні від основного тону до 4 тис. Гц, рівень і форма базисної лінії (шум), наявність, а також величина співацьких формант (низької, середньої та високої) і формант голосних звуків, присутність піків акустичної енергії в низько- та високочастотному діапазоні спектрограми.

Запропонована нами методика використання апаратно-програмних засобів для аналізу спектральних характеристик голосового сигналу є достатньо зручною у використанні та дозволяє одержувати об'єктивну і досить об'ємну інформацію для лікаря-фоніатра.

Таким чином, в результаті застосування методики комп'ютерного спектрального аналізу голосу ми можемо отримати цілу низку характеристик, які дають змогу детально оцінити голос людини як в нормі, так і при численній патології голосового апарату та резонаторних порожнин. Результати спектрограми легко документуються (графік роздруковується на принтері), що дозволяє об'єктивізувати дослідження фонаторної функції у пацієнтів в умовах поліклініки та стаціонару.

1. Дмитриев Л.Б., Телелева Л.М., Таптапова С.Л., Ермакова И.И. Фонология и фонопедия. – М.: Медицина, 1990. – С. 20–32, 41–42.

2. Заболотний Д. І., Клименко Д. І., Марченко В. М., Розкладка А. І. Сучасні технології медико-соціальної експертизи при патології голосо-

- мовного апарату // Журн. вушних, носових і горлових хвороб. – 2003. – №5-с. – С. 62-63.
3. Зарицкий Л.А., Тринос В.А., Тринос Л.А. Практическая фониатрия. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – С. 21–44, 56–57.
 4. Максимов И. Фониатрия: Пер. с болгар. В.Д.Сухарева – М.: Медицина, 1987. – С. 88–119, 138–142.
 5. Морозов В.П. Искусство резонансного пения. Основы резонансной теории и техники. – М.: Изд. МГК, ИП РАН, 2002. – 496 с.
 6. Петелин Р.Ю., Петелин Ю.В. Музыкальный компьютер. Секреты мастерства. – СПб.: БХВ-Петербург; Арлит, 2003. – С. 43–77.
 7. Семчук О.Б., Попович В.І., Ванченко В.М., Ткачук О.В. Спектральний комп'ютерний аналіз голосу за допомогою звукового редактора Cool Edit Pro // Журн. вушних, носових і горлових хвороб. – 2003. – №5-с. – С. 67-68
 8. Семчук О.Б., Попович В.І., Ванченко В.М., Куницька Т. Стандартизація показників комп'ютерного спектрального аналізу голосу дорослих людей в нормі // X з'їзд оториноларингологів України. – К.: Преса України, 2005. – С. 201–202.
 9. Семчук О. Б., Попович В. І., Ванченко В. М. Комп'ютерний спектральний аналіз голосу курців // Журн. вушних, носових і горлових хвороб. – 2005. – №5-с. – С. 138-139.
 10. Семчук О. Б. Комп'ютерний спектральний аналіз нормального голосу у дорослих людей різних статево-вікових груп // Журн. вушних, носових і горлових хвороб. – 2005. – №6. – С. 51-57.
 11. Семчук О. Б., Семчук А. Л. Комп'ютерний спектральний аналіз голосу при гострому ларингіті // Журн. вушних, носових і горлових хвороб. – 2006. – №3-с. – С. 163-164.
 12. Freystedt E. Das Tonfrequenzspektrometer, ein Frequenzanalysator mit äusserst hoher Analysiergeschwindigkeit und unmittelbar sichtbarem Spektrum // Z. Techn. Physic. – 1935. – Vol. 16. – P. 533–539.

Надійшла до редакції 02.06.06.

© О.Б. Семчук, 2006