

Корреляция разборчивости речи и частотной разрешающей способности слуха у пациентов после кохлеарной имплантации

М. В. Гойхбург^{1,*}, В. В. Бахшинян^{1,2,†}, А. Важыбок^{3,‡}, Б. Вилигес^{3,§}, Т. Юргенс⁴, Г. А. Таварткиладзе^{1,2}

¹Российский научно-клинический центр аудиологии и слухопротезирования

ФМБА России, Россия, 117513, Москва, Ленинский проспект, д. 123

²Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения России, Россия,

125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1

³Отделение медицинской физики и передовых технологий в аудиологии университета

Карла фон Оссицеки, Германия, 114118, Ольденбург, ш. Аммерланд, д. 26129

⁴Любекский Университет прикладных наук, Институт Акустики и прикладных естественных наук Любек, Германия, 23562, Любек, ул. Стефенсонштрассе, д. 3

(Статья поступила 05.11.2019; Подписана в печать 05.11.2019)

Одной из наиболее частых жалоб пациентов с двусторонней сенсоневральной глухотой после кохлеарной имплантации (КИ) является ухудшение разборчивости речи в шумной обстановке. При проведении исследований за рубежом была доказана корреляция между разборчивостью речи и спектральной разрешающей способностью слуха (ЧРС) у нормально слышащих испытуемых.

Цель исследования: определить корреляцию разборчивости речи в шуме с ЧРС слуха у пользователей КИ.

Материалы и методы исследования: для оценки разборчивости речи в шуме использовался международный Ольденбургский фразовый тест RUMatrix, для определения ЧРС слуха - спектрально-временной модулированный гребенчатый тест SMRT (spectral-temporally modulated ripple test). В контрольную группу включено 15 испытуемых без нарушений слуха, которые были исследованы в оригинальной версии тестов и с использованием вокодера. В исследование включено 22 пациента после КИ, использующих системы производства фирмы «Cochlear», с опытом использования системы КИ более 3 лет.

Результаты: проведенное исследование в контрольной группе выявило высокую корреляцию результатов SMRT-теста и RUMatrix. Группа пациентов после КИ состояла из пре- и постлингвально оглохших пациентов. В группе постлингвально оглохших пациентов была выявлена корреляция между разборчивостью речи в шуме и ЧРС слуха ($R^2=0,55$), в прелингвальной группе данная корреляция не выявлена ($R^2=0,03$).

Выводы: SMRT-тест коррелирует с данными речевой аудиометрии, что позволяет использовать его для оценки результатов реабилитации пациентов вне зависимости от уровня речевого развития.

PACS: 87.53.Tf

УДК: 616.28-089.24

Ключевые слова: кохлеарная имплантация, частотная разрешающая способность слуха, разборчивость речи в шуме, международный Ольденбургский фразовый тест RUMatrix, спектрально-временной модулированный гребенчатый тест SMRT.

ВВЕДЕНИЕ

Единственным эффективным методом реабилитации пациентов, страдающих тугоухостью высокой степени, является кохлеарная имплантация (КИ). В настоящее время в нашей стране, так же как и во всем мире, количество пациентов после КИ ежегодно возрастает. В связи с активным развитием современных систем КИ пользователи КИ интегрированы в общество нормально слышащих людей. Однако, одной из наиболее частых жалоб пациентов с двусторонней сенсоневральной глухотой после КИ является плохая разборчивость речи в шумной обстановке. Для определения уровня

разборчивости речи в шуме у пользователей КИ используются различные речевые тесты. Одним из таких тестов является международный фразовый тест Matrix. В нашей стране было проведено исследование с использованием русскоязычной версии этого теста (RUMatrix-тест) у пациентов после КИ и доказана эффективность его использования у пациентов данной категории. Преимуществом этого теста является не только возможность определения разборчивости речи пациента в тяжелой акустической ситуации для внесения адекватных изменений в настройку речевого процессора, но и то, что результаты исследований, проведенных на разных языках, сопоставимы друг с другом, что дает возможность проведения многоцентровых исследований [1]. Однако, необходимо отметить, что для выполнения исследования с использованием Matrix-теста пациент должен обладать хорошим речевым развитием, что не всегда возможно у пациентов детского возраста. При проведении исследований за рубежом была доказана корреляция между разбор-

*E-mail: mgoykhburg@mail.ru

†E-mail: bakhshinyan@yahoo.com

‡E-mail: a.warzybok@uni-oldenburg.de

§E-mail: ben.williges@uni-oldenburg.de

чивостью речи в шуме и спектральной разрешающей способностью слуха (ЧРС) у нормально слышащих испытуемых, что позволяет обосновать возможность использования методов исследования ЧРС для оценки эффективности слухоречевого развития пациентов, реабилитированных методом КИ. **Цель исследования:** определить корреляцию разборчивости речи в шуме с ЧРС слуха у пользователей КИ.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки разборчивости речи в шуме использовался международный Ольденбургский фразовый тест RUMatrix, для определения ЧРС слуха — спектрально-временной модулированный гребенчатый тест SMRT (spectral-temporally modulated ripple test).

Все исследования проводились в звукоизолированной камере.

Речевой материал RUMatrix-теста состоял из треков, которые предъявлялись в случайном порядке, каждый из них состоял из 20 фраз по 5 слов: 1) женское или мужское имя; 2) глагол; 3) числительное; 4) прилагательное; 5) существительное. Все предложения в тесте составлены грамматически верно, однако, являются семантически непредсказуемыми. Речевой материал RUMatrix состоит из 10 имен собственных, 10 глаголов, 10 числительных, 10 прилагательных и 10 существительных, произносится женским голосом диктора, для которого русский язык является родным. Исследование проводилось в адаптивном режиме, т.е. уровень шума был постоянным и соответствовал 65 дБ относительно уровня звукового давления (УЗД), соотношение сигнал/шум изменялось за счет изменения уровня речевого материала. Результат тестирования — это уровень соотношения сигнал/шум в дБ (SNR), при котором достигается 50%-ная разборчивость речи [2–5].

Для определения порога ЧРС использовался метод трехальтернативного принудительного выбора. Два сигнала состояли из эталонного стимула с референсным значением количества гребней на октаву (RPO) — 20, целевой же стимул имел первоначальное значение 0.5 RPO, который далее адаптивно модифицировался по схеме 1-вверх/1-вниз с размером шага 0.2 RPO. При этом задачей испытуемого было найти сигнал, который отличается от двух других. Тест завершался после получения 10 точек перегиба (переход от увеличения плотности гребней к уменьшению и обратно), за пороговое значение теста принималось среднее значение 6 последних точек перегиба [6].

В контрольную группу включено 15 испытуемых без нарушений слуха, которые были исследованы в оригинальной версии тестов и с использованием вокодера. У испытуемых из контрольной группы все исследования проводились с использованием наушников.

Для имитации электрического слуха у испытуемых из контрольной группы речевой материал и сигналы SMRT-теста были преобразованы с использованием

вокодера [7], в котором применялись параметры стимуляции на основании стратегии кодирования речевой информации ACE. Стратегия кодирования ACE использует цифровую обработку звукового сигнала для проведения спектрального анализа на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье, при этом стимулируются электроды, которые соответствуют частотным полосам с наибольшей спектральной энергией (спектральная максима). Количество электродов, которые возможно стимулировать в каждом цикле может быть от 2 до 20, цикл повторяется с фиксированной частотой от 250 до 2400 Гц [8]. В вокодере были также использованы физиологически обоснованные особенности, такие как положение электродов (адаптированные к системам КИ «Cochlear» с перимодиолярными электродными решетками, и пространственное распространение электрического возбуждения в улитке. В качестве моделей исследования были использованы 3 пространственных конфигурации распространения электрического возбуждения в улитке: 1 мм, 3.6 мм и 7 мм.

Протокол исследования контрольной группы был следующим:

Для SMRT-теста:

1. Тренировочный тест — оригинальная версия теста, тест с использованием вокодера 1 мм, тест с использованием вокодера 3.6 мм, тест с использованием вокодера 7 мм;
2. Тестирование — оригинальная версия теста, тест с использованием вокодера 1 мм, тест с использованием вокодера 3.6 мм, тест с использованием вокодера 7 мм;
3. Повторное тестирование (ретест) — оригинальная версия теста, тест с использованием вокодера 1 мм, тест с использованием вокодера 3.6 мм, тест с использованием вокодера 7 мм.

Для RUMatrix-теста:

1. Тренировочный тест — трек в оригинальной версии теста в адаптивном режиме в закрытом выборе, трек в оригинальной версии теста в адаптивном режиме в закрытом выборе, трек с использованием вокодера 3.6 мм в адаптивном режиме в закрытом выборе;
2. Тестирование — трек в оригинальной версии теста в адаптивном режиме, трек с использованием вокодера 1 мм в адаптивном режиме, трек с использованием вокодера 3.6 мм в адаптивном режиме, трек с использованием вокодера 7 мм в адаптивном режиме;
3. Повторное тестирование (ретест) — трек в оригинальной версии теста в адаптивном режиме, трек с использованием вокодера 1 мм в адаптивном режиме, трек с использованием вокодера 3.6 мм в адаптивном режиме, трек с использованием вокодера 7 мм в адаптивном режиме.

В исследование включено 22 пациента после КИ, использующих системы производства фирмы «Cochlear», с опытом использования системы КИ более 3 лет в возрасте от 10 до 56 лет. Речевая аудиометрия с использованием RUMatrix-теста у пациентов после КИ, а также SMRT-тест выполнялись в свободном звуковом поле с использованием звуковой колонки по следующему протоколу:

Для SMRT-теста:

1. Тренировочное исследование — оригинальная версия SMRT-теста, оригинальная версия SMRT-теста;
2. Тестовое исследование — оригинальная версия SMRT-теста.

Для RUMatrix-теста:

1. Тренировочное тестирование: тренировочный трек в тишине, тренировочный трек в адаптивном режиме;
2. Тестовое исследование — трек в адаптивном режиме;
3. Повторный тест (ретест) — трек в адаптивном режиме.

Для измерения распространения электрического возбуждения в улитке (Spread of Excitation — SOE) у пациентов после КИ проводилась регистрация электрически вызванного потенциала действия слухового нерва методом телеметрии нервного ответа при применении программного обеспечения «CustomSound EP» версии 5.1. Параметры регистрации были следующими: ширина импульса (PW) — 25 мкс, интенсивность стимула — 210-220 CL, усиление (Gain) и задержка (Delay) подбирались индивидуально.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенное исследование в контрольной группе выявило высокую корреляцию результатов теста-ретеста (основного тестирования и контрольного) RUMatrix, $R^2 = 0.79$; результатов SMRT-теста, $R^2 = 0.85$; SMRT-теста и RUMatrix, $R^2 = 0.78$ для линейной регрессии и $R^2 = 0.83$ после выполнения полиномиального распределения (рис. 1).

Было выявлено, что расширение пространственного распространения электрического возбуждения в улитке приводит к увеличению соотношения сигнал/шум при проведении RUMatrix-теста и снижению SMRT баллов.

В группе пациентов после КИ при проведении RUMatrix-теста был выявлен высокий коэффициент корреляции между основным тестированием и повторным $R^2 = 0.82$ (рис. 2).

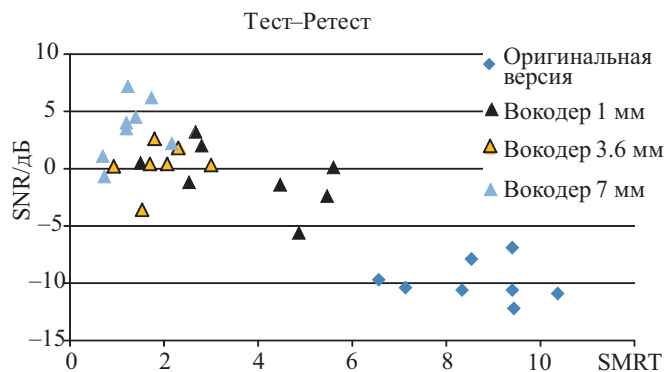


Рис. 1: Корреляция результатов SMRT- и RUMatrix-теста у испытуемых из контрольной группы

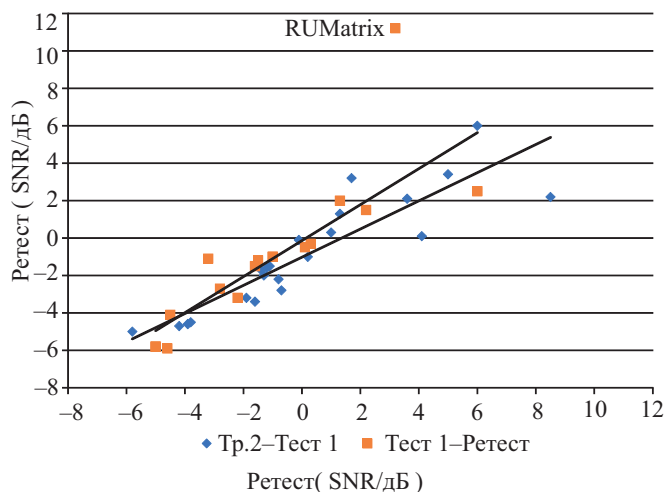


Рис. 2: Корреляция теста/ретеста у пациентов после КИ результатов RUMatrix-теста

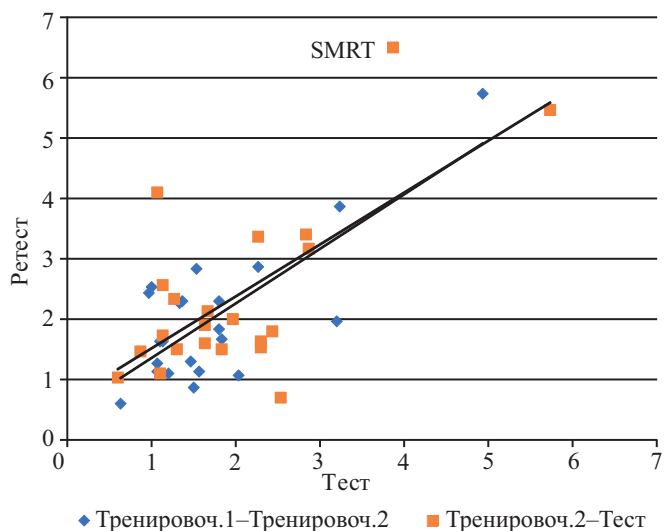


Рис. 3: Корреляция теста/ретеста у пациентов после КИ результатов SMRT-теста

По данным SMRT-теста выявлена достоверная корреляция между тестовым и повторным исследованиями, $R2 = 0.59$ (рис. 3).

Группа пациентов после КИ состояла из 11 испытуемых с постлингвально возникшей глухотой и 11 — с глухотой, возникшей. В группе постлингвально оглохших пациентов была выявлена корреляция между разборчивостью речи в шуме и ЧПС слуха ($R2 = 0.55$), в прелингвальной группе данная корреляция не выявлена ($R2 = 0.03$). В группе прелингвально глухих пациентов была выявлена зависимость между разборчивостью речи в шуме и периодом глухоты ($R2 = 0.31$). В группе постлингвально оглохших пациентов было показано, что расширение распространения электриче-

ского возбуждения в улитке сопровождается ухудшением показателей SMRT-теста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширение распространения электрического возбуждения приводит к ухудшению результатов слухоречевой реабилитации пациентов после КИ. SMRT-тест коррелирует с данными речевой аудиометрии, что позволяет использовать его для оценки результатов реабилитации пациентов вне зависимости от уровня речевого развития.

- [1] Гойхбург М.В., Бахшиян В.В., Петрова И.П., Важыбок А. и др. // Вестн. оториноларингологии. 2016. **81**, №6. С. 42. (M. V. Goykhuburg, V. V. Bakhshinyan, I. P. Petrova, A. Wazybok et al. // Vestn. Otorinolaringol. 2016. **81**, N6. P. 42.)
- [2] Бобошко М.Ю. // Речевая аудиометрия. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГМУ, 2012.
- [3] Бобошко М.Ю., Риехакайнен Е.И. // Речевая аудиометрия в клинической практике. СПб.: Изд-во «Диалог», 2019.
- [4] Warzybok A, Zokoll M., Wardenga N., Ozimek E. et al. // Int J Audiol. 2015. **52**, N2. P. 35.
- [5] Бобошко М.Ю., Жилинская Е.В., Важыбок А., Мальцева Н.В. и др. // Вестн. оториноларингологии. 2016. **81**, №5. С. 40. (Boboshko M. Y., Zhilinskaia E. V., Warzybok A., Maltseva N. V., Zokoll M., Kollmeier B. // Vestn Otorinolaringol. 2016. **81**, N5. P. 40.)
- [6] Aranoff J. M., Landsberger D. M. // J. Acoust. Soc. Am. 2013. **134**, N. 2), 2013.
- [7] Williges B., Dietz M., Hohmann V., Jurgens T. // Trends Hear. 2015. **19**. P. 1.
- [8] Таварткиладзе Г.А. // Руководство по клинической аудиологии. М.: Изд-во «Медицина», 2013. (Tavartkiladze G. A. // Handbook on clinical Audiology. М.: Meditsina, 2013).

Correlation of speech intelligibility and spectral resolution in patients after cochlear implantation

M. V. Goykhuburg^{1,a}, V. V. Bakhshinyan^{1,2,b}, A. Warzybok^{3,c}, B. Williges^{4,d}, T. Jurgens⁴, G. A. Tavartkiladze^{1,2}

¹National Research Centre for Audiology and Hearing Rehabilitation. Moscow 117513, Russia

²Russian Medical Academy Continuous Professional Education. Moscow 125993, Russia

³Medical Physics and Cluster of Excellence «Hearing all», Carl-von-Ossietzky Universität. Oldenburg 114118, Germany

⁴Institute for Acoustics, University of Applied Sciences. Lubeck 23562, Germany

E-mail: ^amgoykhuburg@mail.ru, ^bbakhshinyan@yahoo.com, ^ca.warzybok@uni-oldenburg.de, ^dben.williges@uni-oldenburg.de

One of the most frequent complaints from patients with bilateral sensorineural deafness after cochlear implantation (CI) is the deterioration of speech intelligibility in a noisy environment. International researches have proven a correlation between speech intelligibility and spectral hearing resolution (HRS) in normal hearing subjects.

The aim of the study was to determine the correlation of speech intelligibility in noise in CI users with HRS.

Materials and methods of research: to estimate the speech intelligibility in noise the international Oldenburg test RUMatrix was used, to determine the HRS — SMRT test (spectrum-temporarily modulated ripple test) was applied. The control group included 15 subjects without hearing impairment examined in the original version of the tests and using a vocoder. The study included 22 patients after CI implanted with «Cochlear» CI systems with experience of using CI system for more than 3 years.

Results: The study performed in the control group revealed a high correlation of SMRT test and RUMatrix test results. The group of patients after CI consisted of pre- and postlingually deafened patients. A correlation between speech intelligibility in noise and HRS ($R2 = 0.55$) was found in patients with postlingual deafness, and no correlation was found in the prelingual group ($R2 = 0.03$).

Conclusions: The SMRT test correlates with speech audiometry data which allows to recommend its use to assess patients rehabilitation outcomes regardless of the level of speech development.

PACS: 87.53.Tf.

Keywords: cochlear implantation, spectral resolution, speech intelligibility in noise, Matrix-test, SMRT.

Received 5 November 2019.

Сведения об авторах

1. Гойхбург Марина Валерьевна — канд. медицинских наук, ст. науч. сотрудник центра кохлеарной имплантации; тел. (905) 782-07-95, e-mail: mgoykhburg@mail.ru.
 2. Бахшинян Виген Владимирович — канд. медицинских наук, руководитель центра кохлеарной имплантации; тел. (499)749-61-02, e-mail: bakhshinyan@yahoo.com.
 3. Важыбок Анна — доктор естественных наук, науч. сотрудник группы мед. физ. и высокотехнологичного кластера по улучшению слуха; тел. сл.: +49 (441) 798-54-99, e-mail: a.warzybok@uni-oldenburg.de.
 4. Виллигес Бен — мастер наук, науч. сотрудник группы мед. физ. и высокотехнологичного кластера по улучшению слуха; e-mail: ben.williges@uni-oldenburg.de.
 5. Юргенс Тим — доктор физических наук, профессор; e-mail: tim.juergens@fh-luebeck.de.
 6. Таварткиладзе Георгий Абелович — доктор медицинских наук, профессор, директор; тел. (499) 749-61-05, e-mail: gtavartkiladze@audiology.ru.
-