doi: 10.17116/otorino201681540-44

Речевая аудиометрия с использованием матриксного фразового теста

Д.м.н. М.Ю. БОБОШКО[1], Е.В. ЖИЛИНСКАЯ[1], А. ВАЖЫБОК[2], к.б.н. Н.В. МАЛЬЦЕВА[1], М. ЦОКОЛЬ[2], проф. Б. КОЛЬМЕЙЕР[2]

[1]Лаборатория слуха и речи (зав. — д.м.н. М.Ю. Бобошко) Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, 197022; [2]Группа медицинской физики и высокотехнологичный кластер по улучшению слуха (руководитель — проф. Б. Кольмейер) в университете Карла фон Оссиецки Ольденбурга, Ольденбург, Германия, 26129

Матриксный тест, предполагающий использование в качестве речевого материала семантически непредсказуемых фраз из 5 слов на фоне шума, разработан и апробирован для многих языков. Цель исследования — апробация русской версии матриксного фразового теста (RuMatrix Test) на нормально слышащих лицах разного возраста. На первом этапе апробации обследованы 35 человек от 18 до 33 лет. На основании изучения эффекта влияния тренировки на результаты теста RUMatrix сделан вывод о необходимости проведения двух тренировочных треков перед тестированием. Отношение сигнал/шум, при котором достигался уровень 50% речевой разборчивости (SRT_{50}), в среднем составило –8,8±0,8 дБ SNR. Установлен достоверный эффект влияния интенсивности фонового шума на результаты теста: при уровнях шума 80 и 75 дБ УЗД испытуемые демонстрировали достоверно худшие показатели разборчивости; при последующих исследованиях использован шум интенсивностью 65 дБ УЗД. Доказана высокая тест-ретестовая надежность теста RuMatrix. На втором этапе апробации обследованы 20 молодых (от 20 до 40 лет) и 20 пожилых (от 61 до 74 лет) испытуемых. У пожилых лиц среднее значение SRT_{50} составило –6,9±1,1 дБ SNR и было достоверно хуже, чем у молодых (–8,7±0,9 дБ SNR). С учетом высокой сопоставимости результатов теста RUMatrix с данными, полученными для других языков, данный способ речевой аудиометрии может быть использован в качестве универсального инструмента в международных исследованиях.

Ключевые слова: речевая аудиометрия, речевые тесты в шуме, русский матриксный фразовый тест.

The speech audiometry using the matrix sentence test

M.YU. BOBOSHKO, E.V. ZHILINSKAIA, A. WARZYBOK, N.V. MALTSEVA, M. ZOKOLL, B. KOLLMEIER

Laboratory of Hearing and Speech, I.P. Pavlov First Saint Petersburg Medical University, Saint Petersburg, Russia, 197022; Medical Physics and Cluster of Excellence Hearing4all, Carl-von-Ossietzky, University Oldenburg, 26129, Oldenburg, Germany

The matrix sentence test in which the five-word semantically unpredictable sentences presented under the background noise conditions are used as the speech material was designed and validated for many languages. The objective of the present study was to evaluate the Russian version of the matrix sentence test (RuMatrix test) in the listeners of different ages with normal hearing. At the first stage of the study, 35 listeners at the age from 18 to 33 year were examined. The results of the estimation of the training effect dictated the necessity of conducting two training tracks before carrying out the RuMatrix test proper. The signal-to-noise ratio at which 50% speech recognition (SRT50) was obtained was found to be –8.8±0.8 dB SNR. A significant effect of exposure to the background noise was demonstrated: the noise level of 80 and 75 Db SPL led to a considerably lower intelligibility than the noise levels in the range from 45 to 70 dB SPL; in the subsequent studies, the noise level of 65 dB SPL was used. The high test-retest reliability of the RuMatrix test was proved. At the second stage of the study, 20 young (20—40 year old) listeners and 20 aged (62—74 year old) ones were examined. The mean SRT50 in the aged patients was found to be –6.9±1.1 dB SNR which was much worse than the mean STR50 in the young subjects (–8.7±0.9 dB SNR). It is concluded that, bearing in mind the excellent comparability of the results of the RUMat rix test across different languages, it can be used as a universal tool in international research projects.

Keywords: speech audiometry, speech in noise tests, Russian matrix sentence test.

Принятые сокращения:

дБ нПС — децибел относительно нормального порога слышимости

дБ УЗД — децибел относительно исходного уровня звукового давления

RuMatrix — *Russian matrix sentence test* — русский матриксный фразовый тест

SNR — *Signal-to-Noise Ratio* — отношение сигнал/шум

SRT — S*peech reception threshold* — порог речевой разборчивости

SRT_5 — отношение сигнал/шум, при котором достигается уровень 50% речевой разборчивости

© Коллектив авторов, 2016

[1]e-mail: boboshkom@gmail.com

[2]e-mail: a.warzybok@uni-oldenburg.de

Речевая аудиометрия является одним из основных методов оценки слуха как социальной категории, который широко используется для решения различных вопросов аудиологической диагностики, экспертизы, слухопротезирования. В России данное исследование, как правило, выполняется с использованием таблиц одно- или многосложных слов в тишине [1, 2]. Под руководством проф. А.И. Лопотко был создан «Русский речевой тест в шуме» с предъявлением многосложных слов [3], не получивший широкого распространения прежде всего из-за ограниченности числа треков с фиксированным отношением сигнал/шум (Signal-to-Noise Ratio, SNR).

За последние десятилетия зарубежными исследователями было разработано большое количество речевых тестов на фоне шума, в том числе с предъявлением слогов, одно- и многосложных слов, цифр [4—6]. Однако лучше всего оценивать процесс повседневной коммуникации позволяет использование фраз в шуме. При выполнении речевой аудиометрии посредством фраз максимальная разборчивость достигается при меньших уровнях интенсивности, что позволяет определять пороги восприятия речи точнее и эффективнее, чем при использовании отдельных слов [7, 8]. Для тестирования могут предъявляться два типа фраз: смысловые, взятые из жизненных ситуаций, с нефиксированной грамматической структурой [9, 10], и фразы с так называемой матриксной структурой, синтаксически фиксированные, но семантически непредсказуемые, формируемые путем комбинации слов в случайном порядке [11—13]. Предложения матриксного типа вследствие отсутствия в них смыслового содержания трудны для запоминания, что позволяет многократно тестировать пациента при аудиологическом обследовании в процессе лечения и реабилитации.

Наибольшее распространение получил матриксный тест (Matrix Test), разработанный в Германии в рамках программы исследований по оценке речевой разборчивости в шуме. Его также называют Ольденбургским фразовым тестом (Oldenburger Satztest, OLSA). На настоящий момент существует 18 версий данного теста для разных языков, из которых 9 доступно для клинического использования [12—18]. С 2012 г. начались испытания русской версии матриксного фразового теста (Russian matrix sentence test), которая получила сокращенное название RuMatrix Test. В соответствии с общим принципом формирования речевого материала фразы во всех матриксных тестах состоят из 5 слов. Для создания фраз используется 10 имен собственных, 10 глаголов, 10 числительных и 10 существительных, отобранных по следующим критериям: 1) высокая частота встречаемости в соответствии с частотным словарем русского языка; 2) высокий уровень узнаваемости и простота слов; 3) семантическая нейтральность отдельных слов/фраз; 4) сбалансированное количество слогов в группах слов; 5) специфичное для языка распределение фонем [11, 15, 19]. Для русского языка порядок слов следующий: 1-е — мужское или женское имя, 2-е — глагол, 3-е — числительное, 4-е — прилагательное и 5-е — существительное. Например, «Иван хочет пять красных залов». Было записано 100 фраз, произносимых диктором-женщиной, которые затем разрезались на отдельные слова. Новые фразы создавали путем объединения соответствующих слов с сохранением коартикуляции с прилегающим словом. В процессе тестирования треки, состоящие из 20 или 30 фраз, могут подаваться как в тишине, так и на фоне шума. Маскирующий шум образован 30-кратным случайным наложением всех фраз [19].

Цель исследования — апробация русской версии матриксного фразового теста (RuMatrix Test) на нормально слышащих лицах разного возраста.

Пациенты и методы

По результатам опроса, отоскопии и тональной пороговой аудиометрии для исследования отбирались отологически здоровые, нормально слышащие взрослые лица разного возраста, для которых русский язык является родным. При проведении теста RuMatrix в случайном порядке подавались треки, состоящие из 20 фраз, которые предъявлялись одновременно с шумом через головные телефоны на одно (ведущее) ухо; длительность типичного трека — около 4 мин. Фразы и помеха подавались ипсилатерально в адаптивном режиме: при фиксированном уровне шума интенсивность речевого сигнала менялась автоматически, уменьшаясь при правильном ответе испытуемого и увеличиваясь при неправильном ответе. Оценивалось SNR (в дБ SNR), при котором достигался уровень 50% речевой разборчивости (SRT_{50}), и значение наклона кривой словоспецифической функции разборчивости, определяемое программно по специальной формуле (%/дБ) [15].

На *первом этапе апробации теста RuMatrix* обследованы 35 человек (20 — в Ольденбурге, 15 — в Санкт-Петербурге) в возрасте от 18 до 33 лет (25±3,6 года). Измерения выполнялись в условиях открытого выбора (исследуемые повторяли услышанные фразы, не имея визуальной опоры). Для изучения тренировочного эффекта последовательно предъявлялись 8 треков на фоне шума интенсивностью 65 дБ УЗД (относительно исходного уровня звукового давления). При исследовании влияния уровня шума на речевую разборчивость каждому исследуемому предъявлялось по 5 треков с различной интенсивностью фонового шума: 45, 55, 65, 75 и 80 дБ УЗД; для оценки тест-ретестовой надежности метода процедура исследования повторялась дважды (второе исследование выполнялось в другой день).

На *втором этапе апробации* изучалось влияние возраста на результаты теста RuMatrix. С этой целью в лаборатории слуха и речи ПСПбГМУ им. И.П. Павлова обследованы 40 человек с нормальными порогами слуха в зоне речевых частот в соответствии с международной классификацией, принятой в России [1]: 20 молодых лиц в возрасте от 20 до 40 лет (29,3±5,7 года) и 20 пожилых от 61 до 74 лет (66,9±4,2 года). Предъявляли три трека на фоне шума: 1-й — при фиксированном SNR, равном 2 дБ УЗД (для ознакомления с речевым материалом), 2-й и 3-й — в адаптивном режиме на фоне шума интенсивностью 65 дБ УЗД. Оценивали данные, полученные по итогам предъявления 3-го трека (первые два трека были тренировочными). Наряду с тестом RUMatrix проводили наиболее распространенный в России вариант речевой аудиометрии с оценкой разборчивости односложных слов в тишине на комфортном уровне громкости [2]. При статистической обработке полученных результатов использовались методы одномерного и многомерного дисперсионного анализа.

Результаты исследования

По данным *первого этапа* апробации отмечен эффект влияния тренировки на результаты теста RuMatrix **(рис. 1)**:

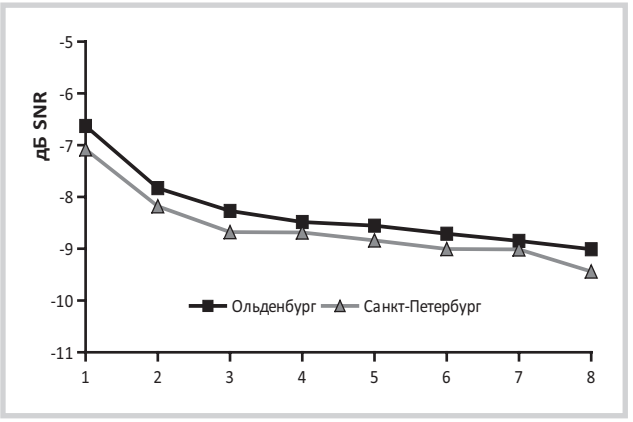

Рис. 1. **Влияние тренировочного эффекта на результаты теста RuMatrix по данным исследований, выполненных в Ольденбурге и Санкт-Петербурге.**

По оси ординат: средние значения SRT_{50}; по оси абсцисс: порядковый номер исследования.

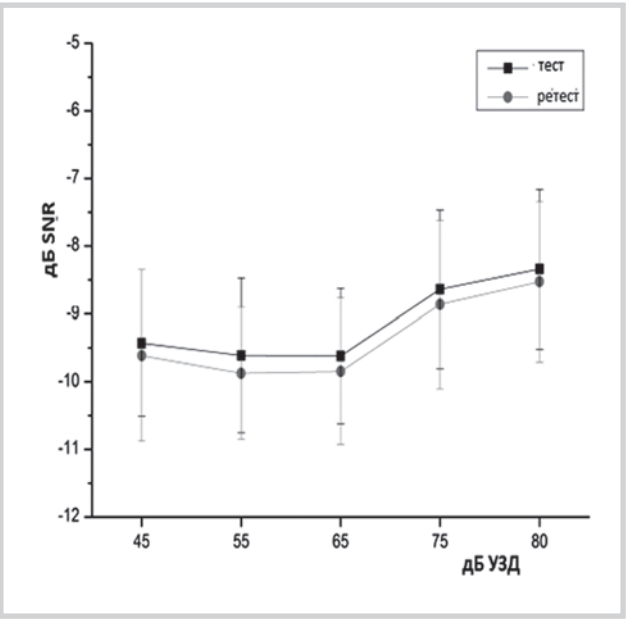

Рис. 2. **Влияние уровня фоновой помехи на результаты теста RuMatrix, по данным первого (тест) и повторного (ретест) тестирования.**

По оси ординат: средние значения SRT_{50} с соответствующими стандартными отклонениями; по оси абсцисс: интенсивность фонового шума.

сопоставление показателей разборчивости, полученных при предъявлении 1-го и 8-го треков, выявило статистически значимое улучшение SRT_{50} [(F(3,8, 124,1)=57,2, p<0,001, поправка Гринхауса—Гейсера]. Максимальная разница отмечена между значениями SRT_{50}, полученными при 1-м и 2-м измерениях (в среднем, 1,2 дБ SNR). Контроль групповой вероятности ошибки с использованием поправки Бонферрони показал, что результаты 1-го и 2-го измерений достоверно отличались от результатов измерений с 3-го по 8-е. В этой связи был сделан вывод о необходимости проведения двух тренировочных треков для исключения влияния эффекта тренировки на получение клинически значимых результатов теста RuMatrix. Начиная с 3-го измерения, значения SRT_{50} были стабильными, с максимальной разницей в 0,7 дБ SNR, наблюдаемой между 3-м и 8-м измерениями. Достоверных различий между значениями SRT_{50}, полученными в Ольденбурге и Санкт-Петербурге, найдено не было [F(1, 33)=2,25, p=0,143].

Путем усреднения результатов всех измерений, за исключением первых двух, был подсчитан итоговый SRT_{50}, который составил –8,8±0,8 дБ SNR. Значение наклона кривой слово-специфической функции разборчивости было равно 13,8±1,6%/дБ.

Был установлен достоверный *эффект влияния интенсивности фонового шума* на результаты теста RuMatrix [F(4,54)=10,32, p<0,001]. С использованием метода Холма—Сидака для множественных попарных сравнений было показано, что при уровнях фонового шума 80 и 75 дБ УЗД испытуемые демонстрировали достоверно более высокие (худшие) показатели SRT_{50}, чем при уровнях шума 45, 55 и 65 дБ УЗД (p<0,05).

На основании результатов первого и повторного обследований, выполненных в разные дни, для каждого уровня фонового шума рассчитывалась тест-ретестовая надежность метода **(рис. 2)**. Межсубъектная изменчивость варьировала от 0,5 дБ SNR при уровне шума 45 и 55 дБ УЗД до 0,7 дБ SNR при уровне шума 65 дБ УЗД (в среднем 0,6 дБ SNR), что доказывает высокую устойчивость результатов теста RuMatrix.

На *втором этапе* апробации обследовано две группы испытуемых, достоверно различавшихся по возрасту [F(1,39)=568,34, p<0,001].

Среднее значение порогов слуха в зоне речевых частот (0,5, 1, 2 и 4 кГц) у лиц молодого возраста составило 9,5±1,9 дБ нПС относительно нормального порога слышимости, колеблясь у разных исследуемых от 6,3 до 12,5 дБ нПС, а у лиц пожилого возраста — 17,1±3,4 дБ нПС (от 8,8 до 21,3 дБ нПС). Несмотря на то что с точки зрения международной классификации тугоухости слух у исследуемых обеих групп был в пределах нормы, были выявлены статистически значимые различия тональных порогов слуха между молодыми и пожилыми слушателями [F(1,38)=72,17, p<0,001]. Для каждой октавной частоты в диапазоне 0,125—8 кГц пожилые лица демонстрировали более высокие пороги слуха, чем молодые; средние различия колебались от 5,5 дБ нПС (для частоты 1 кГц) до 20 дБ (для частоты 8 кГц).

По результатам *теста RuMatrix* у 19 из 20 молодых исследуемых значения SRT_{50} были в пределах нормального диапазона и мало отличались от данных, полученных нами на первом этапе апробации; среднее значение SRT_{50} составило в группе молодых лиц –8,7±0,9 дБ SNR (разброс от –10,4 до –7 дБ SNR). У пожилых лиц показатели SRT_{50} были хуже, чем у молодых, даже при сравнении исследуемых с одинаковыми порогами слуха [F(1,39)=31,38, p<,001]. Среднее значение SRT_{50} у пожилых лиц было равно –6,9±1,1 дБ SNR, что в среднем на 1,8 дБ SNR хуже, чем у молодых (разброс от –8,2 до –3,3 дБ SNR).

При анализе данных оценки разборчивости односложных слов в тишине на комфортном уровне громкости было установлено, что у всех лиц молодого возраста результаты были приближены к максимальному; среднее значение составило 98% (диапазон от 90 до 100%). У 18 из 20 пожилых также имел место результат ⩾90%; среднее значение 92%, самое низкое — 55%. В связи с наличием так называемого эффекта «потолка», выраженного в обе-

их группах, достоверных различий между группами не выявлено.

Обсуждение

Слуховая система служит человеку не только для понимания звуковых сигналов с целью базовой ориентации и выживания, но и выполняет важнейшую социальную функцию — восприятие речи. Тест RuMatrix моделирует повседневную ситуацию (восприятие фраз на фоне шума) и, как показало выполненное исследование, является очень точным инструментом диагностики. Тот факт, что фразы состоят из 5 слов, для каждого из которых существует только 10 альтернатив, обеспечивает компромисс между необходимостью использовать широкий набор языковых единиц для повышения точности обследования и необходимостью учитывать ограниченные способности исследуемого к запоминанию. Поддержание стабильной фразовой структуры, специфичной для языка, и использование наиболее широко употребляемых слов минимизирует влияние синтактических и лингвистических знаний на результат [15].

Проведенное исследование продемонстрировало высокую сопоставимость результатов теста RuMatrix с результатами, полученными для других языков. Ожидаемое нормативное отношение сигнал/шум, при котором достигался уровень 50% речевой разборчивости в адаптивных измерениях, выполненных в открытом формате у молодых русскоговорящих лиц с нормальным слухом, составил –8,8±0,8 дБ SNR. Близкие показатели были получены для английского (–8,8±0,7 дБ SNR) и польского (–8,0±1,3 дБ SNR) языков. Несколько лучше были результаты для финского языка (–9,7±0,7 дБ SNR) и, напротив, хуже — для турецкого (–7,2±0,8 дБ SNR), немецкого (–6,8 дБ SNR), итальянского (–6,8±0,8 дБ SNR) и испанского (–6,2±0,8 дБ SNR) языков [15, 16, 18].

Среднее значение наклона кривой слово-специфической функции разборчивости, равное для русского языка 13,8±1,6%/дБ, сопоставимо с аналогичными данными для французского (14%/дБ), итальянского (13,3%/дБ), испанского (13,2%/дБ) и датского (12,6%/дБ) языков [12, 14—16]. Более высокий наклон был обнаружен для немецкого (17,1%/дБ) и польского (17,1±1,6%/дБ) языков [15]. Такая разница может быть связана со специфическими характеристиками диктора или возможностями распознавания фонем разных языков в шуме.

Как показали предыдущие исследования матриксных тестов, эффект тренировки не зависит от языка и связан со структурой речевого материала: максимальное улучшение SRT_{50} наблюдается между двумя первыми измерениями, а затем оно снижается к значению менее 1 дБ после 2-го измерения [15]. Аналогичные результаты были получены и для теста RuMatrix.

Высокая тест-ретестовая надежность теста RuMatrix, показанная в настоящем исследовании (0,6 дБ SNR), была также установлена для итальянского (0,5 дБ SNR) и французского (0,4 дБ SNR) языков [14, 16].

Достоверно более высокие значения SRT_{50} при предъявлении сигнала на фоне шума интенсивностью 75 и 80 дБ УЗД, возможно, связаны с феноменом дистанционной маскировки, проявляющимся только при достаточно высоких уровнях маскирующего шума. В этой ситуации маскировка распространяется как на высокочастотные форманты, так и на форманты, существенно более низкие, чем частоты фонового шума [20].

Пожилые лица продемонстрировали достоверно худшие показатели в тесте RuMatrix, чем молодые. Эти результаты согласуются с другими данными о снижении разборчивости речи, преимущественно в шуме, у пожилых людей с нормальными порогами слуха [21, 22]. В то же время тест по оценке разборчивости односложных слов в тишине как у молодых, так и у пожилых лиц был в пределах нормы, что может свидетельствовать о более низкой чувствительности этого теста для выявления дефицита разборчивости.

Выводы

1. С учетом установленного эффекта тренировки, максимально выраженного для первых двух измерений, при выполнении теста RuMatrix необходимо проведение двух тренировочных треков. Шумовая помеха интенсивностью 75 и 80 дБ УЗД приводит к достоверному ухудшению разборчивости в тесте RuMatrix.

2. Выявлено достоверное ухудшение фразовой разборчивости в шуме у нормально слышащих лиц пожилого возраста (60—74 лет) по сравнению с молодыми (20—40 лет).

3. С учетом высокой сопоставимости результатов теста RuMatrix с данными, полученными для других языков, данный тест может быть использован в качестве универсального инструмента в международных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таварткиладзе Г.А. *Руководство по клинической аудиологии.* М.: Медицина; 2013.
2. Бобошко М.Ю. *Речевая аудиометрия.* Учебное пособие. СПб: Издательство СПбГМУ; 2012.
3. Коротков Ю.В. *Речевые технологии в аудиологической практике:* Дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург. 2008. Ссылка активна на 12.01.16. Доступно по: http://medical-diss.com/medicina/rechevye-tehnologii-v-audiologicheskoy-praktike
4. Soli SD, Wong LLN. Assessment of speech intelligibility in noise with the hearing in noise test. *Int J Audiol.* 2008;47(6):356-361. doi: 10.1080/14992020801895136
5. Kuk F, Lau CC, Korhonen P, Crose B, Peeters H et al. Development of the ORCA nonsense syllable test. *Ear Hear.* 2010;31(6):779-795. doi: 10.1097/AUD.0b013e3181e97bfb
6. Zokoll M, Wagener KC, Brand T, Buschermöhle M, Kollmeier B. Internationally comparable screening tests for listening in noise in several European languages: the German digit triplet test as an optimization prototype. *Int J Audiol.* 2012;51(9):697-707. doi: 10.3109/14992027.2012.690078
7. Kollmeier B, Wesselkamp M. Development and evaluation of a sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment. *J Acoust Soc Am.* 1997;102(4):1085-1099.

8. Versfeld NJ, Daalder L, Festen JM, Houtgast T. Method for the selection of sentence material for efficient measurement of the speech reception threshold. *J Acoust Soc Am.* 2000;107(3):1671-1684.

9. Ozimek E, Kutzner D, Sek A, Wicher A. Polish sentence tests for measuring the intelligibility of speech in interfering noise. *Int J Audiol.* 2009;48(7):433-443.
doi: 10.1080/14992020902725521

10. Nielsen JB, Dau T. The Danish hearing in noise test. *Int J Audiol.* 2011;50(3):202-208.
doi: 10.3109/14992027.2010.524254

11. Hagerman B. Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scand Audiol.* 1982;11(2):79-87.

12. Wagener K, Josvassen JL, Ardenkjaer R. Design, optimization, and evaluation of a Danish sentence test in noise. *Int J Audiol.* 2003;42(1):10-17.

13. Zokoll MA, Hochmuth S, Warzybok A, Wagener KC, Buschermöhle M, Kollmeier B. Speech-in-Noise Tests for Multilingual Hearing Screening and Diagnostics. *Am J Audiol.* 2013;22(1):175-178.
doi: 10.1044/1059-0889(2013/12-0061)

14. Jansen S, Luts H, Wagener KC, Kollmeier B, Del Rio M, Dauman R, James C, Fraysse B, Vormès E, Frachet B, Wouters J, van Wieringen A. Comparison of three types of French speech-in-noise tests: A multi-center study. *Int J Audiol.* 2012;51(3):164-173.
doi: 10.3109/14992027.2011.633568

15. Kollmeier B, Warzybok A, Hochmuth S, Zokoll MA, Uslar V, Brand T, Wagener KC. The multilingual matrix test: Principles, applications, and comparison across languages — A review. *Int J Audiol.* 2015;54(suppl 2):3-16.
doi: 10.3109/14992027.2015.1020971

16. Puglisi GE, Warzybok A, Hochmuth S, Visentin C, Astolfi A, Prodi N, Kollmeier B. An Italian matrix sentence test for the evaluation of speech intelligibility in noise. *Int J Audiol.* 2015;54(suppl 2):44-50.
doi: 10.3109/14992027.2015.1061709

17. Wardenga N, Batsoulis C, Wagener KC, Brand T, Lenarz T, Maier H. Do you hear the noise? The German matrix sentence test with a fixed noise level in subjects with normal hearing and hearing impairment. *Int J Audiol.* 2015;54(suppl 2):71-79.
doi: 10.3109/14992027.2015.1079929

18. Zokoll MA, Fidan D, Türkyılmaz D, Hochmuth S, Ergenç İ, Sennaroğlu G, Kollmeier B. Development and evaluation of the Turkish matrix sentence test. *Int J Audiol.* 2015;54(suppl 2):51-61.
doi: 10.3109/14992027.2015.1074735

19. Warzybok A, Zokoll M, Wardenga N, Ozimek E, Boboshko M, Kollmeier B. Development of the Russian matrix sentence test. *Int J Audiol.* 2015. Early Online 1-9.
doi: 10.3109/14992027.2015.1020969

20. Гельфанд С.А. *Слух: введение в психологическую и физиологическую акустику*. М.: Медицина; 1984.

21. Бобошко М.Ю., Гарбарук Е.С., Жилинская Е.В., Абу-Джамеа А.Х. Временная разрешающая способность слуховой системы при сенсоневральной тугоухости. *Сенсорные системы.* 2014;28 (3):10-15.

22. Mukari SZ-MS, Abdul Wahat NH, Mazlan R. Effects of Ageing and Hearing Thresholds on Speech Perception in Quiet and in Noise Perceived in Different Locations. *Korean J Audiol.* 2014;18(3):112-118.
doi: 10.7874/kja.2014.18.3.112