

УДК 612.858.4+612.858.7

СОСТОЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СЛУХА ПРИ СИММЕТРИЧНОЙ СЕНСОНЕВРАЛЬНОЙ ТУГОУХОСТИ 1-Й И 2-Й СТЕПЕНИ ПО ДАННЫМ ОПРОСНИКА SHQ

© 2024 Е. А. Клишова, Л. Е. Голованова, И. Г. Андреева

Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, 194223, Санкт-Петербург, пр. Тореза, д. 44

E-mail: ig-andreeva@mail.ru

Поступила в редакцию 25.06.2024

После доработки 31.07.2024

Принята к публикации 08.08.2024

Исследовано состояние пространственного слуха у пациентов с симметричной хронической сенсоневральной тугоухостью (СНТ) 1-й и 2-й степени с применением русскоязычной версии опросника пространственного слуха. Обследован 141 пациент в возрасте от 47 до 82 лет. Сравнительный анализ выполняли в группах возрастной нормы слуха, СНТ 1-й и 2-й степени. Показано достоверное ухудшение пространственного восприятия, выявленное по результатам опроса в обеих группах с СНТ, причем по ряду показателей группы 1-й и 2-й степени достоверно различались. Ухудшение пространственного восприятия, выявленное при анализе подшкал опросника, и количественные оценки пространственного и временного разрешения, полученные ранее при СНТ 1-й и 2-й степени, находились в хорошем соответствии. При СНТ 2-й степени достоверно были снижены оценки всех четырех подшкал опросника. В клинической практике этот опросник можно применять в качестве скринингового метода оценки пространственного слуха у пациентов с СНТ.

Ключевые слова: слуховое восприятие, пространственный слух, высокочастотный бинауральный механизм, опросник SHQ, сенсоневральная тугоухость

DOI: 10.31857/S0235009224040059 **EDN:** ADBTWO

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее распространенных форм патологии слуха является сенсоневральная тугоухость (СНТ). Она проявляется в снижении слуха вплоть до полной утраты, при котором поражаются различные участки звуковоспринимающей системы слухового анализатора, начиная от рецепторного аппарата улитки (Альтман, Таварткиладзе, 2003; Moore, 2007). Снижение слуха при СНТ может затрагивать весь диапазон частот или преимущественно высокочастотную область слышимости – нисходящая аудиограмма (Бабияк, Накатис, 2005; Королева, 2012). Последний тип нарушения, наряду с феноменом усиленного нарастания громкости, характерен для возрастной тугоухости (пресбиакузиса).

При нисходящем типе аудиограммы высокочастотный механизм бинаурального слуха работает существенно хуже. Наряду с этим дирекциональный слух, который может до известной степени компенсировать недостаток бинаурального слуха, также неэффективен, поскольку дирекциональный слух задействует преимущественно

высокочастотную область. При существенном снижении доли высоких частот в слышимом диапазоне можно ожидать снижение разрешающей способности по азимуту, так как оба механизма будут неэффективны.

Помимо повышения порогов слуха, существенным фактором изменения восприятия при СНТ может выступать нарушение кодирования надпороговых сигналов (Moore, King, 1999; Tyler et al., 2014) или феномен усиленного нарастания громкости (ФУНГ, рекруитмент), который приводит к сжатию шкалы громкости, что не только ухудшает разборчивость речи, но и затрудняет оценку удаленности источника звука и его радиального движения. Таким образом, как бинауральные, так и моноуральные механизмы, используемые слуховой системой для оценки расстояния от слушателя до источника звука, при сенсоневральной тугоухости могут функционировать иначе, чем при нормальном слухе (Akeroyd, 2014; Kolarik et al., 2016; Zheng et al., 2022).

Согласно данным мировой литературы, степень утраты пространственного слуха может быть различной у пациентов с одинаковыми

диагнозами и сходными результатами обследования с применением стандартных аудиологических методов (Middlebrooks, 2015; Coudert et al., 2021). Вместе с тем, ухудшение пространственного восприятия может вызывать серьезный психологический дискомфорт и снижение ощущения безопасности, которые связаны с изменением условий сенсорного мониторинга заднего полупространства человека, осуществляемого преимущественно слуховой системой (Spence et al. 2020; Aggius-Vella et al., 2022).

Количественная оценка показателей пространственного слуха на сегодня выполняется исключительно в научных целях (Ogorodnikova et al., 2024), тогда как в клинике применяют опросники пространственного слуха (Jung et al., 2023; Serpehrnejad et al., 2022). Такие опросники позволяют получить представление о функциональных возможностях пациента в различных бытовых ситуациях, когда необходимо использовать пространственный слух. В результате их применения, преимущественно после кохлеарной имплантации, можно выявить эффективность слуховой коррекции техническими средствами и оценить течение реабилитации. Опыт применения опросников в различных странах показал их эффективность (Ou et al., 2016; Potvin et al., 2011; Çildir et al., 2021), но широкого применения они пока не получили. Использование опросников при снижении слуха показало их эффективность и в этом случае. Были выявлены различия в состоянии пространственного слуха в группах нормы и при снижении слуха уни- или билатерально (версия SSQ5 на португальском, Assef et al., 2022). Применение турецкой версии опросника SHQ выявило различие в состоянии пространственного слуха у молодых испытуемых с нормальным слухом и при снижении слуха в группе пациентов с СНТ пожилого возраста (Çildir et al., 2021). С использованием русифицированной версии показаны достоверные различия в группе пациентов СНТ 1–4-й степени по сравнению с группой нормы слуха (Владимирова и др., 2023).

Целью настоящего исследования было выяснить, какие перцептивные задачи с использованием пространственного слуха вызывают затруднения при СНТ 1-й и 2-й степени, и проанализировать результаты, сравнив их с данными временного и пространственного разрешения по слуху. С этой целью применяли опросник SHQ (Tyler et al., 2009).

МЕТОДИКА

С применением опросника SHQ был обследован 141 пациент в возрасте от 47 до 82 лет (средний возраст 63 ± 6.0 лет), из них 88 женщин и 53

мужчины. Все пациенты были осмотрены врачом сурдологом-оториноларингологом: собраны жалобы, анамнез, осмотрены ЛОР-органы, проведена тональная пороговая аудиометрия и импедансометрия. По результатам осмотра для исключения центральных слуховых расстройств 22 пациентам были проведены речевые тесты на разборчивость односложных и разносложных слов в тишине и в речевом шуме. Никто из пациентов на момент обследования не был слухопротезирован.

По аудиометрическим данным пациенты были разделены на три группы. Первая группа включала в себя 39 пациентов со слухом в пределах возрастной нормы (рис. 1а). Средние акустические пороги слуха на основных речевых частотах – 500, 1000, 2000, 4000 Гц – были менее 25 дБ. Во вторую группу вошли пациенты с симметричной двусторонней хронической сенсоневральной тугоухостью 1-й степени. Средние акустические пороги слуха на основных речевых частотах были в пределах от 25 до 40 дБ (рис. 1б). Эта группа включала 55 человек. Третья группа состояла из 47 лиц с симметричной хронической СНТ 2-й степени. Средние акустические пороги слуха на основных речевых частотах находились в пределах от 41 до 55 дБ. Во всех трех группах разница средних порогов на основных речевых частотах между лучше слышащим и хуже слышащим ухом не превышала 8.75 дБ.

В группы обследуемых не вошли следующие лица:

- имеющие кондуктивный компонент тугоухости любой этиологии;
- с заведомо известными нарушениями слуха центрального генеза, т.е. с патологическими состояниями в анамнезе – острое нарушение мозгового кровообращения, острый инфаркт миокарда, черепно-мозговые травмы средней и тяжелой степени тяжести.

Все обследованные пациенты подтвердили свое согласие на участие в этом эксперименте путем подписания информированного согласия. Все выполненные нами исследования соответствовали требованиям этического комитета Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук (протокол № 02–02 от 01.02.2024), этического комитета Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения “Городской гериатрический медико-социальный центр” (протокол № 2 от 29.02.2024) и Хельсинкской декларации 1964 г. с ее последующими изменениями.

Состояние пространственного слуха определяли с применением оригинального опросника Spatial Hearing Questionnaire (SHQ) (Tyler et al., 2009), который был переведен, валидирован

и верифицирован Владимировой и др. (Владимирова и др., 2023). Этот опросник состоит из 24 вопросов с инструкцией по заполнению. Каждый вопрос оценивается от очень сложного (0) до очень простого (100). Чем выше балл, тем лучше пространственный слух. Опросник позволяет оценить общее функциональное состояние бинаурального слуха и отдельные его характеристики: понимание речи для мужского, женского и детского голосов; локализация их источников; локализация источников музыки и технических устройств (транспортных средств); понимание речи в тишине.

Для проверки статистической значимости групповых различий использовали *t*-критерий для независимых выборок и *U*-критерий Манна–Уитни. Для оценки взаимосвязей количественных признаков применяли корреляционный анализ Пирсона. Критерии Кайзера–Майера–Олкина и Бартлетта позволили оценить возможность применения факторного анализа, после чего выявили факторы методом выделения главных компонент и осуществили вращение факторов методом варимакс с нормализацией Кайзера. С помощью коэффициента α -Кронбаха провели анализ надежности опросника и выделенных в нем факторов. Расчеты статистических критериев проводили с применением программы IBM SPSS Statistics 22.0.0.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Воспроизводимость опросника SHQ оценивалась путем вычисления коэффициентов α -Кронбаха и общих коэффициентов корреляции в группах с возрастной нормой слуха и при СНТ 1-й и 2-й степени (табл. 1). Коэффициент α -Кронбаха во всех трех группах составил более 0,9, что свидетельствовало о внутренней согласованности результатов применения опросника SHQ. Коэффициенты корреляции Пирсона находились в диапазоне 0,33–0,87, показывая хорошую корреляцию для балльных оценок каждого из 24 вопросов со средними значениями, полученными для всего опросника SHQ. Итак, полученные значения обоих критериев для всех групп свидетельствовали о надежности и валидности данных, полученных в результате выполненного в группах пациентов опроса.

Критерий адекватности выборки Кайзера–Майера–Олкина определяет возможность применения факторного анализа для интерпретации данных опросника. Факторный анализ применим к данным, если этот критерий близок к 1. Полученные значения КМО оказались выше 0,6 (табл. 1), что позволило провести факторный анализ для всех групп. Другой критерий, указанный

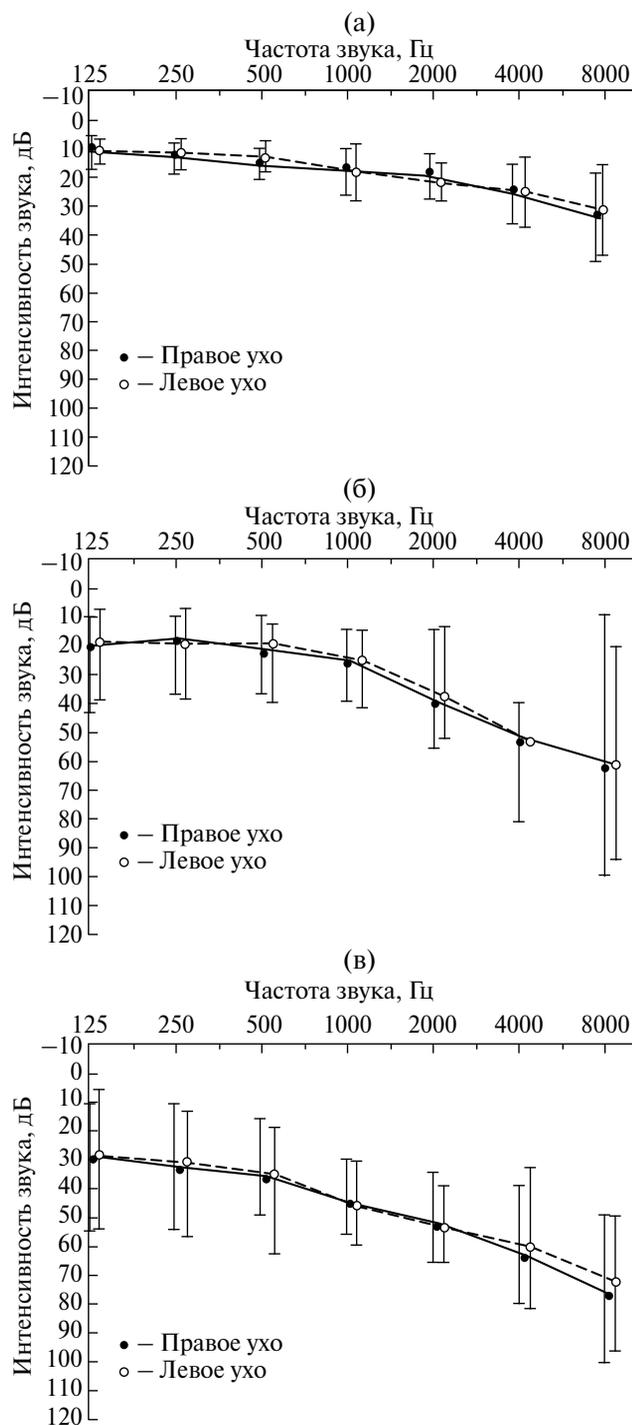


Рис. 1. Средние значения порогов стандартной тональной воздушной аудиограммы в группах испытуемых: а – возрастная норма слуха ($N = 39$), б – СНТ 1-я степени ($N = 55$), в – СНТ 2-й степени ($N = 47$). Вертикальными линиями показаны стандартные отклонения.

Таблица 1. Статистические критерии надежности и валидности данных опросника SHQ, полученные для трех групп пациентов

Статистический критерий выборки	Начальная степень СНТ (возрастная норма слуха), N = 39	1-я степень СНТ, (N = 55)	2-я степень СНТ, (N = 47)
КМО ¹	0.64	0.80	0.76
Критерий Бартлетта	1329**	2146**	1957**
α -Кронбаха	0.93	0.96	0.96
Коэффициенты корреляции Пирсона	0.33–0.87*	0.57–0.86**	0.52–0.85**

Примечание. ¹мера адекватности выборки Кайзера–Майера–Олкина (КМО). * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

в таблице 1 (критерий сферичности Бартлетта), проверяет гипотезу о том, что наблюдаемая корреляционная матрица является единичной матрицей. Его значимость для обследованных групп составила $p < 0.01$. Таким образом, оба критерия подтвердили возможность использования факторного анализа.

Применение метода выделения главных компонент показало пять собственных значений, величина которых была выше 1.0 для группы с нормальным слухом и четыре – для групп с СНТ. При сопоставлении данных групп пациентов мы ограничились четырьмя факторами, т.е. сгруппированными результатами балльных ответов на вопросы (табл. 2). Эти четыре фактора позволяют объяснить более 75% дисперсии в каждой из них, причем первый фактор имеет вклад в дисперсию при норме слуха 40%, а при СНТ – более 50%. Вклад трех других факторов оказался совокупно меньше, чем первого.

По результатам факторного анализа, выполненного в каждой из трех опрошенных групп,

было осуществлено вращение факторов методом варимакс с нормализацией Кайзера. Сопоставление матриц вращения позволило выявить структуру факторов. Фактор 1, который вносил наибольший вклад в дисперсию данных, определялся вопросами о локализации источника звука речевого диапазона (вопросы № 13–20). Следующий по значимости фактор 2 включал вопросы с №№ 5 по 12, которые характеризовали речь в шуме. Фактор 3 состоял из вопросов о речи в условиях тишины (№ 1–4), а последний фактор 4 включал вопросы о локализации источников шума с ритмической структурой (№ 20–24).

Сопоставление результатов балльной оценки по четырем выделенным подшкалам в группе с возрастной нормой слуха и групп с СНТ 1-й и 2-й степени показало, что при СНТ 1-й степени по двум подшкалам – речь в тишине и локализация звука речевого диапазона – достоверно снижена балльная оценка, как и для общего результата опросника (таблица 3). При СНТ 2-й степени выявлены достоверные различия по всем подшкалам и по общему результату. Таким

Таблица 2. Результаты факторного анализа для трех групп пациентов: собственные значения матрицы и суммарный процент дисперсии, представленные для четырех факторов.

Фактор	Начальная степень СНТ (возрастная норма слуха) (N = 39)		1-я степень СНТ (N = 55)		2-я степень СНТ (N = 47)	
	НСЗ	С%	НСЗ	С%	НСЗ	С%
1	9.65	40	13.23	55	12.49	52
2	3.67	55	3.09	68	3.54	67
3	3.08	68	1.70	75	2.68	78
4	1.83	76	0.99	79	1.03	82

НСЗ – начальное собственное значение

С% – суммарный процент дисперсии

Таблица 3. Средние результаты подшкал опросника SHQ для трех групп пациентов

Подшкалы	Начальная степень СНТ (возрастная норма слуха)	1-я степень СНТ	2-я степень СНТ
Речь в тишине (1–4)	95.7 (5.9; 1.0)	88.6 (12.8; 1.7)**	77.3 (15.3; 2.2)**
Речь в шуме (5–12)	68.1 (14.8; 2.4)	68.5 (16.3; 2.2)	56.1 (21.4; 3.1)**
Локализация источника звука речевого диапазона (13–20)	76.4 (14.5; 2.4)	64.6 (16.1; 2.2)**	56.3 (15.4; 2.2)**
Локализация источника шума с ритмической структурой (21–24)	78.4 (10.2; 1.7)	74.7 (17.3; 2.3)	61.3 (19.3; 2.8)**
Общий результат (1–24)	78.9 (9.0; 1.5)	72.6 (13.4; 1.8)*	61.4 (14.7; 2.1)**

Примечание. Указаны среднее значение (стандартное отклонение; ошибка среднего). Достоверные различия в балльных оценках при сравнении с группой возрастной нормы слуха показаны * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$ (U-критерий Манна–Уитни).

образом, применение опросника к этим категориям пациентов показало его информативность.

Сравнивая балльные оценки при ответах на отдельные вопросы в контрольной группе и группе с СНТ 1-й степени, получили достоверные различия для 1–13-го вопросов ($p < 0.01$ для всех, кроме 2-го и 13-го вопросов, для них $p < 0.05$). Это свидетельствовало о трудности в восприятии сигналов речевого диапазона для таких пациентов.

При сопоставлении ответов контрольной группы и пациентов с СНТ 2-й степени различия по балльным оценкам выявили для всех вопросов,

кроме вопроса № 21 (о местонахождении летящего самолета). Эта группа пациентов испытывала трудности со всеми категориями вопросов, наиболее низкие оценки (трудные ситуации) касались локализации источника звука речевого диапазона и восприятия речи в шуме, что указывает на очевидные проблемы с коммуникацией.

Сравнение балльных оценок пациентов с СНТ 1-й и 2-й групп показало достоверные различия в ответах на вопросы № 1–4, 6–7, 10–15, 17–20, 22–24 ($p < 0.05$). Это означало, что при СНТ 2-й степени дополнительные сложности возникают

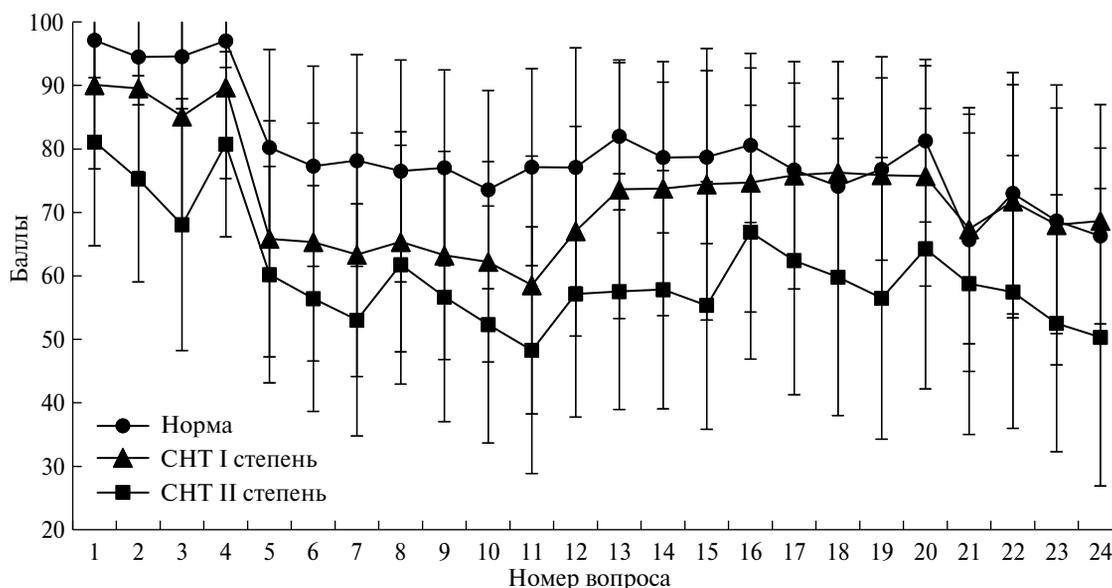


Рис. 2. Средние для контрольной группы и групп с СНТ 1-й и 2-й степени балльные оценки ответов на каждый из вопросов опросника SHQ. Вертикальными линиями показаны стандартные отклонения.

у пациентов при восприятии речи в тишине, при локализации источников речевого сигнала в шуме и при локализации источников шума ритмической структуры.

Таким образом, все вопросы, кроме № 21, оказались информативными для оценки пространственного слуха при СНТ 1-й и 2-й степени.

Зависимость общего (среднего) балла опросника от возраста не была выявлена (R^2 для групп нормы, СНТ 1-й и 2-й степеней был менее 0.01, 0.01 и 0.14 соответственно).

ОБСУЖДЕНИЕ

В работе впервые применили русскоязычную версию опросника SHQ для сравнительного анализа состояния пространственного слуха в группах пациентов с СНТ 1-й и 2-й степени. На больших объемах выборок была подтверждена надежность и валидность полученных данных. Опросник был разработан для оценки пространственного слуха пациентов с кохлеарными имплантами (Tyler et al., 2009), что подразумевало более грубые нарушения пространственного слуха. Последующее использование опросника SHQ в группах с частичной потерей слуха не подразумевало оценку градаций в степени потери слуха, за исключением работы (Delphi et al., 2015), в которой группы были небольшими и авторы указывали на пилотный характер исследования. В ней были даны только различия в общем балле, по которому группы с СНТ 1-й и 2-й степени не различались, тогда как при сравнении всех других степеней СНТ получили достоверные различия.

СНТ с аудиограммой нисходящего типа, как правило, развивается с возрастом, начиная с 45–50 лет. Поэтому в контрольную группу в нашем исследовании вошли испытуемые той же возрастной категории. Средние по четырем частотам пороги группы нормы и группы с СНТ 1-й степени различались на 14.5 дБ (18.9 и 33.5 дБ соответственно). Заметим, что возрастная норма слуха по средним данным соответствовала начальным явлениям СНТ (Gordon-Salant, 2005; Divenyi et al., 2005). Возрастная норма слуха у контрольной группы привела к снижению нормативных данных по сравнению с результатами (Perrau et al., 2014), которые получили нормативные данные на группе со средним возрастом 34 года и порогами слуха не хуже 20 дБ на всех аудиометрических частотах. Средняя балльная оценка в нашей работе составила 78.9 по сравнению с 86.6 в цитируемой работе. Применение группы с возрастной нормой слуха было более корректным потому, что исследование слуха при пресбиакузисе предполагает его дифференцировку как заболевания от

естественных изменений слуха в пределах нормы. Исследования возрастных изменений пространственной разрешающей способности у испытуемых с возрастной нормой слуха, выполненные в последние годы, демонстрируют ее снижение в старших группах (Dobrev et al., 2011; Freigang et al., 2014; Xiong et al., 2022). Выраженные возрастные изменения при выполнении задач латерализации, локализации, обнаружения сигналов в шуме были показаны в поведенческих и в электрофизиологических измерениях (обзор Eddins et al., 2018). Эти изменения объясняют снижением нейронной синхронности и уменьшением центрального торможения с возрастом.

В группы с СНТ нами были подобраны пациенты с симметричным слухом, без слухопротезирования и в соответствии с общепринятой классификацией тугоухости, что позволило сформировать более однородные группы по потере слуха. В то время как имеющийся опыт в области применения опросника SHQ при СНТ был основан на выводах для пациентов с асимметричным слухом (Potvin et al., 2011), с разным опытом слухопротезирования (Çildir et al., 2021), а также сравнением групп разного возрастного состава (Assef et al., 2022), что значительно увеличивало вариативность результатов состояния пространственного слуха.

Выделение факторов для трех групп пациентов в нашей работе полностью совпало с результатами факторного анализа в группе с нормой слуха (Perrau et al., 2014), включая ту особенность, что основной вклад в дисперсию вносил фактор 1. Небольшие количественные различия состояли в том, что нормативные данные у создателей опросника SHQ для фактора 1 составили 47.6% дисперсии, а, по нашим данным, для возрастной нормы – 40%, в группах с СНТ 1-й и 2-й степени – 55% и 52% соответственно (табл. 2).

Авторы опросника SHQ (Tyler et al., 2009) выделяют восемь подшкал, четыре из которых характеризуют восприятие детской, женской и мужской речи, а также музыки. В повседневном общении женские и мужские голоса могут случайным образом в разной степени быть сходными по частоте основного тона и интенсивности голоса. Детские голоса для этой возрастной когорты могут оказаться преимущественно голосами подростков, т.е. лежащими в более низкочастотной области. Поэтому такое деление по категориям голосов представляется нам избыточным, тем более что по данным разных авторов балльные оценки по этим четырем подшкалам различаются незначительно (Владимирова и др., 2023; Potvin et al., 2011; Tyler et al., 2009), что свидетельствует об их низкой информативности. Заметим, что в ряде исследований,

цитируемых выше, применяют только общий балл опросника. Мы ограничились четырьмя подшкалами, результаты которых с достаточной полнотой описывали состояние пространственного слуха у исследованных категорий пациентов.

После выделения подшкал и сравнения балльных оценок отдельных вопросов в норме и при СНТ 1-й степени было обнаружено ухудшение пространственного слуха для двух категорий вопросов – речь в тишине и локализация источников звука речевого диапазона. Таким образом, можно считать применение опросника SHQ возможным для выявления снижения функции пространственного слуха уже на ранней стадии тугоухости. Заметим, что работа иранских коллег (Delphi et al., 2015) не позволяла выявить различие для пациентов 1-й и 2-й групп, так как выводы основывались только на общем балле. Выполненные ранее количественные исследования оценок временной разрешающей способности показали, что разрешающая способность по расстоянию для неподвижных источников звука не изменяется по сравнению с нормой, тогда как при их движении пороги по расстоянию и времени для оценки направления движения у примерно половины пациентов существенно увеличиваются (Andreeva et al., 2020). При оценке движения источников звука по азимуту временная разрешающая способность по средним данным также увеличивалась в несколько раз по сравнению с нормой слуха (Клишова и др., 2021). Коммуникация в реальных условиях редко происходит при неподвижном положении головы диктора, поэтому при ухудшении локализации движущегося источника звука и, как следствие, снижении способности к фокусированию пространственного слухового внимания в динамике общения, затрудняется понимание речи. Таким образом, количественные оценки пространственного и временного разрешения и ухудшение пространственного восприятия, полученное при двух подшкалах опросника, находятся в хорошем соответствии между собой.

Сравнение данных пациентов СНТ 1-й и 2-й степени показало достоверное различие в оценках 19 из 24 вопросов, относящихся ко всем четырем категориям. Этот результат демонстрирует возможность на основе опросника устанавливать степень потери пространственного слуха категориально, причем по сравнению с нормой слуха пациенты достоверно снижали балльную оценку во всех четырех подшкалах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение русскоязычной версии опросника пространственного слуха показало его эффективность при оценке снижения пространственного

слуха при сенсоневральной тугоухости 1-й и 2-й степени. Получены контрольные данные, характеризующие снижение слуха при норме и при СНТ. Если при 1-й степени достоверные изменения по сравнению с возрастной нормой касались только двух подшкал опросника, то при 2-й степени оценки всех четырех подшкал, или групп перцептивных задач с участием пространственного слуха, оказались снижены. Полученный результат подтверждается снижением временного и пространственного разрешения по слуху, полученного нами ранее (Andreeva et al., 2020; Клишова и др., 2021). В клинической практике этот опросник можно применять в качестве скринингового метода оценки пространственного слуха при пресбиакузисе.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование поддержано средствами Российского научного фонда, проект № 24–25–00346.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Альтман Я. А., Таварткиладзе Г. А. *Руководство по аудиологии*. М.: ДМК Пресс, 2003. 360 с.
- Бабияк В. И., Накатис Я. А. *Клиническая оториноларингология: Руководство для врачей*. СПб.: Гиппократ. 2005. 800 с.
- Владимирова Т. Ю., Мартынова А. Б., Барбашева С. С. Валидация и перспективы применения русскоязычной версии опросника пространственного слуха (SHQ). *Аспирантский вестник Поволжья*. 2023. Т. 23. № 1. С. 15–20. DOI: 10.55531/2072–2354.2023.23.1.15–20
- Королева И. В. *Введение в аудиологию и слухопротезирование*. СПб.: КАРО. 2012. 343 с.
- Aggius-Vella E., Gori M., Campus C. et al. Auditory distance perception in front and rear space. *Hearing Research*. 2022. V. 417. Article 108468. DOI: 10.1016/j.heares.2022
- Akeroyd M. A. An overview of the major phenomena of the localization of sound sources by normal-hearing, hearing-impaired, and aided listeners. *Trends in Hearing*. 2014. V. 18. Article 2331216514560442. DOI: 10.1177/2331216514560442
- Akeroyd M. A., Whitmer W. M. Spatial hearing and hearing aids. *Hearing Aids*, eds G. R. Popelka, B. C. J. Moore, R. R. Fay, and A. N. Popper. Cham. Springer International Publishing, 2016. 181–215. DOI: 10.1007/978–3–319–33036–5_7
- Andreeva I. G., Gvozdeva A. P., Sitdikov V. M. et al. Comparative assessment of spatial and temporal resolutions in the localization of an approaching and receding broadband noise source in healthy subjects and patients with first-degree symmetric sensorineural hearing

- loss. *Human Physiology*. 2020. V. 46. P. 465–472. DOI: 10.1134/S0362119720040039
- Assef R. A., Almeida K., Miranda-Gonzalez E.C.D. Sensitivity and specificity of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ5) for screening hearing in adults. In *CoDAS*. 2022. № 34. P. e20210106. DOI: 10.1590/2317–1782/20212021106
- Briley P. M., Summerfield A. Q. Age-related deterioration of the representation of space in human auditory cortex. *Neurobiology of aging*. 2014. V. 35. P. 633–644. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2013.08.033
- Çildir B., Tokgöz-Yılmaz S., Sennaroğlu G. Spatial Hearing Questionnaire: Psychometric Properties of Turkish Version and Correlations with Hearing Skills. *Archives Of Acoustics*. 2021. V. 46. P. 249–258. DOI: 10.24425/aoa.2021.136579
- Coudert A., Gaveau V., Gatel J. et al. Spatial Hearing Difficulties in Reaching Space in Bilateral Cochlear Implant Children Improve With Head Movements. *Ear & Hearing*. 2021. V. 43. P. 192–205. DOI: 10.1097/AUD.0000000000001090
- Courtois G., Grimaldi V., Lissek H., Estoppey P., Georganti E. Perception of Auditory Distance in Normal-Hearing and Moderate-to-Profound Hearing-Impaired Listeners. *Trends in Hearing*. 2019. V. 23. P. 1–18. DOI: 10.1177/2331216519887615
- Davidson A., Souza P. Relationships Between Auditory Processing and Cognitive Abilities in Adults: A Systematic Review. *Journ Speech Lang Hear R*. 2024. V. 67. P. 296–345. DOI: 10.1044/2023_JSLHR-22–00716
- Delphi M., Abdolahi F. Z., Tyler R. et al. Validity and reliability of the Persian version of spatial hearing questionnaire. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2015. V. 29. P. 231.
- Divenyi P. L., Stark P. B., Haupt K. M. Decline of speech understanding and auditory thresholds in the elderly. *J Acoust Soc Am*. 2005. V. 118. P. 89–100. DOI: 10.1121/1.1953207
- Dobrev M. S., O'Neill W.E., Paige G. D. Influence of aging on human sound localization. *Journal of neurophysiology*. 2011. V. 105. P. 2471–2486. DOI: 10.1152/jn.00951.2010
- Eddins A. C., Ozmeral E. J., Eddins D. A. How aging impacts the encoding of binaural cues and the perception of auditory space. *Hearing research*. 2018. № 369. P. 79–89. DOI: 10.1016/j.heares.2018.05.001
- Gordon-Salant S. Hearing loss and aging: new research findings and clinical implications. *J Rehabil Res Dev*. 2005. V. 42. P. 9–24. DOI: 10.1682/jrrd.2005.01.0006
- Freigang C., Schmiedchen K., Nitsche I., Rübbsamen R. Free-field study on auditory localization and discrimination performance in older adults. *Experimental brain research*. 2014. № 232. P. 1157–1172. DOI: 10.1007/s00221–014–3825–0.
- Jung W. W., Yun J. S., Lee J. H. Validity and reliability of the Korean version of the Spatial Hearing Questionnaire in cochlear implant users. *Audiology and Speech Research*. 2023. № 19. P. 261–273. DOI: 10.21848/asr.230121
- Klishova E. A., Gvozdeva A. P., Golovanova L. E., Andreeva I. G. Temporal Characteristics of Azimuthally Moving Sound Source Localization in Patients with Mild and Moderate Sensorineural Hearing Loss. *J Evol Biochem Phys*. 2021. V. 57. P. 1499–1510. DOI: 10.1134/S0022093021060260
- Kolarik A. J., Moore B. C.J., Zahorik P., Cirstea S., Pardhan S. Auditory distance perception in humans: a review of cues, development, neuronal bases, and effects of sensory loss. *Atten. Percept. Psychophys*. 2016. V. 78. P. 373–395. DOI: 10.3758/s13414–015–1015–1
- Kong T. H., Park Y. A., Bong J. P., Park S. Y. Validation of the Korean version of the spatial hearing questionnaire for assessing the severity and symmetry of hearing impairment. *Yonsei medical journal*. 2017. V. 58. P. 842. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.4.842
- Koroleva I. V., Ogorodnikova E. A. Chapter 30: Modern achievements in cochlear and brainstem auditory implantation. *Neural Networks and Neurotechnologies*. ds. Yu. Shelepin, E. Ogorodnikova, N. Solovyev, E. Yakimova. SPb.: Publish by VVM, 2019. P. 231–249.
- Maneesriwongul W, Dixon J. K. Instrument translation process: a methods review. *Journ Adv Nurs*. 2004. V. 48. P. 175–186. DOI: 10.1111/j.1365–2648.2004.03185.x
- Middlebrooks J. C. Sound localization. *Handbook of clinical neurology*. 2015. V. 129. P. 99–116. DOI: 10.1016/B978–0–444–62630–1.00006–8
- Moulin A., Richard C. Validation of a French-language Version of the Spatial Hearing Questionnaire, Cluster Analysis and Comparison with the Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale. *Ear Hear*. 2016. V. 37. P. 412–423. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000269
- Moore B. C.J. *Cochlear hearing loss: Physiological, psychological, and technical issues* (2nd ed.). Wiley, 2007. 332 p.
- Moore D. R., King A. J. Auditory perception: The near and far of sound localization. *Current Biology*. 1999. V. 9. P. R361–R363. DOI: 10.1016/S0960–9822(99)80227–9
- Ogorodnikova E. A., Klishova E. A., Andreeva I. G. Experimental Approaches to the Study of Sound Source Localization by Distance in Hearing Pathology. *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2024. P. 1–11. DOI: 10.1007/s11055–024–01617–7.
- Ou H., Wen B., Perreau A., Kim E., Tyler R. Validation of the Chinese Translation of the Spatial Hearing Questionnaire and Its Short Form. *Am J Audiol*. 2016. V. 25. P. 25–33. DOI: 10.1044/2015_AJA-15–0056
- Perreau A. E., Spejcher B., Ou H., Tyler R. The Spatial Hearing Questionnaire: Data from individuals with

- normal hearing. *Am Journ Audiol*. 2014. V. 23. P. 173–181. DOI: 10.1044/2014_AJA-13–0049
- Potvin J., Punte A. K., Van de Heyning P. Validation of the Dutch version of the Spatial Hearing Questionnaire. *B-ENT*. 2011. V. 7. P. 235–244.
- Sepehrnejad M., Rahimi F., Rahbar N., Nilforoush M. H., Frajadi Rad F. Standardization (translating and evaluating the validity and reliability) of the Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale Questionnaire-12 (SSQ12) to the Persian language. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*. 2022. V. 9. P. 84–88. DOI: 10.30476/jrsr.2022.93116.1223
- Spence C., Lee J., Van der Stoep N. Responding to sounds from unseen locations: crossmodal attentional orienting in response to sounds presented from the rear. *Eur. J. Neurosci*. 2020. V. 51 P. 1137–1150. DOI: 10.1111/ejn.13733.
- Tyler R. S., Perreau A. E., Ji H. Validation of the Spatial Hearing Questionnaire. *Ear Hear*. 2009. V. 30. P. 466–474. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3181a61efe
- Tyler R. S., Pienkowski M., Roncancio E. R. et al. A review of hyperacusis and future directions: Part I. Definitions and manifestations. *Am J Audiol*. 2014. V. 23. P. 402. DOI: 10.1044/2014_AJA-14–0010
- Whitmer W. M., Wright-Whyte K.F., Holman J. A., Akeroyd M. A. Hearing Aid Validation. *Hearing Aids, Springer Handbook of Auditory Research* 56. Eds. G. R. Popelka et al. Springer International Publishing Switzerland, 2016. P. 291–321.
- Xiong Y. Z., Addleman D. A., Nguyen N. A., Nelson P. B., Legge G. E. Visual and auditory spatial localization in younger and older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2022. V. 14. Article 838194. DOI: 10.3389/fnagi.2022.838194
- Zhang J., Tyler R., Ji H. et al. Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) and Spatial Hearing Questionnaire (SHQ) Changes Over Time in Adults With Simultaneous Cochlear Implants. *Am J Audiol*. 2015. V. 24. P. 84–97. DOI: 10.1044/2015_AJA-14–0074
- Zheng Y., Swanson J., Koehnke J., Guan J. Sound Localization of Listeners With Normal Hearing, Impaired Hearing, Hearing Aids, Bone-Anchored Hearing Instruments, and Cochlear Implants: A Review. *American Journal of Audiology (AJA)*. 2022. V. 31. P. 819–834. DOI: 10.1044/2022_AJA-22–00006

THE SPATIAL HEARING DISABILITY MEASURED BY THE SPATIAL HEARING QUESTIONNAIRE IN CLINICALLY NORMAL-HEARING AND IN MILD OR MODERATE SENSORINEURAL HEARING LOSS PERSONS

E. A. Klishova, L. E. Golovanova, I. G. Andreeva

Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of RAS, St. Petersburg, Russia

E-mail: ig-andreeva@mail.ru

The spatial hearing in patients with mild and moderate symmetrical chronic sensorineural hearing loss (SNHL) was studied using the Russian-language version of the Spatial hearing questionnaire (SHQ). 141 patients aged 47 to 82 years were examined. The comparative analysis was performed in the groups of age-related normal hearing, mild SNHL, moderate SNHL. A significant deterioration in spatial perception was shown, revealed by the results of the survey in both groups with SNHL, and the mild and moderate hearing loss groups significantly differed in some indicators. The deterioration of spatial perception revealed by the analysis of the subscales of the questionnaire and the quantitative estimates of spatial and temporal resolution obtained earlier with mild and moderate degrees SNHL were in good agreement. With moderate SNHL, the scores of all four subscales of the questionnaire were significantly reduced. In clinical practice, this questionnaire can be used as a screening method for assessing spatial hearing in patients with SNHL.

Keywords: auditory perception, spatial hearing, speech perception, age, SHQ questionnaire

REFERENCES

- Altman J. A., Tavartkiladze G. A. *Rukovodstvo po audiologii*. [Handbook of Audiology]. M.: DMK Press, 2003. 360 p. (in Russian).
- Babiyak V. I., Nakatis J. A. *Klinicheskaya otorinolaringologiya: Rukovodstvo dlya vrachei*. [Clinical Otolaryngology: A Guide for Physicians]. SPb.: Hippocrates, 2005. 800 p. (in Russian).
- Vladimirova T. Y., Martynova A. B., Barbasheva S. S. Validatsiya i perspektivy primeneniya russkoyazychnoj versii oprosnika prostranstvennogo sluxa (SHQ). [Validation and prospects for the use of the Russian version of the Spatial Hearing Questionnaire (SHQ)]. *Aspirantskij vestnik Povolzh'ya*. [Postgraduate bulletin of the Volga

- Region]. 2023. V. 23. № 1. P. 15–20. (in Russian). DOI: 10.55531/2072–2354.2023.23.1.15–20
- Koroleva I. V. *Vvedenie v audiologiyu i slukhoprotezirovaniye*. [Introduction to Audiology and Hearing Aid Fitting]. SPb.: KARO, 2012. 343 p. (in Russian).
- Aggius-Vella E., Gori M., Campus C. et al. Auditory distance perception in front and rear space. *Hearing Research*. 2022. V. 417. Article 108468. DOI: 10.1016/j.heares.2022
- Akeroyd M. A. An overview of the major phenomena of the localization of sound sources by normal-hearing, hearing-impaired, and aided listeners. *Trends in Hearing*. 2014. V. 18. Article 2331216514560442. DOI: 10.1177/2331216514560442
- Akeroyd M. A., Whitmer W. M. Spatial hearing and hearing aids. *Hearing Aids*, eds G. R. Popelka, B. C. J. Moore, R. R. Fay, and A. N. Popper. Cham. Springer International Publishing, 2016. 181–215. DOI: 10.1007/978–3–319–33036–5_7
- Andreeva I. G., Gvozdeva A. P., Sitdikov V. M. et al. Comparative assessment of spatial and temporal resolutions in the localization of an approaching and receding broadband noise source in healthy subjects and patients with first-degree symmetric sensorineural hearing loss. *Human Physiology*. 2020. V. 46. P. 465–472. DOI: 10.1134/S0362119720040039
- Assef R. A., Almeida K., Miranda-Gonzalez E.C.D. Sensitivity and specificity of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ5) for screening hearing in adults. In *CoDAS*. 2022. № 34. P. e20210106. DOI: 10.1590/2317–1782/20212021106
- Briley P. M., Summerfield A. Q. Age-related deterioration of the representation of space in human auditory cortex. *Neurobiology of aging*. 2014. V. 35. P. 633–644. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2013.08.033
- Çildir B., Tokgöz-Yılmaz S., Sennaroglu G. Spatial Hearing Questionnaire: Psychometric Properties of Turkish Version and Correlations with Hearing Skills. *Archives Of Acoustics*. 2021. V. 46. P. 249–258. DOI: 10.24425/aoa.2021.136579
- Coudert A., Gaveau V., Gatel J. et al. Spatial Hearing Difficulties in Reaching Space in Bilateral Cochlear Implant Children Improve With Head Movements. *Ear & Hearing*. 2021. V. 43. P. 192–205. DOI: 10.1097/AUD.0000000000001090
- Courtois G., Grimaldi V., Lissek H., Estoppey P., Georganti E. Perception of Auditory Distance in Normal-Hearing and Moderate-to-Profound Hearing-Impaired Listeners. *Trends in Hearing*. 2019. V. 23. P. 1–18. DOI: 10.1177/2331216519887615
- Davidson A., Souza P. Relationships Between Auditory Processing and Cognitive Abilities in Adults: A Systematic Review. *Journ Speech Lang Hear R*. 2024. V. 67. P. 296–345. DOI: 10.1044/2023_JSLHR-22–00716
- Delphi M., Abdolahi F. Z., Tyler R. et al. Validity and reliability of the Persian version of spatial hearing questionnaire. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2015. V. 29. P. 231.
- Divenyi P. L., Stark P. B., Haupt K. M. Decline of speech understanding and auditory thresholds in the elderly. *J Acoust Soc Am*. 2005. V. 118. P. 89–100. DOI: 10.1121/1.1953207
- Dobrev M. S., O'Neill W.E., Paige G. D. Influence of aging on human sound localization. *Journal of neurophysiology*. 2011. V. 105. P. 2471–2486. DOI: 10.1152/jn.00951.2010
- Eddins A. C., Ozmeral E. J., Eddins D. A. How aging impacts the encoding of binaural cues and the perception of auditory space. *Hearing research*. 2018. № 369. P. 79–89. DOI: 10.1016/j.heares.2018.05.001
- Gordon-Salant S. Hearing loss and aging: new research findings and clinical implications. *J Rehabil Res Dev*. 2005. V. 42. P. 9–24. DOI: 10.1682/jrrd.2005.01.0006
- Freigang C., Schmiedchen K., Nitsche I., RübSamen R. Free-field study on auditory localization and discrimination performance in older adults. *Experimental brain research*. 2014. № 232. P. 1157–1172. DOI: 10.1007/s00221–014–3825–0
- Jung W. W., Yun J. S., Lee J. H. Validity and reliability of the Korean version of the Spatial Hearing Questionnaire in cochlear implant users. *Audiology and Speech Research*. 2023. 19. P. 261–273. DOI: 10.21848/asr.230121
- Klishova E. A., Gvozdeva A. P., Golovanova L. E., Andreeva I. G. Temporal Characteristics of Azimuthally Moving Sound Source Localization in Patients with Mild and Moderate Sensorineural Hearing Loss. *J Evol Bi-ochem Phys*. 2021. V. 57. P. 1499–1510. DOI: 10.1134/S0022093021060260
- Kolarik A. J., Moore B. C.J., Zahorik P., Cirstea S., Pardhan S. Auditory distance perception in humans: a review of cues, development, neuronal bases, and effects of sensory loss. *Atten. Percept. Psychophys*. 2016. V. 78. P. 373–395. DOI: 10.3758/s13414–015–1015–1
- Kong T. H., Park Y. A., Bong J. P., Park S. Y. Validation of the Korean version of the spatial hearing questionnaire for assessing the severity and symmetry of hearing impairment. *Yonsei medical journal*. 2017. V. 58. P. 842. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.4.842
- Koroleva I. V., Ogorodnikova E. A. Chapter 30: Modern achievements in cochlear and brainstem auditory implantation. *Neural Networks and Neurotechnologies*. Eds. Yu. Shelepin, E. Ogorodnikova, N. Solov'yev, E. Yakimova. SPb.: Publish by VVM, 2019. P. 231–249.
- Maneesriwongul W, Dixon J. K. Instrument translation process: a methods review. *Journ Adv Nurs*. 2004. V. 48. P. 175–186. DOI: 10.1111/j.1365–2648.2004.03185.x
- Middlebrooks J. C. Sound localization. *Handbook of clinical neurology*. 2015. V. 129. P. 99–116. DOI: 10.1016/B978–0–444–62630–1.00006–8.

- Moulin A., Richard C. Validation of a French-language Version of the Spatial Hearing Questionnaire, Cluster Analysis and Comparison with the Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale. *Ear Hear.* 2016. V. 37. P. 412–423. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000269
- Moore B. C.J. *Cochlear hearing loss: Physiological, psychological, and technical issues* (2nd ed.). Wiley, 2007. 332 p.
- Moore D. R., King A. J. Auditory perception: The near and far of sound localization. *Current Biology.* 1999. V. 9. P. R361–R363. DOI: 10.1016/S0960–9822(99)80227–9
- Ogorodnikova E. A., Klishova E. A., Andreeva I. G. Experimental Approaches to the Study of Sound Source Localization by Distance in Hearing Pathology. *Neuroscience and Behavioral Physiology.* 2024. P. 1–11. DOI: 10.1007/s11055–024–01617–7
- Ou H., Wen B., Perreau A., Kim E., Tyler R. Validation of the Chinese Translation of the Spatial Hearing Questionnaire and Its Short Form. *Am J Audiol.* 2016. V. 25. P. 25–33. DOI: 10.1044/2015_AJA-15–0056
- Perreau A. E., Spejcher B., Ou H., Tyler R. The Spatial Hearing Questionnaire: Data from individuals with normal hearing. *Am Journ Audiol.* 2014. V. 23. P. 173–181. DOI: 10.1044/2014_AJA-13–0049
- Potvin J., Punte A. K., Van de Heyning P. Validation of the Dutch version of the Spatial Hearing Questionnaire. *B-ENT.* 2011. V. 7. P. 235–244.
- Sepehrnejad M., Rahimi F., Rahbar N., Nilforoush M. H., Frajadi Rad F. Standardization (translating and evaluating the validity and reliability) of the Speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale Questionnaire-12 (SSQ12) to the Persian language. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research.* 2022. V. 9. P. 84–88. DOI: 10.30476/jrsr.2022.93116.1223
- Spence C., Lee J., Van der Stoep N. Responding to sounds from unseen locations: crossmodal attentional orienting in response to sounds presented from the rear. *Eur. J. Neurosci.* 2020. V. 51 P. 1137–1150. DOI: 10.1111/ejn.13733
- Tyler R. S., Perreau A. E., Ji H. Validation of the Spatial Hearing Questionnaire. *Ear Hear.* 2009. V. 30. P. 466–474. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3181a61efe
- Tyler R. S., Pienkowski M., Roncancio E. R. et al. A review of hyperacusis and future directions: Part I. Definitions and manifestations. *Am J Audiol.* 2014. V. 23. P. 402. DOI: 10.1044/2014_AJA-14–0010
- Whitmer W. M., Wright-Whyte K.F., Holman J. A., Akeroyd M. A. Hearing Aid Validation. *Hearing Aids, Springer Handbook of Auditory Research* 56. Eds. G. R. Popelka et al. Springer International Publishing Switzerland, 2016. P. 291–321.
- Xiong Y. Z., Addleman D. A., Nguyen N. A., Nelson P. B., Legge G. E. Visual and auditory spatial localization in younger and older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience.* 2022. V. 14. Article 838194. DOI: 10.3389/fnagi.2022.838194
- Zhang J., Tyler R., Ji H. et al. Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) and Spatial Hearing Questionnaire (SHQ) Changes Over Time in Adults With Simultaneous Cochlear Implants. *Am J Audiol.* 2015. V. 24 (3). P. 84–97. DOI: 10.1044/2015_AJA-14–0074.
- Zheng Y., Swanson J., Koehnke J., Guan J. Sound Localization of Listeners With Normal Hearing, Impaired Hearing, Hearing Aids, Bone-Anchored Hearing Instruments, and Cochlear Implants: A Review. *American Journal of Audiology (AJA).* 2022. V. 31. P. 819–834. DOI: 10.1044/2022_AJA-22–00006