УДК 616.28-008.1-072.7

<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-63-67>

Регистрация стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле у нормально слышащих лиц. Наш опыт

И. В. Наумова¹, А. В. Пашков¹, И. В. Зеленкова¹, Д. С. Клячко²

¹ Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей
Центральной клинической больницы Академии наук,
Москва, 117593, Россия

² Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи,
Санкт-Петербург, 190013, Россия

Registration of assr-thresholds in free field stimulation in normal hearing persons. Our experience

I. V. Naumova¹, A. V. Pashkov¹, I. V. Zelenkova¹, D. S. Klyachko²

¹ Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Central Clinical Hospital
of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 117593, Russia

² Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech,
Saint Petersburg, 190013, Russia

Актуальность: в настоящее время для объективной оценки порогов звуковосприятия одним из востребованных диагностических методов является метод регистрации стационарных слуховых потенциалов – ASSR-тест. Одним из первичных предназначений ASSR является оценка порогов звуковосприятия, коррелирующих с тональной пороговой аудиометрией. В настоящее время не существует достоверных критериев нормы для проведения этого исследования с подачей стимула в свободном звуковом поле, то есть в условиях, приближенных к естественной среде прослушивания. Выявление этих критериев позволит применить данный метод как рутинный, у пациентов, которым невозможно выполнить тестирование традиционным способом посредством головных или внутриканальных телефонов (наушников). Цель: определить корреляцию порогов ASSR с подачей стимула в свободном звуковом поле с ответами, полученными при стимуляции через внутриканальные телефоны и значениями тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле у нормально слышащих индивидуумов. Дизайн исследования: проведено сравнение поведенческих порогов в свободном звуковом поле с результатами ответов ASSR у 20 нормально слышащих взрослых (40 ушей) с подачей стимула как через внутриканальные телефоны, так и с использованием колонки-громкоговорителя. Заключение: пороги ASSR у нормально слышащих взрослых, зарегистрированные при подаче стимула в свободном звуковом поле сопоставимы с порогом, полученными при подаче стимула через внутриканальные телефоны и результатами поведенческих порогов. Получены коррекционные коэффициенты измерений порогов ASSR и поведенческих порогов в условиях свободного звукового поля у нормально слышащих взрослых.

Ключевые слова: слуховые вызванные потенциалы, диагностика слуха, объективное исследование слуха.

Для цитирования: Наумова И. В., Пашков А. В., Зеленкова И. В., Клячко Д. С. Регистрация стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле у нормально слышащих лиц. Наш опыт. *Российская оториноларингология*. 2020;19(5):63–67. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-63-67>

Background: Currently, for an objective assessment of the thresholds of auditory sensitivity, one of the most popular diagnostic methods is the method of recording of auditory steady state response - the ASSR test. One of the primary uses of ASSR is to assess sound thresholds correlated with tonal threshold audiometry. Actually, there are no reliable criteria for the norm for this study with free field stimulation, in conditions close to the natural listening environment. The identification of these criteria will allow this method to be applied as a routine in patients who cannot be tested in the usual way using headsets or in-ear phones (headphones). Objective: To determine the correlation of the ASSR thresholds with free field stimulation and the responses of insert-transducers stimulation and values of tonal threshold audiometry in the free field in normally hearing individuals. Design: Behavioral thresholds in a free field were compared with the results of

ASSR in 20 normally hearing adults (40 ears) with stimulus delivery both via insert-transducers and using a loudspeaker. Conclusion: The ASSR thresholds in normal hearing adults obtained by free field were comparable to the thresholds obtained with a stimulus through insert-transducers and the results of behavioral thresholds. The correction coefficients for measuring ASSR thresholds and behavioral thresholds in free field in normal hearing adults have been obtained.

Keywords: auditory evoked potentials, hearing diagnostics, objective hearing research.

For citation: Naumova I. V., Pashkov A. V., Zelenkova I. V., Klyachko D. S. Registration of assr-thresholds in free field stimulation in normal hearing persons. Our experience. *Rossiiskaya otorinolaringo-logiya*. 2020;19(5):63–67. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-63-67>

В клинической аудиологии для оценки порогов слуха у людей различных возрастных групп, включая детей младшего возраста и пациентов с когнитивными нарушениями, используют регистрацию электрофизиологических ответов мозга на предъявление различных акустических стимулов [1]. Многочисленные исследования показали, что наиболее информативным способом определения порогов слуха в частотно-специфическом спектре является метод регистрации стационарных слуховых потенциалов, Auditory Steady State Response (ASSR). Несмотря на то что метод ASSR по своей надежности сопоставим с результатами регистрации КСВП, он также является востребованным, так как не требует технического анализа со стороны исследователя, а современные алгоритмы регистрации данного теста потенциально позволяют уменьшить общую продолжительность исследования [2].

Механизмы, лежащие в основе возникновения ответа ASSR-теста, были изучены при помощи различных методов, таких как BESA – Brain Electrical Source Analysis (программа анализа источников и дипольной локализации в области ЭЭГ), магнитная электроэнцефалография – MEG (технология, позволяющая измерять и визуализировать магнитные поля, возникающие вследствие электрической активности мозга), также функциональная магниторезонансная томография. Результаты исследований показали, что при проведении ASSR на модулирующей частоте предъявления стимула менее 20 Гц ответ генерируется преимущественно структурами слуховой зоны коры головного мозга. При значениях модулирующей частоты в диапазоне 20–60 Гц в ответе участвуют кора головного мозга (слуховая зона), средний мозг и таламус. Модулирующая частота более 60 Гц вызывает ответ из верхнеоливарного комплекса, нижних бугров четверохолмия и слуховых ядер [3]. Данные многочисленных исследований указывают на наличие устойчивой корреляции между порогами ASSR и поведенческими порогами как в норме, так и при тугоухости.

Обычно при регистрации ASSR источником звуковой стимуляции являются внутриканальные телефоны или головные телефоны с амбушюрами. Вместе с тем существует значительная группа па-

циентов, которым невозможно провести исследование с применением данных способов звуковой стимуляции, связанных с установкой источника звука в наружном слуховом проходе или на ушной раковине (например, пациенты с расстройствами аутистического спектра) [4]. При этом часть из них также может иметь противопоказания к использованию анестезиологического пособия, что обуславливает востребованность применения альтернативного источника звуковой стимуляции, например колонки-громкоговорителя, в непосредственной близости от пациента, то есть в условиях, приближенных к естественной среде прослушивания, что расширяет возможности применения ASSR у данной группы пациентов. Однако в настоящее время не существует достоверных критериев нормы для регистрации ASSR с подачей стимула в свободном звуковом поле.

Цель исследования

Определить корреляцию порогов ASSR с подачей стимула в свободном звуковом поле с ответами, полученными при стимуляции через внутриканальные телефоны, и значениями тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле у нормально слышащих индивидуумов.

Пациенты и методы исследования

В настоящем исследовании приняли участие 20 нормально слышащих добровольцев (40 ушей) в возрасте от 18 до 49 лет (средний возраст – 36,5 года), среди них женщин 12 (60%), мужчин – 8 (40%). Всем исследуемым ранее проведена тональная пороговая аудиометрия для подтверждения нормальных порогов звукопроводения и звуко восприятия. Критерием исключения являлась любая степень тугоухости. Для участия в исследовании было получено подписанное информированное согласие от всех испытуемых.

Проводили сравнение результатов поведенческих порогов, зарегистрированных в свободном звуковом поле с результатами ответов ASSR с применением источника стимуляции как в свободном звуковом поле, так и с использованием внутриканальных телефонов.

Для определения поведенческих порогов всем испытуемым проводили тональную поро-

говую аудиометрию в свободном звуковом поле при помощи клинического аудиометра AC40 Interacoustics. Акустическую стимуляцию подавали через наружный источник звука: звуковые колонки – громкоговорители SP-90 (входная мощность 40–80 Вт, частотный диапазон 125–8000 Гц, максимальный уровень звукового давления до 100 дБ), расположенные под углом 45° на расстоянии 1 метра от слуховых проходов. Исследование проводили на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц.

Регистрацию ASSR осуществляли с помощью системы регистрации вызванных потенциалов «Нейро-Аудио» (производитель «Нейрософт», Россия). Применяемый метод стимуляции – мультичастотная ASSR (число записывающих каналов – 2). В качестве типа стимула использовали частотно-специфический Chirp-стимул. Частотная модуляция – 90 Гц, глубина частотной модуляции 20%, амплитудной – 100%. Фильтр ЭЭГ-активности 10–300 Гц. Монтаж электродов проводили по традиционной схеме: заземляющий электрод (лоб), центральный – на границе волосистой части головы по средней линии, отрицательные электроды на сосцевидных отростках. Последовательно проводили оба теста. Сначала с использованием внутриканальных телефонов ER 3С, затем с подачей стимула в свободном звуковом поле, где источником звуковой стимуляции являлась мультимедийная акустическая система 2.0 SVEN® SPS-608 [выходная мощность 6 (2×3) Вт, частотный диапазон 75–20 000 Гц, максимальный уровень звукового давления до 100 дБ], расположенная на расстоянии 1 метра от слухового прохода испытуемого. Исследование проводили в одних и тех же условиях, на одном

и том же оборудовании, одним и тем же исследователем. Для проведения исследований с подачей стимула в свободном звуковом поле была проведена модификация используемого оборудования, изменен вход для громкоговорителя – он был калиброван с помощью программного обеспечения, входящего в стандартную модификацию системы регистрации вызванных потенциалов «Нейро-Аудио». Во время регистрации стационарных слуховых потенциалов испытуемый находился в состоянии естественного сна. Начальный уровень стимуляции составлял 50 дБ нПс на традиционных несущих частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц.

Для поиска корреляции между значениями, полученными при исследовании с использованием в качестве стимула внутриканальных телефонов, и значениями, полученными в свободном звуковом поле, применяли непараметрический тест ранговой корреляции Спирмена и тест Колмогорова–Смирнова. Для проверки различий между выборками использовали критерий знаковых рангов Rho Вилкоксона.

Результаты исследования

В исследовании приняли участие 20 взрослых добровольцев (40 ушей) с нормальными пороговыми ASSR в возрастном диапазоне от 18 до 49 лет (средний возраст – 36,5 года), среди них женщин – 12 (60%), мужчин – 8 (40%).

При исследовании поведенческих порогов в свободном звуковом поле средний порог значений составлял на частоте 500 Гц – 20 дБ нПс, на частоте 1000 Гц – 27 дБ нПс, на частоте 2000 Гц – 21,5 дБ нПс, на частоте 4000 Гц – 20,5 дБ нПс (табл. 1).

Таблица 1
Сравнение средних поведенческих порогов и ответов ASSR, полученные в свободном звуковом поле

Table 1
Comparison of average behavioral thresholds and ASSR responses obtained in a free sound field

Метод определения порогов звуковосприятия	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Тональная пороговая аудиометрия в свободном звуковом поле, дБ нПс	20	27	21,5	20,5
Регистрация ASSR в свободном звуковом поле, дБ нПс	54	54	41	47
Средний коррекционный коэффициент	34	27	19,5	26,5

Таблица 2
Средние пороги ASSR, полученные в свободном звуковом поле и с применением внутриканальных телефонов

Table 2
Average ASSR thresholds obtained in free sound field and using in-ear phones

Источник звуковой стимуляции	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Внутриканальные телефоны, дБ нПс	22,5	35	25	25,5
Свободное звуковое поле, дБ нПс	54	54	41	47
Средний коррекционный коэффициент	31,5	19	16	21,5

При исследовании порогов ASSR с подачей стимула при помощи внутриканальных телефонов среди 40 выбранных ушей средний порог составлял следующие значения: на частоте 500 Гц – 22,5 дБ нПс, на частоте 1000 Гц – 35 дБ нПс, на частоте 2000 Гц – 25 дБ нПс, на частоте 4000 Гц – 25,5 дБ нПс (табл. 2).

Ответ ASSR на частоте 500 Гц получен в 38 ушах из 40 изученных, то есть отсутствие записи составило 5%, на всех остальных частотах ответы получены у всех 40 наблюдаемых. Среднее время получения ответа, то есть время стабилизации ответа, составило 2,12 мин. При изучении порогов ASSR у тех же индивидуумов с подачей стимула в свободном звуковом поле значения распределились следующим образом: 500 Гц – 54 дБ нПс, 1000 Гц – 54 дБ нПс, 2000 Гц – 41 дБ нПс и 4000 Гц – 47 нПс (табл. 2). Отсутствие отклика отмечалось на частоте 500 Гц в 12,5% случаев (5 ушей). Среднее время получения ответа было 3,68 мин, что означает увеличение на 1,56 мин по сравнению с подачей стимула с помощью внутриканальных телефонов.

Заключение

Пороги ASSR у нормально слышащих взрослых, зарегистрированные при подаче стимула в свободном звуковом поле, сопоставимы с порогом, полученными при подаче стимула через внутриканальные телефоны и результатами поведенческих порогов.

Получены коррекционные коэффициенты измерений порогов ASSR и поведенческих порогов в условиях свободного звукового поля у нормально слышащих взрослых. Методика регистрации стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле может быть использована в клинической практике. Данная модификация метода в перспективе может быть применена у пациентов с тугоухостью, использующих средства технической реабилитации (слуховые аппараты, системы кохлеарной имплантации), что является предметом дальнейшего изучения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таварткиладзе Г. А. Руководство по клинической аудиологии. М.: Медицина, 2013.
2. Пашков А. В. Частотно-специфическая оценка функции слуха по данным регистрации слухового ответа на постоянный модулированный тон. *Российская оториноларингология*. 2004; 2(9):86–88.
3. Наумова И. В., Гадалева С. В., Пашков А. В. Стационарные слуховые потенциалы. Обзор литературы. *Российская оториноларингология*. 2018;3(94):115–129. doi: 10.18692/1810-4800-2018-3-115-129
4. Пашков А. В., Наумова И. В., Углова Е. В., Гадалева С. В. Исследование слуха у детей с применением общей анестезии. *Российская оториноларингология*. 2017;4:65–70. doi: 10.18692/1810-4800-2017-4-65-69

REFERENCES

1. Tavartkiladze G. A. *Rukovodstvo po klinicheskoi audiologii*. M.: Meditsina, 2013 (in Russ.).
2. Pashkov A. V. Frequency-specific assessment of hearing function according to the data of registration of the auditory response to a constant modulated tone. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2004;2(9):86–88 (in Russ.).
3. Naumova I. V., Gadaleva S. V., Pashkov A. V. Auditory steady-state responses. Literature review. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2018;3(94): 115–129. doi: 10.18692/1810-4800-2018-3-115-129 (in Russ.).
4. Pashkov A. V., Naumova I. V., Uglova E. V., Gadaleva S. V. Testing of hearing in children using general anesthesia. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2017;4:65–70. doi: 10.18692/1810-4800-2017-4-65-69 (in Russ.).

Информация об авторах

✉ **Наумова Ирина Витальевна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела оториноларингологии и сурдологии, Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей Центральной клинической больницы Академии наук (117593, Россия, Москва, ул. Фотиевой, д. 10, стр. 1); тел.: +7-916-684-44-47, e-mail: irinanaumova22@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-4878>

Пашков Александр Владимирович – доктор медицинских наук, руководитель отдела оториноларингологии и сурдологии, Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей Центральной клинической больницы Академии наук (117593, Россия, Москва, ул. Фотиевой, д. 10, стр. 1); тел.: +7 (916) 740-42-04, e-mail: avpashkov@mail@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>

Зеленкова Ирина Валерьевна – научный сотрудник отдела оториноларингологии и сурдологии, Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей Центральной клинической больницы Академии наук (117593, Россия, Москва, ул. Фотиевой, д. 10, стр. 1); тел.: +7(985) 788-19-19, e-mail: izelen@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6158-9064>

Клячко Дмитрий Семенович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела диагностики и реабилитации нарушений слуха, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); тел.: +7(921)956-53-59, e-mail: rip.tor@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5841-8053>

Information about authors

✉ **Irina V. Naumova** – PhD (Medicine), Leading Researcher of the Otorhinolaryngology and Audiology Department of the Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences (10, Fotieva str., bld. 1, Moscow, 117593, Russia); phone +7 (916) 684 44 47, e-mail: irinanaumova22@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-4878>

Aleksandr V. Pashkov – MD, Head of the Otorhinolaryngology and Audiology Department of the Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Central Clinical Hospital of the Russian Academy (10, Fotieva str., bld. 1, Moscow, 117593, Russia); phone +7 (916) 740 42 04, e-mail: avpashkov.mail@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>

Irina V. Zelenkova – Research Officer of the Otorhinolaryngology and Audiology Department of the Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences (10, Fotieva str., bld. 1, Moscow, 117593, Russia); phone +7 (985) 788 19 19, e-mail: izelen@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6158-9064>

Dmitrii S. Klyachko – PhD (Medicine), senior researcher of the department of diagnostics and rehabilitation of hearing impairments, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str., St. Petersburg, 190013, Russia); phone +7 (921) 956-53-59, e-mail: rip.tor@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5841-8053>