

Протокол аудиологического обследования детей первого года жизни в Российской Федерации. Часть I

© Г.Ш. ТУФАТУЛИН^{1, 2, 3}, М.Р. ЛАЛАЯНЦ^{4, 5}, С.А. АРТЮШКИН², С.М. ВИХНИНА⁶, Е.С. ГАРБАРУК^{6, 7}, В.В. ДВОРЯНЧИКОВ³, И.В. КОРОЛЕВА^{1, 3}, М.В. КРЕЙСМАН^{3, 8, 9}, Е.К. МЕФОДОВСКАЯ¹, А.В. ПАШКОВ^{10, 11}, И.В. САВЕНКО⁶, Е.Р. ЦЫГАНКОВА⁴, С.С. ЧИБИСОВА⁴, Г.А. ТАВАРТКИЛАДЗЕ⁴

¹СПб ГКУЗ «Детский городской сурдологический центр», Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

³ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

⁴ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия;

⁵ОСП «Российская детская клиническая больница» ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия;

⁶ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

⁷ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

⁸ГБУЗ НСО «Городская клиническая поликлиника №7», Новосибирск, Россия;

⁹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия;

¹⁰ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» Минобрнауки России, Москва, Россия;

¹¹ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Группой российских специалистов в области детской сурдологии из различных регионов разработан протокол аудиологического обследования детей первого года жизни. Цель протокола — унифицировать подход к комплексному аудиологическому обследованию детей первого года жизни. Протокол разработан с учетом принципов доказательной медицины путем изучения современных научных публикаций в периодической печати по теме и в соответствии с порядком оказания медицинской помощи, клиническими рекомендациями. В случае отсутствия доказательной базы рекомендации выработались на основании мнения экспертного сообщества. Данный протокол не является стандартом или нормативным актом, а лишь предоставляет доказательную базу, основываясь на которой клиницист может выработать индивидуальную тактику для конкретного пациента. Первая часть протокола охватывает следующие разделы: техническое оснащение, требования к персоналу, сроки обследования, сбор анамнеза и выявление факторов риска, подготовка ребенка к обследованию, седация и наркоз, отоскопия, импедансометрия, регистрация отоакустической эмиссии, обработка кожи, выбор и монтаж электродов и преобразователей, регистрация коротколатентных слуховых вызванных потенциалов на широкополосные и частотно-специфичные стимулы, на стимулы по костной проводимости, стационарные слуховые вызванные потенциалы, маскировка при электрофизиологическом обследовании, экстраполяция поведенческих порогов слышимости по порогам регистрации слуховых вызванных потенциалов.

Ключевые слова: аудиологическое обследование, коротколатентные слуховые вызванные потенциалы, КСВП, отоакустическая эмиссия, ASSR, акустическая импедансометрия, диагностика нарушений слуха у детей.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Туфатулин Г.Ш. — <https://orcid.org/0000-0002-6809-7764>

Лалаянц М.Р. — <https://orcid.org/0000-0003-3975-7759>

Артюшкин С.А. — <https://orcid.org/0000-0003-4482-6157>

Вихнина С.М. — <https://orcid.org/0000-0001-7224-2939>

Гарбарук Е.С. — <https://orcid.org/0000-0002-9535-6063>

Дворянчиков В.В. — <https://orcid.org/0000-0002-0925-7596>

Королева И.В. — <https://orcid.org/0000-0001-8909-4602>

Крейсман М.В. — <https://orcid.org/0000-0002-5379-8461>

Мефодовская Е.К. — <https://orcid.org/0000-0002-8453-2789>

Пашков А.В. — <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>

Савенко И.В. — <https://orcid.org/0000-0002-2374-3005>

Цыганкова Е.Р. — <https://orcid.org/0000-0002-5348-3195>

Чибисова С.С. — <https://orcid.org/0000-0001-5263-5903>

Таварткиладзе Г.А. — <https://orcid.org/0000-0003-0118-908X>

Автор, ответственный за переписку: Туфатулин Г.Ш. — e-mail: dr.tufatulin@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Туфатулин Г.Ш., Лалаянц М.Р., Артюшкин С.А., Вихнина С.М., Гарбарук Е.С., Дворянчиков В.В., Королева И.В., Крейсман М.В., Мефодовская Е.К., Пашков А.В., Савенко И.В., Цыганкова Е.Р., Чибисова С.С., Таварткиладзе Г.А. Протокол аудиологического обследования детей первого года жизни в Российской Федерации. Часть I. *Вестник оториноларингологии*. 2023;88(5):82–90. <https://doi.org/10.17116/otorino20238805182>

Clinical protocol: audiological assessment of infants in Russian Federation. Part I

© G.SH. TUFATULIN^{1,2,3}, M.R. LALAYANTS^{4,5}, S.A. ARTYUSHKIN², S.M. VIKHNINA⁶, E.S. GARBARUK^{6,7}, V.V. DVORYANCHIKOV³, I.V. KOROLEVA^{1,3}, M.V. KREISMAN^{3,8,9}, E.K. MEFODOVSKAYA¹, A.V. PASHKOV^{10,11}, I.V. SAVENKO⁶, E.R. TSYGANKOVA⁴, S.S. CHIBISOVA⁴, G.A. TAVARTKILADZE⁴

¹Center of Pediatric Audiology, St. Petersburg, Russia;

²Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia;

³St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, St. Petersburg, Russia;

⁴Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

⁵Russian Children's Clinical Hospital of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

⁶Pavlov First St Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia;

⁷St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia;

⁸City Clinical polyclinic No. 7, Novosibirsk, Russia;

⁹Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia;

¹⁰Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia;

¹¹Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

ABSTRACT

The clinical protocol of audiological assessment in infants was prepared by the workgroup of Russian pediatric audiologists from different regions. The goal of the protocol is unification approaches to audiological diagnosis of the infants. The protocol has been developed according the evidence based medicine principles, by reviewing current scientific publications on the topic and taking into account the order of providing medical services and other clinical practice guidelines. When direct evidence was not available, both indirect evidence and consensus practice were considered in making recommendations. This guideline is not intended to serve as a standard to dictate precisely how the child should be diagnosed. This guideline is meant to provide the evidence base from which the clinician can make individualized decisions for each patient. The first part of the protocol covers following sections: equipment, staff requirements, timing of the diagnostics, case history and risk factors, preparing the child for the appointment, sedation and general anesthesia, otoscopy, tympanometry and acoustic reflex, otoacoustic emissions, skin preparing, electrode montage, choosing the stimulators, auditory brainstem responses on broadband and narrow-band stimuli, on bone conducted stimuli, auditory steady-state responses, masking, combined correction factors.

Keywords: audiological diagnosis, ABR, otoacoustic emissions, ASSR, tympanometry.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Tufatulin G.Sh. — <https://orcid.org/0000-0002-6809-7764>

Lalayants M.R. — <https://orcid.org/0000-0003-3975-7759>

Artyushkin S.A. — <https://orcid.org/0000-0003-4482-6157>

Vikhnina S.M. — <https://orcid.org/0000-0001-7224-2939>

Garbaruk E.S. — <https://orcid.org/0000-0002-9535-6063>

Dvoryanchikov V.V. — <https://orcid.org/0000-0002-0925-7596>

Koroleva I.V. — <https://orcid.org/0000-0001-8909-4602>

Kreisman M.V. — <https://orcid.org/0000-0002-5379-8461>

Mefodovskaya E.K. — <https://orcid.org/0000-0002-8453-2789>

Pashkov A.V. — <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>

Savenko I.V. — <https://orcid.org/0000-0002-2374-3005>

Tsygankova E.R. — <https://orcid.org/0000-0002-5348-3195>

Chibisova S.S. — <https://orcid.org/0000-0001-5263-5903>

Tavartkiladze G.A. — <https://orcid.org/0000-0003-0118-908X>

Corresponding author: Tufatulin G.Sh. — e-mail: dr.tufatulin@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:

Tufatulin GSh, Lalayants MR, Artyushkin SA, Vikhnina SM, Garbaruk ES, Dvoryanchikov VV, Koroleva IV, Kreisman MV, Mefodovskaya EK, Pashkov AV, Savenko IV, Tsygankova ER, Chibisova SS, Tavartkiladze GA. Clinical protocol: audiological assessment of infants in Russian Federation. Part I. *Bulletin of Otorhinolaryngology = Vestnik otorinolaringologii*. 2023;88(5):82–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/otorino20238805182>

Введение

Система раннего выявления и диагностики нарушений слуха у детей в Российской Федерации основана на универсальном аудиологическом скрининге новорожденных и детей первого года жизни. Дети, у которых по результатам скрининга выявлено подозрение на нарушение слуха, а также дети с факторами риска по тугоухости подлежат комплексному аудиологическому обследованию до 3 мес

жизни (если позволяет состояние ребенка) [1]. Сложность получения точной диагностической информации у детей первого года жизни состоит в нестабильности поведенческих реакций (а значит невозможности опираться исключительно на данные субъективных методов исследования), необходимости обследования слуховой функции ребенка объективными методами во сне. Аудиологический диагноз всегда основывается на сопоставлении данных нескольких методов и перекрестном контроле результатов. Точность

диагноза зависит от выбора методов, последовательности их применения, соблюдения методики исследования, параметров стимуляции и регистрации, знаний специалиста об ограничениях каждого метода и особенностях обследования отдельных категорий детей [2].

Цель протокола — унифицировать подход к комплексному аудиологическому обследованию детей первого года жизни и предоставить специалистам современную информацию, основанную на принципах доказательной медицины. При этом итоговое решение принимает обследующий врач-сурдолог, который руководствуется представленным документом, другими источниками информации и собственным опытом, принимая на себя ответственность за результат обследования. Протокол касается обследования детей до 12 мес скорректированного возраста, направленных преимущественно по результатам первого этапа универсального аудиологического скрининга новорожденных, однако может применяться и в других случаях обращения. Рекомендации данного протокола также могут быть применены при обследовании детей старше 12 мес объективными методами.

Техническое оснащение, требования к персоналу

Для исследования слуховой функции у детей первого года жизни необходимо следующее оборудование:

- 1) акустический импедансометр с возможностью использования для тимпанометрии зондирующего тона частотой 1000 Гц или 678 Гц (для детей до 6 мес) и регистрации акустического рефлекса;
- 2) прибор для регистрации разных типов отоакустической эмиссии (ОАЭ): задержанной вызванной ОАЭ (ЗВО-АЭ), ОАЭ на частоте продукта искажения (ОАЭПИ);
- 3) прибор для регистрации разных классов слуховых вызванных потенциалов (СВП): коротколатентных СВП — КСВП (с возможностью стимуляции широкополосными щелчками, тональными посылками и Chirp-стимулами), стационарных СВП (ASSR), включая режим мульти-ASSR. Прибор должен быть оснащен аудиометрическими телефонами воздушной (например, внутриушные телефоны ER3C-10 и головные телефоны с амбушюрами TDH-39) и костной проводимости (например, костный вибратор В71). Все телефоны должны быть калиброваны и поставлены с этим прибором. Первичная калибровка выполняется производителем оборудования;
- 4) тональный аудиометр, оснащенный колонками для определения порогов слышимости в свободном звуковом поле и дополнительной приставкой для проведения поведенческой аудиометрии со зрительным подкреплением;
- 5) отоскоп.

Требования к приборам, кратности калибровки и проверке оборудования, а также к помещению (заземление, уровень допустимого шума и т.д.) должны соответствовать стандарту Российской Федерации [3] и рекомендациям, приведенным в инструкции производителя к определенному оборудованию. Оборудование для регистрации ОАЭ, КСВП и ASSR должно проходить калибровку не реже одного раза в год в соответствии с протоколом и рекомендациями производителя.

Кабинет для обследования детей первого года жизни должен располагаться в тихой части медицинской организации, иметь хорошую шумоизоляцию и электромагнитную

изоляцию, условия для проветривания или кондиционирования. Следует предусмотреть возможность частичного и полного затемнения, изолированный источник света на рабочем месте врача. Ребенок во время исследования может располагаться на кушетке, детской кроватке или на руках у матери (для этого нужно предусмотреть удобное кресло с подлокотниками).

Медицинский персонал, в функциональные обязанности которого входит работа на том или ином оборудовании, должен пройти профессиональную подготовку по специальности «сурдология-оториноларингология» и своевременно повышать квалификацию. При выполнении исследований средним медицинским персоналом необходим постоянный контроль методики выполнения врачом — сурдологом-оториноларингологом. Оценка и интерпретация результатов проводится только врачом — сурдологом-оториноларингологом.

Сроки обследования

Комплексное аудиологическое обследование детей, направленных по результатам 1-го этапа скрининга, должно быть проведено до 3 мес жизни. В случаях длительного пребывания ребенка в отделении патологии новорожденных комплексное обследование должно быть проведено в максимально ранние сроки после выписки (по направлению педиатра или оториноларинголога). Ребенок должен явиться на диагностическое обследование в течение 4 нед после направления из поликлиники, кроме случаев, когда недоношенному ребенку необходимо достичь зрелости (40 нед постконцептуального возраста).

При записи детей на прием следует учитывать, что в первоочередном обследовании нуждаются дети с подтвержденной врожденной цитомегаловирусной инфекцией, поскольку при подтверждении тугоухости противовирусная терапия в 1-й месяц жизни может улучшить состояние слуха. В ускоренном проведении аудиологического обследования нуждаются также дети, перенесшие бактериальный менингит или септицемию. Аудиологическое обследование должно быть проведено незамедлительно, как только это позволит состояние ребенка (не позднее месяца после выписки из стационара), вне зависимости от результатов неонатального аудиологического скрининга (см. ниже) [4].

Сбор анамнеза и выявление факторов риска

До проведения обследования необходимо выяснить у родителей или законных представителей ребенка информацию об особенностях течения беременности, родов, постнатального периода, общего и психомоторного развития, об имеющихся и перенесенных заболеваниях у матери и ребенка, наличии нарушений слуха у ближайших родственников, о наблюдаемых поведенческих реакциях ребенка на разные звуки, вокализациях.

Следует зафиксировать место и результаты проведения 1-го этапа аудиологического скрининга. Вне зависимости от результатов 1-го этапа комплексному обследованию подлежат дети со следующими факторами риска:

1. Случаи стойкой детской тугоухости в семье.
2. Синдромы, связанные с тугоухостью.
3. Аномалии ушной раковины, слухового прохода (за исключением ушных привесков и преаурикулярных

- кист), другие челюстно-лицевые аномалии (за исключением изолированной расщелины верхней губы).
4. Внутриутробные инфекции (цитомегаловирусная инфекция, краснуха, сифилис, токсоплазмоз).
 5. Пребывание в отделении реанимации и интенсивной терапии новорожденных более 2 сут.
 6. Недоношенность 32 нед и менее; масса тела при рождении менее 1500 г.
 7. Гипербилирубинемия в перинатальном периоде (заменное переливание крови; уровень общего билирубина, при котором показано заменное переливание крови).
 8. Лечение ребенка препаратами с ототоксическим действием в перинатальном и доречевом периоде (аминогликозидные антибиотики, петлевые диуретики, химиотерапия препаратами платины).
 9. Тяжелое перинатальное поражение центральной нервной системы (церебральная ишемия II—III степени, внутрижелудочковое кровоизлияние, перивентрикулярная лейкомаляция), нейродегенеративные заболевания (детский церебральный паралич, органическое поражение центральной нервной системы).
 10. Сомнительная реакция на звуки ребенка 1-го года жизни, задержка слухоречевого или психического развития.

Подготовка ребенка к обследованию, седация и наркоз

Обследовать слух ребенка методами ОАЭ и акустической импедансометрии следует в состоянии сна (предпочтительно) или спокойного бодрствования. Регистрация КСВП и ASSR проводится только у спящего ребенка. При записи на прием необходимо проинформировать об этом родителей и дать рекомендации по подготовке ребенка к обследованию в состоянии сна. Во всех случаях следует стремиться к обследованию ребенка в состоянии физиологического сна. Медикаментозная седация применяется в исключительных случаях, после нескольких неудачных попыток достижения физиологического сна, а также у детей с тяжелой сопутствующей неврологической патологией. Седация проводится только врачом — анестезиологом-реаниматологом в медицинских организациях, имеющих отделение реанимации и интенсивной терапии [5].

Отоскопия, импедансометрия

Перед аудиологическим обследованием необходимо выполнить отоскопию для оценки состояния барабанной перепонки, исключения обтурации наружного слухового прохода серно-эпидермальными массами, инородными телами, аномалий наружного уха [6].

Цель импедансометрии: оценка звукопроводящей функции среднего уха, акустического рефлекса.

У детей до 6 мес скорректированного возраста тимпанометрия выполняется на частоте зондирующего тона 1000 Гц или 678 Гц, у детей более старшего возраста — 226 Гц. Тимпанометрия помогает подтвердить или опровергнуть наличие кондуктивного компонента тугоухости при повышении порогов визуализации КСВП при воздушном звукопроведении. Основным методом определения типа тугоухости (дифференциальной диагностики кондуктивной, сенсоневральной (СНТ) и смешанной тугоухости) у детей до 1 года является регистрация КСВП по костной проводимости (см. ниже). Тимпанометрия особенно важна для диф-

ференциальной диагностики в случаях отсутствия КСВП по костной проводимости на максимальном уровне стимуляции и порога регистрации КСВП по воздушной проводимости выше этого уровня [7].

Акустическую рефлексометрию выполняют сразу после тимпанометрии, не извлекая зонд из уха. У детей до года рекомендуется регистрация акустического рефлекса на частотах 1000 Гц и 2000 Гц с максимальным уровнем стимула 100 дБ ПС¹. Рефлекс считается зарегистрированным при изменении адмиттанса более чем на 0,04 мм водн.ст. с увеличением амплитуды рефлекса при повышении интенсивности стимула. При сомнениях в достоверности результата регистрацию акустического рефлекса повторяют для исключения двигательных артефактов.

Регистрация отоакустической эмиссии

Цель регистрации ОАЭ — оценить функциональное состояние наружных волосковых клеток, о сохранности которых можно говорить только на тех частотах, на которых регистрируется ОАЭ. Наличие ОАЭ также косвенно свидетельствует об отсутствии выраженной дисфункции со стороны среднего уха [8].

В клинической практике применяются два типа вызванной ОАЭ: ЗВОАЭ и ОАЭПИ [9—11].

Исследование проводят у спящего или бодрствующего ребенка, находящегося в спокойном состоянии (не плачет, активно не двигается, не сосет соску). Рекомендуемый уровень фонового шума не должен превышать 50—55 дБ А². Для регистрации подбирают вкладыш, соответствующий размеру наружного слухового прохода, так чтобы зонд ОАЭ плотно держался в ухе. Во время регистрации зонд не следует держать рукой во избежание артефактов.

Интенсивность стимула при регистрации ЗВОАЭ составляет 80 дБ п.э. УЗД³±3 дБ. ЗВОАЭ регистрируется у 99% лиц с порогами слышимости менее 20—25 дБ ПС. Интенсивность стимулов при регистрации ОАЭПИ составляет 65/55 дБ УЗД⁴. В этом случае чувствительность ОАЭПИ сходна с чувствительностью ЗВОАЭ, т.е. ОАЭПИ регистрируется при порогах слышимости, не превышающих 25 дБ ПС [12—14].

Критерий нормы при регистрации ЗВОАЭ — наличие ответа в большинстве исследуемых частотных полос с отношением сигнал/шум не менее 3 дБ и повторяемость ответа не менее 70%. Если ЗВОАЭ с отношением сигнал/шум ≥3 дБ зафиксирована менее чем в 70—75% частотных полос или если ее повторяемость ниже 70%, то такой результат не соответствует критерию нормы. ЗВОАЭ считают отсутствующей, если она обнаружена в одной частотной полосе или не регистрируется.

Критерий нормы при регистрации ОАЭПИ — наличие ответа в большинстве частотных полос с отношением сигнал/шум 4—6 дБ. Если ОАЭПИ с отношением сигнал/шум ≥4—6 дБ зафиксирована менее чем в 70—75% частотных полос, то такой результат не соответствует критерию нормы. ОАЭПИ считают отсутствующей, если она регистрируется только в одной или менее частотной полосе [13, 15].

¹Децибел относительно порога слышимости.

²Децибел акустических.

³Децибел пикового эквивалента уровня звукового давления.

⁴Децибел уровня звукового давления.

При комплексном аудиологическом обследовании для получения информации о состоянии наружных волосковых клеток в более широком частотном диапазоне рекомендуется оценивать оба типа ОАЭ.

Обработка кожи, выбор и монтаж электродов, преобразователей

Для регистрации СВП кожу головы ребенка в области установки электродов предварительно обрабатывают, чтобы уменьшить электрическое сопротивление между электродом и кожей и вероятность возникновения артефактов. Вначале кожу обезжиривают спиртовой салфеткой, после чего обрабатывают абразивным гелем. Уровень сопротивления должен составлять 1—5 кОм в зависимости от требований прибора. Межэлектродное сопротивление не должно превышать 2 кОм. Схема монтажа электродов представлена на **рис. 1**. В настоящее время используют одноразовые электроды, не требующие дополнительной обработки токопроводящей пастой. Такие электроды подключают к проводам предусилителя прибора при помощи клипс или кнопок в зависимости от модификации электродов. По возможности рекомендуется всегда использовать двухканальную запись.

Если голова ребенка лежит на боку, латеральный (зашный) электрод подключают только к электроду открытого уха и исследование начинают с этой стороны. Для те-

стирования другого уха голову ребенка переворачивают и подключают электрод на этой стороне.

Для стимуляции применяют внутриушные или головные телефоны. Использование внутриушных телефонов предпочтительно, чтобы предотвратить коллапс наружного слухового прохода, минимизировать «утечки» акустического сигнала при движениях головы во время тестирования и вероятность «переслушивания», а также зарегистрировать микрофонный потенциал улитки (МПУ) [5].

Регистрация коротколатентных слуховых вызванных потенциалов на широкополосные стимулы

Регистрация КСВП на широкополосные стимулы проводится при первичном обследовании пациента при подозрении на тугоухость по результатам аудиологического скрининга, в процессе динамического наблюдения, для определения локализации патологии в слуховой системе.

Цели: определить порог регистрации КСВП, оценить латентный период (ЛП) и морфологию пиков КСВП при их наличии, оценить наличие МПУ при отсутствии или значительно измененных КСВП (см. раздел «Заболевания спектра аудиторных нейропатий» — Auditory neuropathy spectrum disorders, ANSD).

Параметры стимуляции:

- стимул: широкополосный щелчок длительностью 100 мкс либо широкополосный chirp;
- полярность стимула: переменная, стимулы с начальной фазой разрежения, стимулы с начальной фазой сгущения;
- частота предъявлений стимулов при обследовании детей первого года жизни — 21,1 Гц, при обследовании детей старше 1 года — 31,1 Гц. При необходимости сокращения времени исследования при надпороговой стимуляции допустимо увеличение частоты стимуляции до 49,1 Гц.

Параметры регистрации:

- полоса пропускания усилителя: от 30—100 Гц до 1500—3000 Гц. Первичные установки позволяют зарегистрировать КСВП в более широком диапазоне (30—3000 Гц) с последующим использованием цифровой фильтрации при необходимости (рекомендуется при обследовании детей первых месяцев жизни);
- число накоплений постстимульных отрезков ЭЭГ: 1500—2000. При четко визуализируемых пиках КСВП при надпороговой стимуляции и низком уровне фонового шума может быть достаточно 1000 и менее накоплений. Для подтверждения наличия пиков КСВП может быть использован показатель Fmp, который у детей первого года жизни должен превышать 7.

Исследование необходимо начинать с предполагаемого надпорогового уровня стимуляции, но не приводящего при этом к пробуждению ребенка. При отсутствии данных о порогах слуха рационально начинать с интенсивности 40—50 дБ нормализованного порога слышимости (нПС)⁵ с шагом изменения уровня стимула 10 дБ. При порогах выше 60 дБ нПС шаг изменения уровня стимула — 5 дБ. Порог регистрации КСВП — минимальная интенсивность стимула, при которой визуализируются пики КСВП, обычно V пик. Порог КСВП

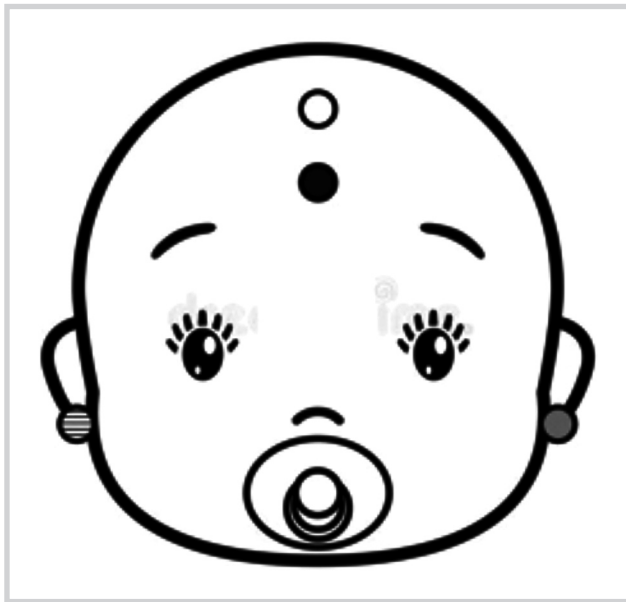


Рис. 1. Схема установки электродов при двухканальной записи слуховых вызванных потенциалов.

Положительный электрод (белый) — на границе роста волос по средней линии. При отсутствии волос предпочтительным является монтаж положительного электрода на вертексе (макушке), вне области большого родничка. Заземляющий электрод (черный) — по средней линии в нижней части лба. Отрицательные электроды: правый и левый (серые) фиксируют на область сосцевидного отростка или (реже) на мочке уха.

Fig. 1. Electrodes montage scheme for double-channel ABR recording. Positive electrode (white) — at the middle of high forehead. In cases when there is no hair vertex placement is more preferable (avoiding the large fontanelle). Ground electrode (black) — at the middle of low forehead. Negative electrodes: right and left (gray) are placed on mastoid or (less often) on the earlobe.

⁵Децибел относительно нормализованного порога слышимости — значение, полученное при электрофизиологическом исследовании.

подтверждается при сопоставлении двух-трех кривых, регистрируемых на пороговом уровне, при отсутствии пиков КСВП при интенсивности стимула на 5 дБ ниже порогового и наличии более выраженных пиков КСВП при надпороговой стимуляции. Критерием визуализации V пика является превышение его амплитуды над амплитудой электроэнцефалографического шума более чем в 3 раза. При визуальном анализе кривых рекомендуется применять масштаб (развертку) 0,2 мкВ. Уровень фоновой электроэнцефалографической активности (RNL) не должен превышать 15—25 мкВ. Не рекомендуется использовать функцию автоматической расстановки пиков. При использовании двухканальной записи рекомендуется анализ кривых как при ипсилатеральном, так и при контралатеральном отведении [5].

В норме КСВП регистрируются при интенсивности широкополосного щелчка 20—25 дБ нПС, граница нормы — 30 дБ экстраполированного порога слышимости (эПС)⁶, ЛП пиков КСВП соответствует возрастной норме. Для исключения низкочастотной тугоухости целесообразно дополнить обследование регистрацией КСВП на тональную посылку 0,5 кГц (см. ниже). В норме порог регистрации КСВП на 0,5 кГц — 20—25 дБ эПС.

Порог регистрации КСВП, превышающий 30 дБ эПС, позволяет диагностировать у пациента тугоухость и указывает на необходимость регистрации КСВП на частотно-специфичные стимулы и КСВП при костном звукопроведении либо при регистрации ASSR.

Максимально допустимый (безопасный) уровень стимула для щелчка у новорожденных — 85 дБ нПС (что составляет 135 дБ УЗД в ухе ребенка!). Дальнейшее повышение уровня стимула возможно только при отсутствии МПУ и остаточного низкочастотного слуха, выявляемого при регистрации КСВП на тональную посылку 0,5 или 1 кГц [16].

Регистрация КСВП на широкополосный щелчок позволяет получить относительно быстро информацию о порогах слышимости в области 2—4 кГц, оценить проведение возбуждения по слуховому нерву и слуховым путям ствола мозга. При этом определяемые пороги не являются частотно-специфичными, не позволяют судить о конфигурации аудиограммы и не должны применяться для определения параметров настроек слуховых аппаратов [9, 17, 18].

Регистрация коротколатентных слуховых вызванных потенциалов на частотно-специфичные стимулы

Показания: обследование пациентов с предположительным диагнозом «тугоухость» по результатам регистрации КСВП на широкополосный стимул, исключение низкочастотной тугоухости у пациентов с нормальными порогами регистрации КСВП на широкополосный стимул.

Цели: определение частотно-специфичных порогов слышимости, конфигурации аудиограммы. В качестве стимулов применяются тональные посылки с огибающей по Блэкману (5 периодов: нарастание — плато — спад, 2—1—2 периода) или узкополосные Chirp-стимулы с центральной частотой 0,5, 1, 2 и 4 кГц и переменной полярностью начальной фазы [13].

Частота предъявлений тональных посылок аналогична таковой при регистрации КСВП на щелчок. При использова-

нии узкополосных Chirp-стимулов возможно использование более высокой частоты предъявления стимулов, до 49,1 Гц.

Полосы пропускания усилителя и число накоплений стимулов такие же, как при регистрации КСВП на широкополосный щелчок (см. выше).

КСВП на частотно-специфичные стимулы регистрируют после регистрации КСВП на широкополосный щелчок. Порядок исследования частот: 0,5 кГц → 2 (или 4) кГц → 1 кГц → 4 (или 2) кГц.

Стимуляцию начинают с предполагаемого надпорогового уровня с учетом КСВП, зарегистрированных на щелчок, и различий в порогах КСВП на тональные посылки и расчетных поведенческих порогов на соответствующих частотах (**таблица**). При стимуляции узкополосными Chirp-стимулами амплитуда V пика больше, благодаря чему сокращается время исследования и пороги регистрации ниже в среднем на 5 дБ, чем пороги на тональные посылки. Следует учитывать, что морфология и ЛП пиков при регистрации на узкополосные стимулы отличаются от таковых при регистрации на широкополосные стимулы (**рис. 2**). Необходимо также учитывать различия между порогами регистрации КСВП на тональные посылки и расчетными поведенческими порогами слышимости на разных частотах. Эти различия более выражены в области низких частот, менее выражены на частоте 4 кГц.

Уточнение частотно-специфичных порогов КСВП способствует определению конфигурации аудиограммы, что позволяет использовать их для первичной настройки слуховых аппаратов.

Регистрация коротколатентных слуховых вызванных потенциалов по костной проводимости

Цели: определение порогов костного звукопроведения, выявление возможного костно-воздушного интервала, определение типа тугоухости. Показания к регистрации КСВП по костной проводимости: повышение порогов КСВП по воздушному проведению свыше 30 дБ эПС, отоскопически выявленная патология, изменения на тимпаногамме, указания на возможные аномалии развития (в том числе структур наружного и среднего уха). При регистрации КСВП по костной проводимости важно обеспечить стабильное прилегание костного вибратора к постоянным давлением в области сосцевидного отростка, для чего рекомендуется использование мягкой повязки. В некоторых случаях костный вибратор может держать медсестра или мама ребенка. При этом рекомендуется придерживать вибратор за дужку или бандаж, не касаясь пальцем корпуса вибратора [19].

В качестве стимула используется щелчок или широкополосный Chirp-стимул. Частота стимуляции — 21,1 Гц, количество усреднений — не менее 2000. Остальные параметры стимуляции и регистрации аналогичны таковым для воздушного проведения. Значение порога визуализации КСВП по костной проводимости в норме составляет 15 дБ эПС и ниже.

Регистрация стационарных слуховых вызванных потенциалов (ASSR)

Цели: получение частотно-специфичных порогов слышимости в диапазоне 0,5—4,0 кГц, получение профиля аудиограммы.

Показаниями к применению ASSR являются повышение порога регистрации КСВП на широкополосные сти-

⁶Децибел экстраполированного порога слышимости — значение, полученное после применения корректирующих коэффициентов (см. таблицу).

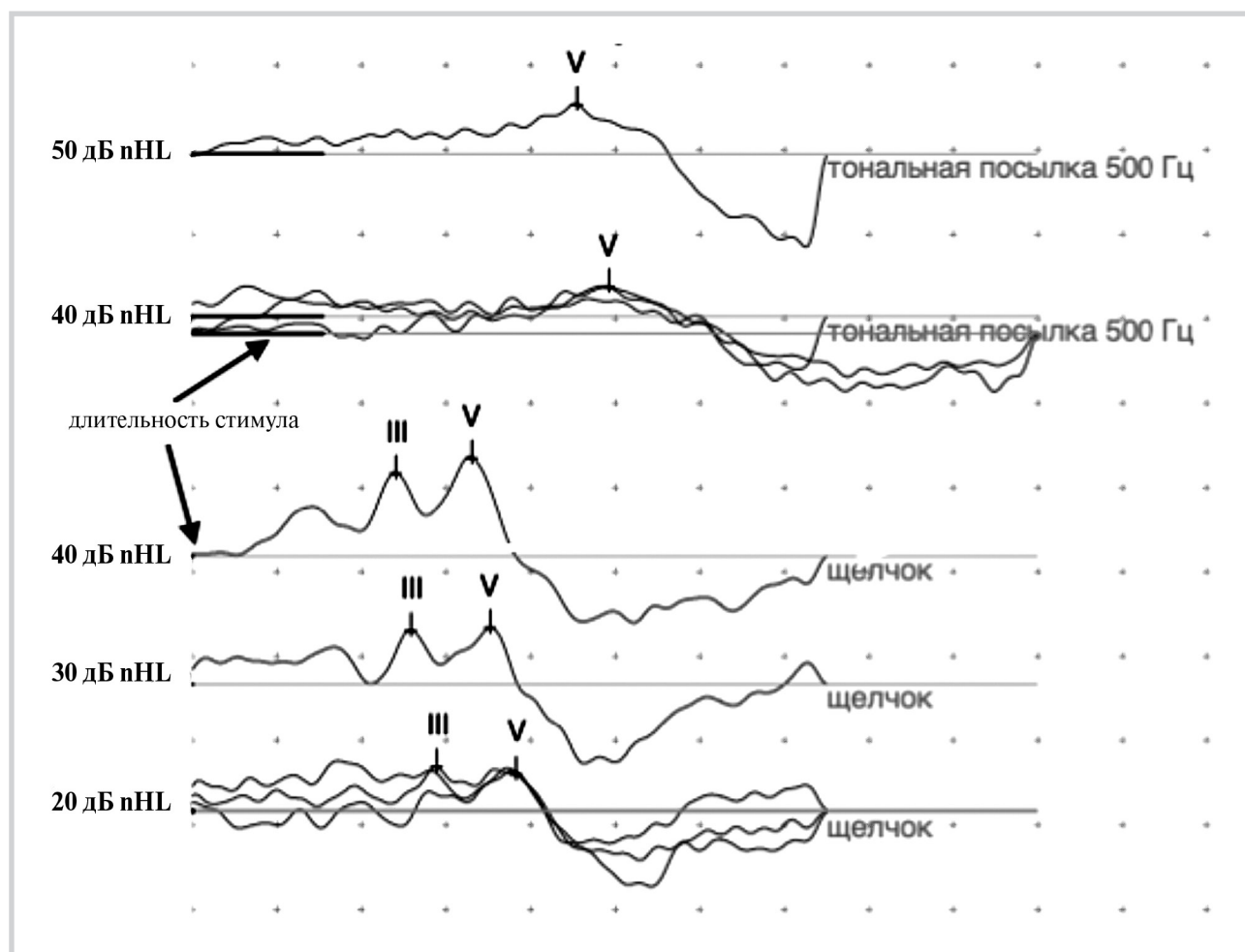


Рис. 2. Пример регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов на тональную посылку частотой 500 Гц и широкополосный щелчок у ребенка с нормальным слухом.

III, V — пики коротколатентных слуховых вызванных потенциалов. Слева от кривых указан уровень стимулов. Порог визуализации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов на тональную посылку частотой 500 Гц менее 40 дБ нПС; порог визуализации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов на щелчок менее 20 дБ нПС (характеризует пороги слуха в области высоких частот).

Fig. 2. An example of ABR recordings in normal hearing infant.

III, V — ABR peaks. At the left side there are intensities of stimuli. ABR threshold on 500 Hz toneburst less than 40 dB nHL; ABR threshold on click less than 20 dB nHL (reflects high frequency hearing condition).

мулы, необходимость уточнения степени тугоухости и порогов слышимости на разных частотах.

В клинической практике у детей чаще применяют много-частотный режим ASSR (мульти-ASSR) с одновременной подачей стимулов на четырех несущих частотах (0,5, 1, 2 и 4 кГц) в правое и левое ухо с частотой модуляции 80—100 Гц [20].

Параметры стимуляции и регистрации ASSR:

- тип стимула: частотно-специфичный Chirp либо постоянный тон, модулированный по частоте и/или амплитуде (AM/FM);
- преобразователи: внутриушные телефоны, головные телефоны, костный вибратор;
- монтаж электродов: тот же, что и при регистрации КСВП (см. рис. 1);
- начальный уровень стимуляции: 50 дБ нПС (может быть выбран, исходя из данных, полученных при регистрации КСВП);
- частота модуляции стимулов: 90 Гц, амплитудная модуляция — 100%, частотная модуляция — 20%;

— исследуемые частоты: 500, 1000, 2000, 4000 Гц, много-частотный режим стимуляции;

— полоса пропускания усилителя: от 10 Гц до 300 Гц.

Регистрация ASSR, в том числе в режиме мульти-ASSR, позволяет получить данные о частотно-специфичных порогах слышимости, что представляет большую ценность для первичного слухопротезирования маленьких детей. Недостатком следует считать невозможность визуальной оценки регистрируемых потенциалов, что создает риск диагностических ошибок. Кроме того, отмечено, что чем ниже пороги слышимости, тем более выражено расхождение между порогами ASSR и поведенческими порогами, особенно в низкочастотной области [21]. При ANSD пороги ASSR могут значительно отличаться от поведенческих. В связи с этим ASSR следует рассматривать в качестве дополнительного метода оценки состояния слуха, при этом основным методом остается регистрация КСВП. Не допускается определять диагноз, основываясь только на данных регистрации ASSR (без КСВП) [22, 23].

Суммарные коэффициенты перевода порогов из дБ нормализованного порога слышимости в дБ экстраполированного порога слышимости

Cumulative threshold transition rates from dB of normalized hearing threshold to dB of extrapolated hearing threshold

Воздушная проводимость — внутриушные телефоны	Тональная посылка				Щелчок	Chirp-стимулы				
	0,5 кГц	1 кГц	2 кГц	4 кГц		0,5 кГц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	широкополосный*
Скорректированный возраст										
≤3 мес	-15	-10	-5	0	5	-10	-5	0	5	0
3—6 мес	-20	-15	-10	-5	0	-15	-10	-5	0	-5
>6 мес	-20	-15	-10	-10	-5	-15	-10	-5	-5	-10
Воздушная проводимость — головные телефоны	Тональная посылка				Щелчок	Chirp-стимулы				
	0,5 кГц	1 кГц	2 кГц	4 кГц		0,5 кГц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	широкополосный*
Все возрасты	-20	-15	-10	-10	-5	-15	-10	-5	-5	-10
Костная проводимость	Тональная посылка				Щелчок	Chirp-стимулы				
	0,5 кГц	1 кГц	2 кГц	4 кГц		0,5 кГц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	широкополосный*
Скорректированный возраст										
≤3 мес	5	5	-5	0	0	10	10	0	5	-5
3—6 мес	0	0	-10	-5	-5	5	5	-5	0	-10
6 мес—2 года	-5	-5	-10	-10	-5	0	0	-5	-5	-10
>2 лет	-20	-15	-10	-10	-5	-15	-10	-5	-5	-10

Примечание. * — эмпирическое значение. Все значения из таблицы прибавляют к значениям, полученным в ходе регистрации КСВП (дБ нПС), для того чтобы получить экстраполированные пороги слышимости (дБ эПС).

Маскировка при электрофизиологическом обследовании

Для определения необходимости в маскировке и уровня маскировки при регистрации КСВП и ASSR рекомендуется использовать соответствующие калькуляторы. Данные калькуляторы учитывают возраст, тип стимула, преобразователя, порог слышимости на тестируемом и нетестируемом ухе, костно-воздушный интервал и другие параметры. В качестве маскира используется белый шум [14].

В большинстве случаев маскировка при оценке порогов слышимости по воздушной проводимости с использованием внутриушных телефонов необходима при разнице в порогах между правым и левым ухом более 65 дБ. Уровень маскира при этом составляет -55 дБ от уровня интенсивности сигнала, предъявляемого в хуже слышащее ухо. При использовании головных телефонов маскировка необходима при междушной разнице более 40—45 дБ. На лучше слышащее ухо подается маскир уровнем -40 дБ от уровня интенсивности сигнала, предъявляемого в хуже слышащее ухо [19].

При регистрации КСВП по костной проводимости маскировка требуется, когда на одном ухе определен нормальный порог (15 дБ эПС и ниже), а на втором — порог, превышающий 15 дБ эПС. Маскир при этом подается в контралатеральное ухо по воздуху, уровень маскира +30 дБ от уровня сигнала, подаваемого по кости [14].

При невозможности адекватной маскировки (риск пробуждения ребенка из-за высокого уровня маскира) рекомендуется использовать анализ ЛП пиков КСВП, регистрируемых при ипсилатеральном и контралатеральном отведении. Если при регистрации КСВП по воздушной проводимости абсолютные ЛП I и V пиков соответствуют возрастной

норме, а при контралатеральном отведении ЛП выше, чем при ипсилатеральном, то маскировка не требуется. При несоблюдении этой закономерности необходима маскировка. При регистрации КСВП по костной проводимости маскировка не требуется, если I пик имеет нормальный ЛП. Если I пик отсутствует или имеет удлинненный ЛП, то следует использовать маскировку [19].

Экстраполяция поведенческих порогов слышимости по порогам регистрации слуховых вызванных потенциалов

Пороги визуализации КСВП не являются порогами слышимости, а лишь их электрофизиологическими коррелятами. Для получения более точной диагностической информации необходим пересчет значений порогов, определенных при регистрации КСВП (выражаются в дБ нПС), в экстраполированные (оценочные, расчетные) пороги (выражаются в дБ эПС). Пересчет в дБ эПС учитывает возраст ребенка, тип стимула, преобразователя и приближает значение к предполагаемому поведенческому порогу. Для пересчета рекомендуется использовать коэффициенты, представленные в таблице [14].

Поскольку поправочные коэффициенты для воздушного и костного звукопроводения различаются, оценку величины костно-воздушного интервала следует проводить после перевода обоих порогов в единицы дБ эПС.

Для перевода порогов ASSR из дБ нПС в дБ эПС необходимо использовать рекомендации производителя оборудования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Чибисова С.С., Туфатулин Г.Ш., Королева И.В., Цыганкова Е.Р., Маркова Т.Г., Володин Н.Н., Намазова-Баранова Л.С., Таваркиладзе Г.А. Рекомендации по проведению универсального аудиологического скрининга новорожденных и детей первого года жизни в Российской Федерации. *Педиатрическая фармакология*. 2021;18(2):134-145. Chibisova SS, Tufatulin GSh, Koroleva IV, Tsygankova ER, Markova TG, Volodin NN, Namazova-Baranova LS, Tavartkiladze GA. Recommendations for All-Round Newborns and Infants Hearing Screening In Russian Federation. *Pediatricheskaya farmakologiya*. 2021;18(2):134-145. (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/pf.v18i2.2249>
2. Савельев Е.С., Савельева Е.Е., Туфатулин Г.Ш. Методы диагностики слуховой функции у детей грудного возраста. *Наука и инновации в медицине*. 2020;5(1):62-69. Savelyev ES, Savelyeva EE, Tufatulin GSh. Diagnostic methods for determining auditory function in infants. *Nauka i innovatsii v meditsine*. 2020;5(1):62-69. (In Russ.). <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2020-5-1-62-69>
3. Электроакустика — аудиометрическое оборудование ГОСТ Р МЭК 60645-1-2017. Ссылка активна на 10.04.23. Elektroakustika — audiometricheskoe oborudovanie GOST R MJeK 60645-1-2017. (In Russ.). Accessed April 10, 2023. <https://docs.cntd.ru/document/1200157248?ysclid=lg94bgeag4364497387>
4. *Protocol for Audiological Surveillance of Children at Risk for Permanent Hearing Loss*. Ministry of Children, Community and Social Services, Ontario Infant Hearing Program, July 17, 2019. Accessed April 10, 2023. https://www.uwo.ca/nca/pdfs/clinical_protocols/IHP%20Surveillance%20Protocol_2019.01_Final_July_2019.pdf
5. British Society of Audiology. *Recommended Procedure Auditory Brainstem Response (ABR) Testing in Babies*. 2019. Accessed April 10, 2023. <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2019/06/OD104-81-Recommended-Procedure-for-ABR-Testing-in-Babies.pdf>
6. British Society of Audiology. *Recommended Procedure Ear Examination*. 2022. Accessed April 10, 2023. <https://www.thebsa.org.uk/resources/>
7. British Society of Audiology. *Recommended Procedure Tympanometry*. 2013. Accessed April 10, 2023. <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2013/04/OD104-35-Recommended-Procedure-Tympanometry.pdf>
8. British Society of Audiology. *Recommended Procedure Clinical Application of Otoacoustic Emissions (OAEs) in Children and Adults*. 2023. Accessed April 10, 2023. <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2022/09/OD104-120-Recommended-Procedure-Clinical-Application-of-Otoacoustic-Emissions-OAEs.docx.pdf>
9. Бобошко М.Ю., Савенко И.В., Гарбарук Е.С., Журавский С.Г., Мальцева Н.В., Бердникова И.П. *Практическая сурдология*. СПб: Диалог; 2021. Boboshko MYu, Savenko IV, Garbaruk ES, Zhuravskiy SG, Mal'tseva NV, Berdnikova IP. *Prakticheskaya surdologiya*. SPb: Dialog; 2021. (In Russ.).
10. Norton SJ, Gorga MP, Widen JE, Vohr BR, Folsom RC, Slinger YS, Cone-Wesson B, Fletcher KA. Identification of neonatal hearing impairment: transient evoked otoacoustic emissions during the perinatal period. *Ear and Hearing*. 2000;21:425-442. <https://doi.org/10.1097/00003446-200010000-00008>
11. Gorga MP, Dierking DM, Johnson TA, Beauchaine KL, Garner CA, Neely ST. A validation and potential clinical application of multivariate analyses of distortion-product otoacoustic emission data. *Ear and Hearing*. 2005;26:593-607. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000188108.08713.6c>
12. Robinette MS, Glattke TJ. *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. 3rd ed. New York: Thieme Publishing; 2007:236-237.
13. American Academy of Audiology. *Clinical Guidance Document: Assessment of Hearing in Infant and Young Children*. 2020. Accessed April 10, 2023. https://www.audiology.org/wp-content/uploads/2021/05/Clin-Guid-Doc_Assess_Hear_Infants_Children_1.23.20.pdf
14. British Society of Audiology. *Guidelines for the Early Audiological Assessment and Management of Babies Referred from the Newborn Hearing Screening Programme*. 2021. Accessed April 10, 2023. <https://www.thebsa.org.uk/resources>
15. Kemp DT, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear and Hearing*. 1990;11(2):93-105. <https://doi.org/10.1097/00003446-199004000-00004>
16. *Protocol for Auditory Brainstem Response — Based Audiological Assessment (ABRA)*. Ministry of Children, Community and Social Services, Ontario Infant Hearing Program, October 06, 2020. Accessed April 10, 2023. https://www.uwo.ca/nca/pdfs/clinical_protocols/2018.02%20ABRA%20Protocol_Oct%202020.pdf
17. Hall J. *New Handbook of Auditory Evoked Responses*. New York: Pearson; 2007.
18. Таваркиладзе Г.А. *Руководство по клинической аудиологии*. М.: Медицина; 2013. Tavartkiladze GA. *Rukovodstvo po klinicheskoy audiologii*. М.: Meditsina; 2013. (In Russ.).
19. Tharpe AM, Seewald R. *Comprehensive Handbook of Pediatric Audiology*. Second edition. San Diego: Plural Publishing; 2017.
20. Пашков А.В. Частотно-специфическая оценка функции слуха по данным регистрации слухового ответа на постоянный модулированный тон. *Российская оториноларингология*. 2004;2(9):86-88. Pashkov AV. Frequency-specific assessment of hearing function according to the data of recording the auditory response to a constant modulated tone. *Rossiyskaya otorinolaringologiya*. 2004;2(9):86-88. (In Russ.).
21. Савельева Е.Е., Туфатулин Г.Ш., Савельев Е.С. Стационарные слуховые вызванные потенциалы в клинической практике. *PMЖ*. 2020;28(5):3-8. Savelyeva EE, Tufatulin GSh, Savelyev ES. Auditory evoked potentials on an inpatient basis in clinical practice. *RMZh*. 2020;28(5):3-8. (In Russ.).
22. Наумова И.В., Гадалева С.В., Пашков А.В. Стационарные слуховые вызванные потенциалы. Обзор литературы. *Российская оториноларингология*. 2018;3(94):115-129. Naumova IV, Gadaleva SV, Pashkov AV. Auditory steady-state responses: literature review. *Rossiyskaya otorinolaringologiya*. 2018;3(94):115-129. (In Russ.). <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2018-3-115-129>
23. British Society of Audiology. *Auditory Steady State Response (ASSR) Testing*. 2022. Accessed April 10, 2023. <https://www.thebsa.org.uk/resources>

Поступила 11.04.2023

Received 11.04.2023

Принята к печати 15.05.2023

Accepted 15.05.2023