

ВОЗМОЖНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЦЕНКИ СЛУХА

И.В. Зеленкова¹, А.В. Пашков^{1, 2*}, И.В. Наумова¹, М.Т. Фатахова¹, А.Б. Кузьмина³¹ Научно-исследовательский институт педиатрии и охраны здоровья детей ЦКБ РАН, Москва² ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва³ ГБУЗ «Лобненская центральная городская больница», Лобня

MOBILE TECHNOLOGIES IN ASSESSING HEARING

I.V. Zelenkova¹, A.V. Pashkov^{1, 2*}, I.V. Naumova¹, M.T. Fatakhova¹, A.B. Kuzmina³¹ Research Institute of Pediatrics and Children's Health of Central Clinical Hospital of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia² Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia³ Lobnya Central City Clinic, Lobnya, Moscow District, Russia

* E-mail: avpashkov.mail@gmail.com

Аннотация

Изучена возможность использования программно-аппаратного комплекса и специализированного приложения для определения функции слухового анализатора у детей и подростков, а также определена его диагностическая ценность (взаимосвязь с результатами традиционного клинического теста тональной пороговой аудиометрии). В обследованной группе детей и подростков (включено 70 человек) проведено сравнение результатов тестирования слуха с помощью программно-аппаратного комплекса и приложения Hearing Test в условиях сурдологического подразделения.

Исследуемые скрининговые методы изучены с точки зрения возможности проведения тестирования без необходимости посещения специализированного сурдологического подразделения лечебного учреждения.

Ключевые слова: анализ слуховой функции, учащиеся, дети, подростки, нарушения слуха.

Abstract

Potentials of a hardware and software complex with special application for determining auditory function in children and adolescents were studied. Its diagnostic value was assessed using correlation with results after the traditional clinical testing of pure tone audiometry. The studied group of children and adolescents included 70 people. Results of the hearing test with software and hardware complex and Hearing Test application which was done at a specialized audologic unit were compared. The authors have also analyzed potentials of the studied screening methods to perform audio testings without visiting specialized audologic units in medical institutions.

Key words: analysis of auditory function, students, children, adolescents, hearing disorders.

Ссылка для цитирования: Зеленкова И.В., Пашков А.В., Наумова И.В., Фатахова М.Т., Кузьмина А.Б. Возможности мобильных технологий оценки слуха. Преимущества двусторонней кохlearной имплантации. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2022; 3: 16–18

Тенденция роста цифровизации медицинских услуг позволяет оперативно получать отдельные виды помощи. Автоматическая аудиометрия может служить примером такой услуги, идея которой заключается в применении программных продуктов или устройств регистрации порогов звуковосприятия, что является одним из индикаторов состояния слуха. В обзоре, посвященном автоматизации аудиометрии [1], описан принцип такого исследования, когда пациент сигнализирует (кнопка устройства или область экрана приложения) в случае, если слышит звуковой сигнал. При этом алгоритм исследования имеет тренд нарастания или уменьшения интенсивности сигнала при смене частоты звукового тона. Важным условием является применение полноразмерных амбушюров («наушников») с полным покрытием ушной раковины для снижения уровня окружающего шума, что делает возможным провести тест в тихой комнате, а не в звукоизолированной камере.

Производителями данного оборудования были предложены разработки, не являющиеся медицинским изделием,

что позволяет использовать их вне лечебного учреждения, например в школах. Дальнейшее развитие доступности такой технологии привело к разработке онлайн-платформ и приложений для смартфонов или планшетов, что дает возможность проверить слух самостоятельно [2–5].

Материалы и методы

Для оценки точности исследуемых методов тестирования проведено сравнение результатов автоматизированного теста, специализированного приложения и тональной пороговой аудиометрии, где клинический метод «аудиометрия» был выбран в качестве золотого стандарта.

В исследовании приняли участие 70 школьников (n = 140 ушей) в возрасте от 7 до 17 лет (mean = 12.3 ± 3.46); среди них 30 (42.9%) девочек, 40 (57.1%) мальчиков. Основную когорту испытуемых составили 50 нормально слышащих учащихся (n = 100 ушей). В ходе исследования было выявлено 20 пациентов (n = 40 ушей) с различными формами тугоухости. Кондуктивная тугоухость была

Таблица 1

Средние поведенческие пороги на частотах 500–4000 Гц у нормально слышащих детей: результаты тональной пороговой аудиометрии и автоматизированной аудиометрии

Метод	Поведенческие пороги			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Тональная пороговая аудиометрия, дБ нПС	10.4 ± 5.4	6.5 ± 4.6	10.11 ± 4.6	7.82 ± 11.3
Автоматизированная аудиометрия, дБ нПС	41.7 ± 10.1	24.1 ± 6.9	22.3 ± 6.8	25.6 ± 4.6
Разность среднего	31.3	17.6	12.2	17.7

Таблица 2

Средние поведенческие пороги на частотах 500–4000 Гц у пациентов с тугоухостью: результаты тональной пороговой аудиометрии и автоматизированной аудиометрии

Метод	Поведенческие пороги			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Тональная пороговая аудиометрия, дБ нПС	11.4 ± 4.23	8.17 ± 3.6	7.5 ± 3.1	7.7 ± 3.4
Автоматизированная аудиометрия, дБ нПС	43.5 ± 8.9	23.8 ± 6.1	15.1 ± 7.1	19.1 ± 8.9
Разность среднего	32.5 ± 9.3	15.7 ± 6.8	7.7 ± 8.3	11.5 ± 9.4

выявлена у 17 детей (n = 35 ушей), из них двустороннее поражение слуха отмечено у 14 человек (n = 28 ушей), односторонний процесс наблюдали у трех пациентов (n = 3 уха). Троим учащимся (n = 5 ушей) установлен диагноз сенсоневральной тугоухости, из них двое пациентов (n = 4 уха) имели двустороннее поражение звуковосприятия. Следует отметить, что пациенты с тугоухостью до прохождения теста не имели активных жалоб на снижение слуха или ухудшение разборчивости речи. Диагноз им был установлен в ходе проведенного обследования.

Участие в исследовании предполагало обязательное наличие подписанного информированного согласия от законных представителей всех испытуемых и детей старше 14 лет.

Поведенческие пороги определяли в речевом диапазоне частот с помощью тональной пороговой аудиометрии с использованием клинического аудиометра AC 40 Interacoustics (Дания) в условиях анехоидной камеры. Уровень фонового шума составлял менее 60 децибел (дБ).

Автоматизированную аудиометрию проводили с помощью аппаратно-программного комплекса «Колибри». Комплекс включает двухполосную активную акустическую систему (диапазон воспроизводимых частот от 43 до 24 000 Гц, максимальная выходная мощность 82 Вт), звуковую карту со встроенной индукционной петлей, USB-радиоресивер (частота соединения 2.4 МГц, радиус действия 10 м) и беспроводную выносную кнопку. Акустическую стимуляцию на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц проводили с применением головных телефонов на оголовье HD205 с диапазоном воспроизводимых частот от 14 до 20 000 Гц и уровнем звукового давления 112 дБ.

Для оценки возможности мобильного решения для определения порогов слуха было выбрано приложение для проверки слуха «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР» разработчика IT For You CORP, версия 2.1.5, установленное на iPad, на платформе iOS 11.0, на русском языке. Подачу акустического стимула осуществляли с использованием проводных головных телефонов Sennheiser HD 206 (диапазон воспроизводимых частот от 21 до 18 000 Гц; уровень звукового давления 108 дБ).

Проведен анализ выборки 30 наблюдений пациентов (n = 30), полученных с использованием генератора случайных чисел из общей выборки 70 детей (n = 140 ушей), не предъявлявших жалобы на нарушение слуха (n = 140). Возраст испытуемых варьировал от 7 до 17 лет

(mean = 12.27 ± 3.27). В распределении по гендерному признаку в исследуемой выборке (n = 30) девочки составили 53.3% (n = 16), мальчики – 46.7% (n = 14).

Статистический анализ проводили с помощью программы IBM® «Статистический пакет социальных наук» (SPSS Statistics New Seas Subscription, США), версия 25.0.0. В качестве генератора случайных чисел применяли алгоритм метода перемешивания. Проверку выборок на нормальность распределения проводили с помощью вычисления одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова (p-value ≤ 0.05), что подтвердило нормальность проверяемого распределения. Для проверки различия между выборками использовали вычисление t-критерия Стьюдента для парных выборок.

Результаты и обсуждение

Результаты сравнения тональной пороговой аудиометрии и автоматизированного метода в группе нормально слышащих учащихся и у школьников с нарушением слуха отражены в табл. 1–2.

Оценка порогов слуха, полученных с помощью тональной пороговой аудиометрии и результатов автоматической аудиометрии, продемонстрировала значительное расхождение данных в области частоты 500 Гц, где разность среднего составила 32.5 ± 9.3 дБ над нормальным порогом слуха (нПС). Наименьшее расхождение результатов получено на частоте 2000 Гц – 7.7 ± 8.3 дБ.

Сравнение данных, полученных с помощью мобильного приложения «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР» и результатов тональной пороговой аудиометрии отражено в табл. 3. Выявлено практически полное совпадение результатов по всему диапазону частот. На частоте 1000 Гц отмечено незначительное расхождение результатов – 2.0 ± 2.8 дБ нПС, что не являлось статистически значимым.

В табл. 4 продемонстрировано сравнение порогов звуковосприятия, полученных с помощью двух скрининговых методов, изучаемых в исследовании. Отмечено расхождение результатов по всему диапазону частот. Наибольшая разность среднего выявлена на частоте 500 Гц и составила 31.7 ± 9.1 дБ нПС.

Автоматизированный тест оценки слуховой функции представляет собой перспективный скрининговый метод. Однако полноценная реализация его потенциала возможна

Таблица 3

Средние поведенческие пороги на частотах 500–4000 Гц у нормально слышащих детей: результаты тональной пороговой аудиометрии и мобильного приложения «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР»

Метод	Поведенческие пороги			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Тональная пороговая аудиометрия, дБ нПС	11.4 ± 4.23	8.17 ± 3.6	7.5 ± 3.1	7.7 ± 3.4
МП «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР», дБ нПС	11.83 ± 3.07	10.1 ± 4.3	7.5 ± 2.9	8.0 ± 3.9
Разность среднего	0.83 ± 3.9	2.0 ± 2.8	0.0 ± 2.6	0.33 ± 3.7

Таблица 4

Средние поведенческие пороги на частотах 500–4000 Гц у нормально слышащих детей: результаты автоматизированной аудиометрии и мобильного приложения «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР»

Метод	Поведенческие пороги			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Автоматизированная аудиометрия, дБ нПС	43.5 ± 8.9	23.8 ± 6.1	19.1 ± 8.9	19.2 ± 8.9
МП «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР», дБ нПС	11.8 ± 3.07	10.2 ± 4.3	10.17 ± 4.2	8.0 ± 3.9
Разность среднего	31.7 ± 9.1	13.7 ± 7.1	9.0 ± 9.9	11.2 ± 3.7

только при выполнении целого ряда условий: оборудование для автоматизированной диагностики слуха должно быть надежным для проведения многократных исследований, место для установки скринингового комплекса необходимо выбирать с учетом окружающего фонового шума, который не будет оказывать влияния на полученные результаты.

Облачные технологии в скрининговой диагностике (на основе приложений для платформ смартфонов и планшетов) не только высокоперспективны, но и экономически выгодны, так как снижают затраты на приобретение оборудования. Тем не менее они требуют постоянной технической поддержки и унификации собираемых данных для обеспечения преемственности с клиническими тестами.

В целом проведение автоматизированной аудиометрии вне условий сурдокамеры накладывает дополнительные требования к головным телефонам; в данном случае наиболее эффективным техническим решением являются головные телефоны закрытого типа, которые могут обеспечить максимальную изоляцию от окружающего шума. Применение протокола регистрации порогов костного проведения требует дополнительного изучения, поскольку для выявления нарушений слуха исследования воздушной проводимости достаточно, а в случае выявления патологии дальнейшее обследование проводят в условиях специализированного подразделения сурдологии.

Разрабатываемая технология может дополнить арсенал скрининговых методов выявления возможных нарушений слуха; такие тесты основаны на регистрации электрофизиологических ответов различных участков слухового анализатора и не зависят от возраста (степени участия) пациента в исследовании [6]. Вместе с тем скрининговые исследования слуха в более позднем возрасте не проводят, что создает риск сенсорной депривации и задержки когнитивного развития ребенка даже при незначительном снижении слуха [7]. Внедрение технологии автоматизированной аудиометрии вне специализированных медицинских учреждений, например в рамках программы школьной медицины, будет способствовать раннему выявлению лиц с возможными нарушениями слуховой функции и направлению их на диагностику с последующим лечением и/или реабилитацией, что в свою очередь минимизирует медицинские и социальные потери вследствие развития тугоухости.

Заключение

Возможность внедрения скрининговых тестов оценки слуховой функции обладает высоким потенциалом и позволит обеспечить максимально раннее выявление лиц с возможной тугоухостью в целевых группах детей, подростков и учащихся непосредственно на территории общеобразовательных учреждений, без обязательного посещения специализированной клиники (медицинской организации).

Литература

1. Пашков А.В. и др. Автоматическая аудиометрия как скрининговое исследование слуховой функции у школьников: обзор литературы и собственный опыт // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – Т. 20. – № 3. – С. 245–250. [Pashkov A.V. et al. Automated audiometry as the screening of hearing in schoolchildren: literature review and own experience // Voprosy sovremennoi pediatrii (Current Pediatrics). – 2021. – V. 20. – № 3. – P. 245–250. In Russian].
2. Eikelboom R.H. et al. Clinical validation of the AMTAS automated audiometer // Int J Audiol. – 2013. – V. 52. – № 5. – P. 342–349.
3. Margolis R.H. et al. AMTAS®: Automated method for testing auditory sensitivity: Validation studies // Int J Audiol. – 2010. – V. 49. – № 3. – P. 185–194.
4. Masalski M. et al. Self-test web-based pure-tone audiometry: validity evaluation and measurement error analysis // J Med Internet Res. – 2013. – V. 15. – № 4. – P. e2222.
5. Yao J. et al. Using web services to realize remote hearing assessment // J Clin Monit Comput. – 2010. – V. 24. – № 1. – P. 41–50.
6. Дайхес Н.А. и др. Методы исследования слуха. – 2009. [Daikhes N.A. et al. Methods of hearing diagnostics. – 2009. In Russian].
7. Пашков А.В. и др. Влияние тугоухости на образовательный процесс у детей и подростков // Вопросы современной педиатрии. – 2020. – Т. 19. – № 4. – С. 272–278. [Pashkov A.V. et al. Hearing Loss Effect on the Educational Process in Children and Adolescents. Voprosy sovremennoi pediatrii (Current Pediatrics). – 2020. – V. 19. – № 4. – P. 272–278. In Russian].