

ЗЕЛЕНКОВА ИРИНА ВАЛЕРЬЕВНА

**ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОЦЕНКИ СЛУХА
У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

3.1.3. Оториноларингология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва, 2022

Работа выполнена на кафедре оториноларингологии медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН).

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор **Попадюк Валентин Иванович**

Официальные оппоненты:

Маркова Татьяна Геннадьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры сурдологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России;

Савельева Елена Евгеньевна, доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой оториноларингологии с курсом ИДПО ФГБОУ «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «__»_____2022 года на заседании постоянно действующего диссертационного совета ПДС 0030.022 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале УНИБЦ (Научная библиотека) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6) и на сайте <https://www.rudn.ru/science/dissovet>.

Автореферат разослан «__»_____2022.

Ученый секретарь ПДС 0030.022,

кандидат медицинских наук

М.К. Макеева

Актуальность темы исследования

По оценкам ВОЗ, в мире насчитывается более 466 млн. человек (свыше 6% населения) с нарушениями слуха, среди которых 34 млн. - дети. Ограниченная доступность специализированного аудиологического оборудования, а также маршрутизация таких пациентов затрудняет раннюю диагностику. Нарушения слуха являются наиболее частыми патологическими состояниями у детей школьного возраста. Общеизвестно, что дети (в том числе, учащиеся общеобразовательных учреждений) с не выявленными нарушениями слуха имеют высокий риск задержки речевых навыков. По данным обзора литературы распространение тугоухости и болезней уха напрямую зависит от социально-экономического развития страны проживания. Восемьдесят процентов пациентов с выявленными нарушениями слуха проживают в развитых странах, что вынуждает государства использовать значительные ресурсы на поддержку таких пациентов. Таким образом, раннее выявление тугоухости с последующим вмешательством (лечение, реабилитация) уменьшает негативные последствия для развития ребенка.

Тональная пороговая аудиометрия (ТПА) является «золотым стандартом» для оценки состояния слуховой функции, начиная с 6-летнего возраста. ТПА требует определенных условий: наличие анэхоидной камеры, присутствие специалиста, что создает определенные трудности для родителей (длительное ожидание в очереди, необходимость ехать в клинику, где имеется оборудование и т.д.). Эти особенности, в свою очередь, затрудняют своевременное оказание помощи детям с нарушением слуха.

Обзор литературы показывает, что нарушение слуха у школьников составляет около 14% (с незначительными колебаниями в зависимости от экономического уровня страны), а также тот факт, что все еще проблематичным остается аспект выявления пациентов с незначительным снижением слуха, при котором больной субъективно не осознает проблем, связанных со своим состоянием. Наиболее критичным периодом для таких форм тугоухости является детский и подростковый возраст, когда происходит формирование когнитивных навыков. Необходимость исследования слуха у школьников определяется высокой

распространенностью приобретенных и врожденных нарушений слуха, низкой обращаемостью родителей детей с односторонними или небольшими потерями слуха к специалисту за счет отсутствия жалоб, а также негативным влиянием тугоухости на процесс обучения и академическую успеваемость детей.

Степень разработанности темы

В настоящее время не существует общепринятого единого скринингового протокола аудиологического обследования учащихся. Например, Американская Ассоциация речи, языка, слуха (American Speech-Language-Hearing Association - ASHA) и Американская академия аудиологии (American Academy of Audiology) рекомендует использовать для скрининга тестовый тон интенсивностью 20 децибел (дБ) на частотах 1000, 2000 и 4000 Герц (Гц). Американская академия педиатрии (American Academy of Pediatrics – AAP) рекомендует проводить скрининг при интенсивности стимула 20 дБ на частотах 500, 1000, 2000, и 4000 Гц. Такой подход позволяет констатировать нормальную функцию слуха на каждом из двух ушей (скрининг считается пройденным, если сигнал был зарегистрирован на всех тестовых частотах с обеих сторон), но не дает возможность оценить слуховую адаптацию (при односторонней тугоухости за счет нормально слышащего уха).

С 2008 года в России введена система универсального аудиологического скрининга в период новорожденности, призванная способствовать раннему выявлению нарушений слуха, что позволяет обеспечить своевременную слухоречевую реабилитацию и социальную адаптацию ребенка с тугоухостью в среду нормально слышащих детей.

В более старшем (особенно, школьном) возрасте выявление детей с нарушением слуха в отсутствие жалоб затруднено, так как в Российской Федерации не существует пока централизованной программы школьного скрининга.

Цель исследования: изучение эффективности оценки слуховой функции с помощью автоматизированной аудиометрии у детей школьного возраста, не имеющих жалоб на снижение слуха.

Задачи исследования

1. Изучить соответствие порогов звуковосприятия, зарегистрированных посредством аппаратно-программного комплекса (АПК) «Колибри» и тональной пороговой аудиометрии у детей школьного возраста, не имеющих жалоб на снижение слуха;
2. Исследовать соответствие порогов звуковосприятия, полученных с помощью мобильного приложения «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР» и тональной пороговой аудиометрии у детей школьного возраста, не имеющих жалоб на снижение слуха;
3. Провести сравнительную оценку методик автоматизированной аудиометрии (аппаратно-программный комплекс, мобильное приложение) для оценки слуха;
4. Оценить чувствительность и эргономичность методов автоматизированной аудиометрии и возможность их использования вне анэхоидной камеры без привлечения узкоспециализированного врача сурдолога – оториноларинголога.

Научная новизна исследования

1. В группе детей школьного возраста, не имеющих жалоб на снижение слуха, впервые проведена оценка состояния слуховой функции с использованием технологий автоматизированной аудиометрии. Полученные данные были сравнены с традиционным тестом тональной пороговой аудиометрии (ТПА).
2. Проведено сравнение технологий автоматизированной оценки слуха, основанных на платформе аппаратно-программного комплекса и мобильного приложения. Выявлено наиболее перспективное, с точки зрения соответствия получаемых результатов данным, полученным с помощью тональной пороговой аудиометрии, решение.
3. Показаны возможности автоматизированных средств выявления тугоухости для выявления лиц с возможным нарушением слуха, что делает возможным создание системы скрининговой оценки слуха, погруженной в

протокол диспансеризации учащихся без привлечения профильного специалиста – сурдолога.

Теоретическая и практическая значимость

Проведена оценка диагностической ценности тестов автоматизированной диагностики слуха с точки зрения возможного применения вне специализированного сурдологического подразделения, что может позволить выявлять тугоухость в условиях общеобразовательных учреждений или в ходе профилактических осмотров без привлечения профильного специалиста сурдолога – оториноларинголога. Таким образом, т.н. «школьный» скрининг слуховой функции может повысить возможность раннего выявления детей с возможными нарушениями слуха без обязательного посещения специализированного сурдологического подразделения или профильного специалиста.

Внедрение результатов исследования Материалы диссертационного исследования внедрены в учебно-педагогический процесс на кафедре оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» и кафедре оториноларингологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России и используются при проведении занятий с врачами-курсантами циклов усовершенствования по оториноларингологии, а также аспирантами и клиническими ординаторами, в практической работе СПб ГКУЗ «Детский городской сурдологический центр». Результаты исследования применяются в рамках регионального пилотного проекта по аудиологическому скринингу школьников «Школа здорового слуха».

Методология и методы исследования

Работа выполнена в дизайне проспективного исследования на кафедре оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов». Набор клинического материала проводился в КДЦ для детей НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского. Применяли физикальные, аудиологические и статистические методы исследования. Всем детям перед исследованием слуха был проведен осмотр ушей с помощью отоскопа. Исследование слуховой функции проводилось

как автоматизированными методами (аппаратно-программный комплекс (АПК) «Колибри» и мобильное приложение (МП) «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР»), так и с помощью ТПА. Программа исследования включала сравнительное исследование результатов, полученных с помощью АПК и ТПА (69 детей), результатов, полученных с помощью МП и ТПА (75) детей, и сравнения данных двух видов автоматизированной аудиометрии между собой. С помощью анкетирования как пациентов, так и исследователей были собраны сведения об эргономичности использования МП и АПК.

Положения, выносимые на защиту

1. Технологии автоматизированной аудиометрии, основанные на аппаратной платформе или мобильном приложении не могут служить альтернативой общепринятому в оториноларингологии исследованию слуха.
2. Применение автоматических тестов исследования слуха оправдано в рамках проведения профилактических осмотров для выявления лиц с подозрением на наличие тугоухости.
3. Автоматизированные технологии исследования слуха могут быть рекомендованы для включения в протокол обследования детей и подростков школьного возраста без привлечения специалиста сурдолога-оториноларинголога.
4. Выявленные пациенты с подозрением на тугоухость должны быть направлены в специализированное сурдологическое учреждение (подразделение) на аудиологическое обследование для постановки диагноза и направлен

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов работы, обоснованность выводов и практических рекомендаций основываются на достаточном числе наблюдений (обследовано 144 ребенка школьного возраста) и адекватной статистической обработке результатов с помощью программы IBM © Статистический пакет социальных наук (SPSS Statistics New Seas Subscription) © версия 25.0.0.

Основные положения диссертационного исследования доложены и обсуждены на XXII Конгрессе педиатров России с международным участием: «Актуальные проблемы педиатрии» (Москва, 20-23 февраля 2020 г.), XXIII Конгрессе педиатров России с международным участием «Актуальные проблемы педиатрии» (Москва, 05 - 07 марта 2021 г.), XIX Съезде педиатров России с международным участием «Актуальные проблемы педиатрии» (Москва, 05 – 07 марта 2022 г.), научно-практической конференции «Амбулаторная и малоинвазивная оториноларингология» памяти профессора В.С. Козлова (Москва, 07 апреля 2022 г.), Втором Всероссийском конгрессе с международным участием «Лечебно-реабилитационные перспективы при кохлеовестибулярных и голосовых расстройствах» (Москва, 17-18 мая 2022 г.), в рамках XIX симпозиума с международным участием «Эколого-физиологические проблемы адаптации» (Казань, 1-3 июля 2022г.). Диссертационная работа прошла апробацию на кафедре оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» 30.09.2022 г. протокол №2.

Характеристика пациентов

В исследовании приняли участие 144 школьника (288 ушей) в возрасте от 7 до 17 лет (средний возраст — $12 \pm 3,5$ лет), среди них девочек — 49 (42,9%). Все обследуемые - учащиеся средней общеобразовательной школы, не предъявлявшие жалоб на нарушения слуха (снижение слуха и/или разборчивости речи), способные корректно выполнять инструкции процедуры тестирования, с наличием мотивации (желания пациента и родителей получить знания о состоянии слуха).

В исследовании участвовали умеющие читать дети от 7 до 18 лет, не имеющие жалоб на снижение слуха или нарушение разборчивости речи с подписанным родителями (или самим пациентом с 15 лет) информированным добровольным согласием на проведение слуха.

Критерии невключения в исследование:

- возраст менее 7 лет;
- отсутствия навыка чтения;

- жалобы на снижение слуха;
- отказ родителя, законного представителя, а также ребенка старше 15 лет от участия в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

- неспособность корректно выполнять инструкции процедуры исследования;
- отказ от дальнейшего проведения исследования;
- выявление критериев невключения.

Методы исследования слуха

Тональная пороговая аудиометрия - «золотой стандарт» исследования слуха.

Поведенческие пороги (пороги звуковосприятия) определяли в речевом диапазоне частот при помощи тональной пороговой аудиометрии с использованием клинического аудиометра AC40 Interacoustics (Interacoustics, Дания) в условиях анэхоидной камеры. Уровень фонового шума составлял <60 дБ. Акустическую стимуляцию подавали в стандартном режиме с использованием головных телефонов TDH39AA с амбушюрами Amplivox (Amplivox, Великобритания) и костного телефона с оголовьем B81 (RadioEar, США).

Для детей пребывание во время исследования в условиях анэхоидной камеры не является дискомфортным за счет визуального контакта с исследователем, свободного доступа воздуха и освещения.

Автоматизированные методы исследования слуха

Использование мобильных автоматизированных технологий исследования слуха не требует наличия анэхоидной камеры (при допустимых значениях фонового шума). Оборудование может быть установлено в обычном кабинете врача или тихом холле стандартной поликлиники.

Аппаратно-программный комплекс «Колибри» (АПК). Включает двухполосную активную акустическую систему, звуковую карту, USB-радиоресивер и беспроводную выносную кнопку. Акустическая стимуляция на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц проводили с применением головных телефонов на оголовье

HD205 диапазон воспроизводимых частот от 14 до 20 000 Гц, уровень звукового давления – 112 дБ (Рис.2).

АПК имеет в своем составе 2 монитора. Один из них обращен к пациенту, другой – к исследователю.

*Мобильное приложение «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР» (МП)*₂ разработчика IT For You CORP, версия 2.1.5, установленного на iPad, на платформе iOS 11.0, на русском языке. Подача акустического стимула проводилась с использованием проводных головных телефонов Sennheiser HD 206 (диапазон воспроизводимых частот от 21 до 18 000 Гц; уровень звукового давления – 108 дБ). На рисунке ниже представлен процесс исследования слуха с помощью мобильного приложения.

Дизайн исследования включал 2 группы детей. Первой группе (75 пациентов) проведена оценка слуха с помощью мобильного приложения. Второй группе (69 пациентов) оценка слуха проведена с помощью аппаратно-программного комплекса. Детям из обеих групп проведена тональная пороговая аудиометрия, как «золотой» стандарт исследования слуха. Данные АПК и МП сравнивались с результатами ТПА и между собой. Также проводилась эргономическая оценка и сравнение обоих методов автоматизированной аудиометрии путем анкетирования пациентов и исследователей. Схема исследования представлена на рисунке ниже (Рис. 1).

Дизайн исследования

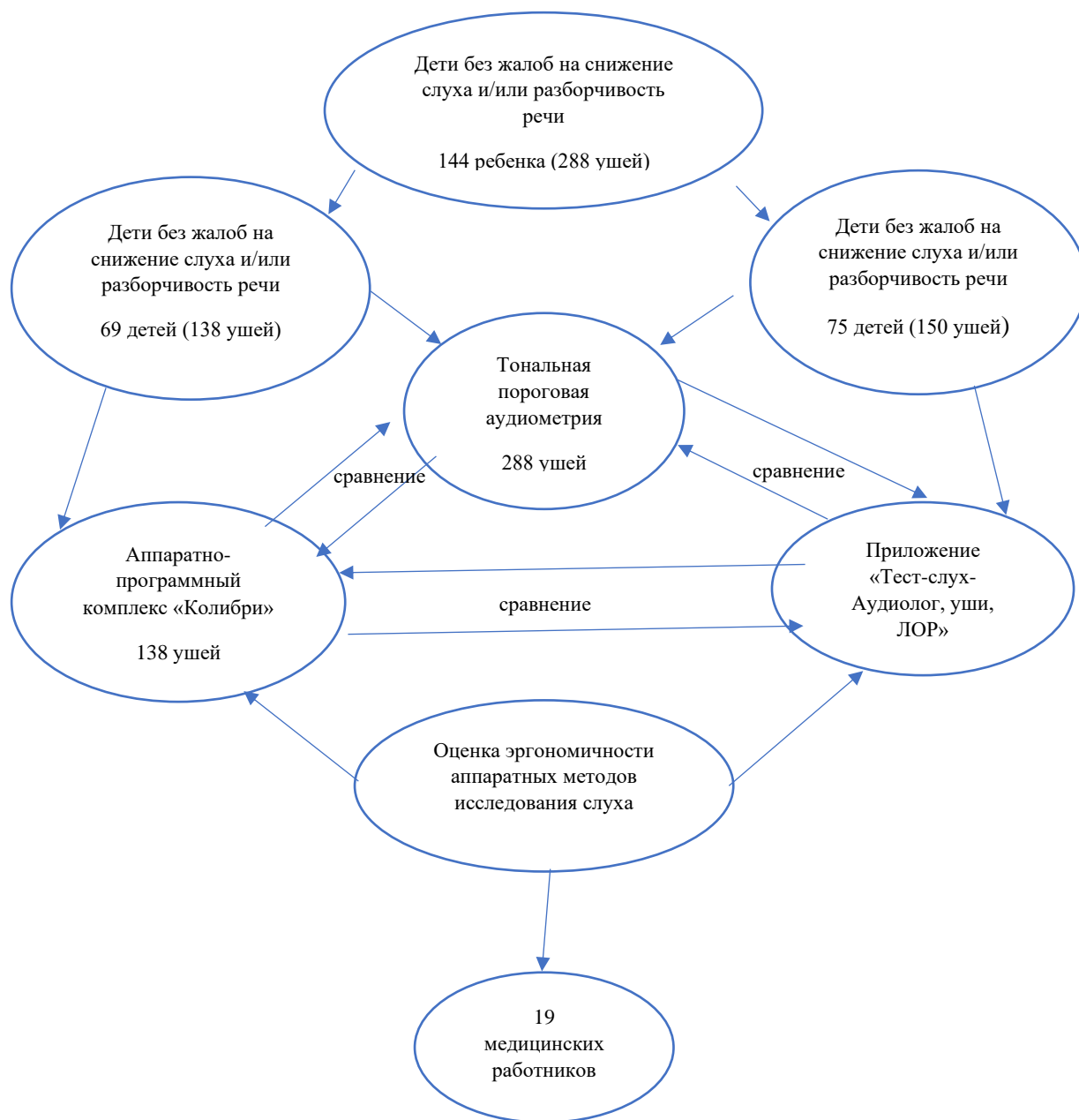


Рисунок 1 - Схема исследования

Была проведена оценка эргономики автоматизированных методов исследования с точки зрения как пациентов, так и исследователей. Каждый показатель эргономики оценивался по шкале от 0 до 4, где качество признака выражалось как «0» - очень плохо; «1» - плохо; «2» - удовлетворительно; «3» - хорошо; «4» - отлично.

Пациентам было предложено оценить каждый из видов автоматизированной аудиометрии по следующим критериям: общее качество изображения, восприятие текста, легкость в использовании и оптимальность затраченного времени.

Для анализа эргономики автоматизированных методов аудиометрии с позиции исследователя было предложено оценить транспортировку устройства, сложность инструктажа пациентов и производительность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение аппаратно-программного комплекса «Колибри»

С помощью статистических методов сначала проведена оценка среднего квадратического отклонения как показателя числа наблюдений, отклоняющихся от среднего арифметического значения. Большее значение среднеквадратического отклонения показывает больший разброс значений в представленном множестве со средней величиной; меньшее значение, соответственно, показывает, что значения в множестве сгруппированы вокруг среднего значения. Величина стандартного отклонения результатов, полученных с помощью АПК «Колибри» от 8,871 до 10,578 в зависимости от частоты, в то время как стандартное отклонение величин, полученных с помощью ТПА от 6,790 до 7,047.

Так же было определено значение стандартной средней ошибки, имеющей большое значение для проверки гипотезы и точности оценки (чем меньше ошибка, тем выше ее надежность и точность). При сравнении значений стандартной средней ошибки значений АПК «Колибри» и ТПА можно отметить,

что максимальная средняя ошибка ТПА на частоте 4000 Гц составляет 0,600, в то время как результат АПК на той же частоте – 0,900.

При сравнении средних поведенческих порогов на частотах 500–4000 Гц у нормально слышащих детей отмечено расхождение результатов по всему диапазону частот. Наибольшая разность среднего выявлена на частоте 500 Гц и составила 36,1 дБ нПС, наименьшая разность среднего отмечена на частотах 2000Гц и 4000Гц – 13,1Гц и 13,0Гц соответственно (Таб. 1).

Таблица 1 – сравнение результатов тональной пороговой аудиометрии и АПК «Колибри»

Метод	Поведенческие пороги			
	500Гц	1000Гц	2000Гц	4000Гц
Тональная пороговая аудиометрия, дБ нПС	8,51±6,8	4,38±7,0	3,33±6,8	5,4±7,0
АПК «Колибри», дБ нПС	44,64±8,9	26,78±9,0	16,49±9,4	18,47±10,6
Разность среднего, дБ нПС	36,1	22,4	13,1	13,0

При сравнении порогов слуха, полученных на частоте 500 Гц с помощью тональной пороговой аудиометрии и аппаратно-программного комплекса можно отметить значительное расхождение величин (Рис. 2).

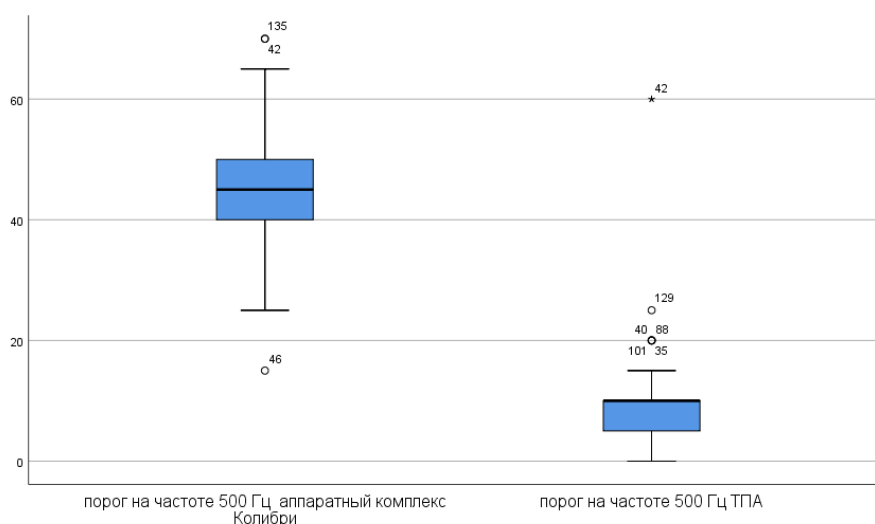


Рисунок 2 – Пороги слуха, полученные при оценке слуха с помощью АПК и ТПА на частоте 500 Гц.

Применение мобильного приложения «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР»

Величина стандартного отклонения результатов, полученных с помощью МП «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР» от 8,091 до 6,123 в зависимости от частоты, в то время как стандартное отклонение величин, полученных с помощью ТПА от 7,666 до 5,693. При сравнении значений стандартной средней ошибки значений МП «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР» и ТПА можно отметить, что максимальная средняя ошибка ТПА на частоте 4000 Гц составляет 0,626, в то время как результат МП на той же частоте – 0,661.

При сравнении средних поведенческих порогов на частотах 500–4000 Гц у нормально слышащих детей выявлено расхождение результатов менее 1 дБ на всех частотах, кроме 500Гц, где разность среднего 1,26 дБ нПС (Таб. 2).

Таблица 2 - 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	10,77±6,52	8,50±6,3	7,27±5,7	8,60±7,7
МП «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР», дБ нПС	12,03±7,8	9,27±6,8	7,57±6,1	9,20±8,1
Разность среднего, дБ нПС	1,26	0,77	0,30	0,6

Результат оценки слуха на частоте 500 Гц, полученный с помощью мобильного приложения демонстрирует высокую корреляцию с результатами тональной пороговой аудиометрии (Рис. 3,4).

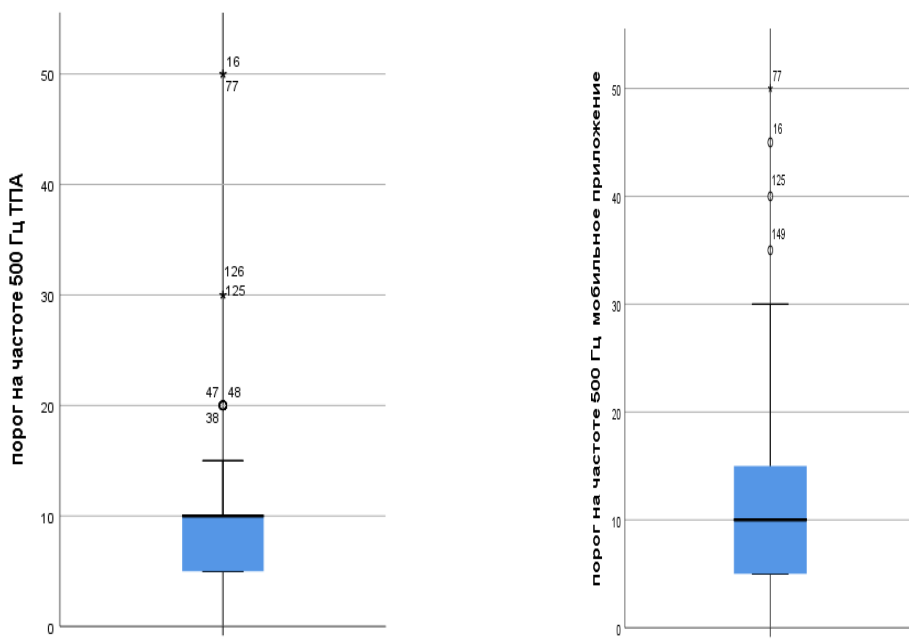


Рисунок 3,4 - Пороги слуха, полученные с помощью МП и ТПА на частоте 500 Гц

Сравнение результатов двух методов автоматизированной аудиометрии

Ниже продемонстрировано сравнение порогов звуковосприятия, полученных с помощью двух скрининговых методов, изучаемых в исследовании.

При сравнении средних поведенческих порогов на частотах 500–4000 Гц у нормально слышащих детей отмечено расхождение результатов по всему диапазону частот. Наибольшая разность среднего выявлена на частоте 500 Гц и составила 32,61 дБ нПС, наименьшая разность среднего отмечена на частоте 2000 Гц. Показатели МП «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР» максимально приближены к результатам тональной пороговой аудиометрии (Таб. 3).

Таблица 3 - Результаты автоматизированной аудиометрии и мобильного приложения «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР»

Метод	Поведенческие пороги			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
АПК «Колибри», дБ нПС	44.64±8,9	26.78±9,1	16,49±9,4	18,47±10,6
МП «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР», дБ нПС	12,03±7.8	9.27±6,8	7,57±6.1	9.20±8.1
Разность среднего дБ нПС	32.61	17.51	8.92	9.27

При сравнительном анализе парных выборок, составленных из результатов, полученных при исследовании слуха (АПК с ТПА и МП с ТПА) определена большую глубину корреляции значений ТПА с результатами МП, чем с данными АПК

Также была проведена статистическая проверка гипотез. За нулевую гипотезу принято положение о нулевой разнице медиан на частотах 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц между данными тональной пороговой аудиометрии и результатами каждого из видов мобильной автоматизированной аудиометрии. На уровне значимости 0,05 на частотах 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц результаты, полученные с помощью мобильного приложения, соответствуют нулевой гипотезе. В то же время результаты, полученные с помощью аппаратно-программного комплекса, не соответствуют нулевой гипотезе ни на одной из частот.

Необходимо отметить, что результаты, полученные с помощью МП позволяли заподозрить нарушение слуха у 4 обследуемых (5 ушей), однако, данные тональной пороговой аудиометрии подтвердили тугоухость у троих детей (4 уха), что составило 3,3 % и 2,7% соответственно из 150 обследованных ушей. Односторонняя кондуктивная тугоухость была у 2 детей. У одного ребенка определена двусторонняя кондуктивная тугоухость. Сенсоневральная тугоухость не выявлена.

В то же время результаты, полученные с помощью АПК позволяли почти у всех обследованных пациентов (около 87 %) заподозрить нарушение слуха (120 ушей), однако, данные тональной пороговой аудиометрии подтвердили тугоухость всего

лишь двух случаях, что составило 1,4% от 138 обследованных ушей. Односторонняя кондуктивная тугоухость обнаружена у 1 ребенка. У второго ребенка определено одностороннее нарушение звуковосприятия.

Таким образом, результаты нашего исследования показывают, что гипердиагностика при исследовании слуха с помощью МП составляет 0,6%, а при исследовании слуха с помощью АПК – 85,6%. 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.

При сравнении обоих типов автоматизированной аудиометрии на основании анкетирования пациентов можно отметить большую удовлетворенность обследуемых при использовании приложения «Тест-слух-аудиолог, уши, ЛОР».

Большинство пациентов дали оценку «отлично» мобильного приложения с большим преимуществом по отношению к АПК. Аппаратно-программный комплекс в том числе получил оценки «плохо» и «очень плохо».

При анкетировании исследователей оценок «хорошо» и «отлично» так же больше получило МП, чем АПК.

При сравнении двух автоматизированных методов аудиометрии на основании анкетирования исследователей можно отметить, что комплекс «Колибри» по всем категориям чаще получил оценку «удовлетворительно», в то время как приложение было чаще оценено как «хорошо» и «отлично» и не получило ни одной оценки «очень плохо».

Нами доказано, что анкета позволяет выявить мнение ребенка, родителя, исследователя и т.п. к цифровому продукту на уровне взаимодействия с пользователем. Результаты работы показали, что анкетный опрос можно использовать как самостоятельное исследование для оценки удобства пользователей и исследователей с целью получения наиболее достоверных данных.

АПК может быть использован как метод отбора лиц с возможным отклонением порогов звуковосприятия от нормы. Полученные данные указывают на

необходимость совершенствования алгоритмов теста и, возможно, внесение технических изменений в систему (например, замену головных телефонов с другими техническими характеристиками).

Данные проведенного исследования указывают на высокую приближенность результатов исследования слуха с помощью мобильного приложения к результатам, полученным с помощью «золотого стандарта» - тональной пороговой аудиометрии. Анкетирование демонстрирует большую приверженность как пациентов, так и исследователей к оценке слуховой функции с помощью МП. Это дает возможность заключить, что исследование слуха у школьников с помощью МП может быть использовано во время массовых диспансерных осмотров как метод исследования слуха, результаты которого на данный момент максимально приближены к данным тональной пороговой аудиометрии.

Выводы

1. Пороги звуковосприятия, зарегистрированные с использованием АПК, имеют существенное расхождение с результатами ТПА в группе нормально слышащих детей школьного возраста.
2. Результаты исследования слуха с помощью мобильного приложения позволяют утверждать, что данная технология может использоваться для оценки слуха у детей школьного возраста.
3. Результаты исследования слуха с помощью мобильного приложения имеют более высокую статистическую взаимосвязь с данными тональной пороговой аудиометрии как у лиц с нормальным слухом, так и у детей с выявленной тугоухостью.
4. Примененное для оценки слуха мобильное приложение среди многочисленных групп детей за счет своей чувствительности и эргономичности позволяет использовать данное техническое решение без привлечения узкоспециализированного врача сурдолога – оториноларинголога.

Практические рекомендации

1. При невозможности проведения аудиологического обследования в группах детей школьного возраста рекомендовано использовать тесты автоматической диагностики слуха для выявления лиц с возможными нарушениями слуха.
2. Для применения автоматических скрининговых тестов необходимо учитывать взаимосвязь с показателями тональной аудиометрии и показатели акустической среды, где проводят исследование.
3. При выявлении лиц с подозрением на тугоухость, необходимо направлять их на специализированное аудиологическое обследование для постановки диагноза и, по показаниям, назначения лечения или выбора алгоритма слухопротезирования.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Метод автоматизированной оценки слуховой функции с помощью мобильного приложения у детей, не имеющих жалоб на снижение слуха показал себя достаточно эффективным для раннего выявления лиц с тугоухостью. Можно рассмотреть внедрение автоматизированной аудиометрии в протокол диспансеризации детей школьного возраста с целью предотвращения развития когнитивной недостаточности вследствие нарушения слуха.

Безусловно, требуется доработка программного обеспечения, обеспечение плотно прилегающей к уху конструкции наушников, разработка алгоритма действий медицинского персонала в случае выявления тугоухости с помощью автоматизированного метода аудиометрии для дальнейшего обследования ребенка у врача сурдолога-оториноларинголога с целью раннего начала лечения и/или реабилитации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**Публикации в изданиях, включенных в международные базы цитирования WoS и SCOPUS**

1. Автоматическая аудиометрия как скрининговое исследование слуховой функции у школьников: обзор литературы и собственный опыт / А. В. Пашков, И. В. Наумова, И. В. Зеленкова [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – Т. 20. – № 3. – С. 245-250. – DOI 10.15690/vsp.v20i3/2277. – EDN MTKIQW.
2. Цифровые устройства и когнитивные функции у детей / Г. А. Каркашадзе, Л. С. Намазова-Баранова, Е. А. Вишнева [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – Т. 20. – № 6. – С. 506-520. – DOI 10.15690/vsp.v20i6.2357. – EDN ACWKUR.
3. Влияние тугоухости на образовательный процесс у детей и подростков / А. В. Пашков, Л. С. Намазова-Баранова, Е. А. Вишнева [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2020. – Т. 19. – № 4. – С. 272-278. – DOI 10.15690/vsp.v19i4.2134. – EDN ENEBPY.

Публикации в изданиях, рекомендованных в ВАК и РУДН

4. 7П-педиатрия - медицина развития и программирования здоровья / Л. С. Намазова-Баранова, А. А. Баранов, Е. А. Вишнева [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2021. – Т. 76. – № 6. – С. 622-634. – DOI 10.15690/vramn1756. – EDN KUBPAR.
5. Регистрация стационарных слуховых потенциалов у пациентов с кохлеарными имплантами / А. В. Пашков, И. В. Наумова, И. В. Зеленкова [и др.] // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2021. – № 2. – С. 24-28. – DOI 10.26269/vnae-yd85. – EDN TXAHJW.
6. Регистрация стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле у нормально слышащих лиц. Наш опыт / И. В. Наумова, А. В. Пашков, И. В. Зеленкова, Д. С. Клячко // Российская оториноларингология. – 2020. – Т. 19. – № 5(108). – С. 63-67. – DOI 10.18692/1810-4800-2020-5-63-67. – EDN MKJDGH.

7. Тональная аудиометрия с применением скринингового переносного комплекса в группах учащихся / А. В. Пашков, И. В. Наумова, Л. С. Намазова-Баранова [и др.] // Российская оториноларингология. – 2020. – Т. 19. – № 6(109). – С. 50-56. – DOI 10.18692/1810-4800-2020-6-50-56. – EDN TKDAVD.
8. Регистрация стационарных слуховых потенциалов у пациентов - пользователей систем кохлеарной имплантации. Наш опыт / И. В. Наумова, А. В. Пашков, С. В. Гадалева [и др.] // Российская оториноларингология. – 2019. – Т. 18. – № 2(99). – С. 57-63. – DOI 10.18692/1810-4800-2019-2-57-63. – EDN TEYXIG.

Другие публикации

9. Автоматизированные методы исследования слуховой функции. Попадюк В. И., Пашков А. В, Зеленкова И. В. Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XIX симпозиума с международным участием. Казань, 1–3 июля 2022 г. – Москва: РУДН, 2022. – 227 с.
10. Применение автоматизированной аудиометрии для выявления тугоухости. Попадюк В. И., Пашков А. В, Зеленкова И. В. Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XIX симпозиума с международным участием. Казань, 1–3 июля 2022 г. – Москва: РУДН, 2022. – 227 с.

Используемые сокращения

АПК «Колибри» - аппаратно-програмный комплекс «Колибри»

МП – мобильное приложение «Тест-слух-Аудиолог, уши, ЛОР»

ТПА – тональная пороговая аудиометрия

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

Гц – Герц

дБ – Децибел

дБ нПс – Децибел над порогом слуха

АМТАС - (Automated Method for Testing Auditory Sensitivity) - автоматизированный метод исследования слуховой чувствительности (алгоритм послетональной автоматической подачи тестовых тонов и регистрации ответов

ННТ - (Home Hearing Test) – «домашний тест слуха». Разновидность автоматического теста регистрации порогов воздушного проведения.

Зеленкова И.В.

**Применение мобильных технологий оценки слуха у детей школьного
возраста**

По оценкам ВОЗ, в мире насчитывается более 466 млн. человек (свыше 6% населения) с нарушениями слуха, среди которых 34 млн. - дети. Общеизвестно, что дети (в том числе, учащиеся общеобразовательных учреждений) с невыявленными нарушениями слуха имеют высокий риск задержки речевых навыков. В настоящее время не существует общепринятого единого скринингового протокола аудиологического обследования учащихся. На данный момент исследование слуха проводится с помощью тональной пороговой аудиометрии (ТПА), требующей определенных условий: наличие анэхоидной камеры, присутствие специалиста, что создает определенные трудности для родителей (длительное ожидание очереди, необходимость ехать в клинику, где имеется оборудование и т.д.). В представленной работе изучены возможности автоматизированных методов оценки слуховой функции у детей школьного возраста, не предъявляющих жалоб на снижение слуха.

Zelenkova I.V.

Application of mobile hearing assessment technologies in school-age children

According to WHO estimates, there are more than 466 million people in the world (over 6% of the population) with hearing impairments, including 34 million children. It is generally recognized that children (including students of general education institutions) with undetected hearing impairments have a high risk of speech skills delay. Currently, there is no generally accepted single screening protocol for audiological examination of students. At the moment, hearing research is carried out using tonal threshold audiometry (TPA), which requires certain conditions: the presence of an anechoic chamber, the presence of a specialist, which creates certain difficulties for parents (long waiting in line, the need to go to a clinic where there is equipment, etc.). In the present work, the possibilities of automated methods for assessing auditory function in school-age children who do not complain of hearing loss are studied.

