Вестник оториноларингологии
2021, Т. 86, №2, с. 4-9
https://doi.org/10.17116/otorino2021860214

Vestnik otorinolaringologii
2021, Vol. 86, No. 2, pp. 4-9
https://doi.org/10.17116/otorino2021860214

Мобильные решения в оценке слуха

© Т.Ю. ВЛАДИМИРОВА, Л.В. АЙЗЕНШТАДТ

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Оценить эффективность применения созданного нами веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха для диагностики нарушений слуха в различных возрастных группах.

Материал и методы. С помощью данного веб-приложения обследованы 712 пациентов, входящих в 3 возрастные группы: 1-я группа — 196 пациентов в возрасте от 18 до 44 лет (средний — 25,6±2,7 года), 2-я группа — 265 пациентов в возрасте от 45 до 59 лет (средний — 46,3±3,6 года), 3-я группа — 251 пациент в возрасте 60 лет и старше (средний — 75,4±1,1 года).

Результаты. Выявлено, что 61,8% пациентов имели факторы риска развития тугоухости. В 1-й возрастной группе превалировал один фактор риска снижения слуха, во 2-й и 3-й группах одновременно сочетались до 5—9 факторов. У 24,3% пациентов обнаружена клинически значимая потеря слуха. Исследование слуха на частотах 10 и 12 кГц позволило выявить скрытую потерю слуха у 31,3% пациентов, у 57% из них имелись факторы риска развития тугоухости. Сравнительный анализ в группах показал, что нарушение слуха на высоких частотах встречалось у 47,4% пациентов старших возрастных групп и у 15,8% лиц молодого возраста. Возможность выполнения снимков отоскопии позволила выявить у 17,1% пациентов изменения барабанной перепонки, дать верное заключение о состоянии их слуха и предложить алгоритм дальнейшего обследования. Установлено, что чувствительность исследования в веб-приложении составила 98%, специфичность — 99,9%.

Выводы. Использование веб-приложения позволяет провести оценку факторов риска развития тугоухости, выявить пациентов со скрытой потерей слуха, объективизировать исследование снимками отоскопии, дистанционно получить заключение о состоянии слуха от врача-специалиста.

Ключевые слова: *мобильное приложение, нарушение слуха, степень тугоухости, возраст, факторы риска.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Владимирова Т.Ю. — e-mail: vladimirovalor@yandex.ru
Айзенштадт Л.В. — e-mail: lav2203@yandex.ru
Автор, ответственный за переписку: Владимирова Т.Ю. — e-mail: vladimirovalor@yandex.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Владимирова Т.Ю., Айзенштадт Л.В. Мобильные решения в оценке слуха. *Вестник оториноларингологии*. 2021;86(2):4–9.
https://doi.org/10.17116/otorino2021860214

Mobile solutions in hearing assessment

© T.YU. VLADIMIROVA, L.V. AIZENSHTADT

Samara State Medical University, Ministry of Health of Russia, Samara, Russia

ABSTRACT

Purpose of the study. To evaluate the effectiveness of the application of the web application "Automated system of primary hearing assessment" created by us for the diagnosis of hearing impairment in different age groups.

Material and methods. With the help of this web application, 712 patients were examined in 3 age groups: group 1 — patients aged 18 to 44 years, 196 people (average age 25.6±2.7 years), group 2 - patients aged 45 to 59 years, 265 people (mean age 46.3±3.6 years), 3rd group - patients 60 years old and older, 251 people (mean age 75.4±1.1 years).

Results. It was revealed that 61.8% of patients had risk factors for the development of hearing loss. In the 1st age group, one risk factor for hearing loss prevailed, in the 2nd and 3rd groups, up to 5-9 factors were simultaneously combined. Clinically significant hearing loss was found in 24.3% of patients. Hearing studies at frequencies of 10 and 12 kHz revealed latent hearing loss in 31.3% of patients, 57% of them had risk factors for the development of hearing loss. Comparative analysis in the groups showed that hearing impairment at high frequencies was found in 47.4% of patients in older age groups and in 15.8% of young people. The possibility of performing otoscopy images made it possible to identify changes in the tympanic membrane in 17.1% of patients, to give a correct conclusion about the state of their hearing and to propose an algorithm for further examination. It was found that the sensitivity of the study in the web application was 98%, the specificity — 99.9%.

Findings. The use of the web application allows assessing the risk factors for the development of hearing loss, identifying patients with latent hearing loss, objectifying the study with otoscopy images, and remotely obtaining a conclusion about the state of hearing from a specialist doctor.

Keywords: *mobile application, hearing impairment, degree of hearing loss, age, risk factors.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Vladimirova T.Yu. — e-mail: vladimirovalor@yandex.ru
Aizenstadt L.V. — e-mail: lav2203@yandex.ru
Corresponding author: Vladimirova T.Yu. — e-mail: vladimirovalor@yandex.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Vladimirova TYu, Aizenshtadt LV. Mobile solutions in hearing assessment. *Bulletin of Otorhinolaryngology = Vestnik otorinolaringologii*. 2021;86(2): 4–9. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/otorino2021860214

Число людей с заболеваниями органа слуха неуклонно растет. По данным ВОЗ, около полумиллиарда человек страдают от инвалидизирующей потери слуха [1]. Несмотря на высокие показатели распространенности и негативные последствия, недостаточно внимания уделяется ранней диагностике нарушений слуха. Ее проведение затруднено как из-за большого количества этиологических причин возникновения патологии слуха, несвоевременного обращения пациента к врачу, так и из-за недостаточного числа специалистов (оториноларингологов, сурдологов) и дорогостоящего аудиологического оборудования. В связи с этим существует потребность в создании доступного и недорогого способа диагностики слуха среди населения.

На сегодняшний день во многих странах для решения данной проблемы разработаны и интегрированы в работу здравоохранения мобильные приложения, позволяющие проводить скрининг слуха с помощью смартфонов, планшетов или персональных компьютеров [2].Такой подход дает возможность провести исследование слуха у значительно большей части населения, в том числе у жителей отдаленных районов на амбулаторном приеме, а также создать оптимальные условия для самоконтроля слуха при приеме ототоксических препаратов и у пациентов с флюктуирующей тугоухостью [3]. Нами рассмотрены и апробированы наиболее популярные мобильные приложения для проверки слуха, доступные для скачивания в Google Play (Hearing Test (Польша), hearScreen (США), Dectone Hearing Test (Англия) и др.) и App Store (uHear (Южная Африка), Ear Scale (Тайвань) и др.) [4, 5]. Рассмотренные приложения не являются универсальными для всех устройств (смартфонов, планшетов, ПК) и поддерживаются одной соответствующей им операционной системой (Android или iOS), что ограничивает пользователя в выборе приложения в зависимости от марки его мобильного устройства.

Кроме того, исследование слуха проводится на частотах до 8 кГц, что исключает возможность диагностики скрытой потери слуха на высоких частотах. Отсутствие учета данных анамнеза и отоскопии не дает полного представления о состоянии слуха и возможных причинах его нарушения. В России использование мобильных технологий для исследования слуха в здравоохранении не регламентировано и носит рекламный или игровой характер. Отсутствие единообразия среди имеющихся приложений, ограниченный технический доступ к ним, отсутствие отечественных аналогов и клинических испытаний делает невозможным создание общей базы для сбора информации о тестировании слуха, внедрение данных систем в работу практического здравоохранения.

Цель исследования — оценить эффективность применения созданного нами веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха для диагностики нарушений слуха в различных возрастных группах.

Материал и методы

В период с октября 2019 г. по февраль 2020 г. нами выполнено кросс-секционное исследование на базе клиник ФГБОУ ВО «СамГМУ» Минздрава России и ГБУЗ «Самарский областной клинический госпиталь для ветеранов войн», включившее 712 пациентов в возрасте от 18 до 97 лет (средний возраст составил 48,5±2,1 года). Число мужчин и женщин сопоставимо (318 (44,66%) мужчин и 394 (55,34%) женщины).

Исследование проводилось в рамках комплексной темы кафедры «Оптимизация диагностики, лечения и реабилитации больных с патологией ЛОР-органов» в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной ассоциации (2000), Правилами клинической практики в Российской Федерации, утвержденными приказом Минздрава России от 01.04.16 №200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики», и одобрено комитетом по биоэтике при ФГБОУ ВО «СамГМУ» Минздрава России (протокол №196 от 31.10.18). Перед началом исследования от всех пациентов получено письменное добровольное информированное согласие на обследование и обработку персональных данных.

Критерии включения в исследование: наличие информированного добровольного согласия; свободное владение русским языком; стабильное соматическое и психическое состояние.

Критерии исключения из исследования: обтурация наружного слухового прохода, острый воспалительный процесс наружного и среднего уха. При наличии серных пробок выполнялся туалет уха, после чего пациент мог продолжить участие в исследовании.

Для оценки результатов исследования пациенты разделены на 3 возрастные группы согласно классификации ВОЗ: 1-я группа — 196 пациентов в возрасте от 18 до 44 лет (средний — 25,6±2,7 года), 2-я группа — 265 пациентов в возрасте от 45 до 59 лет (средний — 46,3±3,6 года), 3-я группа — 251 пациент в возрасте 60 лет и старше (средний — 75,4±1,1 года).

Первоначально всем пациентам выполнена тональная пороговая аудиометрия в расширенном диапазоне частот (по воздушному проведению от 0,125 до 12 кГц) на приборе AC-40 («Interacoustics», Дания) в накладных наушниках Urbanite XL i («Sennheiser», Германия). Подсчет степени потери слуха проводили по классификации, рекомендованной ВОЗ, согласно которой I степень тугоухости соответствует 26—40 дБ, II степень — 41—55 дБ, III степень — 56—70 дБ, IV степень — 71—90 дБ, глухота — >90 дБ.

Далее диагностику слуха проводили с помощью разработанного нами веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха (патент №2019664671), прошедшего калибровку среди пациентов с нормальным слухом по данным тональной пороговой аудиометрии в различных возрастных группах.

Функциональные возможности и преимущества данного веб-приложения:

1. Пользователь не зависит от конкретной операционной системы в отличие от мобильного приложения, так как веб-приложение является межплатформенной службой, подходящей для любого мобильного устройства (смартфона, планшета) и персонального компьютера, не требует за-

1. На каком устройстве Вы проходите проверку слуха?
1) Мобильное устройство
iPhone Samsung Meizu Honor Nokia Другое
2) Планшет
3) Персональный компьютер

2. Пол
1) мужчина 2) женщина

3. Возраст
1) 18—29 2) 30—39 3) 40—49 4) 50—59 5) 60—69 6) 70—79 7) 80—89 8) 90 и старше

4. Вес ___ Рост ___

5. Вас беспокоит снижение слуха?
1) Да 2) Нет

6. Вы носите слуховой аппарат?
1) да 2) нет

7. Связана ли Ваша работа с шумом и вибрацией?
1) Да 2) Нет

8. Вы регулярно слушаете музыку через наушники?
1) Да 2) Нет

9. Запомните слова: лес, река, земля
Каких слов Не было перечислено?
1) Лес 2) Земля 3) Огонь 4) Река 5) Ветер

10. Есть ли у Ваших родителей/братьев, сестер снижение слуха?
1) Да 2) Нет

11. У Вас были заболевания ушей?
1) Да 2) Нет

12. Вас беспокоит заложенность носа?
1) Да 2) Нет

13. Имеются ли у Вас следующие заболевания, связанные с носовым дыханием:
1) искривление перегородки носа
2) Полипы полости носа
3) Аллергический ринит

14. Вас беспокоит шум в ушах?
1) Да 2) Нет 3) Иногда
А) Справа Б) Слева В) с 2-х сторон

14а. Шум в ушах воспринимается как:
1) Писк, свист, звон (высокий звук)
2) Гудение (низкий звук)
3) Шипение (много звуков)

14б. Оцените громкость шума в ушах по шкале от 1 до 10:
1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) 5 6) 6 7) 7 8) 8 9) 9 10) 10

15. К какому уху Вы подносите телефон во время разговора?
1) К правому 2) К левому

16. Вам сложно понимать речь по телевизору или радио?
1) Да 2) Нет

17. Трудно ли Вам расслышать, когда кто-то говорит шепотом?
1) Да 2) Нет

18. Отметьте имеющиеся у Вас заболевания:
1) Артериальная гипертензия (стойкое повышение давления)
2) Сахарный диабет
3) Остеохондроз
4) Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава
5) Онкологические заболевания с курсом химиотерапии

19. Были ли у Вас следующие инфекционные заболевания:
1) Туберкулез 2) ВИЧ 3) Гепатит 4) Нет

20. Принимаете ли Вы регулярно следующие препараты:
1) НПВС (нестероидные противовоспалительные средства): АНАЛЬГИН, АСПИРИН, НАЙЗ, КЕТОРОЛ, ИБУПРОФЕН, ПАРАЦЕТАМОЛ и др.
2) регулирующие артериальное давление: МЕТОПРОЛОЛ, БИСОПРОЛОЛ, АНАПРИЛИН, КОНКОР, АМЛОДИПИН

Рис. 1. **Тестовый опросник для выявления причин и факторов риска снижения слуха в веб-приложении Автоматизированная система первичной оценки слуха.**

Fig. 1. **Test questionnaire to identify the causes and risk factors of hearing loss in the web application Automated system for primary hearing assessment.**

грузки специальных настроек, обновлений, доступно любому пользователю при наличии интернет-связи.

2. Включен учет факторов риска нарушения слуха с применением тестового опросника, составленного на основании действующих клинических рекомендаций.

3. Возможно проведение исследования слуха в расширенном диапазоне частот (по воздушному проведению от 0,125 до 12 кГц) с получением графического изображения.

4. Наличие функции прикрепления снимков отоскопии.

5. Осуществление отправки данных первичной оценки пациенту и врачу-специалисту (оториноларингологу, сурдологу) для составления заключения о состоянии слуха и последующей маршрутизации пациента.

Исследование слуха через веб-приложение проводилось на мобильном устройстве Samsung SM-J320F, версия Android 5.1.1 в накладных откалиброванных наушниках Sennheiser Urbanite XL i, использовавшихся для проведения тональной пороговой аудиометрии. Во время исследования в тихой комнате с ковровым покрытием находились одновременно не более 2 пациентов и исследователь, осуществляющий контроль за качеством выполнения заданий и помогающий в случае возникновения затруднений. Перед началом диагностики слуха все участники проинструктированы.

После регистрации в веб-приложении пациент заполнял тест-опросник, состоящий из 22 вопросов **(рис. 1)**, касающихся общих данных (№1—4), жалоб (№5, 6, 14, 14а, 14б, 16, 17), факторов риска, влияющих на нарушение слуховой функции напрямую (№7, 8, 10, 11) и опосредованно (№12, 13, 18, 19, 20).

Затем пациент самостоятельно выполнял тестирование слуха в расширенном диапазоне частот (по воздушному проведению от 0,125 до 12 кГц). Участник менял интенсивность звука с помощью знаков «плюс» и «минус», фиксируя самый слабый звук кнопкой «нет звука».

Исследователь выполнял фотографию наружного слухового прохода и барабанной перепонки правого и левого ушей с последующим прикреплением полученных изображений в веб-приложение. Снимок выполнялся с помощью ушной воронки и камеры смартфона со вспышкой. Для улучшения качества изображения и простоты выполнения снимка использовался широко распространенный на рынке макрообъектив для смартфона.

По окончании исследования слуха пациент отправлял данные диагностики слуха нажатием на кнопку «отправить». Автоматически результаты исследования приходили на почтовый адрес пациенту и специалисту (оториноларингологу, сурдологу) в виде таблицы Exel (тестовый опросник и данные аудиометрии) и изображений (график тестирования слуха и снимки отоскопии) для формирования заключения. Заключение от специалиста пациент получал в течение 72 ч по электронной почте.

Статистический анализ результатов исследования проводился с использованием программного пакета MedCalc и табличного редактора Microsoft Excel, с помощью которых подготовлены данные и рассчитаны числовые характеристики. Изучаемые количественные признаки представлены в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Оценка статистической значимости проведена с применением дисперсионного анализа (ANOVA). В качестве критического уровня значимости при проверке статистических гипотез принимали $p=0,05$. Различия считались статистически значимыми при $p \leqslant 0,05$. Корреляционная связь оценивалась по коэффициенту корреляции (r) как сильная ($r=0,7$—$0,99$), средняя ($r=0,5$—$0,69$) или слабая ($r=0,3$ до $0,49$).

Результаты

Все пациенты независимо от возраста самостоятельно справились с заданиями, предусмотренными веб-приложением.

Оценка результатов тест-опросника в исследуемых группах показала, что жалобы на нарушение слуха имели всего 14,5% исследуемых, из них шум в ушах выявлен у 7,5% пациентов, преимущественно в возрасте 60—69 лет. В большинстве (70,3%) случаев шум был двусторонним и сочетался с жалобами на снижение слуха.

Среди факторов риска, оказывающих прямое негативное воздействие на орган слуха, у пациентов 1-й группы наиболее частым оказалось регулярное прослушивание музыки через наушники, а во 2-й и 3-й группах — наличие в анамнезе заболеваний уха. Кроме того, пациенты 44—59 лет имели негативное влияние на слух на производстве, что делает данную группу пациентов наиболее предрасположенной к развитию ранней тугоухости.

Сопутствующие заболевания, которые оказывают опосредованное влияние на орган слуха, в 64% случаев встречались у пациентов старше 60 лет, среди наиболее распространенных — заболевания сердечно-сосудистой системы и остеохондроз шейного отдела позвоночника.

Важной является оценка сочетанного влияния факторов риска на слух человека. Среди пациентов 18—44 лет в большинстве случаев в анамнезе отмечался один фактор риска по тугоухости. С возрастом происходит увеличение количества сопутствующих заболеваний, в связи с чем у пациентов 45—59 лет сочетались одновременно 3—5 факторов риска, которые могли повлиять на изменение слуха. У пациентов 60 лет и старше одновременно отмечалось до 9 факторов риска, наиболее часто относящихся к опосредованным **(рис. 2)**.

Диагностика слуха в веб-приложении позволила оценить средние пороги слуха у исследуемых и сравнить их с данными тональной пороговой аудиометрии **(рис. 3)**. Установлено, что чувствительность исследования в веб-приложении составила 98%, специфичность — 99,9%. Наибольшие расхождения в показателях отмечались на низких частотах (0,125; 0,250 кГц) и не превышали 6,2±0,3 дБ, что не повлияло на диагностическую значимость веб-приложения. Разница между показателями 1-й и 2-й, 2-й и 3-й групп на частоте 0,5 кГц составила 14,72±0,7 и 15,1±1,2 дБ соответственно и имела тенденцию к росту на высоких частотах до 15,76±1,4 и 19,7±1,6 дБ на 12 кГц. Увеличение порогов слуха в группах коррелировало с возрастом пациентов ($r=0,7$, $p<0,05$).

Изменений слуха на исследуемых частотах не было у 316 (44,4%) человек, эти пациенты имели в анамнезе факторы риска снижения слуха в 6,7—10,4% в зависимости от возраста ($p<0,05$). Диагностика слуха на частотах 10 и 12 кГц позволила выявить скрытую потерю слуха у 15,8% пациентов 1-й группы, 27,5% — 2-й группы и 47,4% — 3-й группы, общее число пациентов составило 223 (31,3%), при этом 57% из них имели факторы риска, влияющие на снижение слуха ($p<0,05$). Клинически значимая потеря слуха выявлена у 173 (24,3%) пациентов, из них 11,4% имели I степень тугоухости, практически в 2 раза реже встречалась II степень (у 6,6% пациентов), III и IV степень выявлена лишь у 2,9 и 2,7% пациентов соответственно. Распространенность факторов риска в зависимости от степени тугоухости и возраста варьировала от 60 до 100% ($p>0,05$).

Анализ изображений, полученных при отоскопии **(см. таблицу)**, показал, что изменения барабанной перепонки вследствие заболеваний среднего уха и возможное кондуктивное нарушение слуха имели 17,1% пациентов. Наиболее часто данная патология встречалась у пациентов 2-й группы (в 8,2% случаев), что согласуется с данными предварительного тестирования факторов риска по тугоухости.

Обсуждение

Использование веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха позволило провести обследование большого числа пациентов в короткие

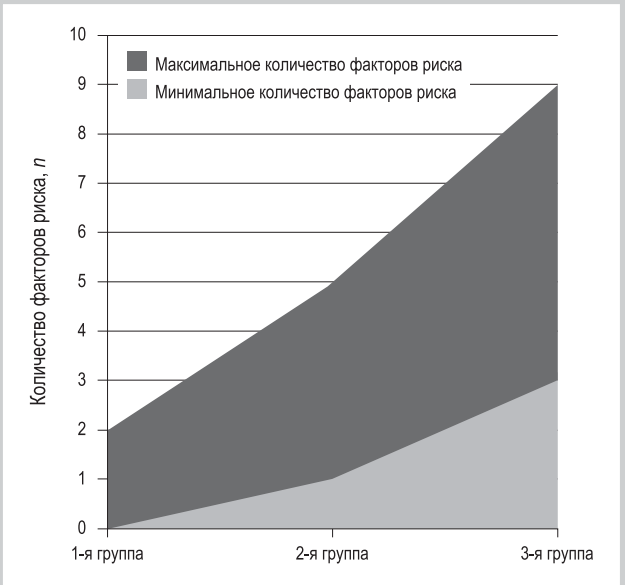

Рис. 2. **Сочетанное влияние факторов риска на снижение слуха в исследуемых группах.**

Fig. 2. **The combined effect of risk factors on hearing loss in the study groups.**

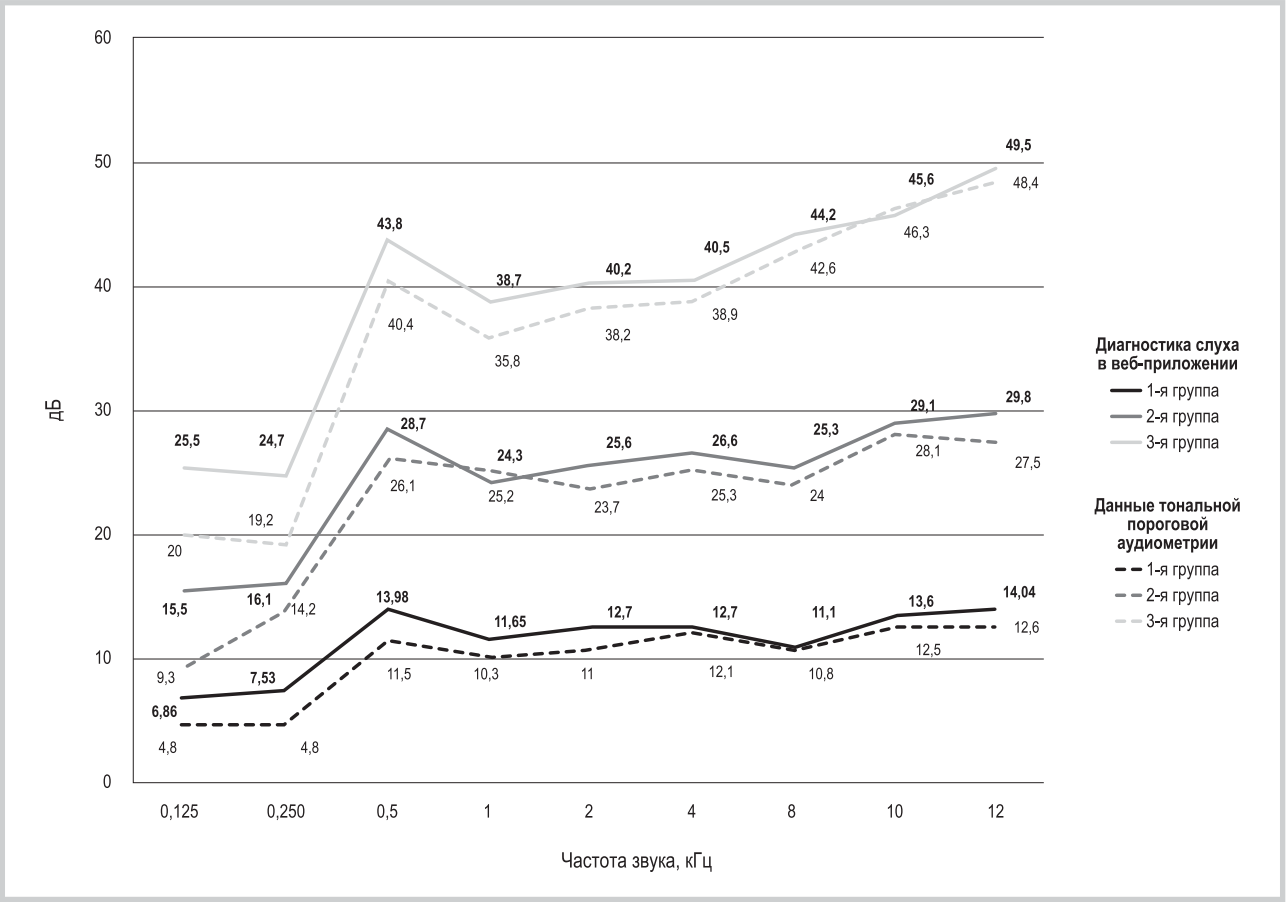

Рис. 3. **Средние показатели порогов слуха по данным веб-приложения и тональной пороговой аудиометрии.**
Fig. 3. **Average values of hearing thresholds according to the data of the web application and tonal threshold audiometry.**

Результаты отоскопического исследования с применением макрообъектива в группах исследования
Results of an otoscopic study using a macro lens in the study groups

Группы пациентов	Норма		Перфорация барабанной перепонки		Рубцовые изменения барабанной перепонки		Всего	
	n	%	*n*	%	*n*	%	*n*	%
1-я	176	24,8	14	2	6	0,8	196	27,6
2-я	206	28,9	41	5,7	18	2,5	265	37,1
3-я	207	29,2	28	3,9	16	2,2	251	35,3
Всего	589	82,9	83	11,6	40	5,5	712	100

сроки и выявить лица, имеющие первые признаки изменения слуха. Его удобство и надежность результатов дают возможность пациентам выполнять диагностику слуха самостоятельно в домашних условиях, а также на амбулаторном приеме и в клиниках, если необходим контроль при приеме ототоксических препаратов [6]. Есть опасения, что инновации в области мобильного скрининга слуха могут привести к гипердиагностике, вместе с тем данный подход является эффективным методом выявления ранней потери слуха.

Наличие сопутствующих заболеваний оказывает существенное влияние на процесс развития хронической сенсоневральной тугоухости, поэтому комплексная оценка состояния здоровья пациента, учет факторов риска развития тугоухости могут повлиять на результаты диагностики слуха и дальнейшую реабилитацию пациента [7]. Более подробное исследование влияния факторов риска на степень тугоухости в различных возрастных группах с помощью веб-приложения является продолжением данной работы.

Снижение слуха, как правило, начинается с высоких частот и не всегда находит отражение в жалобах пациента. Поэтому диагностика слуха в расширенном диапазоне частот (до 12 кГц) делает исследование более чувствительным, позволяя выявить нарушения слуха до появления жалоб.

Выполнение снимка наружного слухового прохода и барабанной перепонки с использованием макрообъектива является альтернативным, простым, доступным и не требующим специальных навыков методом визуализации уха для врачей общей практики и фельдшеров. Кроме того, макрообъектив позволяет сделать качественные снимки, повышая диагностическую точность [8, 9]. Дополнительная

возможность прикрепления к данным обследования в веб-приложении снимков осмотра позволяет с большей уверенностью судить о наличии кондуктивного компонента нарушения слуха ввиду отсутствия возможности исследования костного проведения. На сегодняшний день разработаны приложения для смартфонов, использующие вибрацию мобильного устройства при оценке проводящей потери слуха [10], что может стать в дальнейшем дополнением для нашей разработки.

Исследования показывают [11], что для успешного внедрения мобильного скрининга пациентам важно знать, куда направляются результаты диагностики слуха, кто проводит их дальнейшую расшифровку. Поэтому использование веб-приложения на базе медицинских учреждений, в том числе для диспансеризации населения, повышает уровень доверия пациентов, увеличивая их приток.

Учет факторов риска, исследование слуха в расширенном диапазоне частот, прикрепление снимков отоскопии и составление заключения о состоянии слуха врачом-специалистом (дистанционно) позволяет более качественно провести оценку слуха и составить план дальнейшего наблюдения пациента.

Выводы

1. По данным обследования с помощью веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха, 61,8% пациентов имели факторы риска развития тугоухости. В 1-й возрастной группе превалировал один фактор риска снижения слуха, во 2-й и 3-й группах одновременно сочетались до 5—9 факторов.

2. Сравнительная оценка данных веб-приложения с данными тональной пороговой аудиометрии показала чувствительность данного метода исследования 98%, специфичность — 99,9%. Использование веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха позволило выявить у 24,3% пациентов клинически значимую потерю слуха.

3. Исследование слуха на частотах 10 и 12 кГц дало возможность определить скрытую потерю слуха у 31,3% пациентов, у 57% из них имелись факторы риска развития тугоухости. Сравнительный анализ в группах показал, что нарушение слуха на высоких частотах встречалось не только у пациентов старших возрастных групп (в 47,4% случаев), но и у лиц молодого возраста (в 15,8%).

4. Возможность выполнения снимков отоскопии позволила выявить у 17,1% пациентов изменения барабанной перепонки, дать верное заключение о состоянии их слуха и предложить алгоритм дальнейшего обследования.

5. Внедрение веб-приложения Автоматизированная система первичной оценки слуха в работу врача первичного звена позволит улучшить доступность исследования слуха в различных возрастных группах и осуществить динамическое наблюдение за лицами с тугоухостью в условиях удаленности сурдологической помощи.

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

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. World Health Organization. *Deafness and Hearing Loss (online) 2019*. Accessed February 18, 2021. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss
2. Bright T, Pallawela D. Validated smartphone-based apps for ear and hearing assessments: a review. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2016;3(2):e13. https://doi.org/ 10.2196/rehab.6074
3. Kohlert S, Bromwich M. Mobile tablet audiometry in fluctuating autoimmune ear disease. *Journal of Otolaryngology — Head and Neck Surgery*. 2017;46(1):18. https://doi.org/10.1186/s40463-017-0195-1
4. Masalski M, Grysiński T, Kręcicki T. Hearing tests based on biologically calibrated mobile devices: comparison with pure-tone audiometry. *JMIR mHealth and uHealth*. 2018;6(1):10. https://doi.org/10.2196/mhealth.7800
5. Xing Y, Fu Z, Wu X, Chen J. Evaluation of Apple iOS-based automated audiometry. *22nd International Congress on Acoustics*. 2016.
6. Brittz M, Heinze B, Mahomed-Asmail F, Swanepoel W, Stoltz A. Monitoring hearing in an infectious disease clinic with mHealth Technologies. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2019;30(6):482-492. https://doi.org/10.3766/jaaa.17120
7. Servidoni AB, Conterno LO. Hearing loss in the elderly: is the hearing handicap inventory for the elderly — screening version effective in diagnosis when compared to the audiometric test? *International Archives of Otorhinolaryngology*. 2018;22(1):1-8. https://doi.org/10.1055/s-0037-1601427
8. Richards JR, Gaylor KA, Pilgrim AJ. Comparison of traditional otoscope to iPhone otoscope in the pediatric ED. *American Journal of Emergency Medicine*. 2015;33(8):1089-1092. https://doi.org/10.1016/j.ajem.2015.04.063
9. Mousseau S, Lapointe A, Gravel J. Diagnosing acute otitis media using a smartphone otoscope; a randomized controlled trial. *American Journal of Emergency Medicine*. 2018;36(10):1796-1801. https://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.01.093
10. Hopkins ME, Owens D. Can smartphone vibration provide a valid alternative to tuning forks for use on the ENT ward round? *The Journal of Laryngology and Otology*. 2019;133(3):245-247. https://doi.org/10.1017/S0022215119000525
11. Carlson KF, Sell S, Vachhani J, Folmer RL, Saunders G, Feeney MP. Enhancing screening systems to facilitate hearing-healthcare access: a qualitative study. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2019;30(4):250-263. https://doi.org/10.3766/jaaa.15087

Поступила 29.03.2020
Received 29.03.2020
Принята к печати 25.04.2020
Accepted 25.04.2020