



ARTIGO ORIGINAL

Desenvolvimento e acurácia de um aplicativo para rastreio auditivo[☆]

Magda Aline Bauer ^a, Afonso Sales ^b, Adriane Ribeiro Teixeira ^c,
Patrícia Morsch ^d, Alexandre Hundertmarck Lessa ^c e Ângelo José Gonçalves Bós ^{e,*}

^a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Gerontologia Biomédica, Porto Alegre, RS, Brasil

^b Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Porto Alegre, RS, Brasil

^c Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil

^d Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes, RO, Brasil

^e Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Escola de Medicina, Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em 6 de maio de 2019; aceito em 20 de março de 2020

PALAVRAS-CHAVE

Audiometria;
Perda auditiva;
Programas de
rastreamento;
Aplicativos móveis

Resumo

Introdução: O comprometimento da audição, ou perda auditiva, pode ser ocasionado por diversos fatores e as implicações variam de acordo com o tipo, grau, causa e idade de acometimento. A triagem auditiva deveria ser um procedimento usual que possibilitasse a identificação pré-clínica e os encaminhamentos necessários, evitaria as consequências da privação desse sentido. Aplicativos móveis mostram-se uma boa opção.

Objetivo: Desenvolver um aplicativo e verificar seu desempenho na identificação de perda auditiva comparado com outro instrumento de rastreio validado.

Método: O aplicativo, chamado Ouviu, foi criado com o conhecimento audiológico e as ferramentas disponíveis na plataforma iOS. Avaliamos 185 pessoas, entre 6 e 96 anos, distribuídas em 5 grupos, fizemos audiometria e rastreio auditivo por meio de dois instrumentos: *HearCheck* e aplicativo.

Resultados: Ficou evidenciado que a sensibilidade do aplicativo para identificar perda auditiva foi aproximadamente 97%, enquanto a do *HearCheck* foi 79%. O valor preditivo positivo do aplicativo mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com esse instrumento e realmente ter perda auditiva foi 94%, o *HearCheck* foi de 96%. Os falsos negativos, que deixaram de identificar perda auditiva, foram menores no aplicativo (3%) que no *HearCheck* (21%).

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.03.009>

[☆] Como citar este artigo: Bauer MA, Sales A, Teixeira AR, Morsch P, Lessa AH, Bós ÂJ. Development and accuracy of a hearing screening application. Braz J Otorhinolaryngol. 2021;87:711-7.

* Autor para correspondência.

E-mail: angelo.bos@pucrs.br (Â.J. Bós).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

Conclusão: O aplicativo desenvolvido mostrou-se eficaz como uma ferramenta de rastreamento auditivo. É melhor do que *HearCheck* na identificação de perda auditiva leve. Além de ser portátil, de fácil aplicação, baixo custo e rápida execução, o aplicativo tem a vantagem de avaliar o ruído ambiental para fazer o exame e também a não necessidade de quaisquer *hardwares* para acoplar ao dispositivo móvel.

© 2020 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

A audição é uma função extremamente complexa, é essencial para o processamento dos eventos acústicos e para a emissão e compreensão dos sinais de fala. A perda auditiva pode ser ocasionada por diversos fatores, entre eles os pré-natais, como herança genética, malformações da orelha interna, infecções congênitas pelo vírus da rubéola, citomegalovírus, herpes, toxoplasmose e sífilis; as perinatais, como anóxia, prematuridade, hiperbilirrubinemia, traumatismo craniano e trauma sonoro; e pós-natais, entre elas causas metabólicas, como hipotireoidismo e diabetes, infecções virais como rubéola, varicela-zoster, influenza, caxumba, citomegalovírus, meningite bacteriana, encefalite e otite média crônica.¹ A perda auditiva pode, também, ser advinda de exposição excessiva a ruídos² e múltiplos fatores que atuam sobre o ouvido interno ao longo da vida que cumulativamente levam à presbiacusia.³

As consequências da perda auditiva variam de acordo com tipo, grau, causa e idade de acometimento. Nas crianças e adolescentes podem ser observados comprometimentos linguísticos, educacionais e psicossociais.⁴ Nos adultos e idosos, geralmente se observa isolamento, com restrições de participação na vida social e familiar, muitas vezes para não se tornar motivo de zombaria ou desprezo.⁵ A perda auditiva ainda pode estar associada ao declínio cognitivo, depressão e redução do estado funcional.⁶

O diagnóstico e a reabilitação da deficiência auditiva deveriam ser feitos de forma precoce, tanto nas crianças quanto nos indivíduos em outras fases da vida. Ocorre, porém, que em muitas situações a perda auditiva ocorre de forma gradual, com progressão lenta, e, muitas vezes, não é percebida ou é negada pelos indivíduos.⁵ Assim, a triagem auditiva deveria ser um procedimento usual em escolas, hospitais, postos de saúde, clínicas e no próprio domicílio, para testagem de forma rápida, simples e barata de um número elevado de indivíduos, possibilitaria o diagnóstico precoce e os encaminhamentos necessários, evitaria as consequências da privação auditiva.

Atualmente, a triagem pode ser feita por meio de questionários padronizados⁷ ou por testes auditivos simplificados, que não visam determinar limiares auditivos, e sim identificar a possibilidade de que o indivíduo apresente perda auditiva. Pode também ser feita por instrumentos para triagem, como é o caso do equipamento para triagem auditiva *HearCheck Screener*, que pode ser usado em indivíduos das mais diferentes faixas etárias. Foi concebido para ser usado em ambientes silenciosos, não implica uso de cabina acústica. O funcionamento do aparelho é simples e não traz qualquer desconforto ao paciente. O examinador

deve anotar os sons percebidos pelo indivíduo, a percepção de menos de três sons indica que o paciente deverá ser encaminhado para avaliação audiológica completa.⁸ No entanto, apesar dos benefícios já verificados desse equipamento de triagem, o aparelho tem custos relativamente elevados, apresenta limitação no número de testes que faz e das frequências avaliadas (1000 Hz e 3000 Hz), além de precisar de profissionais qualificados.

Rastrear a audição é uma preocupação já consagrada e várias opções têm sido sugeridas nesse intuito. Com a população idosa essa preocupação não é diferente. Sabemos que o acesso a exames auditivos não é uma realidade para essa população. O deslocamento, encaminhamentos, profissionais qualificados e locais para exames são umas das barreiras enfrentadas por essa faixa etária. Por isso, na Cartilha Idosa foi proposto o uso do teste do sussurro como parte integrante das medições que devem ser feitas no idoso. Porém, Bauer et al. (2017)⁹ avaliaram idosos com esse teste e compararam os resultados com o *Hearcheck* e não obtiveram resultados satisfatórios, sugeriram que o teste do sussurro, como indicado para ser feito, deixa de detectar possíveis perdas auditivas.

De tal modo, sabendo da necessidade de um instrumento que atendesse a essa demanda, verificamos na literatura que os aplicativos para dispositivos móveis se mostravam como uma boa opção para fazer o rastreamento auditivo, já que têm os benefícios de ser mais baratos, apresentar melhor acesso entre usuários e profissionais da saúde, ter aplicação e registro simplificados, ser portáteis e não necessitar de assistência periódica. Os aplicativos estão disponíveis para *download* nas plataformas iOS e Android, muitos deles gratuitos. Alguns já foram testados com resultados positivos e outros, nem tanto.¹⁰⁻¹²

Apesar da já existência de alguns aplicativos, vimos que algumas questões dificultavam seu uso em maior escala. A principal era o uso de fones de ouvido, uma vez que a necessidade de ter um *hardware* como esse dificulta seu emprego, devido às imposições de se fazer a higienização após o uso, de se ter fones de boa qualidade, de ter um contato mais invasivo com o examinado e maiores gastos. Também não encontramos aplicativos nacionais validados para a população brasileira e gratuitos. Ainda, em sua maioria os aplicativos existentes buscam reproduzir uma audiometria, faz uma varredura em todas as frequências. Como nosso intuito era rastrear, queríamos algo mais conciso e que pudesse ser usado por outros profissionais que não necessariamente tivessem conhecimentos audiológicos e que levasse em consideração o ruído ambiental do local da testagem.

Vendo a necessidade de um instrumento de rastreamento diferenciado que auxiliasse na pesquisa da acuidade auditiva,

pensamos em desenvolver um aplicativo, acreditamos ser essa uma forma simples, barata, eficaz, segura e rápida de identificar possíveis perdas. Dessa maneira, a presente pesquisa teve como objetivo principal desenvolver e avaliar o desempenho de um aplicativo de rastreamento auditivo em diferentes faixas etárias (para tanto os objetivos específicos foram: desenvolver um aplicativo de rastreamento auditivo, estabelecer padrões de normalidade para o aplicativo, verificar o desempenho do aplicativo na identificação da PA em diferentes faixas etárias e verificar o desempenho do *HearCheck* na identificação da PA em diferentes faixas etárias).

Método

O estudo, aprovado pela Comissão Científica do Instituto de Geriatria e Gerontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e Comitê de Ética e Pesquisa da PUCRS, CAAE 57742016.8.0000.5336, foi do tipo transversal, observacional, descritivo, comparativo. A amostra foi composta por indivíduos a partir de 6 anos, que foram, por iniciativa própria ou encaminhados por profissionais da saúde, fazer avaliação auditiva. O período de coleta foi de um ano (agosto de 2016 a agosto de 2017).

Toda a coleta foi feita nas dependências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com o uso dos equipamentos da Clínica de Audiologia dessa instituição.

Os indivíduos foram divididos em grupos de, no mínimo, 38 sujeitos de pesquisa em cada – cálculo amostral, segundo Hajian-Tilaki (2014)¹³ – exceto os longevos, que foram 27 (apesar de o período de coleta se estender por um ano, não compareceram mais pessoas nessa faixa etária). A seguinte divisão foi feita: crianças e adolescentes (6 a 19 anos), adultos jovens (20 a 39 anos), adultos de meia-idade (40 a 59 anos), idosos jovens (60 a 79 anos) e longevos (idade igual ou superior a 80 anos).

Foram excluídos os sujeitos que apresentaram cera obstrutiva no meato acústico externo, uni ou bilateralmente. Os indivíduos, após assinar o Termo de Consentimento Livre, preencheram uma ficha de dados pessoais de relevância para a pesquisa e após foram submetidos às avaliações. Fizeram-se exames de meatoscopia, triagem auditiva com o equipamento *Hearcheck Screener* (Siemens), rastreamento auditivo com o aplicativo desenvolvido e audiometria tonal limiar.

A meatoscopia teve objetivo de verificar a ausência de cera obstrutiva no meato acústico dos participantes e foi o primeiro exame feito. A triagem auditiva com o equipamento *Hearcheck* foi feita seguindo as normas do fabricante e para análise do resultado os critérios propostos por Cardoso et al.⁸ Esse instrumento rastreia as frequências de 1000 e 3000 Hertz (Hz) em três intensidades.

O aplicativo, batizado ‘‘Ouvuiu’’, foi desenvolvido na plataforma iOS para fazer o rastreamento auditivo. Esse instrumento de avaliação foi desenvolvido em parceria com a Escola Politécnica da PUCRS. Consta dos seguintes procedimentos: analisador de ruído ambiental (mensuração do ruído ambiental), teste (rastreamento as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz e 500 Hz, nas intensidades Moderada, Fraca e Forte) e resultados (aba com as respostas dos individuais aos sons apresentados e conforme as intensidades ouvidas ou não). Optou-se por apresentar os sons em campo livre,

e não em fones. Para avaliar os resultados do aplicativo, foram considerados testes negativos quando os participantes ouviam as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz em 20 dB e as frequências de 500 Hz e 8000 Hz em 40 dB, ao passo que foram considerados positivos quando os participantes não ouviam em pelo menos uma das frequências e intensidades citadas. Esse critério foi construído a partir dos limiares auditivos dentro do padrão de normalidade obtidos na audiometria dos primeiros 10 participantes de cada faixa etária.

A audiometria foi feita e analisada segundo normas da Organização Mundial da Saúde (OMS).¹⁴ Para fins desta pesquisa, optou-se por usar nas análises os graus de perda auditiva (leve, moderado e severo), e não o tipo. Ainda, devido ao teste com o aplicativo ser feito em campo livre (ambas as orelhas avaliadas simultaneamente), optou-se por usar o resultado da audiometria da melhor orelha.

Após os testes, os dados foram digitados em um banco de dados criado no Microsoft Excel. As análises foram feitas com o *software* EPIINFO, com o objetivo de analisar a associação entre as variáveis pesquisadas.

Resultados

Desenvolvimento do aplicativo

O desenvolvimento do aplicativo se deu na plataforma de desenvolvimento Xcode, na versão 9.4.1, com a linguagem de programação Swift, na versão 3.3. Foi usado o Framework para manipulação de áudio e vídeo nativo da AVFoundation (<https://developer.apple.com/av-foundation/>). O conceito usado: amplitude (Valor Float que varia de 0 a 1). Foram feitos testes de frequência e intensidade das ondas geradas pelo alto-falante embutido no dispositivo *iPod Touch* de quarta geração. Foram feitas duas baterias de testes, uma primeira para entender as limitações físicas do dispositivo de gerar as frequências (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz) e a segunda para as intensidades desejadas (20dB–40dB–60 dB). A amplitude foi controlada por meio de um aplicativo que permitia alterá-la de acordo com a potência medida no decibelímetro. O decibelímetro usado foi provido pelo Laboratório Especializado em Eletroeletrônica da PUCRS) em um teste em sala com isolamento acústico. Dessa maneira, conseguiu-se ajustar o aplicativo para o funcionamento na plataforma iOS com os seguintes ajustes: na saída máxima de intensidade do equipamento (*iPod Touch*), as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz produziram tons puros nas intensidades 40 dBNA e 60 dBNA e a frequência de 500 Hz produziu 40 dBNA (60 dB não foi suportado na produção pelo equipamento). Esses valores de intensidade foram aferidos para o momento de chegarem ao examinado e não para o de saírem do equipamento. As intensidades inferiores a 40 dBNA não puderam ser mensuradas, devido às características das ondas e dispersão no ambiente. Mas foram programadas para ser produzidas a partir de ajustes visuais e auditivos das ondas produzidas pelo equipamento e percepções dos profissionais envolvidos.

Com o intuito de facilitar a compreensão do teste, não confundir os usuários e tampouco erroneamente inferir valores aos achados auditivos encontrados, optamos por

classificar as intensidades de Fraca (inferior a 40 dBNA), Moderada (40 dBNA) e Forte (60 dBNA). Ainda sobre os ajustes com o aplicativo, cabe ressaltar que se optou pelo não uso de fones de ouvido e testagem simultânea entre as orelhas, visto que o uso de fones implicaria custos e necessidade de higienização (o que dificultaria o uso na atenção primária ou domiciliar). A ausência de fones de ouvido dificultou que a intensidade gerada pela fonte (neste caso, o *iPod*) fosse a mesma que chegasse ao examinado, ocasionou a necessidade de adequações para que a intensidade gerada fosse suficiente para chegar a, por exemplo, 40 dB nos ouvidos. Esse problema fez com que não pudéssemos afirmar que intensidades inferiores a 40 dB seriam mensuradas, visto que o ruído ambiental se confunde com o som produzido. Para tanto, optamos por ajustar a saída com algoritmos que visual e auditivamente fossem inferiores a 40 dBNA. O *HearCheck*, por exemplo, emite tom puro de 1000 Hz em 35 dBNA como valor mínimo.

Após algumas versões e mensurações em laboratório específico, e também devido às especificações próprias dos *hardwares* dos *iPods*, as frequências e intensidades foram assim distribuídas: as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz apresentam as intensidades moderada e forte confirmadas em 40 dB e 60 dB, respectivamente, e fraca (inferior a 40 dB, mas sem possibilidade de afirmar a intensidade); a frequência de 8000 Hz com todas as intensidades confirmadas; e a de 500 Hz com a moderada averiguada, a fraca sem confirmação e a forte (60 dB) não suportada pelo equipamento (não foi produzida).

Para os resultados do aplicativo, foram considerados testes negativos quando os participantes ouviam as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz em intensidade moderada e fraca e as frequências de 500 Hz e 8000 Hz em intensidade moderada. E foram considerados positivos quando os participantes não ouviam em pelo menos uma das frequências e intensidade no mínimo moderada. Esse critério foi construído a partir dos limiares auditivos dentro do padrão de normalidade obtidos em audiometria. Os participantes com audição normal foram os balizadores dos resultados negativos no aplicativo, bem como os com PA, em diferentes graus, foram o resultado positivo para o mesmo dispositivo.

O tempo de aplicação do teste do aplicativo – dado relevante, visto que a demanda na atenção primária e domiciliar é grande – foi aferido em algumas aplicações, o tempo médio foi de 30 segundos, pode ser menor caso o paciente responda rapidamente e chegar até 45 segundos, caso o paciente não responda a qualquer intensidade (tempo máximo). Para fins de comparação, o tempo usado no *HearCheck* também foi medido. O teste é feito em um tempo pré-definido pelo aparelho, fica 40 segundos em cada orelha. Ainda pensando em atenção primária o aplicativo é vantajoso sobre os testes gratuitos disponíveis na internet visto que foi validado, verifica o ruído ambiental e não necessita de um computador para sua aplicação.

Distribuição da amostra

A amostra (fig. 1) constou de 185 participantes distribuídos em: 38 crianças e adolescentes (entre 6 e 19 anos), 41 adultos jovens (entre 20 e 39 anos), 40 adultos de meia-idade (entre 40 e 59 anos), 39 idosos jovens (entre 60 e 79) e

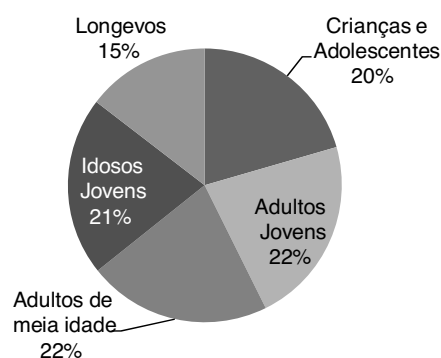


Figura 1 Distribuição da amostra nos grupos por faixa etária.

27 longevos (idade igual ou superior a 80 anos). Quanto ao sexo dos participantes, as mulheres foram em maior número, 112 mulheres (60,5%) e 73 homens (39,5%): das crianças e adolescentes, 21 (55%) eram do sexo feminino; dos adultos jovens, 28 (68%); entre os adultos de meia-idade, 24 (60%); entre os idosos, 23 (59%); e entre os longevos, 16 (59%).

Desempenho do aplicativo

Os resultados apresentados dizem respeito à sensibilidade e à especificidade do aplicativo Ouviu e do *HearCheck*. O valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dizem respeito à perda auditiva. Para as análises, usou-se como variável fixa o resultado da audiometria (presença ou ausência de PA e grau de PA – Leve, Moderado e Severo). Foram considerados: verdadeiro negativo quem tivesse resultado negativo para perda auditiva (audição normal) tanto no rastreamento (por aplicativo ou *HearCheck*) quanto na audiometria; verdadeiro positivo quem tivesse perda auditiva detectada tanto no rastreamento como na audiometria; falso positivo quem tivesse rastreamento positivo e audição normal; e falso negativo quem tivesse rastreamento negativo e, no entanto, tivesse perda auditiva. O grau da perda foi usado para análises de respostas aos rastreios (positivo ou negativo) e presença ou ausência de PA para as demais análises.

Tabela 1 Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação da perda auditiva

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	79,4	97,1
Especificidade (%)	98,3	96,6
Valor preditivo positivo (%)	96,4	94,3
Valor preditivo negativo (%)	89,1	98,3
Verdadeiros positivos (n)	54	66
Verdadeiros negativos (n)	115	113
Falsos positivos (n)	2	4
Falsos negativos (n)	14	2
Acurácia (%)	91,4	96,8
TOTAL (n)	185 ^a	185 ^a

^a 117 Audições normais e 68 PA (perda auditiva). APP, Aplicativo.

Na **tabela 1** estão distribuídos os 185 participantes e a comparação dos achados audiológicos (presença e ausência de PA) com os resultados dos rastreios do *HearCheck* e aplicativo. Do total de avaliados, foram constatados 117 (63%) resultados audiológicos de audição dentro dos padrões de normalidade e 68 (37%) de PA; 40 (59%) de PA de grau leve; 21 (31%) de PA de grau moderado; e 7 (10%) de PA de grau severo.

Ambos os rastreios foram sensíveis, em sua grande maioria, para identificar a PA, a sensibilidade do *HearCheck* foi de 79% e a do aplicativo, de 97%. Da mesma forma, a especificidade também teve valores altos, 98% e 96% para o *HearCheck* e aplicativo, respectivamente, ambos os instrumentos foram capazes de averiguar participantes com audição dentro dos padrões de normalidade.

O valor preditivo positivo do *HearCheck* mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com esse instrumento e realmente ter PA foi de 96%. Já a do aplicativo foi de 94%. Ao contrário, o valor preditivo negativo 89% e 98% evidenciou a probabilidade de a pessoa ter tido rastreio negativo realmente não ter PA.

Os verdadeiros positivos, rastreios com resultados positivos para PA e com PA, foram 54 (79%) no *HearCheck* e 66 (97%) no aplicativo. Ao contrário, os verdadeiros negativos, rastreios negativos e ausência de PA foram 98% (115) com o *HearCheck* e 97% (113) com o aplicativo. Os falsos positivos, rastreio positivo para PA e ausência de PA foram 2 e 4 para *HearCheck* e aplicativo, respectivamente. Os falsos negativos, que deixam de identificar PA, foram 20,59% (14) no *HearCheck*, e 3% (2) no aplicativo.

Por fim, a acurácia dos rastreios na discriminação entre PA e audição normal em toda a amostra foi de 91% para o *HearCheck* e 97% para o aplicativo.

Discussão

Desenvolvimento do aplicativo

No desenvolvimento do aplicativo, a primeira preocupação que tivemos foi com o ruído ambiental. Com o receio de que este interferisse nos resultados do teste, colocamos na tela inicial um analisador de ruído. O analisador tem a função de liberar o início do rastreio apenas quando detectar limites de ruído ambiental inferiores a 60 dB. A preocupação com o ruído ambiental do local de aplicação do rastreio foi levantada como importante para a qualidade dos exames em outros trabalhos.^{15,16} No entanto, não encontramos outro aplicativo que oferecesse essa ferramenta como pré-requisito para o rastreio.

Os tons puros das frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz e as intensidades (fraca, moderada e forte) foram escolhidas levando em consideração o estabelecido pela OMS. A intensidade fraca, apresentada como inferior a 40 dB, faz referência à intensidade mínima necessária dentro dos padrões de normalidade; a moderada (em 40 dB) é uma analogia à perda auditiva de grau moderado; e a forte se refere a graus mais profundos de perda.¹⁴ As frequências de destaque do nosso aplicativo, 500 Hz e 8000 Hz, foram escolhidas por serem alertas: a de 500 Hz para uma perda condutiva, mais comum na infância,¹⁷ e a de 8000 Hz em PA típicas do envelhecimento.³ Optamos por três intensida-

des de cada frequência, cada examinado fazia apenas duas, similar ao *HearCheck*, que emite tom puro de 1000 Hz em 20 dB, 35 dB e 55 dB, e de 3000 Hz em 35 dB, 55 dB e 75 dB. Os demais aplicativos validados na literatura acabam fazendo uma varredura em mais frequências (geralmente de 250–8000 Hz) e intensidades variadas.^{10–19}

Os padrões de normalidade foram estabelecidos e levaram em consideração os resultados da audiometria. Para teste negativo no aplicativo, o examinado deveria ouvir as intensidades moderada e fraca nas frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, e no mínimo a intensidade moderada de 500 Hz e 8000 Hz, sugeriram assim audição normal. Não ouvir as intensidades moderadas foi visto como indicativo de algum grau de comprometimento auditivo. O ponto de corte de nosso estudo foi parecido com o proposto por Abu-Ghanem et al. (2016),¹⁰ que sugeriu a intensidade de 40 dB nas frequências de 250–6000 Hz.

O tempo de aplicação, considerado importante para uma ferramenta de rastreio, foi de 30 segundos, em média, poderia ser menor, caso o paciente respondesse rapidamente, e chegaria até 45 segundos, caso o paciente não respondesse a alguma intensidade (tempo máximo). Para fins de comparação, o tempo usado no *HearCheck* também foi medido. O teste é feito em um tempo pré-definido pelo aparelho, fica 40 segundos em cada orelha. Os tempos de testagem de ambos são similares aos encontrados em outro estudo de validação que mediu tempo inferior a um minuto (49 segundos) em crianças, e um pouco maior do que um minuto (74 segundos) em adultos.¹⁸ Mahomed-Asmail et al.¹⁹ também verificaram que o tempo de teste com aplicativo foi mais rápido do que a triagem convencional, usada com crianças.

Participantes

Avaliamos 185 pessoas entre 6 e 96 anos no período de um ano. Os achados foram analisados para o total dos participantes e por faixa etária. Apenas o grupo com longevos não alcançou o número desejado de participantes (38), apesar do tempo longo de coleta (12 meses). Como nosso intuito era avaliar os pacientes que chegassem à Clínica de Audiologia, sem interferir na demanda, optamos por não chamar participantes externos.

Em todas as faixas etárias, as mulheres foram a maioria das pessoas avaliadas. As mulheres também foram maioria no estudo de validação de outro aplicativo, as quais compunham 71% da amostra.¹⁸

Com os resultados obtidos na audiometria, constatamos que a maioria dos resultados auditivos foi dentro dos padrões de normalidade, seguidos de PA leve, moderado e severo. Essa porcentagem de PA observada no estudo foi maior do que a estimativa mundial 5,3%;²⁰ e nacional 5,1%.²¹ No entanto, devemos levar em consideração duas questões: 1) As pessoas atendidas na clínica eram oriundas de encaminhamentos de profissionais da saúde ou estavam em atendimento fonoaudiológico, podem ter por isso um grau maior de comprometimento auditivo; e 2) Como é rotina atender pacientes de terapia sem queixa auditiva, esse número de PA poderia ser ainda maior em populações em idade escolar, por exemplo.

Na distribuição por idades, o grupo de 6–19 anos (crianças e adolescentes) foi a segunda faixa etária com menos perda auditiva, pois a faixa etária com menor perda foi a dos adultos jovens. Nas demais faixas etárias, a frequência de perda auditiva aumentou com a idade, presente em todos os longevos. Novamente, em nossa amostra, entre as crianças, adolescentes, adultos e idosos, tivemos maior frequência de PA do que o referenciado mundial e nacionalmente. Ocorreu, como esperado, um aumento da frequência de PA entre os idosos e longevos, o que corrobora os dados mundiais e nacionais.^{20,21} Um fator que deve ser considerado, além do perfil dos avaliados em nosso estudo, é que nas pesquisas epidemiológicas as informações são autorreferidas e não medidas clinicamente. A mesma justificativa foi dada em um artigo de revisão de literatura que evidenciou, entre os relatos dos adolescentes, prevalência inferior a 2% de PA, enquanto que, entre os que comprovaram clinicamente com audiometria, a prevalência foi entre 11,5 e 15,8. Nossa prevalência ficou entre o encontrado por esses autores.²² Outro estudo que encontrou diferenças entre os dados autorreferidos e os comprovados foi um feito com idosos, que apresentou prevalência igual à nossa para essa faixa etária.²³

Desempenho dos instrumentos de rastreio

De uma maneira geral, o *HearCheck* e o aplicativo tiveram comportamento semelhante em todas as faixas etárias. O primeiro motrou-se melhor na identificação de audição normal e o segundo, na de PA. O *HearCheck* deixou de identificar PA de grau leve, mas foi eficaz nas PA de maior grau de perda. O aplicativo, por sua vez, foi sensível para todos os graus de PA. Na análise conjunta, com todas as faixas de idade, onde a maioria apresentou audição dentro dos padrões de normalidade, os desempenhos dos testes foram satisfatórios. Ambos os rastreios foram sensíveis, em sua grande maioria, para identificar a PA, a sensibilidade do *HearCheck* menor do que a do aplicativo. Da mesma forma, a especificidade também teve valores altos para ambos os testes, foram capazes de averiguar participantes com audição dentro dos padrões de normalidade. A sensibilidade geral do *HearCheck* foi inferior ao teste de validação do instrumento e a especificidade foi similar.⁸ Esse melhor desempenho do aplicativo pode ser justificado pelo maior número de frequências e intensidades pesquisadas do que no *HearCheck*.

Quanto ao aplicativo, em uma pesquisa com participantes entre 3 e 97 anos, idades bastante diversas como o nosso, a sensibilidade encontrada foi menor (81,7%) do que a do nosso aplicativo e a especificidade (83,1%) também.¹⁸ O valor preditivo positivo do *HearCheck* mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com esse instrumento e realmente ter PA foi alta, bem como com o aplicativo. Ao contrário, o valor preditivo negativo evidenciou que a probabilidade de as pessoas que tiveram rastreio negativo realmente não terem PA também foi alta. Ambos os valores preditivos foram maiores que o encontrado em um trabalho com outro aplicativo, que foram: valor preditivo positivo de 87,6%, e valor preditivo negativo de 75,6%.¹⁸ Quanto aos falsos negativos, PA que passariam despercebidas no rastreio e preocupam quanto a eficiência do teste, o *HearCheck* apresentou sete vezes mais do que o aplicativo

Ouviu. A acurácia dos rastreios evidenciou que eles foram energéticos na discriminação entre PA e audição normal em toda a amostra estudada.

Nossas limitações quanto à plataforma na qual foi desenvolvido são as restrições de acesso de dispositivos móveis diferentes dos *iPods* trabalhados. Essas limitações são, também, nossas sugestões futuras de melhoramento do aplicativo para um mais amplo uso em outras plataformas. Outra limitação foi o fato de terem sido incluídas nas análises os 50 participantes cujos resultados da audiometria foram usados para estabelecer os critérios de normalidade do Ouviu. Novas avaliações do aplicativo poderão confirmar os resultados obtidos.

O desenvolvimento, que foi desde a determinação das frequências e intensidades que seriam apresentadas, passando pela forma de exibição e ajustes quanto ao *layout* e arquivamento dos resultados, foi pensado em cobrir as “falhas” observadas em outros aplicativos disponíveis. Ao optarmos pelo não uso de fones de ouvido, tivemos problemas com a calibração das intensidades, razão por que não pudemos afirmar em que intensidade estava trabalhando com a intensidade “fraca”. Porém, não tivemos de nos preocupar com a higienização de fones, padronização e custos que esses trariam.

Com relação ao estabelecimento dos padrões de normalidade, levando-se em consideração os resultados da audiometria, propusemos que: ouvir as intensidades moderada e fraca nas frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, e no mínimo a intensidade moderada de 500 Hz e 8000 Hz, é sugestivo de audição normal. Por outro lado, não ouvir as intensidades moderadas já indica algum grau de comprometimento auditivo e o examinado deve ser encaminhado para exames de audiometria.

O desempenho do aplicativo foi satisfatório em todas as faixas etárias avaliadas, o mesmo aconteceu com o *HearCheck*. Embora os dois instrumentos tenham sido eficazes, o aplicativo teve acurácia melhor do que o *HearCheck* e foi mais preciso para identificar PA de todos os graus (inclusive leve). Além dos benefícios já descritos, o aplicativo também é vantajoso quanto a custo, rapidez, acesso ao teste e aplicabilidade. Além disso, não existem equipamentos portáteis disponíveis no mercado que emitam sons calibrados nas frequências e intensidades propostas.

Acreditamos que o sucesso, tanto no desenvolvimento do aplicativo Ouviu como nos resultados obtidos com ele, se deve à diferença da equipe envolvida. Conhecimentos específicos de informática e audiologia foram compartilhados e unidos aos esforços para criar uma ferramenta que ao mesmo fosse viável e suprisse as necessidades clínicas.

Conclusão

Desenvolvemos um aplicativo que supriu as nossas necessidades, capaz de rastrear PA de maneira rápida, e com desempenho eficaz, em grupos diversos, que incluem desde crianças até longevos. O *layout* final, proposto com a conclusão das coletas, análises e defesa dos resultados, será concluído e colocado na *Store* da Apple.

Financiamento

Trabalho feito com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (Capes) – código de financiamento 001.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

A Henrique Valcanaia e Marcos Vinícius Kuquert pelo desenvolvimento do aplicativo que possibilitou a coleta dos dados para análise dessa pesquisa. Aos participantes que se prontificaram a fazer os exames, aos acadêmicos do curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que ajudaram na coleta.

Referências

- Pereira T, Costa KC, Pomilio MCA, Costa SMS, Rodrigues GRI, Sartorato EL. Investigação etiológica da deficiência auditiva em neonatos identificados em um programa de triagem auditiva neonatal universal. *Rev CEFAC*. 2014;16:422–9.
- Sliwinka-Kowalska M, Davis A. Noise-induced hearing loss. *Noise Health*. 2012;14:274–80.
- Ohlemiller KK. Mechanisms and genes in human strial presbycusis from animal models. *Brain Res*. 2009;1277:70–83.
- Monteiro CFS, Caldas JMS, Leão NCM, Soares MR. Suspeita da perda auditiva por familiares. *Rev CEFAC*. 2009;11:486–93.
- Francelin MAS, Motti TFG, Morita I. As implicações sociais da deficiência auditiva adquirida em adultos. *Saúde soc*. 2010;19:180–92.
- Cruz MS, Oliveira LR, Carandina L, Lima MCP, César CLG, Barros MBA, et al. Prevalência de deficiência auditiva referida e causas atribuídas: um estudo de base populacional. *Cad Saude Publica*. 2009;25:1123–31.
- Samelli AG, Negreti CA, Ueda KS, Moreira RR, Schochat E. Comparing audiological evaluation and screening: a study on presbycusis. *Braz J Otorhinolaryngol*. (Impr.). 2011;77:70–6.
- Cardoso CL, Bós ÂJ, Gonçalves AK, Olchik MR, Flores LS, Seimetz BM, et al. Sensitivity and specificity of portable hearing screening in middle-aged and older adults. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2014;18:21–6.
- Bauer MA, Teixeira AR, Grigol C, Macedo MB, Bós AJG. Validade do teste de sussurro no rastreio auditivo em longevos do Projeto Acompanhamento Multiprofissional ao Longevo de Porto Alegre (AMPAL). In: Abstracts from the 10th South-Brazilian Congress of Geriatrics and Gerontology and de 19th Winter Meeting of the Brazilian Society of Geriatrics and Gerontology – Rio Grande do Sul. Pajar. 2017;5:87.
- Abu-Ghanem S, Handzel O, Ness L, Ben-Artzi-Blima M, Fait-Ghelbendorf K, Himmelfarb M. Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss in the elderly. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016;273:333–9.
- Amlani AM. Apps for the ears. *ASHA Lead*. 2014;19:34–5.
- Foulad A, Bui P, Djalilian H. Automated audiometry using apple iOS-based application technology. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013;149:700–6.
- Hajian-Tilaki K. Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical informatics. *J Biomed Inform*. 2014;48:193–204.
- World Health Organization. (WHO). WHO/PDH/97.3. Genebra (Suíça): WHO, 1997.
- Saliba J, Al-Reefi M, Carriere JS, Verma N, Provencal C, Rappaport JM. Accuracy of Mobile-based Audiometry in the Evaluation of Hearing Loss in Quiet and Noisy Environments. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017;156:706–11.
- Sandstrom J, Swanepoel DW, Myburgh HC, Laurent C. Smartphone threshold audiometry in underserved primary health-care contexts. *Int J Audiol*. 2016;55:232–8.
- Huang T. Age-Related Hearing Loss. *Minn Med*. 2007;90:48–50.
- Louw C, Swanepoel W, Eikelboom RH, Myburgh HC. Smartphone-Based Hearing Screening at Primary Health Care Clinics. *Ear Hear*. 2017;38:93–100.
- Mahomed-Asmail F, Swanepoel W, Eikelboom RH, Myburgh HC, Hall J. Clinical Validity of hearScreen™ Smartphone Hearing Screening for School Children. *Ear Hear*. 2016;37:11–7.
- World Health Organization. (WHO). Deafness and hearing loss. 2012. Disponível em: http://www.who.int/pbd/deafness/WHO_GE_HL.pdf. Acesso em 10 de novembro de 2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Demográfico 2010. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência; 2010. p.1-215. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf. Acesso em 09 de novembro de 2018.
- Marques APC, Miranda-Filho AL, Monteiro GTR. Prevalence of hearing loss in adolescents and young adults as a result of social noise exposure: meta-analysis. *Rev CEFAC*. 2015;17:2056–64.
- Teixeira AR, Freitas CLR, Millão LF, Gonçalves AK, Junior BB, Santos AMPV, et al. Relationship Between Hearing Complaint and Hearing Loss Among Older People. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2009;13:78–82.