

Teleaudiometria Automática: Um Método de Baixo Custo para Triagem Auditiva

Automatic Teleaudiometry: A Low Cost Method to Auditory Screening

*Victor Eulálio Sousa Campelo**, *Ricardo Ferreira Bento***.

* Doutor. Médico otorrinolaringologista.

** Professor Livre-docente. Professor Titular da Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Instituição: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
São Paulo / SP – Brasil.

Endereço para correspondência: Victor Eulálio Sousa Campelo – Avenida José dos Santos e Silva, 1520 Teresina / PI – Brasil – CEP: 64001-300 – Telefax: (+55 86) 3223-6983 – E-mail: vcampelo@yahoo.com.br

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Artigo recebido em 23 de Fevereiro de 2010. Artigo aprovado em 13 de Março de 2010.

RESUMO

Introdução: Os benefícios da triagem auditiva têm sido bem demonstradas, porém esses programas têm sido restritos aos grandes centros.

Objetivos: (a) Desenvolver um método de triagem auditiva à distância; (b) Testar sua acurácia e compará-lo ao teste de audiometria de triagem (AV).

Método: A teleaudiometria (TA), consiste em um software próprio desenvolvido, instalado em um computador com fone TDH39. Foi realizado um estudo de série em 73 pessoas entre 17 e 50 anos, sendo 57,5% do sexo feminino, foram selecionadas aleatoriamente entre pacientes e acompanhantes do Hospital das Clínicas. Após serem submetidos a um questionário de sintomas e otoscopia, os indivíduos realizavam os testes de TA AV, com varredura em 20 dB nas frequências de 1, 2 e 4 kHz seguindo o protocolo da ASHA (1997) e ao teste padrão-ouro de audiometria de tons puros em cabine acústica em ordem aleatória.

Resultados: A TA durou em média 125±11 s e a AV, 65±18 s. 69 pessoas (94,5%) declarando ter achado fácil ou muito fácil realizar a TA e 61 (83,6%) consideraram fácil ou muito fácil a AV. Os resultados da acurácia da TA e AV foram respectivamente: sensibilidade (86,7% / 86,7%), especificidade (75,9%/ 72,4%) e valor preditivo negativo (95,7% / 95,5%), valor preditivo positivo (48,1% / 55,2%).

Conclusão: A teleaudiometria mostrou-se uma boa opção como método de triagem auditiva, apresentando acurácia próxima da audiometria de triagem. Em comparação a este método, a teleaudiometria apresentou sensibilidade semelhante, maiores especificidade, valor preditivo negativo e tempo de duração e menor valor preditivo positivo.

Palavras-chave: programas de rastreamento, audiometria, telemedicina, transtornos da audição, testes auditivos.

SUMMARY

Introduction: The auditory screening' benefits has been demonstrated, however these programs has been restricted to the big centers.

Objectives: (a) Developing a auditory screening method to distance; (b) Testing its accuracy and comparing to the screening audiometry test (AV).

Method: The teleaudiometry (TA), consists in a developed software, installed in a computer with phone TDH39. It was realized a study in series in 73 individuals between 17 and 50 years, being 57,5% of the female sex, they were randomly selected between patients and companions of the Hospital das Clínicas. Before were subjected to a symptom questionnaire and otoscopy, the individuals realized the tests of TA AV, with scanning in 20dB in the frequencies of 1,2 and 4kHz following the ASHA (1997) protocol and to the gold standard test of audiometry of pure tones in soundproof booth in aleatory order.

Results: the TA has lasted average 125+11s and the AV 65+18s. 69 individuals (94,5%) declaring to be found difficult or very easy to performing the TA and 61 (83,6%) have considered easy or very easy the AV. The accuracy results of TA and AV were respectively: sensibility (86,7% / 86,7%), specificity (75,9%/ 72,4%) and negative predictive value (95,7% / 95,5%), positive predictive value (48,1% / 55,2%).

Conclusion: The teleaudiometry has showed a good option as an auditory screening method, presenting accuracy next to screening audiometry. In comparison with this method, the teleaudiometry has presented a similar sensibility, major specificity, negative predictive value and endurance time and, under positive predictive value.

Keywords: tracking' programs, audiometry, telemedicine, auditory disorders, auditory tests.

INTRODUÇÃO

A deficiência da audição interfere na percepção e no reconhecimento da fala pela criança, causando um atraso no desenvolvimento de habilidades auditivas (detecção, discriminação, reconhecimento, compreensão e atenção). Desse modo, ocorrem problemas de compreensão, comunicação e aprendizado, refletidos em baixo desempenho escolar e isolamento social (1).

A prevalência de perdas auditivas na população geral, levando em consideração as perdas leves bilaterais ou perdas unilaterais, pode superar 7,7% das pessoas, atingindo taxas ainda mais altas nos países em desenvolvimento (1). BÉRIA et al., em um levantamento epidemiológico em 2427 pessoas no Rio Grande do Sul, encontram uma prevalência de algum grau de perda auditiva em 26,1% da população, sendo que 6,8% apresentam deficiência auditiva (2).

Os benefícios da triagem auditiva em escolares têm sido bem demonstrados, porém a disponibilização de programas de triagem auditiva tem sido restrita aos grandes centros, devido à escassez de equipamentos e profissionais especializados na maioria das localidades nos países em desenvolvimento (1). Dessa forma, mostra-se necessário examinar métodos mais apropriados para uso em países com escassez de recursos, usando um mínimo de investimento em equipamentos e treinamento e que pudesse ser ensinado a agentes primários de saúde.

O uso de equipamentos já disponíveis em escolas e unidades de saúde como o computador seria uma alternativa à compra de equipamentos especializados. A possibilidade de usar a internet para baixar o programa e realizar o treinamento dos executores dos testes tornaria desnecessário o transporte de materiais e pessoas, facilitando a difusão da triagem e melhora da qualidade dos programas de triagem (3). A telemedicina tem sido proposta como alternativa para atenuar estes problemas por possibilitar melhora da qualidade em saúde às populações mal servidas em localidades rurais e cidades do interior, apesar das dificuldades causadas pela falta de cinética e contato pessoal (4). No entanto, não existem relatos na literatura de métodos para avaliação auditiva à distância em que não se utiliza um periférico específico no ponto remoto, como um audiômetro, equipamentos de emissões otoacústicas ou audiometria de tronco cerebral, nem tampouco sem a necessidade de um profissional especializado para operar os equipamentos de forma presencial ou remotamente. Este estudo tem como objetivos: (a) Desenvolver um método de triagem à distância para identificação de indivíduos com perda auditiva que necessitam de investigação posterior; (b) Testar sua sensibilidade, especificidade e

valores preditivos; (c) Compará-lo com a audiometria de triagem.

MÉTODO

Teleaudiometria

A teleaudiometria simula em um computador, as ferramentas e os padrões de uma audiometria de triagem executada de forma automática pelo software. O software pode ser instalado em qualquer computador com sistema operacional Windows XP® e promove a emissão de tons puros de 1000, 2000 e 4000 Hz em cada orelha separadamente. Com auxílio de um analisador de ruído, pode-se ajustar a intensidade do estímulo emitido a partir de um fone de ouvido (TDH 39). O algoritmo de execução e análise do software é semelhante ao recomendado pela ASHA (1997) para uma audiometria de triagem (5). Seguindo esta norma, o software define como triagem negativa os casos em que o indivíduo responda a pelo menos dois de três sons a 20 dB em todas as frequências testadas (1000, 2000 e 4000 Hz) em cada orelha. Se estes critérios não forem preenchidos, o programa classifica o caso como triagem positiva.

Durante a realização do exame, o software detecta qualquer clique do mouse ou da tecla espaço realizado em um período de até quatro segundos após emissão de cada tom, definindo como identificação de um som audível. Os sons são emitidos em intervalos de duração aleatória, entre três e oito segundos, para evitar que o indivíduo preveja o aparecimento dos mesmos.

Após a realização dos testes o software pode enviar os resultados e os dados dos indivíduos testados para um banco de dados central na internet. Isto facilita o controle e análise estatística dos dados e o gerenciamento dos casos que precisam de referenciamento, com avaliação médica e/ou fonoaudiológica.

Casuística

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética e Análise de Projetos de Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo conforme 713/05.

Foram incluídos indivíduos com idade entre 17 e 50 anos selecionados aleatoriamente entre pacientes e acompanhantes da Clínica Otorrinolaringológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP). Foram considerados como critérios de exclusão:

Tabela 1. Dados referentes à idade e escolaridade, segundo sexo dos indivíduos estudados.

	Sexo		P	Total (n = 73)
	Masculino (n = 31)	Feminino (n = 42)		
Idade (anos)				
Média ± desvio padrão	34,3 ± 8,4	35,2 ± 9,7	0,662	34,8 ± 9,1
Mínimo / máximo	20 / 48	17 / 50		17/50
Escolaridade ¹				
1 grau incompleto	7 (22,6%)	9 (21,4%)	0,712	16 (21,9%)
1 grau completo	8 (25,8%)	6 (14,3%)		14 (19,2%)
2 grau incompleto	1 (3,2%)	3 (7,1%)		4 (5,5%)
2 grau completo	9 (29,0%)	14 (33,3%)		23 (31,5%)
3 grau incompleto	1 (3,2%)	4 (9,5%)		5 (6,8%)
3 grau completo	5 (16,1%)	6 (14,3%)		11 (15,1%)

¹: Dados apresentados como n(%). Teste “t”; qui-quadrado.

a) Indivíduos com história ou sinais de distúrbios neuro-psicomotores.

Assim, no período de setembro de 2006 a março de 2007, foram incluídos 73 indivíduos, sendo 42 (57,5%) do sexo feminino e 31 (42,5%) do sexo masculino. Dados referentes à idade e escolaridade estão apresentados na Tabela 1.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os sexos em relação à idade e escolaridade.

Todos os pacientes assinaram um termo de consentimento após serem informados dos objetivos e da natureza experimental do estudo.

Equipamentos utilizados nos testes

O programa de teleaudiometria foi instalado em um laptop da Marca HP Pavilion® dv4000, com processador Intel® Centrino 2.0 GHz, 1024MB de memória, 128 MB memória de vídeo, HD 100 GB, placa de som SoundMAX Integrated Digital Audio®, com sistema operacional Microsoft® Windows® XP Home Edition e fone de ouvido profissional TDH 39 com adaptador de conector P10 mono para P2 stereo. O computador foi calibrado após determinação dos volumes da placa de som e dos dispositivos de áudio, utilizando-se um analisador de ruído (Bruel & Kjaer modelo 2250) com ouvido artificial Bruel & Kjaer 4152 e filtro de 1/1 e 1/3 de oitava (Bruel & Kjaer modelo 1625) e microfone de (Bruel & Kjaer modelo 4144).

Para a audiometria de triagem (AV) foi utilizado um audiômetro Beta Medical® modelo Beta 6000, com Fone TDH 39, e para audiometria de tons puros (ATP) o audiômetro Madsen Eletronics® modelo Midimate 622, com fone TDH 39, ambos calibrados duas semanas antes

do início dos testes de acordo com as normas da ANSI-1999 (6).

O nível de ruído ambiente durante os testes de triagem foi controlado com auxílio do analisador de ruído observando-se as normas da ANSI-1999 (6).

Realização dos testes

Os indivíduos selecionados respondiam a um questionário executado pelo pesquisador com dados de identificação cadastral e queixas otológicas. Em seguida, realizava-se uma otoscopia bilateral.

Após responder ao questionário, as pessoas eram submetidas aos exames de audiometria de triagem (AV), Teleaudiometria (TA) e audiometria de tons puros (ATP) em ordem aleatória e realizados no mesmo dia. Durante os testes de TA e AV eram aferidos os ruídos ambientes, através do nível sonoro equivalente ponderado (Laeq) e nível sonoro máximo (LAMáx), e o tempo.

Previamente à realização de cada exame, o indivíduo recebia orientações sobre a execução do mesmo. Os executores dos exames de ATP e AV eram fonoaudiólogas credenciadas pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia. No caso da ATP e AV, existia participação direta do audiologista na realização, cálculo e interpretação dos exames. Já na TA, o papel do orientador era limitado a orientar o indivíduo na realização do teste, ficando a detecção das respostas e a interpretação dos resultados sob responsabilidade do software. Os executores de cada teste desconheciam os resultados dos outros.

O protocolo de realização da AV e TA era baseado na norma da ASHA (1997) para triagem auditiva, ou seja, teste com três tons em frequências de 1000, 2000 e 4000

Tabela 2. Resultados do questionário de avaliação clínica dos indivíduos estudados.

Sintomas	Não	Sim
Hipoacusia	46 (63,0%)	27 (37,0%)
Zumbido	49 (67,1%)	24 (32,9%)
Otorreia	67 (91,8%)	6 (8,2%)

Tabela 3. Achados em otoscopia.

Otoscopia	Esquerdo N (%)	Direito N (%)
Normal	64 (87,7%)	62 (84,9%)
Perfuração	0 (0,0%)	1 (1,4%)
Otorreia	2 (2,7%)	3 (4,1%)
Membrana timpânica retraída	2 (2,7%)	1 (1,4%)
Timpanosclerose	1 (1,4%)	2 (2,7%)
Cerume	4 (5,5%)	2 (2,7%)
Outros	0 (0,0%)	2 (2,7%)
Total	73 (100,0%)	73 (100,0%)

Tabela 4. Ruído ambiente (dB SPL re: 20 uPa) durante triagem com teleaudiometria e audiometria de triagem.

	Frequência em Hz	Nível máximo de ruído (ANSI-1999) (dB SPL) (6)	Teleaudiometria (média ± desvio padrão) (dB SPL)	Audiometria de triagem (média ± desvio padrão) (dB SPL)	p
LAeq	1000 Hz	49,5	28,1 ± 4,5 ^a	27,5 ± 4,3 ^a	0,252
	2000 Hz	54,5	26,3 ± 4,9 ^a	24,8 ± 5,1 ^b	0,008
	4000 Hz	62,9	24,1 ± 5,7 ^a	21,4 ± 5,3 ^a	0,089
LAMax	1000 Hz	49,5	47,8 ± 6,7 ^a	46,7 ± 6,5 ^a	0,053
	2000 Hz	54,5	46,6 ± 7,3 ^a	43,3 ± 7,6 ^b	0,040
	4000 Hz	62,9	43,4 ± 8,9 ^a	40,0 ± 7,9 ^b	0,008

Teste "t" pareado. Significância estatística apresentada por diferentes letras (a, b).

Hz a 20 dB (5). Os tons eram emitidos na forma pulsada, com três pulsos de 300 ms. Primeiro, testava-se o lado esquerdo e depois o lado direito. A audiometria de tons puros de tons puros em cabine acústica era realizada seguindo normas do Manual de Orientação dos Conselhos de Fonoaudiologia (7). Foram adotados como critérios de definição de perda auditiva no teste padrão de ATP, os critérios de DAVIS & SILVERMAN (8), que se baseiam na média de três frequências (500, 1000 e 2000Hz) acima de 20 dB NA no melhor ou pior ouvido.

Após a realização dos três métodos, o indivíduo testado era questionado em relação à dificuldade encontrada na realização da TA e AV, emitindo uma nota de um a cinco (1. muito fácil; 2. fácil; 3. regular; 4. difícil; 5. muito difícil).

Análise estatística

Os dados foram armazenadas e analisados utilizando-se o programa SPSS for Windows (SPSS INC - Chicago, II) versão 13.0.

Foram consideradas diferenças estatisticamente significantes quando os valores de p foram menores que 0,05.

As diferenças entre os gêneros em relação à idade e escolaridade foram analisadas, respectivamente, pelos testes de teste "t" e qui-quadrado. Para avaliação da acurácia dos testes de triagem para diagnóstico de perda auditiva foram realizados os cálculos de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo, utilizando-se como teste padrão-ouro a audiometria de tons puros em cabine acústica. Para comparação dos ruídos ambientes durante os testes de AV e TA foi realizado teste "t" pareado. A comparação entre os graus de dificuldade encontrados durante os testes de triagem foi realizada utilizando teste do qui-quadrado.

RESULTADOS

Os 73 indivíduos incluídos no estudo foram submetidos a um questionário de queixas auriculares (Tabela 2) e à otoscopia (Tabela 3).

Os níveis de ruído ambiente durante a realização dos testes de AV e TA, demonstrados na Tabela 4, mostraram-se abaixo dos limites máximos estabelecidos pela ANSI-1999 (6). Durante a realização dos dois métodos de triagem (AV e TA), os níveis de ruído mostraram-se abaixo dos limites máximos permitidos em todas as frequências, mas observou-se um menor nível de LAeq em 2000 Hz

($p < 0,05$) durante a AV e níveis menores de LAMax em 2000 e 4000 Hz ($p < 0,05$) também durante a AV.

O tempo de realização da Teleaudiometria variou de 113 s a 193 s com média de 125 ± 11 s e o da AV variou de 40 s a 129 s com média de 65 ± 18 s.

Os indivíduos que foram submetidos aos testes de triagem declararam baixo grau de dificuldade ao realizar os testes de triagem, conforme demonstrado na Tabela 5.

Os dados referentes à acurácia dos testes de triagem para diagnóstico de perda auditiva, utilizando-se como padrão-ouro a audiometria de tons puros, estão apresentados na Tabela 6.

DISCUSSÃO

Estima-se que 7,7% da população apresentam algum grau de perda auditiva, observando-se um aumento da prevalência com o aumento da idade e maior frequência

nos países em desenvolvimento (1). A amostra com 37% das pessoas com queixa de hipoacusia, 32,9% com zumbido e 8,9% com otorreia deve-se ao fato da seleção ter sido realizada na clínica otorrinolaringológica de um hospital de referência (Tabela 2).

A otoscopia normal em aproximadamente 85% (87,7% ouvido esquerdo e 84,9% ouvido direito - Tabela 3) dos indivíduos condiz com o encontrado em outros estudos que mostram uma baixa sensibilidade da otoscopia em detectar pessoas com perda auditiva, pois em boa parte deles a otoscopia é normal, além deste método ser dependente da capacidade técnica do executor, apresentando baixa reprodutibilidade (9, 10).

A triagem auditiva geralmente é realizada em ambiente sem isolamento acústico, de forma que o ruído ambiente pode exercer influência nos resultados dos testes. Os níveis de ruído ambiente encontrados no estudo, apresentados na Tabela 4, permaneceram abaixo do recomendado pela ANSI (6) em todas as frequências e diminuíram com o aumento da frequência avaliada, estando de acordo com o encontrado na literatura (11, 12).

O tempo de realização da Teleaudiometria mostrou-se razoável, girando em torno de 125 s, mas demorou aproximadamente o dobro do tempo da AV (65 ± 18 s). De acordo com os resultados obtidos, para cada 60 indivíduos testados seria necessário pelo menos mais uma hora de testes caso a teleaudiometria fosse escolhida em detrimento da audiometria de triagem.

Os indivíduos submetidos aos testes de triagem relataram baixo grau de dificuldade ao realizá-los, confor-

Tabela 5. Dificuldade relatada pelo paciente durante a triagem com teleaudiometria e audiometria de triagem.

Dificuldade	Teleaudiometria	Audiometria de triagem
Muito fácil	24 (32,9%)	13 (17,8 %)
Fácil	46 (63,0%)	49 (67,1 %)
Regular	3 (4,1%)	11 (15,1%)
Difícil	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Muito difícil	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Significância estatística em $p < 0,001$ (χ^2)

Tabela 6. Cálculo de sensibilidade, especificidade e valores preditivos para teleaudiometria (TA) e audiometria de triagem (AV), avaliada frente a audiometria de tons puros (ATP).

Critério de perda auditiva		Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN
Davis e Silverman, 1970 (8)	TA	86,7%	75,9%	48,1%	95,7%
	AV	86,7%	72,4%	55,2%	95,5%
Davis e Silverman, 1970 - moderate hearing impairment or worse (8)	TA	100,0%	67,6%	18,5%	100,0%
	AV	100,0%	64,7%	17,2%	100,0%

VPP: valor preditivo positivo; VPN: valor preditivo negativo.

Tabela 7. Resultados da Teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria de tons puros.

		Audiometria de tons puros critérios de Davis e Silverman (8)	
		Normal	Perda auditiva
Teleaudiometria	Passa	44	2
	Falha	14	13

Tabela 8. Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria de tons puros

		Audiometria de tons puros critérios de Davis e Silverman (8)	
		Normal	Perda auditiva
Audiometria de triagem	Passa	42	2
	Falha	16	13

me demonstrado na Tabela 5, com um nível significativamente menor ao realizar a teleaudiometria ($p < 0,001$). Este fato pode ser devido à maior concentração durante a teleaudiometria, visto que o paciente interage diretamente com o computador e observa as suas respostas na tela.

A sensibilidade de 86,7% encontrada para os testes de audiometria de triagem e teleaudiometria reflete a semelhança dos resultados dos dois métodos. Este resultado já era esperado visto que os protocolos de realização e de interpretação dos dois métodos são semelhantes. A dúvida na eficiência da teleaudiometria estaria na possibilidade do computador não possuir uma estabilidade suficiente para reproduzir os resultados de forma satisfatória ou de haver dificuldade na execução do teste. Esta dúvida ficou sanada pelo desempenho semelhante ao do teste com audiômetro e pela estabilidade encontrada durante as calibrações do computador no período de teste, não sendo necessários reajustes. Os resultados em relação à sensibilidade condizem com os encontrados por outros autores, com variação entre 82 e 100% (13, 12, 14, 15). Esta variação em relação à sensibilidade do método de audiometria de triagem deve-se, entre outros fatores, ao uso de limiares e técnicas diferentes para triagem e para definição de perda auditiva (12). A adoção de diferentes critérios de definição de perda auditiva leva a resultados diferentes no teste utilizado como padrão. Dessa forma, os estudos que adotam critérios com limiares mais altos tendem a apresentar sensibilidade mais alta para o teste de triagem (13). Pode-se demonstrar isso, observando o aumento da sensibilidade da teleaudiometria e da audiometria de triagem para 100% ao considerar como critério de perda auditiva a presença de limiar das frequências de 500, 1000 e 2000 Hz acima de 40 dB (perda auditiva moderada - DAVIS e SILVERMAN (8)).

Mesmo não utilizando a frequência de 500 kHz, não se observou um distanciamento em relação aos resultados dos estudos que incluíam esta frequência no protocolo (12, 13, 14, 15). Dessa maneira, é prudente recomendar a não utilização desta frequência visto que os ruídos ambientes tendem a ser mais intensos nas frequências baixas (16) e a maioria dos locais onde estes métodos de triagem auditiva serão utilizados na prática, não disponibilizará de equipamentos para medida de ruídos e são ambientes reconhecidamente ruidosos.

A especificidade da teleaudiometria (75,9%) mostrou-se levemente superior ao da audiometria de triagem (72,4%). Esta diferença pode ser devida ao acaso ou a maior facilidade encontrada pelos indivíduos na realização da teleaudiometria. A especificidade da audiometria de triagem geralmente varia na faixa entre 65,9-99,0%, com maior parte dos estudos entre 70,0 e 80,0% (1, 12, 13, 14, 15).

Em relação a outras técnicas de triagem, a teleaudiometria mostra-se como uma boa opção, pois apresentou resultados semelhantes à audiometria de triagem, que segundo recente revisão sistemática continua sendo um dos métodos com os melhores resultados em relação ao binômio sensibilidade e especificidade (1). A audiometria de triagem tem o inconveniente de precisar de equipamentos e de profissionais especializados, o que inviabiliza sua utilização na maioria dos locais fora dos grandes centros, e torna este método economicamente desfavorável, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Em pacientes com dificuldade de compreensão, provavelmente a realização da teleaudiometria será prejudicada e, nestes casos, a presença de um profissional habilitado facilitará a execução do teste. Além disso, um audiologista ou otologista poderá reconhecer outras deficiências de comunicação e/ou cognitivas durante a avaliação. Desse modo, a teleaudiometria aparece como uma alternativa viável para os locais com escassez de profissionais capacitados na realização da audiometria de triagem.

A teleaudiometria apresentou uma sensibilidade maior do que a encontrada na maioria dos estudos que utilizaram a timpanometria (1, 17, 18).

Em populações de difícil colaboração, como crianças de baixa idade ou com algum grau de retardo neuropsicomotor, as emissões otoacústicas, particularmente as transientes, parecem apresentar melhores resultados. No entanto, os dados deste estudo sugerem, em concordância com os achados da literatura, que na população geral, a teleaudiometria e a audiometria de triagem mostram-se como métodos superiores, apresentando maior sensibilidade e menor especificidade (15, 19).

Outros estudos procuraram métodos de baixo custo como alternativa aos métodos vigentes de triagem auditiva. Os questionários aplicados aos pais têm-se mostrado como métodos de baixa reprodutibilidade, com grande variação nos resultados de sensibilidade e especificidade, de modo que a maioria dos autores concorda que os questionários são métodos falhos que só devem ser utilizados na ausência de métodos mais eficazes (1).

O método de vídeo-teste, que foi utilizado em campanhas nacionais de triagem auditiva no Brasil em 1999 e 2001, apresenta a vantagem de utilizar equipamentos de grande disponibilidade nas escolas e unidades de saúde, como a televisão e um reproduzidor de vídeo, mas falha na reprodutibilidade, dificuldade de padronização e ineficiência em identificar perdas unilaterais (20). Foram justamente estas dificuldades que estimularam a idealização do presente estudo.

Outros métodos que utilizam a telemedicina para

realização de testes em locais com escassez de recursos humanos, como o controle remoto computadorizado de equipamentos audiométricos, possibilitam testar indivíduos em locais distantes com bons resultados, porém necessitam de equipamentos sofisticados (4, 22, 23). Estes sistemas são inviáveis na prática em países em desenvolvimento, devido a limitações econômicas.

Não se pode levantar uma discussão sobre implantação de programas de triagem auditiva, sem questionar a sua viabilidade do ponto de vista econômico e disponibilidade de recursos humanos e equipamentos. Em países com restrição econômica isto se torna ainda mais importante. Não adianta apenas demonstrar a elevada acurácia de um método, pois isso não garante a aplicabilidade na prática. É necessário examinar métodos mais apropriados para uso em países com escassez de recursos, usando um mínimo de investimento em equipamentos e treinamento e que pudesse ser ensinado a agentes primários de saúde (3). Nesse contexto, a teleaudiometria respeitaria os parâmetros de boa acurácia, simplicidade de execução e facilidade de treinamento dos aplicadores do teste. Além disso, o método utiliza equipamentos que em parte já estão disponíveis nos possíveis locais de utilização como escolas e unidades básicas de saúde, necessitando apenas de uma adaptação do computador pela aquisição de um fone de ouvido específico. A possibilidade de usar a internet para baixar o programa e realizar o treinamento dos executores dos testes torna desnecessário o transporte de materiais e pessoas, facilitando a difusão do método em países de dimensões continentais como o Brasil.

CONCLUSÃO

A teleaudiometria mostrou-se uma boa opção como método de triagem auditiva, apresentando acurácia próxima da audiometria de triagem. Em comparação a este método, a teleaudiometria apresentou sensibilidade semelhante (86,7%), maiores especificidade (75,9% contra 72,4%) e valor preditivo negativo (95,7% contra 95,5%), e menor valor preditivo positivo (48,1% contra 55,2%).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bamford J, Fortnum H, Bristow K, Smith J, Vamvakas G, Davies L, et al. Current practice, accuracy, effectiveness and cost-effectiveness of the school entry hearing screen. *Health Technol Assess*. 2007, 11(32).
- Béria JU, Raymann BCW, Gigante LP, Figueiredo ACL, Jotz G, Roithman R, Selaimen da Costa s, Garcez v, Scheres C, Smith A. Hearing impairment and socioeconomic factors: a population-based survey of an urban locality in southern Brazil. *Rev Panam Salud Publica*. 2007, 21(6):381-7.
- Prescott CA, Omoding SS, Fermor J, Ogilvy D. An evaluation of the 'voice test' as a method for assessing hearing in children with particular reference to the situation in developing countries. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1999, 51(3):165-70.
- Givens GD, Elangovan S. Internet application to tele-audiology—"nothin but net". *Am J Audiol*. 2003, 12(2):59-65.
- American Speech-Language-Hearing Association (1997). Guidelines for Audiologic Screening [Guidelines]. Retrieved September 12, 2008 from www.asha.org/policy.
- American National Standards Institute (1969). Maximum permissible ambient noise levels for audiometric test rooms, ANSI 1999. New York: the Institute.
- Conselhos de Fonoaudiologia (2007). Manual de orientação ao fonoaudiólogo que atua na área da Audiologia. Retrieved september 03, 2008 from www.fonoaudiologia.org.br.
- Davis H, Silverman SR (1970). *Hearing and Deafness*. Holt: Rinehart and Winston.
- Olusanya B. Early detection of hearing impairment in a developing country: what options? *Audiology*. 2001, 40(3):141-7.
- New Zealand Health Technology Assessment. Screening programmes for the detection of otitis media with effusion and conductive hearing loss in pre-school and new entrant school children: a critical appraisal of the literature [structured abstract]. *NZ Health Technol Assess*. 1998, 3:61.
- Hallett CP, Gibbs AC. The effect of ambient noise and other variables on pure tone threshold screening in a population of primary school entrants. *Br J Audiol*. 1983, 17(3):183-90.
- FitzZaland RE, Zink GD. A comparative study of hearing screening procedures. *Ear Hear*. 1984, 5(4):205-10.
- Orlando MS, Frank T. Audiometer and AudioScope hearing screening compared with threshold test in young children. *J Pediatr*. 1987, 110(2):261-3.
- Holtby I, Forster DP, Kumar U. Audiometria de tons puros and impedence screening of school entrant children by nurses: evaluation in a practical setting. *J Epidemiol Community Health*. 1997, 51:711-15.

15. Sabo MP, Winston R, Macias JD. Comparison of pure tone and transient otoacoustic emissions screening in a grade school population. *Am J Otolaryngol.* 2000, 21(1): 88-91.
16. Lankford JE, Perrone DC, Thunder TD. Ambient noise levels in mobile audiometric testing facilities: compliance with industry standards. *AAOHN J.* 1999, 47(4):163-67.
17. Barlow J, Stewart-Brown S, Fletcher J. Systematic review of the school entry medical examination. [review]. *Arch Dis Child.* 1998, 78(4):301-11.
18. Roush J, Drake A, Sexton JE. Identification of middle ear dysfunction in young children: a comparison of tympanometric screening procedures. *Ear Hear.* 1992, 13(2): 63-9.
19. Nozza RJ, Sabo DL, Mandel EM. A role for otoacoustic emissions in screening for hearing impairment and middle ear disorders in schoolage children. *Ear Hear.* 1997, 18(3):227-39.
20. Mangabeira PL, Bento RF. A fonoaudiologia na campanha. *Acta AWHO.* 2000, 19(4):211-12.
21. American Speech-Language-Hearing Association (2001). Telepractices and ASHA: Report of the Telepractices Team. Retrieved September 12, 2008 from www.asha.org/policy.
22. Elangovan S. Telehearing and the Internet. *Seminars in Hearing.* 2005, 26(1):19-25.
23. Krumm M, Ribera J, Klich R. Providing basic hearing tests using remote computing technology. *J Telemed Telecare.* 2007, 13(8):406-10.