



ARTIGO ORIGINAL

Wideband acoustic absorbance in children with Down syndrome^{☆,☆☆}



Alessandra Spada Durante^{a,*}, Mayara Santos^a, Nayara M.C. de F. Roque^a,
Marcella S. Gameiro^a, Katia de Almeida^a e Osmar Mesquita de Sousa Neto^b

^a Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP), Curso de Fonoaudiologia, São Paulo, SP, Brasil

^b Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP), Curso de Medicina de Otorrinolaringologia, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 12 de setembro de 2017; aceito em 10 de dezembro de 2017

Disponível na Internet em 9 de março de 2018

KEYWORDS

Middle ear;
Down syndrome;
Acoustic impedance
tests

Abstract

Introduction: Tympanometry is currently the most frequently used tool for assessing the status of the middle ear, commonly assessed using a single 226 Hz tone. However, the use of the Acoustic Immittance Measures with a wideband stimulus is a promising high-resolution evaluation, especially in individuals known to have middle ear alterations, such as Down syndrome patients.

Objective: The aim of this study was to analyze the acoustic absorbance measurements in children with Down syndrome.

Methods: Cross-sectional study, approved by the institution's ethics committee. Data were collected from 30 children, with a mean age of 8.4 years, 15 with Down syndrome (DS-study group) and 15 children with typical development and no hearing complaints (control group). Energy absorbance was measured at frequencies of 226–8000 Hz at ambient pressure and at peak pressure as a function of frequency using TITAN equipment. Statistical analysis was performed using the established level of statistical significance of 5%.

Results: With the 226 Hz probe tone, 30 ears of the control group and 22 of the study group exhibited Type A tympanograms, whereas Type B was observed in eight children in the study group. The mean acoustic absorbance ratio of the study group was lower than that of the control group at frequencies centered at 2520 Hz ($p=0.008$) for those with normal tympanometry results, and 226–4000 Hz ($p<0.03$) for those with a Type B tympanometry curve.

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.12.006>

☆ Como citar este artigo: Durante AS, Santos M, Roque NM, Gameiro MS, Almeida K, Sousa Neto OM. Wideband acoustic absorbance in children with Down syndrome. Braz J Otorhinolaryngol. 2019;85:193–8.

☆☆ A pesquisa foi feita pelo Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP) na Clínica de Fonoaudiologia da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: alessandra.durante@fcmsantacasasp.edu.br (A.S. Durante).

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

PALAVRAS-CHAVE

Orelha média;
Síndrome de Down;
Testes de impedância
acústica

Conclusion: The low energy absorption in the presence of normal tympanograms in children with Down syndrome may suggest middle ear abnormalities.

© 2018 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Absorvância acústica de banda larga em crianças com síndrome de Down**Resumo**

Introdução: A timpanometria é a ferramenta mais usada para avaliar o status da orelha média, comumente avaliada por meio de uma única frequência com o tom de 226 Hz. No entanto, o uso da medida de imitância acústica com estímulo de banda larga é uma avaliação de alta resolução promissora, especialmente em pacientes conhecidos por frequentemente apresentar alterações da orelha média, como na síndrome de Down.

Objetivo: Analisar as medidas de absorvância acústica em crianças com síndrome de Down.

Método: Estudo transversal, aprovado pelo comitê de ética da instituição. Foram coletados dados de 30 crianças, com idade média de 8,4 anos, sendo 15 com síndrome de Down (SD-grupo de estudo) e 15 crianças com desenvolvimento típico e sem queixas auditivas (grupo controle). A absorvância de energia foi medida nas frequências de 226-8.000 Hz à pressão ambiente e no pico de pressão em função da frequência, usou-se o equipamento Titan. A análise estatística foi feita com o nível de significância estatística adotado de 5%.

Resultados: Com o tom de sonda de 226 Hz foram observadas 30 orelhas do grupo controle e 22 do grupo estudo com timpanometria Tipo A e o Tipo B foi observado apenas em oito crianças do grupo estudo. A razão média de absorvância acústica do grupo estudo foi menor do que a do controle nas frequências centradas em 2.520 Hz ($p=0,008$) para aqueles com resultados timpanométricos normais e de 226-4.000 Hz ($p < 0,03$) para aqueles com curva timpanométrica Tipo B.

Conclusão: A baixa absorção de energia na presença de timpanogramas normais nas crianças com síndrome de Down pode sugerir anormalidades na orelha média.

© 2018 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 síndrome de Down (SD) é uma condição genética, causada pela formação de um cromossomo extra no par 21. Essa formação do cromossomo extra em 96% dos casos ocorre pela trissomia livre na qual ocorre uma não separação do par de cromossomos 21 durante a meiose de um dos genitores, resulta na existência de um óvulo ou espermatozoide com 24 cromossomos. A incidência estimada de síndrome de Down é entre um em 1.000 nascidos vivos em todo o mundo, é a mais comum das síndromes genéticas. Manifestações comuns dessa síndrome incluem aspectos auditivos, destacam-se pavilhões auriculares rebaixados, estenose do meato acústico externo (MAE), características que associadas à hipotonia da musculatura lisa podem provocar o acúmulo de cerúmen no MAE, além da tuba auditiva mais horizontalizada, que, associada às infecções de vias aéreas superiores frequentes, tem uma facilidade para acumular líquidos na orelha média, gera as otites. Quanto à orelha interna, devido ao envelhecimento precoce na SD, já foi constatada presbiacusia ainda na adolescência de pessoas com SD.^{1,2} Além disso, estima-se que 60%-80% das crianças com SD tenham algum tipo de deficiência auditiva

com risco significativo de otite média (50%-70%), o que dificulta muitas vezes o diagnóstico precoce³ da perda auditiva sensorioneural.^{4,5}

O avanço da compreensão dos problemas médicos juntamente com abordagens recentes mais consistentes no cuidado médico e cirúrgico das manifestações otorrinolaringológicas associadas à SD levou a importantes melhorias nos cuidados de saúde dessas crianças. As diretrizes atuais de cuidados de saúde para crianças com SD, conforme prescrito pelo *American Academy of Pediatrics Committee on Genetics*,³ recomendam testes audiológicos no nascimento e, em seguida, monitoramento a cada seis meses até três anos, com testes anuais após essa idade, inclusive medidas timpanométricas para melhor abordagem nas alterações de orelha média.

No entanto, questões cognitivas são desafiadoras e impactam os resultados das avaliações audiológicas tanto nas medidas comportamentais quanto na execução dos testes objetivos, como o registro das emissões otoacústicas.^{6,7} Mesmo a timpanometria convencional pode ser difícil de ser feita devido ao frequente estreitamento do meato acústico externo.¹ Recentemente, a timpanometria de banda larga se destaca como um procedimento capaz

de detectar alterações discretas de orelha média e consequentes otites médias em crianças e neonatos com maior sensibilidade e especificidade do que as medidas convencionais da timpanometria com tom de sonda de 226 Hz.⁸⁻¹¹

Na literatura apenas três estudos investigaram a timpanometria de banda larga em crianças com SD, dois usaram as medidas de reflectância acústica^{12,13} e apenas um estudo recente usou as medidas de absorvância acústica e destacou padrões específicos nas curvas das crianças com SD, o que torna essa medida promissora no diagnóstico de problemas condutivos, fornece informações específicas por frequências.¹⁴

O objetivo deste estudo foi analisar a absorvância acústica com estímulos banda larga na pressão ambiente e no pico de pressão em crianças com síndrome de Down comparadas com crianças com desenvolvimento típico e conforme a classificação de Jerger das curvas timpanométricas com tom de sonda de 226 Hz nas orelhas direita e esquerda, em 17 frequências, entre 226 e 8.000 Hz.

Casuística e método

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da instituição (345/15). Todos os sujeitos participaram após os seus responsáveis legais estarem cientes e assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Trata-se de um estudo prospectivo, transversal e analítico.

Casuística

Participaram da pesquisa 30 crianças, 15 no grupo controle, com oito meninos e sete meninas, entre seis e 10 anos e média de 8,4, e 15 no grupo estudo, com oito meninos e sete meninas, entre cinco e 14 anos e média de 8,4.

Os critérios de inclusão do grupo estudo foram crianças com diagnóstico de síndrome de Down em atendimento no ambulatório de síndrome de Down da ISCMSP e para o grupo controle crianças com desenvolvimento típico, sem queixas auditivas e sem indicadores de risco auditivo, matriculadas em escola da região central de São Paulo e pareadas por sexo e na mesma faixa-etária do grupo estudo. Foram excluídas as crianças que não completaram o protocolo de pesquisa.

Equipamento

Foram usados o equipamento *Titan*, da marca *Interacoustics*, o módulo *IMP440 Clinical*, com os opcionais testes de banda larga em 3D, e o módulo *WideBand Tympanometry (WBT) Research*. Esse módulo extrai de forma automática os valores das medidas feitas e os transforma em dados em planilhas. Dessa forma, para cada sujeito, foi possível analisar os valores de absorvância no pico e ambiente. Assim, foram selecionadas as frequências 226 Hz; 257 Hz; 324 Hz; 408 Hz; 500 Hz; 630 Hz; 794 Hz; 1.000 Hz; 1.260 Hz; 1.587 Hz; 2.000 Hz; 2.520 Hz; 3.175 Hz; 4.000 Hz; 5.040 Hz; 6.350 Hz; 8.000 Hz; 17 frequências por orelha testada na pressão ambiente e 17 na pressão no pico. A escolha das frequências foi feita com base na literatura.^{10,15,16}

Procedimentos

Esta pesquisa investigou a medida de absorvância acústica em crianças com síndrome de Down e crianças com desenvolvimento típico, divididas de acordo com a curva timpanométrica em 226 Hz. Cada grupo contou com 15 crianças pareadas por sexo e com a mesma idade média. O exame foi feito em uma sala exclusiva, na qual a criança era acomodada em uma poltrona e, quando necessário, sentava-se com o responsável que a acompanhava a fim de se sentir mais relaxada e segura. Toda a explicação do exame foi feita para os responsáveis, mas sempre voltada para a criança. Devido ao curto tempo de atenção das crianças com SD, durante o exame surgiam algumas dificuldades que estendiam o tempo da sessão em até 30 minutos. Foram necessárias reorientações frequentes, seguidas de estratégias para relaxar a criança, com brinquedos ou vídeos educativos que mantinham as crianças calmas e tranquilas e permitiram o exame.

Após a inspeção visual do meato acústico externo, selecionou-se a oliva que melhor se adequava ao tamanho da orelha da criança. A medida da timpanometria de banda larga demorou em média 10 segundos para ser feita, em cada orelha. Desse exame foram extraídos os dados da timpanometria em 226 Hz e da absorvância acústica. As crianças foram avaliadas bilateralmente.

A extração dos dados da absorvância acústica foi obtida pela planilha *140331 WBT absorbances and averaged tymp*. Na extração é gerada planilha em Excel e para cada sujeito foi possível visualizar os valores de absorvância no pico de pressão e ambiente por frequência.

Para a análise inferencial dos resultados foi usado os testes de Wilcoxon, Mann-Whitney, qui-quadrado, Fisher e McNemar com a versão 13.0 do pacote de *software* SPSS. O nível de significância adotado para este trabalho foi 5% (p -valor $\leq 0,05$).

Resultados

Os grupos apresentaram-se homogêneos quanto a sexo e idade ($p > 0,05$). Porém, devido às diferenças para a configuração timpanométrica, com tom de sonda de 226 Hz,¹⁷ foram feitas análises que compararam separadamente as crianças com síndrome de Down e curva timpanométrica do Tipo A ($n = 7$) e o grupo controle, no qual todas as crianças apresentaram curva Tipo A ($n = 15$). As crianças com síndrome de Down e curva timpanométrica do Tipo B ($n = 8$) foram analisadas separadamente.

Não foram observadas diferenças entre as orelhas. As curvas médias de absorvância acústica do grupo de crianças com síndrome de Down e curva timpanométrica Tipo A (fig. 1). Na figura 2 podem ser visualizados os valores de absorvância acústica na pressão ambiente e no pico de pressão por grupo, frequência e tipo de curva timpanométrica. São destacados os valores dos percentis 95; 50 e 5. A razão média de absorção de energia do grupo SD foi menor do que a do controle nas frequências centradas em 2.520 Hz ($p = 0,008$) para aqueles com resultados timpanométricos normais e a 226-4.000 Hz ($p < 0,03$) para aqueles com curva timpanométrica Tipo B, tanto à pressão ambiente quanto à pressão máxima.

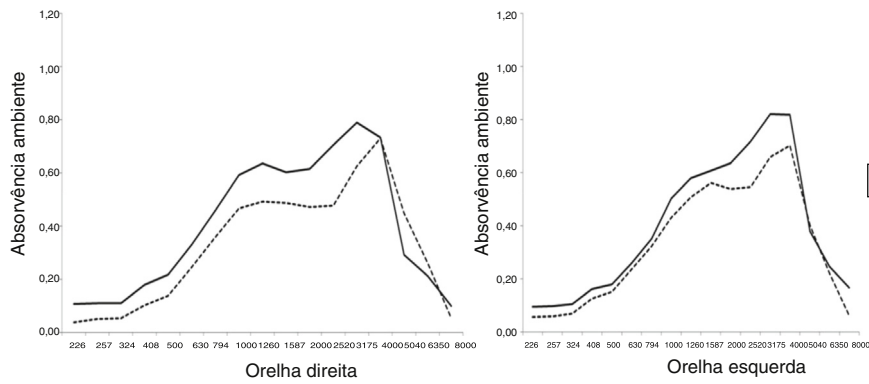


Figura 1 Comparação dos valores médios da absorvância acústica na pressão ambiente por grupo, frequência e orelha.

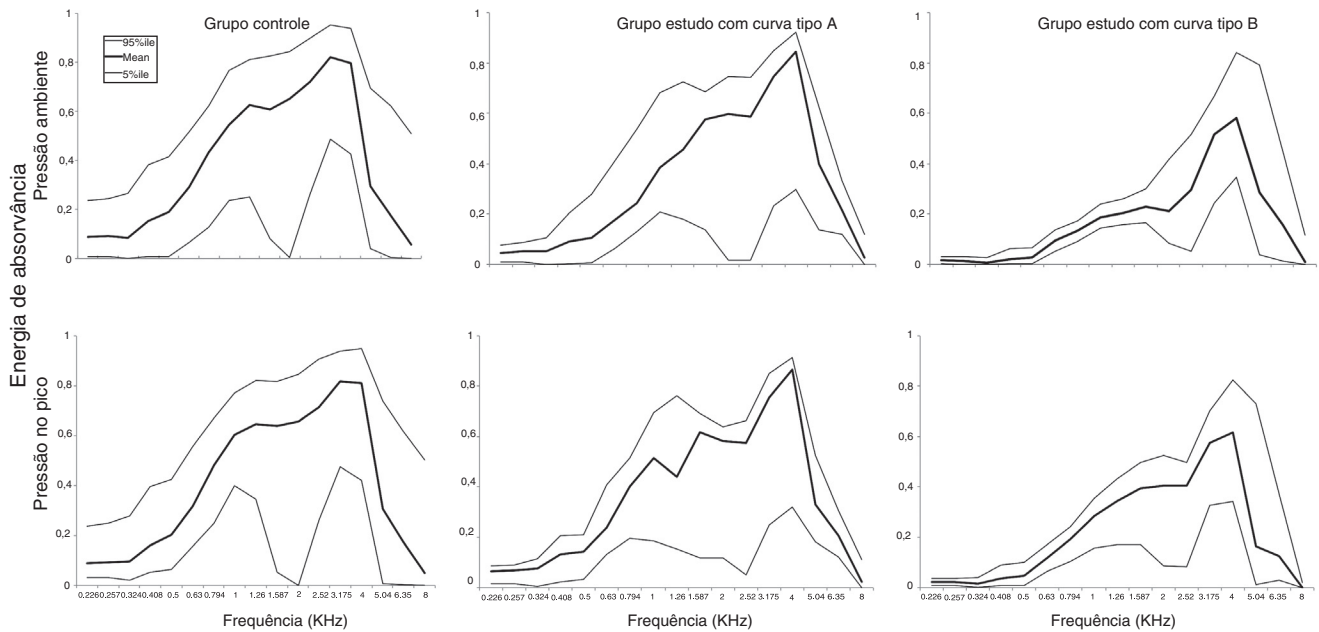


Figura 2 Absorvância acústica (percentil 5%, média e percentil 95%) por frequência e grupo segundo configuração timpanométrica.

Discussão

A importância de estudos que abordem técnicas objetivas de avaliação da audição em indivíduos com síndrome de Down se justifica pela dificuldade de estabelecer limiares comportamentais confiáveis. Na literatura diversos pesquisadores apontam que essa dificuldade atinge proporções de até 62,5%.^{6,7,12}

Na SD existe uma alta ocorrência de intercorrências de orelha média e em contrapartida existem poucos estudos que usaram as medidas de imitância acústica de banda larga, visto que essa é uma tecnologia ainda pouco explorada nessa população.

A medida de timpanometria de banda larga possibilita a verificação do estado da orelha média, pois pode revelar a natureza de uma alteração por meio da magnitude e da latência da energia acústica que é absorvida ou refletida pela membrana timpânica em função da frequência. Ambas as medidas são complementares e podem ser observadas em gráfico em porcentagem ou em uma escala de 0,0 a

1,0.¹⁸ No caso deste estudo, o gráfico (em porcentagem) da absorvância acústica pôde ser observado durante a execução do exame, na tela de teste do *Titan*, porém, ao se extrair os valores para o arquivo do Excel, os valores foram transformados para uma escala linear (de 0,0 a 1,0).

No presente estudo, independentemente dos achados timpanométricos, os dados revelaram achados reduzidos de absorvância de energia de banda larga em crianças com SD. A razão média de absorção de energia do grupo SD foi menor do que a do controle nas frequências centradas em 2.520 Hz ($p = 0,008$) para aqueles com resultados timpanométricos normais e a 226-4.000 Hz ($p < 0,03$) para aqueles com curva timpanométrica Tipo B, tanto à pressão ambiente quanto à pressão máxima.

Kaf¹² (2011) observou, por meio da reflectância de banda larga na pressão ambiente, que havia uma diferença anormalmente menor na curva de reflectância do grupo estudo quando comparada com as medidas de reflectância do grupo controle. Essa diferença anormal existia quando se comparavam os sujeitos com timpanometrias normais no grupo

controle e os sujeitos com timpanometrias anormais no grupo estudo. Da mesma forma ocorreu na presente pesquisa, a curva de absorvância foi menor quando ocorreu a comparação com o grupo controle, no qual todos tinham curvas timpanométricas dentro do padrão de normalidade. O mesmo autor observou também que crianças com timpanometrias normais na sonda de 226 Hz tinham relações de reflectância anormalmente baixas acima de 4.000 Hz, o que poderia sugerir anomalias congênitas de orelha média associadas nessas crianças com síndrome de Down. No presente estudo essa diferença também foi identificada para as frequências centradas em 2.520 Hz quando os dois grupos apresentaram timpanometrias dentro do padrão de normalidade.

Já a pesquisa de Soares (2016)¹³ caracterizou a curva de respostas da orelha média na síndrome de Down por meio da reflectância de ampla frequência, na qual as crianças com síndrome de Down e audição normal apresentaram curva de reflectância semelhante à curva do grupo controle. Nessa pesquisa pôde-se observar que as crianças com síndrome de Down e orelha média íntegra apresentaram curva de absorvância semelhante à curva apresentada pelo grupo controle, no qual todas as crianças apresentaram curvas timpanométricas dentro do padrão de normalidade.

Um estudo recente, que avaliou crianças com SD (n = 40, média de 6,4 anos) e crianças com desenvolvimento típico (n = 48, média de 5,1 anos), também demonstrou que a absorvância de banda larga foi significativamente menor em 1-4 kHz apenas nas orelhas com perda condutiva em comparação com as orelhas com audição normal para os dois grupos.¹⁴

Estudos com medidas de timpanometria de banda larga têm demonstrado grande aplicabilidade na identificação das alterações de condução de orelha média,^{10,19-22} o que é desejável na avaliação de população mais propensas a alterações desse tipo.⁴ Essa técnica de avaliação da orelha média tem algumas vantagens, tais como abranger uma ampla faixa de frequências, não ter um posicionamento tão crítico da sonda no meato acústico externo, principalmente nas altas frequências, e não necessitar da pressurização do meato acústico externo. Requer um pequeno tempo para fazer uma varredura completa da absorvância em ampla faixa de frequência, pode ser um teste bastante sensível na avaliação de alterações de orelha média e perda auditiva condutiva. As medidas de absorvância são feitas com a pressão ambiente ou na pressão no pico. Neste estudo, optou-se por fazer a análise na pressão ambiente e na pressão no pico. No presente estudo todos os valores de absorvância para a pressão ambiente e pressão no pico apresentaram a mesma característica de curva intragrupo, com menor absorção nas frequências baixas e maior absorção nas frequências agudas. Esse fator se deve ao efeito massa e rigidez. Foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as respostas pressurizadas e ambiente apenas na alteração de orelha média, assim como no estudo de Keefe, Simmons (2003),¹⁹ em que a absorvância no pico de pressão foi mais precisa para um diagnóstico correto do que a pressão ambiente. No entanto, Liu et al. (2008),²³ ao avaliar a energia de absorvância em adultos com audição normal, encontraram valores no pico de pressão semelhante em diferentes velocidades de varredura, mas com maiores valores abaixo de 2 kHz do que a absorvância medida na pressão ambiente.

Neste trabalho, não houve diferença significativa entre as medidas da orelha esquerda e da orelha direita, assim como referido por Shahnaz, Bork (2006),¹⁵ Hunter et al. (2008).⁹

Quanto aos valores de absorvância, segundo a literatura, o esperado seria que encontrássemos menores para as frequências baixas e maiores para as frequências médias e agudas. Os valores para ser considerados normais para a banda larga deveriam ser encontrados entre 0,10 e 0,90 (ou seja, uma normalidade entre 10% e 90%). Valores fora dessa área de normalidade podem ser considerados como de pacientes com perda auditiva condutiva, como otites médias secretoras, histórico de timpanoplastia, curva timpanométrica Tipo C com sonda de 226 Hz, como no caso do estudo de Stanford, Brockett (2014).²⁴ Acredita-se que os valores baixos para frequências baixas podem ser justificados segundo a vedação do MAE com a oliva incorreta^{9,25} e a presença de líquido na orelha externa ou na orelha média. Na presente pesquisa as medidas foram feitas sob protocolo rigoroso para que houvesse a vedação adequada do MAE. Assim, no grupo SD com timpanograma Tipo A acredita-se que esses resultados sejam reflexo da condição anatômica peculiar dos pacientes com SD.

Ao comparar a absorvância das crianças com síndrome de Down e curva timpanométrica do Tipo A, tanto na pressão ambiente quanto no pico de pressão, com a absorvância das crianças do grupo controle, os resultados são caracterizados por uma curva de absorção de energia com valores reduzidos, com diferença estatisticamente significativa nas frequências centradas em 2520 Hz. Embora a amostra seja pequena os resultados da análise estatística evidenciaram o comportamento típico na população com SD.

Pesquisas futuras poderão confirmar os achados do presente estudo e ampliar as faixas etárias investigadas, contribuir para uma melhor compreensão das medidas de absorvância acústica na síndrome de Down em função também do envelhecimento.

Conclusão

A baixa absorção de energia na presença de timpanogramas normais nas crianças com síndrome de Down pode sugerir anormalidades na orelha média.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Fontes de auxílio: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp): 2014/15229-6 e 2016/02497-8.

Referências

1. Shott SR. Down syndrome: common otolaryngologic manifestations. *Am J Med Genet Part C Semin Med Genet.* 2006;142C:131-40.
2. World Health Organization (WHO). Genomics – Genes and Human Diseases. Available from: <http://www.who.int/genomics/public/geneticdiseases/en/index1.html> [accessed Jul 2017]

3. Bull MJ. Committee on genetics. Health supervision for children with Down syndrome. *Pediatrics*. 2011;128:393–406.
4. Manickam V, Shott GS, Heithaus D, Shott SR. Hearing loss in Down syndrome revisited – 15 years later. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2016;88:203–7.
5. Park AH, Wilson MA, Stevens PT, Harvard R, Hohler N. Identification of hearing loss in pediatric patients with Down syndrome. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;146:135–40.
6. Maurizi M, Ottaviani F, Paludetti G, Lungarotti S. Audiological findings in Down's children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1985;9:227–32.
7. Rupa V. Dilemmas in auditory assessment of developmentally retarded children using behavioural observation audiometry and brain stem evoked response audiometry. *J Laryngol Otol*. 1995;109:605–9.
8. Sanford CA, Keefe DH, Liu Y-W, Fitzpatrick D, McCreery RW, Lewis DE, et al. Sound-conduction effects on DPOAE screening outcomes in newborn infants: test performance of wideband acoustic transfer functions and 1 kHz Tympanometry. *Ear Hear*. 2009;30:635–52.
9. Hunter LL, Tubaugh L, Jackson A, Propes S. Wideband middle ear power measurement in infants and children. *J Am Acad Audiol*. 2008;19:309–24.
10. Keefe DH, Sanford CA, Ellison JC, Fitzpatrick DF, Gorga MP. Wideband aural acoustic absorbance predicts conductive hearing loss in children. *Int J Audiol*. 2012;51:880–91.
11. Pucci BPC, Roque NMCF, Gamero MS, Durante AS. Acoustic absorbance measurements in neonates exposed to smoking during pregnancy. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2017;95:51–6.
12. Kaf WA. Wideband energy reflectance findings in presence of normal tympanogram in children with Down's syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2011;75:219–26.
13. Soares JC, Urosas JG, Calarga KS, Pichelli TS, Limongi SC, Shahnaz N, et al. Wideband reflectance in Down syndrome. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol*. 2016;87:164–71.
14. Hunter LL, Keefe DH, Feeney MP, Brown DK, Meinzen-Derr J, Elsayed AM, et al. Wideband acoustic immittance in children with Down syndrome: prediction of middle-ear dysfunction, conductive hearing loss and patent PE tubes. *Int J Audiol*. 2017;56:622–34.
15. Shahnaz N, Bork K. Wideband reflectance norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear Hear*. 2006;27:774–88.
16. Aithal S, Kei J, Driscoll C, Khan A, Swanston A. Wideband absorbance outcomes in newborns: a comparison with high-frequency tympanometry, automated brainstem response, and transient evoked and distortion product otoacoustic emissions. *Ear Hear*. 2015;36:e237–50.
17. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1970;92:311e24.
18. Feeney MP, Hunter LL, Kei J, Lilly DJ, Margolis RH, Nakajima HH, et al. Consensus statement: Eriksholm workshop on wideband absorbance measures of the middle ear. *Ear Hear*. 2013;34 Suppl 1:78S–9S.
19. Keefe DH, Simmons JL. Energy transmittance predicts conductive hearing loss in older children and adults. *J Acoust Soc Am*. 2003;114 Pt 1:3217–38.
20. Hunter LL, Feeney MP, Lapsley Miller JA, Jeng PS, Bohning S. Wideband reflectance in newborns: normative regions and relationship to hearing-screening results. *Ear Hear*. 2010;31:599–610.
21. Ellison JC, Gorga M, Cohn E, Fitzpatrick D, Sanford CA, Keefe DH. Wideband acoustic transfer functions predict middle-ear effusion. *Laryngoscope*. 2012;122:887–94.
22. Hunter LL, Prieve BA, Kei J, Sanford CA. Pediatric applications of wideband acoustic immittance measures. *Ear Hear*. 2013;34 Suppl. 1:36S–42S.
23. Liu YW, Sanford CA, Ellison JC, Fitzpatrick DF, Gorga MP, Keefe DH. Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: system development and results on adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am*. 2008;124:3708–19.
24. Sanford CA, Brockett JE. Characteristics of wideband acoustic immittance in patients with middle-ear dysfunction. *J Am Acad Audiol*. 2014;25:425–40.
25. Keefe DH, Folsom RC, Gorga MP, Vohr BR, Bulen JC, Norton SJ. Identification of neonatal hearing impairment: ear-canal measurements of acoustic admittance and reflectance in neonates. *Ear Hear*. 2000;21:443–61.