JORDANA COSTA SOARES

Reflectância de orelha média na síndrome de Down

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Área de concentração: Comunicação Humana
Orientadora: Profa. Dra. Renata Mota Mamede Carvalho

São Paulo
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Soares, Jordana Costa

Reflectância de orelha média na síndrome de Down / Jordana Costa Soares. --
São Paulo, 2013.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências da Reabilitação. Área de concentração: Comunicação
Humana.

Orientadora: Renata Mota Mamede Carvalho.

Descritores: 1.Orelha média 2.Síndrome de Down 3.Audição 4.Testes
auditivos 5.Timpanometria

USP/FM/DBD-223/13

Dedico este trabalho, com muito carinho:

Aos meus pais, Domingos e Leonor, por vencerem verdadeiras montanhas para que eu e meu irmão tivéssemos excelente Educação e formação pessoal.

Ao meu irmão, Cauê, meu grande amigo, pelas inúmeras, enriquecedoras, divertidas e Filosóficas conversas.

Ao meu grande amor e companheiro, Luis Ramon, por me fazer sorrir todos os dias, sempre acreditar em meus sonhos, compreender minhas ausências, conduzir tudo sempre com muita sabedoria e tranquilidade, pela confiança e pelas inesgotáveis palavras de incentivo. Obrigada por ter ido me visitar perto do Polo Norte.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Renata Mota Mamede Carvallo, pessoa de infinita generosidade, com quem tenho a honra de trabalhar desde o último ano de minha graduação em Fonoaudiologia, nesta Universidade. Obrigada pela confiança, incentivo, respeito, valorização e por me ensinar algo novo a cada encontro.

Às Professoras Dra. Alessandra Giannella Samelli, Dra. Marisa Frasson de Azevedo, Dra. Suelly Cecília Olivan Limongi pela delicadeza no exame de qualificação, oferecendo riquíssimas sugestões.

Aos Professores, Dra. Alessandra Spada Durante, Dra. Christiane Marques do Couto, Dra. Fabíola C. Flabiano Almeida, Dra. Fernanda C. L. Magliaro, Dra. Ivone F. Neves-Lobo, Dra. Kilza de A. Lyra e Silva, Dra. Maria Inês V. Couto, Dra. Renata R. Moreira, Dra. Seisse Gabriela G. Sanches e Dr Zan Mustacchi, pela disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Navid Shahnaz, por ter me recebido no Laboratório de Orelha Média da Escola de Audiologia e Ciências da Fala, na Universidade da Colúmbia Britânica – Canadá. Tão longe de casa, tive a felicidade de encontrar um orientador tão generoso e sábio quanto minha orientadora brasileira. Agradeço pela receptividade, confiança, paciência e oportunidade de grande aprendizado.

Às Fonoaudiólogas Juliana G. Urosas, Ms. Karenina S. Calarga e Ms. Tathiany S. Pichelli, pelo enorme auxílio na coleta de dados, pelas discussões a respeito da pesquisa e pela carinhosa amizade.

Ao Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Síndromes e Alterações Senório-Motoras do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP, em especial à Fonoaudióloga Dra. Rosangela Viana Andrade e à Profa. Dra. Suelly Cecília Olivan Limongi pela total disponibilidade.

Às Creches COSEAS USP Oeste e Central, especialmente à Martha e à Rose, pela disponibilidade na colocação de cartazes, para a divulgação da pesquisa.

Ao Kyle Rust, da Mimosa Acoustics, pela gentileza e agilidade ao responder a todos os e-mails esclarecendo dúvidas.

Às pessoas que, de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo; Dra. Márcia Simões Zenari, Ms Aline Albuquerque, Ms. Bruna Cibir, Me. Daniele Tugumia, Me. Nadia Vilela, Ms. Natalia Brito, Fgo. Kalil Garcia, Fga. Camila Quintiliano de Andrade, Fga. Lidiane Dias e Maria Beatriz Leite Costa.

Aos funcionários do CDP, sempre muito gentis, e em especial à Maria Cristina Godoy, Ana Nakazone, Célia Cruz, Reinaldo Vieira, Wilson e Wellington pela disponibilidade e paciência perante meu desespero em alguns momentos.

Às Fonoaudiólogas com as quais tenho o prazer de conviver há muito tempo e trocar valiosas opiniões, Dra. Camila M. Rabelo, Dra. Caroline N. Rocha-Muniz, Dra. Cristina F. B. Murphy, Dra. Fernanda A. R. Burguetti, Dra. Renata Filipini e Dra. Renata A. Leite. Todas se tornaram verdadeiras companheiras.

Às famílias, que consentiram a participação de seus filhos na pesquisa e às crianças participantes, especialmente às com síndrome de Down, que com total espontaneidade, tornaram mais alegres meus dias de trabalho.

À minha querida e grande mãe, também pela colaboração na correção ortográfica de mais um estudo.

À Profa. Dra. Carmen Diva Saldiva de André, não só pela análise estatística a que este estudo foi submetido, mas pelo grande interesse em compreender a pesquisa, dar sugestões e por atender a todas as minhas solicitações.

Aos amigos Adelita Breda, Adriana Moda, Ana Faleiros, Daniella Spacassassi, Elisabeth Maniero, Erveli Barrado, Fernanda Barreto, Flavia Foiadelli, Flavio Domeni, Juliana Leporati, Juliana Gândara, Lucila Calais, Marcia Montanhez, Paula Damião, Priscila Barata, Ualace Campos e Walter Tamburini, pelo inesgotável apoio, favores, dicas e por fazerem com que eu não me sentisse tão longe de casa.

A todos os meus familiares e amigos que não tiveram seus nomes neste papel, contudo não deixam de ter importância.

À Família Tejero Vallenas, pela valorização e incentivo, em especial à minha cunhada Me. Maria Cristina T. Vallenas, por ter se tornado uma grande companheira, também de pós-graduação.

Às famílias Wigard e Rizk que me acolheram docemente como filha e me deram a oportunidade de conhecer e conviver com culturas muito diferentes da minha.

A Deus, que me concedeu concluir com saúde mais uma etapa acadêmica; o sonho de estudar em um país em que o diferente é apenas diferente e por ter permitido que meu grande companheiro continuasse Aqui.

À Universidade de São Paulo, pela oportunidade de aprendizado, crescimento profissional e pessoal.

À Fapesp, Fundação de Amparo à Pesquisa e Ensino de São Paulo, pela bolsa concedida e pela possibilidade de realização do Doutorado-Sanduiche.

“ (...) O doutor entendeu e achou graça. Tirou os óculos, pôs na cara de Miguilim. E Miguilim olhou para todos de cima do morro, aqui a casa, a cerca de feijão bravo, o céu, o curral, o quintal,; os olhos redondos e os vidros altos da manhã. Olhou mais longe, o gado pastando perto do brejo, florido de são-Josés, como um algodão. O verde dos buritis, na primeira vereda. O Mutum era bonito. Olhou Mãitina que gostava de o ver de óculos, batia palmas-de-mão e gritava: Cena corinta! Olhou o redondo de pedrinhas debaixo do genipapeiro. Olhava mais era para mãe. Drelina era bonita. A Chica, o Tomezinho. Sorriu para o Tio Terêz...Tio Terêz, o senhor parece com o pai...Todos choravam. O doutor limpou a goela e disse : - Não sei, mas quando tiro esses óculos, tão fortes, até meus olhos se enchem d ‘ água... Miguilim entregou os óculos a ele outra vez. Um soluçozinho veio. Dito e a Cuca-Pingo-de-Ouro. E o pai. Sempre alegre, Miguilim. Sempre alegre, Miguilim...”

Miguilim - João Guimarães Rosa (2001, p.152)

Esta tese está de acordo com as normas em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver)

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia A.L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de S. Aragão, Suely C. Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação – DBD/FMUSP, 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

Lista de Quadros

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Gráficos

Resumo

Summary

1 – INTRODUÇÃO.....	01
2 – OBJETIVOS.....	04
3 – REVISÃO DE LITERATURA.....	05
4 – MÉTODOS.....	26
5 – RESULTADOS.....	41
6 – DISCUSSÃO.....	74
7 – CONCLUSÃO.....	91
8 – ANEXOS.....	92
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

CCE	células ciliadas externas
dB	decibel
dBNA	decibel nível de audição
dBNPS	decibel nível de pressão sonora
daPa	Decapascal
EOA	emissões otoacústicas
EOAPD	emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção
EOAT	emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente
GC	grupo controle
GE	grupo estudo
Grupo SD timp A	grupo síndrome de Down timpanometria A
Grupo SD timp B	grupo síndrome de Down timpanometria B
Grupo SD timp C mod	grupo síndrome de Down timpanometria C com pressão negativa de orelha média moderada
Grupo SD timp C sev	grupo síndrome de Down timpanometria C com pressão negativa de orelha média severa
Hz.	Hertz
LRF	limiar de reconhecimento de fala
MI	mililitro
MAE	meato acústico externo
OD	orelha direita
OE	orelha esquerda
PEATE	potencial evocado auditivo de tronco encefálico
PPT	pressão no pico timpanométrico
RE	reflectância de energia
SD	síndrome de Down
V_{MAE}	volume equivalente do meato acústico externo
Y_{MT}	admitância compensada na altura da membrana timpânica

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Indivíduos excluídos no grupo controle.....	29
Quadro 2	Indivíduos excluídos no grupo estudo.....	29
Quadro 3	Estudos sobre reflectância de energia de faixa ampla.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplo de exame de RE com traçados de baixa qualidade, com traçados fora da faixa amarela (normalidade) estabelecida pelo fabricante.....	28
Figura 2	Equipamento MEPA3 – HearID Mimosa Acoustics.....	31
Figura 3	Tipos e tamanhos de olivas do equipamento MEPA3.....	32
Figura 4	Calibração, com a representação do estímulo de faixa ampla (verde) e do ruído de fundo (laranja).....	35
Figura 5	Calibração finalizada, com a representação da relação sinal-ruído para cada cavidade (esquerda) e as medidas obtidas (direita) dentro da faixa de tolerância (amarelo)..	35
Figura 6	Calibração no MAE, com o estímulo (verde) e o ruído (laranja).....	36
Figura 7	Coleta de coleta de dados da RE, com estímulo <i>chirp</i> (direita) e tons puros (esquerda).....	37
Figura 8	Exemplo de exame de RE, em condição normal de orelha média, com estímulo <i>chirp</i> (linhas contínuas) e tons puros (asterisco).....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estatísticas descritivas para a idade para GC e GE.....	42
Tabela 2	Distribuição dos dados a partir do resultado da timpanometria.....	42
Tabela 3	Tabela 3- Estatísticas descritivas para VMAE, PPT e YMT, por grupo.....	43
Tabela 4	Comparação das médias de VMAE nos cinco grupos, duas a duas.....	45
Tabela 5	Comparação das médias de PPT e YMT nos grupos SD timp A, SD timp C mod, SD timp C sev e Controle, duas a duas.....	45
Tabela 6	Estatísticas descritivas para os reflexos acústicos ipsilaterais (dBNA).....	46
Tabela 7	Comparação das médias dos limiares de reflexo acústico ipsilateral nos cinco grupos, duas a duas.....	47
Tabela 8	Estatísticas descritivas para o limiar na audiometria tonal, por via aérea, por grupo nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	48
Tabela 10	Tabela 10- Composição dos agrupamentos da audiometria quanto aos grupos estudados.....	50
Tabela 11	Tabela 11- Estatísticas descritivas para o LRF (dBNA) em cada grupo.....	50
Tabela 12	Comparação das médias do LRF nos cinco grupos, dois a dois.....	51
Tabela 13	Estatísticas descritivas para EOAT (dB) em 1000, 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz.....	52
Tabela 14	Estatísticas descritivas para response (dB) e reprodutibilidade (%) por grupo.....	52
Tabela 15	Composição dos agrupamentos das EOA quanto aos grupos estudados.....	54
Tabela 17	Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo <i>chirp</i> , por grupo, em 250, 315, 400, 500 e 630 Hz.....	55

Tabela 18	Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo, chirp, por grupo em 800, 1000, 1250, 1600 e 2000 Hz....	56
Tabela 19	Estatísticas descritivas para a reflectância com estímulo <i>chirp</i> , por grupo, em 2500, 3150, 4000, 5000 e 6300 Hz.	57
Tabela 20	Comparação das médias da reflectância com estímulo <i>chirp</i> , nos cinco grupos.....	60
Tabela 21	Comparação das médias da reflectância com estímulo chirp nos cinco grupos, dois a dois - corrigidos pelo procedimento de Bonferroni.....	61
Tabela 22	Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo de tons puros, por grupo, em 258, 492, 750, 1008 e 1500 Hz.....	63
Tabela 23	Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo de tons puros, por grupo, em 1992, 3000, 4008 e 6000 Hz.....	64
Tabela 24	Comparação das médias da reflectância com estímulo de tons puros nos cinco grupos.....	67
Tabela 25	Comparação das médias da reflectância com estímulo de tons puros nos cinco grupos, dois a dois - corrigidos pelo procedimento de Bonferroni.....	67
Tabela 26	Frequências (Hz.) em que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudados, para os estímulos <i>chirp</i> e tons puros.....	68
Tabela 27	Coeficientes de correlação de Spearman de VMAE e reflectância com estímulo chirp obtidos por frequência...	69
Tabela 28	Coeficientes de correlação de Spearman de VMAE e reflectância com estímulo de tons puros obtidos por frequência.....	70
Tabela 29	Coeficientes de correlação de Spearman de YMT e reflectância com estímulo chirp em 500, 1000 e 2000 Hz.....	70
Tabela 30	Coeficiente de correlação de Spearman da reflectância com estímulo chirp em 1000 e 2000 Hz e as EOA em 1000, 2000 Hz. e response.....	71

Tabela 31 Matriz de classificação obtida na análise discriminante
 considerando a reflectância com estímulo chirp em
 1000 e 1600 Hz..... 73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Valores de valores individuais e médios para VMAE (ml), PPT (daPa) e YMT, (ml), por grupo.....	44
Gráfico 4	Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamentos com os limiares da audiometria nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	49
Gráfico 8	Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamentos realizada com as EOAT para 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz, response e reprodutibilidade.....	53
Gráfico 9	Perfis médios da reflectância com estímulo chirp, por grupo.....	58
Gráfico 10	Perfis individuais da reflectância com estímulo <i>chirp</i> , por grupo.....	59
Gráfico 11	Perfis médios da reflectância com estímulo de tons puros, por grupo.....	65
Gráfico 12	Perfis individuais da reflectância com estímulo de tons puros, por grupo.....	66
Gráfico 13	Diagrama de dispersão da reflectância <i>chirp</i> em 1000 e 1600 Hz. em todos os cinco grupos estudados.....	72
Gráfico 14	Diagrama de dispersão da reflectância chirp em 1000 e 1600 Hz para os grupos SD timp A, SD timp B e SD timp C (mod + sev).....	73

Resumo

Soares, JC. Reflectância de orelha média na síndrome de Down [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2013.

INTRODUÇÃO: A síndrome de Down apresenta elevados índices de alteração da função da orelha média, bem como malformações congênitas na orelha externa, média e interna. Tais condições podem interferir na transmissão sonora pelo sistema tímpano-ossicular até a cóclea e vias auditivas centrais, afetando a compreensão da linguagem falada. Uma recente ferramenta de avaliação da orelha média, a reflectância de energia de faixa ampla, pode quantificar a energia sonora refletida ou absorvida no meato acústico externo ao longo de uma ampla faixa de frequências, mais rapidamente do que a timpanometria. **OBJETIVO:** Comparar as medidas de reflectância de energia de faixa ampla entre crianças com síndrome de Down e um grupo controle pareado por idade, de acordo com os achados timpanométricos. **MÉTODOS:** Foram analisados os dados de quatro grupos com síndrome de Down, entre 28 e 195 meses, sendo: timpanometria normal (19 orelhas), timpanometria plana (13 orelhas), timpanometria com pressão negativa moderada (6 orelhas), timpanometria com pressão negativa severa (4 orelhas). Todos os achados foram comparados a um grupo controle (21 orelhas). Os participantes foram submetidos aos exames de timpanometria e reflexo acústico ipsilateral com frequência de sonda de 226 Hz., audiometria tonal limiar, limiar de reconhecimento de fala, emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente e reflectância de energia na faixa de 200 a 6000 Hz. com estímulos do tipo *chirp* e tons puros. **RESULTADOS:** Os cinco grupos estudados exibiram diferentes padrões de curvas de reflectância de energia, sem diferença significativa em algumas comparações. Houve correlação negativa entre o volume do meato acústico externo e a reflectância com estímulo *chirp* entre 250 e 1600 Hz. e com o estímulo de tons puros entre 258 e 1500 Hz., e entre o pico de admitância da timpanometria e a reflectância com estímulo *chirp* em 500 e 1000 Hz. Não houve correlação entre as frequências da reflectância com estímulo *chirp* em 1000 e 2000 Hz e os resultados das emissões otoacústicas em 1000, 2000 Hz. e *Response*. A técnica de análise discriminante utilizada para classificar os dados dos participantes com base nos valores da reflectância com estímulo *chirp* em 1000 e 1600 Hz., alcançou um índice de classificação correta de 60% para os participantes com síndrome de Down. **CONCLUSÕES:** Foi possível caracterizar a curva de respostas da orelha média, para diferentes timpanogramas, na síndrome de Down, por meio da reflectância de energia de faixa ampla. Crianças com síndrome de Down com timpanograma normal apresentaram curva de reflectância semelhante ao grupo controle. A análise discriminante por meio dos resultados da timpanometria e reflectância com estímulo *chirp* em 1600 e 1000 Hz. classificou corretamente 60% dos dados pesquisados nas crianças com síndrome de Down.

Descritores: Orelha média, Síndrome de Down, Audição, Testes Auditivos, Timpanometria

Summary

Soares, JC. Wideband reflectance in Down syndrome [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2013.

INTRODUCTION: Children with Down syndrome have high incidence of disorders of the middle ear, as well as congenital abnormalities in the external, middle and inner ear. Such conditions may change the sound transmission through the ossicular chain to the cochlea and central auditory pathways, impairing the comprehension of spoken language. An recent assessment tool of the middle ear, the wideband reflectance energy, can measure the sound energy reflected or absorbed in the ear canal over a wide frequency range, faster than tympanometry. **OBJECTIVE:** To compare the wideband reflectance measurements between children with Down syndrome and a control group matched by age, according to the tympanometric findings. **METHODS:** This study evaluated four groups with Down syndrome, between 28 and 195 months: normal tympanogram (19 ears), flat tympanogram (13 ears), moderate negative pressure tympanogram (6 ears), severe negative pressure tympanogram (4 ears). All findings were compared to a control group (21 ears). The subjects underwent to tympanometry and acoustic reflex ipsilateral with a 226 Hz probe tone frequency, pure tone audiometry, speech recognition thresholds, transient otoacoustic emissions and wideband reflectance over the 200-6000 Hz range with chirp and tone stimuli. **RESULTS:** Results revealed that the five groups had different reflectance curves, without significant difference in some comparisons. There was a negative correlation between the volume of the external auditory meatus and the wideband reflectance with the chirp stimulus between 250 and 1600 Hz and with the tone stimulus between 258 and 1500 Hz, and between the static acoustic admittance at the tympanic membrane level and the wideband reflectance with chirp stimulus at 500 and 1000 Hz. There was no correlation between the frequency of the chirp stimulus with reflectance at 1000 and 2000 Hz and the results of the otoacoustic emissions at 1000, 2000 Hz and general response. The discriminant analysis technique used to classify participants' data based on the values of reflectance with chirp stimulus in 1000 and 1600 Hz, achieved a correct classification rate of 60% for participants with Down syndrome. **CONCLUSIONS:** The findings showed the responses of the middle ear, for different tympanograms in Down syndrome through the wideband reflectance. In this study, children with Down syndrome and normal tympanogram showed wideband reflectance curve similar to the control group. A discriminant analysis with the tympanometric results and reflectance with chirp stimulus at 1600 and 1000 Hz correctly classified 60% of the data for children with Down syndrome.

Descriptors: Ear, Middle, Down Syndrome, Hearing, Hearing Tests, Tympanometry

1 – INTRODUÇÃO

O primeiro choro de um bebê, a voz de uma mãe, o som dos amigos nos chamando, ou da primeira professora nos ensinando a ler e escrever, sons agradáveis de piano, violino, de uma ópera ou de um ballet com tantas nuances, só podem ser apreciados se os sistemas auditivos central e periférico estiverem íntegros. Usufruir das emoções eliciadas pelos sons acima citados é um privilégio para os que ouvem bem. Estar alerta, em uma situação de perigo, pode determinar a sobrevivência e também depende em grande parte do sentido da audição.

A riqueza do sistema auditivo humano permite a percepção de sons ao longo de uma faixa de frequência entre 20 e 20.000 hertz (Hz.) e a diferenciação dos mesmos apenas por alguns hertz. Também é possível detectar sons produzidos por vibrações tão minúsculas quanto um décimo de nanômetro e tolerar sons intensos até 120 decibels (dB). Ainda é possível entender a fala mesmo com ruídos de fundo, localizar fontes sonoras distantes por apenas alguns centímetros, entre outras. Tais funções dependem de uma combinação de características da orelha externa, propriedades mecânicas da orelha média, funções hidrodinâmicas e eletroquímicas da orelha interna e propriedades de nervos cranianos, tronco encefálico e centros auditivos do córtex cerebral (Dhar e Hall, 2012).

Ao menos desde o século XVI, alguns estudiosos têm contribuído para a melhor compreensão do funcionamento do sistema auditivo, destacando-se Barolomeo Eustachius, com estudos anatômicos principalmente da orelha média. Adám Politzer, o maior otologista do século XIX, estudou desordens auditivas e desenvolveu um método para medir a audição. Georg von Békésy, no século XX, descreveu movimentos oscilatórios da membrana basilar, como uma onda viajante, de acordo com as frequências sonoras que atingiam a cóclea e, em 1961, recebeu um prêmio Nobel (Hunter e Shahnaz, 2013).

Ainda no século XX (1948), Thomaz Gold supôs que a cóclea teria um papel ativo no processamento da informação auditiva. Somente em 1978, David Kemp conseguiu, porém, comprovar essa idéia, registrando as emissões otoacústicas (EOA), chamadas de “ecos” cocleares após estimulação sonora de baixa intensidade (Kurc, 1999).

Atualmente, o sistema auditivo e suas funções ainda são estudados intensamente. Este interesse é nítido quando se verificam inúmeras publicações de artigos científicos em bases de dados, e milhares de trabalhos apresentados em diversos congressos especializados sobre o tema, anualmente, no mundo todo. Tamanha mobilização decorre da importância que o sentido da audição exerce sobre o viver e o sobreviver. Estudos de medidas de avaliação da orelha média, por exemplo, têm ganhado destaque, visando a uma precisão cada vez maior no diagnóstico auditivo.

A avaliação da orelha média por meio da imitanciometria é um método objetivo de pesquisar a função desse sistema e a timpanometria é a ferramenta mais convencionalmente utilizada. Ela mensura a variação da imitância do sistema auditivo em função da variação de pressão apresentada por meio de uma sonda com um tom de frequência, geralmente 226 Hz. no meato acústico externo (MAE) (Jerger, 1970). A pressurização, entretanto, pode mudar o diâmetro do MAE, alterando seu volume, principalmente em neonatos.

Quando ondas sonoras atingem a membrana timpânica, parte da energia acústica é refletida de volta para o MAE e parte é transmitida para a cóclea onde é transduzida em sinal neural e enviada ao cérebro (Voss et al. 2006).

Uma outra técnica de análise da função da orelha média, relativamente recente, a reflectância de energia de faixa ampla pode quantificar a energia sonora refletida ou absorvida no MAE ao longo de uma ampla faixa de frequências, por exemplo entre 125 e 10.700 Hz. (Keefe et al., 1993), ou 100 e 15.000 Hz. (Voss e Allen, 1994), ou 200 e 6000 Hz. (Hunter et al., 2010). A medida, expressa em forma de porcentagem, é a razão entre a energia refletida e a energia incidente na orelha média (Feeney et al., 2003).

A reflectância apresenta algumas vantagens em relação à timpanometria convencional, pois a localização da sonda não é tão fundamental no MAE, não há alteração no diâmetro do mesmo, é rápida e pode ser mais sensível na detecção de perda auditiva condutiva (Feeney et al., 2003; Keefe et al., 2003; Shahnaz, 2008). Também pode detectar desordens como otosclerose (Shahnaz et al., 2009), e outras situações distintas da orelha média (Beers et al., 2010).

Uma população que poderia se beneficiar de tal procedimento de avaliação seria a síndrome de Down (SD), por apresentar elevados índices de alteração da função da orelha média (Harigai et al., 1996; Thome et al., 1999), além de malformações congênitas na orelha externa (Sacchini et al., 2003; Sforza et al., 2005; Sforza et al., 2011), média e interna (Bilgin et al., 1996; Blaser et al., 2006; Intrapiromkul et al., 2012). Tais condições podem interferir no mecanismo de transmissão sonora pelo sistema tímpano-ossicular até a cóclea e vias auditivas centrais, afetando diretamente a compreensão da linguagem falada. Crianças e adolescentes com SD têm déficits linguísticos que não correspondem aos seus atrasos cognitivos (Cleland et al., 2010), o que poderia ter influência dos elevados índices de alteração auditiva nesta população.

Pensando na elevada ocorrência de comprometimento de orelha média na SD, decidiu-se realizar um estudo para avaliar a função desta porção do sistema auditivo, a partir da reflectância de energia. Seria importante uma melhor compreensão a respeito do funcionamento do sistema da orelha média, em uma ampla faixa de frequências, na referida população. A reflectância de energia possibilita a obtenção de medidas da função da orelha média em alta resolução, uma vez que podem ser obtidas informações de até 248 frequências diferentes. A possibilidade de realizar um estudo inédito na SD também foi motivante, visto que somente após iniciada a presente pesquisa, um outro estudo sobre o mesmo tema, em crianças com SD com função normal de orelha média foi publicado (Kaf, 2011).

A hipótese que norteou este estudo foi a de que haveria diferença na reflectância de energia com estímulo de faixa ampla na comparação entre uma população com SD e um grupo controle, com desenvolvimento típico.

2 – OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi verificar a ocorrência de diferenças na função de orelha média, por meio da reflectância de energia de faixa ampla, em crianças com síndrome de Down, em comparação a um grupo controle com desenvolvimento típico.

Os objetivos específicos foram:

- 1) caracterizar as medidas de reflectância de energia com estímulo do tipo *chirp* e estímulos de tons puros de 200 a 6000 Hz.;
- 2) comparar as medidas de reflectância de energia de acordo com o padrão timpanométrico, entre os grupos estudados;
- 3) definir critérios de classificação para diferenciação entre os grupos, a partir dos resultados da reflectância de energia de faixa ampla.

3 – REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo está organizado por assunto, seguindo o encadeamento de ideias e, quando possível, foi adotada a ordem cronológica. Com o intuito de facilitar a organização, serão abordados os seguintes tópicos:

3.1 avaliação auditiva na síndrome de Down;

3.2 medidas de imitância acústica com frequência única de sonda;

3.3 reflectância de energia de faixa ampla;

3.4 emissões otoacústicas evocadas.

3.1 Avaliação auditiva na síndrome de Down (SD)

A SD é a cromossomopatia mais frequente que sobrevive ao período gestacional. O risco de ocorrência populacional pode ser de 1 para cada 800 a 1 para cada 600 nascidos vivos (Mustacchi, 2000). A descrição mais clara da SD foi realizada em 1866 por John Langdon Down, médico inglês, quando caracterizou um grupo de indivíduos com comprometimento intelectual. Em homenagem a Down, Jerome Lejeune nomeou a síndrome quando correlacionou o fenótipo da mesma à trissomia do cromossomo 21, expressão cariotípica mais frequente.

A população SD tem maior prevalência de alterações anátomo-fisiológicas dos órgãos do sistema auditivo, desde a orelha externa, atingindo a orelha média, interna e vias auditivas centrais. Bilgin et al. (1996) estudaram dezesseis ossos temporais de 8 indivíduos com SD, entre 47 dias e 17 anos de idade, comparados a 10 ossos temporais de sujeitos sem alterações auditivas. O comprimento coclear na SD foi significativamente menor e, alguns casos exibiram cóclea de Mondini. A população de células do gânglio espiral e duas de três dimensões vestibulares também foram notavelmente menores, quando comparadas ao grupo controle. Também houve mesênquima residual na orelha média, alterações no estribo, otite média e grande deiscência do canal facial.

Mesmo antes do nascimento, já é possível observar alterações auditivas na SD. Sacchini et al. (2003) constataram entre a 11ª. e a 14ª. semana de gestação, durante o exame de ultrasson de rotina, uma redução significativa do tamanho da orelha externa em 450 fetos com a síndrome.

Sforza et al. (2005), por meio de análise digital, encontraram diferenças no tamanho, posição e forma da orelha externa em pesquisa com 28 sujeitos SD, entre 12 e 45 anos de idade, italianos brancos, pareados a um grupo controle por gênero, idade e etnia, composto por 449 indivíduos.

Sforza et al. (2011) estudaram 64 norte-sudaneses com SD, entre 4 e 34 anos de idade, pareados a um grupo controle por gênero, idade e etnia, composto por 682 indivíduos. A análise digital das medidas permitiu a detecção de

diferenças significativas para o tamanho, posição e forma da orelha externa entre os grupos estudados.

Blaser et al (2006) estudaram imagens de tomografia computadorizada de alta resolução e ressonância magnética do osso petroso de 49 crianças com SD, de até 17 anos de idade. Houve diferenças estatisticamente significantes entre os indivíduos com SD e o grupo controle (com 32 indivíduos) em 16 de 29 (55%) categorias de medidas avaliadas nos exames. Especificamente, foram encontrados: diminuição do tamanho da cóclea, modíolo, canal do nervo coclear, canal auditivo interno, canal semicircular lateral, ilha óssea e vestíbulo. Também foram identificadas: duplicação do canal auditivo interno, estenose do canal do nervo coclear, cóclea de Mondini, fossa óssea do saco endolinfático dilatada, alargamento do arqueduto vestibular e alargamento persistente do canal semicircular superior lateral, levando a uma ilha óssea central.

Ao analisar tomografia computadorizada de ossos temporais de 102 orelhas de 51 pacientes com SD, de até 64 anos de idade, Intrapiromkul et al. (2012) encontraram alterações de orelha interna em 74,5% dos casos. Também houve mal formações de ilhas ósseas do canal semicircular lateral, canais auditivos internos estreitos, estenose do canal do nervo coclear, deiscência do canal semicircular e aquedutos vestibulares alargados. Mais da metade (57,1%) das orelhas com perda auditiva neurosensorial tinha canal auditivo interno estreito.

Em relação à avaliação auditiva, Roizen et al. (1993) realizaram pesquisa de potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE) e de timpanometria em 47 indivíduos com SD, entre 2 meses a 3 anos. Apenas 34% dos indivíduos apresentaram audição normal. Os outros 66% apresentaram perda auditiva unilateral (28%) e perda bilateral (38%). A perda auditiva foi condutiva em 19 orelhas, mista em 14 e neurosensorial em 16. O grau foi leve para 33 orelhas, moderado em 13 e severo a profundo em três. A timpanometria exibiu dados confiáveis em 28 dos 47 indivíduos participantes, acredita-se que devido à idade, movimentação e tamanho do MAE, mas confirmou perda auditiva condutiva em nove indivíduos, mista em oito e neurosensorial em cinco. Foi utilizado o fone de inserção durante a avaliação por meio do PEATE, para evitar resultados falso-

positivos de perda condutiva causada pela estenose no MAE. Os autores recomendaram uma avaliação auditiva mais abrangente nos primeiros seis meses de vida, com o intuito de monitorar a progressão de perdas auditivas neurossensoriais e identificar e tratar perdas condutivas.

Hassmann et al. (1998) estudaram 47 crianças entre 5 meses e 16 anos, e 14 adultos, entre 17 e 37 anos de idade, todos SD pareados a respectivos grupos controles. Todas as crianças apresentaram estenose do MAE e excesso de cerume. Mesmo após a remoção do mesmo, a timpanometria foi B ou C em 56% das orelhas. Das 7 crianças que foram submetidas ao PEATE, uma apresentou perda auditiva neurossensorial moderada. As EOA evocadas por produto de distorção (EOAPD), ainda para as crianças com SD, exibiram amplitude mais baixa do que seu grupo controle e a média do limiar tonal por via aérea foi de 27,4 dB. Doze adultos apresentaram estenose do MAE e nove apresentaram excesso de cerúme. Após a remoção do mesmo, a timpanometria foi A em 19 orelhas, Ar em 2 orelhas, B em 4 e C em 3 orelhas. A audiometria tonal limiar, realizada em 13 participantes, exibiu perda de grau severo em apenas um. As EOAPD exibiram amplitudes mais baixas em quase todas as frequências em relação ao grupo controle e mais baixas do que as crianças com SD.

Thome et al. (1999) avaliaram 45 indivíduos com SD, entre 7 meses e 17 anos de vida, sendo 62% do gênero masculino. A taxa de alteração da orelha média foi de 38% (17 indivíduos), sendo 16 com otite média com efusão e um com otite média crônica com colesteatoma. Os pré-escolares exibiram maior índice de otite média com efusão (73%). Dos 17 indivíduos com efusão, 14 (82%) tinham algum grau de obstrução de vias aéreas superiores e 3 (18%) tinham déficit de funcionamento da tuba auditiva. Foi frequente a presença de cerume impactado, provavelmente devido à estenose do MAE. Os autores enfatizaram a importância do diagnóstico e tratamento precoces das alterações mencionadas, para proporcionar melhor audição, desenvolvimento de linguagem e interação social aos participantes da pesquisa.

Limongi et al (2000) estudaram 9 crianças com SD, entre 6 e onze anos de idade, com audição normal ou perda auditiva leve. Constataram dificuldades em

aspectos temporais ligados à linguagem e ao processamento auditivo (memória sequencial verbal). Também houve alto índice de alterações auditivas condutivas, já que somente 33% apresentou resultados audiométricos até 25 dB e imitanciométricos normais. Tal fato pode interferir negativamente no processamento auditivo, que no caso parece estar prejudicado pelas alterações auditivas e cognitivas. As autoras sugerem uma abordagem terapêutica integrada para facilitar o processo de comunicação, visto que audição, linguagem e cognição estão extremamente correlacionados.

Em um estudo longitudinal, Shott et al. (2001) verificaram os níveis de audição pré e pós-tratamento médico ou cirúrgico de otite média crônica em 48 crianças com SD. As crianças tinham idade entre 11 meses e três anos. A maioria (56%) era do gênero masculino. Aproximadamente 40% exibiu estenose do MAE. Das 48 crianças, 40 (83%) foram submetidas à colocação do tubo de ventilação devido à otite média crônica, sendo que algumas foram submetidas a este procedimento até três vezes. Quatro crianças foram tratadas apenas com antibiótico e quatro não necessitaram de qualquer tipo de tratamento. Os autores atribuíram o alto índice de melhora, em 98% dos casos, ao tratamento precoce das afecções da orelha média. Os autores associaram os achados a alterações anatômicas na tuba auditiva, nasofaringe, MAE e também ao sistema imunológico, que propicia maior incidência de infecções do trato respiratório superior nesta população.

Dille (2003), ao revisar características da SD, como intercorrências frequentes de orelha média e o processo de envelhecimento, chama a atenção não só para as perdas auditivas condutivas, mas também para as perdas neurossensoriais. Buchanan (1990), ao realizar audiometria tonal limiar em 152 indivíduos SD, entre 5 e 59 anos de idade, constatou início da presbiacusia já na segunda década de vida, nas frequências de 6000 e 8000 Hz.. Também obteve limiares auditivos tonais piores em crianças com SD, quando comparadas a crianças sem a síndrome.

Shott (2006) acredita que testes auditivos podem ser necessários com maior frequência em caso de perda auditiva. Propõe que, em caso de estenose do

MAE, a criança seja monitorada em consulta otorrinolaringológica a cada três meses, devido ao risco de impaction de cerume, o que prejudica a condução aérea do som.

McPherson et al. (2007) avaliou 92 crianças com SD, provenientes de 13 escolas, entre 6 e 20 anos de idade, por meio de audiômetro pediátrico, timpanometria, EOA evocadas por estímulo transiente (EOAT) e audiometria tonal limiar. Ao menos 68,2% das orelhas pesquisadas apresentaram algum grau de perda auditiva, com elevada incidência de perda condutiva, a partir de alteração no timpanograma e ausência de EOAT.

Farboud et al. (2011) descreveram sintomas de otite média em crianças, como dificuldade para escutar a própria mãe e pouca atenção na escola, desenvolvimento de fala aquém do esperado e membrana timpânica cinza e opaca. Os autores recomendam checar com os responsáveis a duração dos sintomas e o impacto na vida escolar, infecções de ouvido ou de trato respiratório superior, líquido, principalmente com odor ruim, dificuldades auditivas em ambientes ruidosos como a sala de aula, assistir à televisão em volume elevado, falta de atenção, problemas de comportamento, flutuação na audição por dias ou semanas e falta de equilíbrio. Apontam a população com SD como uma das mais vulneráveis ao risco de otite média.

Raut et al. (2011) encontraram elevada incidência de perda auditiva no primeiro ano de vida entre 45 crianças com SD. Um índice de 34,1% apresentou perda auditiva, sendo 85% de perda condutiva e a maioria apresentou grau leve a moderado.

Inúmeros estudos revelam altos índices de alteração auditiva na SD. Muitos chamam a atenção às perdas condutivas ou alterações de orelha média. Uma ferramenta disponível e bastante difundida para esta avaliação é a imitanciometria com frequência única de sonda.

3.2 Medidas de imitância acústica com frequência única de sonda

A orelha média humana conduz energia sonora para a orelha interna, mas também é um transdutor, por converter uma forma de energia em outra. O som, inicialmente em forma de energia acústica, viaja a partir do meio aéreo no MAE e transforma-se em energia mecânica quando a onda sonora atinge a membrana timpânica. Essa energia é conduzida na orelha média por meio de três ossículos: martelo, bigorna e estribo. Ao atingir a janela oval, é convertida em energia hidromecânica, que é conduzida pelo fluido da orelha interna, como onda viajante (Hunter e Shahnaz, 2013).

A imitância acústica é uma forma de avaliar a função da orelha média, em resposta ao som. O termo imitância é genérico e refere-se tanto à impedância, quanto à admitância acústicas. A impedância (Z – em ohm acústico) no sistema da orelha média refere-se à oposição total do sistema ao fluxo de energia acústica. Admitância (Y – em mmho acústico) é a recíproca da impedância, como na equação $Y=1/Z$. Ela representa a quantidade de energia acústica que flui através do sistema da orelha média e, atualmente, é a medida mais encontrada nos sistemas de imitância (Margolis e Hunter, 2001).

A timpanometria é uma forma de mensurar a variação da imitância do sistema auditivo, em função da variação de pressão introduzida no MAE. Certa quantidade de energia acústica (geralmente um tom na frequência de 226 Hz.) é apresentada no MAE, vedado hermeticamente por uma oliva de látex. Para tanto, é utilizado um alto-falante em uma sonda, com um microfone para monitorar o tom, um tubo com uma bomba de ar e um manômetro para exercer pressão no MAE. Assim, a membrana timpânica pode ter sua compliância modificada (Jerger, 1970).

A mobilidade do sistema tímpano-ossicular varia em função da variação do nível de pressão sonora apresentado pela sonda dentro do MAE e isso pode ser observado graficamente, em um timpanograma. O registro gráfico é feito no sentido horizontal (eixo x) em função da variação de pressão e no sentido vertical

(eixo y) em função da mobilidade ou admitância (Y), do conjunto tímpano-ossicular. O pico de admitância ou mobilidade máxima ocorre quando a pressão é igual em ambos os lados da membrana timpânica (Margolis e Hunter, 2001).

A timpanometria é uma ferramenta amplamente utilizada como forma de avaliação indireta do estado da orelha média. Duas abordagens são utilizadas para classificar os resultados em normais ou alterados: análise qualitativa, por meio da avaliação da forma do timpanograma, e análise quantitativa, por meio da estimativa de admitância estática e pressão no pico timpanométrico (Koebsell e Margolis, 1986).

Uma das classificações mais conhecidas para as formas de timpanograma considera a altura e localização do pico timpanométrico (Jerger, 1970). O timpanograma do tipo A representa uma curva normal com altura e pressão normais no pico de admitância. O timpanograma do tipo B representa um traçado plano, sem pico visível. O tipo C representa pico de admitância deslocado para pressão negativa. Lidén (1969) também descreveu um timpanograma do tipo D, caracterizado por um pico duplo e Feldman (1976) acrescentou os subtipos Ad e As, referentes a um pico timpanométrico elevado e rebaixado, respectivamente.

A classificação quantitativa do timpanograma pode ser feita por meio de quatro características, sendo: 1) volume equivalente no MAE (V_{MAE}), que é a admitância acústica estimada do volume do MAE entre a extremidade da sonda e o tímpano; 2) admitância acústica estática compensada (Y_{TM}), talvez a característica mais importante do timpanograma, representa o ponto em que há maior passagem de energia pela membrana timpânica; 3) pressão no pico timpanométrico (PPT), a pressão (em daPa) na qual ocorre maior passagem de energia pela membrana timpânica; e 4) largura do timpanograma, que consiste na largura do timpanograma (em daPa) medida na metade do valor da admitância estática compensada (Margolis e Hunter, 2001).

Ao longo de décadas, a timpanometria tem sido a ferramenta mais comumente utilizada para a avaliação da orelha média em bebês, crianças e adultos. Uma de suas aplicações pode ser vista em estudos sobre a otite média.

Saim et al. (1997) detectaram prevalência de 13,8% de otite média com

efusão, em 1097 crianças entre 5 e 6 anos de vida. A presença de otite foi determinada por achados otoscópicos alterados, timpanograma com frequência de sonda de 220 Hz., curva tipo B e ausência de reflexo acústico ipsilateral, em 1000 e 2000 Hz. à intensidade de 105 dB.

Polka e Rvachew (2005) encontraram um impacto negativo da otite média com efusão na discriminação fonêmica em crianças, mesmo após a função da orelha média voltar à normalidade. Foi realizada timpanometria com frequência de sonda de 226 Hz. e pesquisa de reflexo acústico ipsilateral na frequência de 1000 Hz., em 57 crianças entre 6 e 9 meses e a pesquisa de discriminação auditiva por meio de atividade envolvendo condicionamento.

Keogh et al. (2010) estudaram 1071 crianças, entre 5 e 11 anos de idade e 10,2% apresentaram perda auditiva condutiva pelo menos em uma orelha. Um teste de compreensão de fala binaural foi realizado em 540 crianças e as que apresentaram perda auditiva condutiva bilateral tiveram os piores desempenhos, entre 60,8 e 69,3%, sob condições de exposição a ruído. Esse desempenho foi pior quando comparado ao de crianças com possíveis alterações de orelha média (entre 69,6 e 75,3%) mas sem perda auditiva aparente. Também foi pior do que o desempenho de crianças com perda auditiva condutiva unilateral (entre 70,5 e 76,5%) e do que o de crianças com audição normal (entre 72,0 e 80,3%).

Al-Rowaily et al. (2012) encontraram perda auditiva condutiva como a primeira causa de perda auditiva em 2574 crianças entre 4 e 8 anos de idade. Quarenta e cinco 45 crianças foram diagnosticadas com perda auditiva, sendo 84,4% do tipo condutiva e 15,6% do tipo neurosensorial. A perda auditiva bilateral esteve presente em 55,6% dos casos e em 57,8% dos casos, o grau foi moderado. Nos casos condutivos, a otite média com efusão foi a primeira causa (34,9%), seguida por cerume e otite média crônica (23,3% cada um), e perfuração timpânica (2,3%).

Kiris et al. (2012) estudaram 2320 crianças entre 6 e 11 anos, por meio de otoscopia e timpanometria. A prevalência de otite foi de 10,43%. Fumo passivo, baixo nível socioeconômico, moradia com muitos habitantes, atopia, falta de amamentação, presença de infecções de vias aéreas superiores, idade mais baixa

e ronco apresentaram associação com otite. Adicionalmente, as crianças com otite apresentaram tendência a um desempenho escolar mais rebaixado.

Estudos investigam a adequação de frequência de sonda para a avaliação da orelha média por meio da timpanometria. Discute-se a confiabilidade do tom de sonda na frequência de 226 Hz. para a realização da timpanometria, visto que foram encontrados melhores índices de sensibilidade para a função da orelha média com a frequência de 1000 Hz. em população neonatal (Rhodes et al., 1999; Shahnaz et al., 2008; Garcia et al., 2009; Son et al., 2012).

Quando um som intenso é apresentado a uma orelha humana funcionalmente normal, uma contração reflexa do músculo estapédio ocorre nas duas orelhas, por esta ser uma via nervosa ipsi e contralateral. Para que isso ocorra, é necessário que a orelha média, cóclea, oitavo nervo (auditivo) e o feixe estapediano do sétimo nervo (facial) estejam íntegros. A partir da contração do músculo, ocorre uma rigidez da cadeia ossicular, pois o estapédio está ligado ao estribo. Essa modulação ocorre em resposta a sons altos, geralmente a níveis acima de 60 dB NPS, reduzindo a transmissão sonora na cadeia ossicular, inicialmente para sons de baixa frequência e pode ser detectada a partir de uma sonda de imitância acústica (Borg, 1973).

A função mais conhecida do reflexo acústico é a de proteção para o sistema auditivo contra sons de elevada intensidade. Ele também está relacionado à melhora de percepção de fala no ruído e redução da percepção de sons da própria mastigação e voz do indivíduo (Lautenschlager, 2011).

O reflexo acústico envolve núcleos auditivos do tronco encefálico, relacionados a atividades de processamento auditivo, portanto, alterações de reflexo acústico podem indicar alteração de alguns destes núcleos e falhas em habilidades envolvidas no processamento auditivo, como localização, atenção seletiva, reconhecimento de fala no ruído e seletividade de frequência (Carvallo e Albernaz, 1997).

Jerger et al. (1972), ao estudarem resultados imitanciométricos de 1133 pacientes com audição normal e com perda auditiva neurosensorial, constataram que o limiar de reflexo estapediano para tons puros ocorre normalmente por volta

de 85 dBNA. Porém, em orelhas com perda auditiva neurossensorial, o limiar apresenta declínio proporcional à perda, com um limite de aproximadamente 25 dB. A ausência de reflexo na frequência de 4000 Hz. não necessariamente teve significância patológica.

Linares e Carvallo (2004) avaliaram 30 crianças entre 7 e doze anos e encontraram maior latência do reflexo acústico ipsi e contralateral em crianças com alteração de processamento auditivo, além de maior comprometimento na frequência de 4000 Hz.

Etges et al. (2012), em triagem de 130 crianças entre 7 e 10 anos, detectaram presença de reflexo acústico para as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. em aproximadamente 84% nos indivíduos pesquisados. Já para a frequência de 4000 Hz., a ocorrência foi mais baixa; de 70% em média, nas duas orelhas.

3.3 Reflectância de energia de faixa ampla

Medidas de transferência acústica incluem uma gama de funções da orelha média, que podem ser usadas para representar seu comportamento acústico. Tais funções podem incluir: impedância, admitância, reflectância, transmitância e reflectância de energia. (Werner et al., 2010; Merchant et al., 2010; Prieve et al., 2013).

Stinson et al. (1982), Keefe et al. (1992) e Voss e Allen (1994) desenvolveram sistemas de reflectância de energia de faixa ampla, o que proporciona mais informações sobre o sistema auditivo, usando princípios de calibração diferentes dos utilizados nos sistemas de imitância pressurizados.

O procedimento de reflectância de energia (RE) de faixa ampla mensura a razão entre a energia refletida e a energia incidente na orelha média. Esta razão vai de zero, quando há transferência completa do som na orelha média, a um, quando nenhum som é transferido (Keefe et al., 1993). Este método apresenta algumas vantagens sobre a timpanometria, visto que não é necessária a pressurização do MAE. Ele também fornece informações sobre uma ampla faixa de frequências e pode ser realizado em poucos segundos (Feeney et al., 2003; Hunter et al., 2008).

A reflectância de pressão $R(f)$ é um número complexo (com magnitude e fase) que compara a pressão sonora da onda incidente à pressão sonora da onda refletida. A reflectância de energia (RE) é o quadrado da magnitude da reflectância de pressão $R = |R(f)|^2/2$, e é a razão entre ondas de energia retrógrada e incidente. A absorbância, $A = 1 - R$, outra função de transferência de faixa ampla, é a razão entre energia absorvida e incidente e representa a energia absorvida pela orelha média (Hunter e Shahnaz, 2013).

A reflectância de pressão é matematicamente definida como a razão de 1 menos o produto da admitância (Y) e impedância característica (Z_c) e 1 mais o produto da admitância e impedância característica em diferentes frequências e pressões estáticas (Keefe e Levi, 1996), conforme a equação:

$$R(f,P) = \frac{1 - Z_c Y(f,P)}{1 + Z_c Y(f,P)}$$

Onde Z_c e Y são definidas pelas seguintes equações:

$$Z_c = \rho c / s$$

(em que ρ é densidade, c é a velocidade do som e s é a área transversal do MAE); e

$$Y(f) = 1/Z_c$$

Dados normativos de reflectância de faixa ampla sugerem que: a maior parte da energia é refletida nas baixas frequências, há regiões de reflectância mais baixa nas médias frequências e que há uma reflectância moderada em altas frequências. A reflectância é geralmente expressa em um gráfico exibindo o quanto de energia incidente, com valores entre 0 e 1, é refletida em relação a 90% de faixa normativa. Qualquer valor que esteja fora dessa faixa é indicativo de uma potencial desordem de orelha média. Por exemplo, reflectância excessivamente alta nas baixas frequências é indicativo de rigidez aumentada, como otite média com efusão ou otosclerose (Shahnaz et al., 2009) enquanto reflectância excessivamente baixa nas baixas frequências sugere rigidez diminuída como descontinuidade ossicular (Allen et al., 2005).

Há alguns equipamentos para a avaliação da RE disponíveis comercialmente, porém percebe-se que a utilização ainda ocorre apenas em caráter de pesquisa. O Middle-Ear Power Analyzer (MEPA–HearID) da marca Mimosa Acoustics dispõe de estímulos do tipo *chirp* e tons puros na faixa de frequências entre 200 e 6000 Hz. A timpanometria de faixa ampla é um sistema de avaliação da orelha média comercializado pela marca Interacoustics, que pode medir a RE ou parâmetros relacionados à mesma, em pressão ambiente, na faixa

de 226 e 8000 Hz., além de mensurar o reflexo acústico estapediano. O sistema Titan, também da Interacoustics, cria um traçado tridimensional da energia de absorbância por meio de uma faixa de frequências e pressões, efetivamente traçando um timpanograma e também pode extrair timpanogramas de frequências simples de 226 e 1000Hz.

Há estudos sobre as medidas de reflectância da orelha média já na população neonatal e infantil, demonstrando grande preocupação com o aprimoramento do diagnóstico audiológico. A possibilidade de diminuir os índices de falso-positivo para perdas auditivas condutivas em programas de triagem auditiva também é de suma importância. O diagnóstico correto pode evitar desgaste às famílias, realização desnecessária de exames, condutas inadequadas e reduzir custos.

Lyra e Silva (2011), uma das primeiras pesquisadoras brasileiras a utilizar a RE de faixa ampla, estudou a função da orelha média com estímulos *chirp* e de tons puros entre 258 e 6000 Hz. em 77 neonatos sem risco para perda auditiva, com presença de EOAT. Os participantes do estudo exibiram uma configuração de baixa reflectância na frequência de 6000 Hz. Algumas frequências e configurações timpanométricas indicaram uma tendência da diminuição das EOAT com o aumento da RE.

Keefe et al. (1993) descreveram medidas de faixa ampla de impedância acústica e RE no MAE de crianças com audição dentro dos limites de normalidade, com idades de 1 mês (15 sujeitos), 3 meses (18 sujeitos), 6 meses (11 sujeitos), 12 meses (23 sujeitos) e 24 meses (11 sujeitos) e em adultos (10 sujeitos), na faixa de frequência entre 125 e 10700 Hz. Em todas as idades, a RE foi maior nas baixas frequências, evidenciando que nessa faixa, ocorre menos absorção de energia. Porém, acima da frequência de 2000 Hz., para as crianças de 1mês, a energia pareceu ser mais baixa do que os outros grupos etários. Na faixa de frequência mais importante para a percepção de fala, de 1000 a 4000 Hz, a reflectância tende a ter valores mínimos, sugerindo uma transmissão de energia na orelha média mais eficiente nesta faixa. Medidas de impedância e reflectância

entre 2000 e 4000 Hz. são recomendadas como uma potencial ferramenta clínica para avaliação da orelha média.

Keefe et al. (2000) pesquisaram a RE de faixa ampla com estímulo *chirp* entre 250 e 8000 Hz., em 4031 orelhas de neonatos distribuídos em três grupos: 1) sem risco auditivo; 2) com ao menos um indicador de risco; e 3) provenientes de unidade de terapia intensiva. Foram constatadas diferenças nas medidas em relação à idade, gênero, orelha e aos indicadores de risco para perda auditiva. A fenda lábio-palatina foi o indicador com maior RE em todas as frequências, evidenciando uma menor quantidade de energia absorvida pela orelha média desses neonatos. Casos de uso de antibiótico aminoglicosídeo, baixo peso, ventilação mecânica e apgar baixo também apresentaram medidas de reflectância diferentes das obtidas em neonatos sem indicadores de risco para perda auditiva. Os autores ainda constataram que a taxa de falso-positivo no exame de EOAT pode ser reduzida a partir da utilização de um critério de verificação do vedamento da sonda no MAE.

Ainda em neonatos, Keefe et al. (2003), em um amplo estudo com 2638 orelhas, constataram que é possível a incorporação de medidas de RE a programas de triagem auditiva neonatal por meio de EOA e ou PEATE, pois o procedimento pode indicar o funcionamento da orelha média, diferenciando as falhas na triagem, provenientes de alteração da orelha média daquelas provenientes de perda auditiva neurossensorial.

Hunter et al. (2008) estudaram a RE em 17 crianças de até 2 anos de idade, com fenda lábio-palatina. Foi encontrado maior nível de concordância (88%) entre os resultados das EOA e os da RE do que entre as EOA e timpanometria com sonda de 226 e de 1000 Hz. Uma grande vantagem na metodologia foi a utilização da mesma sonda para a pesquisa de RE e captação das EOA, procedimentos disponíveis no mesmo equipamento. Isto pode ser extremamente útil para avaliar bebês e crianças, pois diferencia o tipo de falha nas EOA, se por alteração de orelha média ou por perda auditiva neurossensorial. Os autores acreditam que a reflectância de faixa ampla pode melhorar a eficiência de um programa de triagem auditiva neonatal, por exemplo, reduzindo o tempo do

diagnóstico audiológico, visto que pode fornecer informações sobre o funcionamento da orelha média.

Em estudo da RE em neonatos provenientes de unidade de terapia intensiva, Shahnaz (2008) comparou achados de 31 neonatos com idade gestacional entre 32 e 51 semanas aos de 56 adultos com audição dentro da normalidade. A absorção máxima de energia incidente ocorreu numa faixa de frequência mais estreita para os bebês (entre 1200 e 2700 Hz.) do que para os adultos (entre 2800 a 4800 Hz.). Essa faixa foi ainda mais estreita abaixo de 3 kHz., com valor próximo a um, ou em que a maioria da energia incidente é refletida, nos lactentes que falharam no exame de EOA. Em frequências mais baixas (abaixo de 727 Hz.) os lactentes apresentaram menor valor de RE. Embora a timpanometria também tenha apresentado resultado alterado em todos os bebês que falharam na triagem por EOA, a RE mostrou-se um instrumento útil para a avaliação da orelha média de neonatos em UTI.

Conquanto a literatura afirme que a localização da sonda não é tão fundamental na testagem da RE, monitorar esta colocação e garantir que o participante não se movimenta, parece fundamental para a obtenção de dados confiáveis. A reinserção da sonda de RE entre repetidos testes, em estudo de Vander Werff et al. (2007) produziu diferenças entre teste e reteste. Participaram 127 crianças em triagem e diagnóstico auditivo e um grupo controle de 10 adultos. Foram realizadas três medidas, sendo uma seguida da outra e a terceira após retirada e recolocação da sonda. A análise da RE indicou energia refletida significativamente mais alta nas médias frequências nas crianças que falharam na triagem com EOA do que nas que passaram.

Com o objetivo de estabelecer dados normativos, Beers et al. (2010) pesquisaram a RE de faixa ampla em crianças entre 5 e 7 anos de idade, sendo 78 sem alterações de orelha média e 64 com alteração de orelha média. Crianças chinesas, também integrantes do estudo, apresentaram menores valores de RE na faixa de frequências médias. Os resultados também foram significativamente diferentes dos obtidos anteriormente em estudo com adultos. O grupo com

alteração da orelha média foi significativamente diferente entre quatro condições: orelha média normal, leve pressão negativa, severa pressão negativa e efusão.

Em adultos, Feeney et al. (2004) utilizaram medidas de reflectância de faixa ampla na pesquisa de reflexo acústico estapediano ipsi e contralateral em jovens com audição dentro da normalidade. Com este experimento, foram encontradas medidas de reflexo acústico em 8 indivíduos que não apresentaram o mesmo pelo método convencional com a sonda de 226 Hz. O estudo mostrou maior sensibilidade do exame quando se utiliza a RE de faixa ampla.

Dez adultos com alterações auditivas participaram de pesquisa de RE de faixa ampla, com estímulo *chirp* entre 200 e 10.000 Hz., em que os resultados foram diferentes do grupo controle, composto por 40 indivíduo. O grupo estudo exibiu padrões distintos para otite média com efusão, otosclerose, descontinuidade da cadeia ossicular e perfuração da membrana timpânica. Feeney et al. (2003) atribuíram à pesquisa da RE, maior sensibilidade para alterações de orelha média. Tal fato se deve a dois casos com resultado falso-negativo, dentre 13 orelhas pesquisadas. Uma orelha com otosclerose e uma com disjunção da cadeia ossicular apresentaram timpanogramas normais e alteração na pesquisa da RE de faixa ampla.

Foi constatada influência da idade na pesquisa da reflectância de faixa ampla com estímulo *chirp*, de 200 a 10.000 Hz.. Feeney e Sanford (2004), ao pesquisarem o tema em adultos sem alteração auditiva, encontraram padrão diferente de RE, com significância estatística, para indivíduos com idade acima de 60 anos, em comparação a achados de adultos com 30 anos de idade. No grupo com idade maior, houve diminuição da reflectância entre 800 e 2000 Hz. e um aumento por volta de 4000 Hz. Os autores atribuíram os achados a uma diminuição da rigidez no sistema da orelha média, com o aumento da idade, sugerindo ainda um componente condutivo para a presbiacusia e redução da amplitude das EOA.

Shahnaz e Bork (2006) avaliaram, por meio da RE de faixa ampla, a orelha média de jovens adultos caucasianos (64 orelhas de 62 indivíduos) e chineses (121 orelhas de 64 indivíduos), todos com audição dentro dos limites de

normalidade, entre 18 e 32 anos de idade. Os chineses apresentaram RE significativamente mais baixa do que os caucasianos nas altas frequências. Porém, os caucasianos tiveram RE mais baixa que os chineses nas baixas frequências. Os autores citam como possível justificativa aos resultados, a diferença de peso e altura entre os dois grupos étnicos, o que pode resultar em diferenças no tamanho do MAE e volume da orelha média entre os dois grupos. É possível também que os chineses tenham diferentes características de orelha média em relação aos caucasianos e isso pode ter interferido nas medidas de RE.

Shahnaz et al. (2009) compararam achados de RE da orelha média de indivíduos com otosclerose (1 orelha de cada um dos 28 participantes) cirurgicamente confirmada aos dados de 62 indivíduos com audição dentro dos limites de normalidade. Estes eram caucasianos participantes de um estudo anterior (Shahnaz e Bork, 2006). A RE antes de 1000 Hz. foi significativamente mais alta nas orelhas com otosclerose do que nas normais, indicando que a maior parte da energia incidente antes de 1000 Hz. é refletida de volta ao MAE, mostrando que o procedimento distinguiu orelhas otoscleróticas de normais.

Em população com SD, o primeiro estudo sobre a RE de faixa ampla publicado em periódico especializado, avaliou a função da orelha média em 14 crianças com timpanometria normal comparadas a um grupo controle, entre 2 e 5 anos, sendo 19 orelhas por grupo (Kaf, 2011). Foi utilizado o estímulo *chirp*, entre 220 e 8000 Hz. Dentre os indivíduos com SD, 63% apresentaram alteração na medida da reflectância quando comparados ao grupo controle. A RE foi significativamente mais baixa do que a do grupo controle, entre 5700 e 8000 Hz. O autor considerou a pesquisa da reflectância como uma ferramenta de maior valor do que a timpanometria em crianças com SD e sugeriu que a RE mais baixa nesta população, mesmo com timpanograma normal, pode estar associada a alterações congênitas de orelha média.

3.4 Emissões otoacústicas

A primeira documentação de que a orelha poderia gerar sons, data de 1700, com Giuseppe Tartini. Nascido na atual Eslovênia, Tartini estudou violino e chegou a ser maestro. Escreveu alguns tratados sobre harmonia e acústica relacionada à música. Ao tocar violino, percebeu sons que não eram produzidos pelo instrumento. Hipotetizou, então, que a orelha os produzia. Nos anos de 1800, Vieth, que também era músico, utilizou o termo “tons de combinação” para descrever a sensação de tons extra gerados pela orelha (Dhar e Hall, 2012).

Helmholtz, médico e físico alemão, acreditava em um modelo linear que não considerava a geração de sons adicionais dentro da orelha. Ele sugeria que ela era essencialmente um analisador de frequências. Posteriormente, Békésy observou que as diferentes regiões da cóclea pareciam estar mecanicamente associadas. Descreveu movimentos oscilatórios da membrana basilar, que vibrava a partir de uma estimulação acústica, como uma “onda viajante”. Durante a propagação, esta onda aumenta em amplitude, atinge um pico e abruptamente decai (Kurc, 1999).

A vibração máxima da membrana basilar varia de acordo com a frequência do estímulo, sendo a região basal da cóclea responsável pelas frequências mais altas, por ser fina e rígida. Já a região apical é responsável pelos sons de baixa frequência, por ser mais espessa e flácida. (Moller, 2006).

Após estimular acusticamente orelhas com audição dentro dos limites de normalidade, Kemp (1978) conseguiu captar respostas que relacionou à atividade das células ciliadas externas (CCE) da cóclea, idéia postulada 30 anos antes (Gold, 1948). Parte dessa energia gerada pós estimulação retornou da cóclea, e foi retransmitida ao MAE, através do sistema tímpano-ossicular. Estes sinais, as EOA, foram captados por um microfone miniaturizado adaptado no MAE. Tal método não quantifica a perda auditiva, entretanto pode detectar a sua ocorrência porque as EOA evocadas estiveram presentes em orelhas funcionalmente normais e não foram observadas em orelhas com perda auditiva neurosensorial.

A onda sonora provoca movimento da endolinfa, deflexão mecânica do feixe de estereocílios das CCE, gerando a transdução mecano-elétrica. Cada estereocílio tem uma conexão chamada *tip link* que o liga ao estereocílio vizinho. Acredita-se que um canal iônico de transdução esteja ligado ao *tip link*. (Pickles et al., 1984). Nessa transdução, ocorre a abertura do canal iônico, com entrada de cálcio e potássio. Ocorre, então, uma diferença de potencial entre o interior da escala média, que fica mais positivo e o interior da CCE, que fica mais negativo, o que desencadeia movimentos de alongamento e encurtamento nas células gerando as EOA (Davis, 1983; Brownell, 1985).

As EOA são frequência-específica, tornando possível obter simultaneamente informações de diferentes locais da cóclea. Nenhum outro teste clínico verifica a especificidade da biomecânica coclear, é rápido, não invasivo, objetivo, sensível, seletivo por frequência e pode ser aplicado em locais sem tratamento acústico. Porém, suas respostas não podem ser traduzidas em limiares auditivos, não substituindo a audiometria tonal. Todas estas vantagens justificam a utilização das EOA em populações de difícil testagem. Em uma ampla explanação, Kemp (2002) relatou a importância de tal exame em diagnósticos diferenciais, monitoramento de tratamentos, seleção de próteses auditivas e condutas cirúrgicas. As melhores respostas de EOA ocorrem para a orelha direita e para o gênero feminino (Basseto, 1998; Durante et al., 2005)

As EOA podem ser espontâneas, sendo detectáveis em uma ou mais frequências. São estímulos tonais naturalmente emitidos pela cóclea, na ausência de estimulação acústica, mais prevalentes no gênero feminino e não são clinicamente utilizadas. Estão presentes em 50% das orelhas normais em adultos, mas já antes do nascimento podem estar presentes em mais de 70% das orelhas (Morlet et al., 1995).

As EOA evocadas estão presentes em todas as orelhas normais e podem ser pesquisadas por estímulo transiente, um breve clique ou *tone burst*, por estímulo-freqüência, um tom puro contínuo de fraca intensidade ou por produto de distorção, dois tons puros de longa duração com freqüências diferentes simultaneamente (Kemp, 1978; Lonsbury-Martin et al., 2001).

Estímulos transientes do tipo clique e do tipo *tone burst* podem ser usados para evocar as EOA. O clique é um som breve, com uma ampla gama de frequências pesquisadas em uma única coleta. Bebês e crianças apresentam maiores níveis de respostas até 5000 ou 6000 Hz. O estímulo *tone burst*, em que ocorre uma concentração de energia em uma faixa específica de frequência (Kemp et al., 1990), permite aprimorar o diagnóstico audiológico (Luts, 2006) ou complementar exames de triagem auditiva neonatal realizada com estímulo clique, em casos de falha em alguma frequência (McPherson et al., 2006).

EOA evocadas por estímulo produto de distorção são registradas a partir de estimulação à cóclea, simultaneamente por dois tons puros. A cóclea gera como resposta, um terceiro sinal tonal adicional de frequência relacionada aos tons apresentados. Considerando-se os dois tons apresentados como f_1 e f_2 , a relação $2f_1-f_2$ é a que evoca respostas de maior amplitude (Lonsbury-Martin et al., 2001).

Na pesquisa das EOA, o estímulo utilizado e a resposta coclear, passam necessariamente pelas estruturas da orelha média, o que sugere que o estado desta influencia duplamente os registros das emissões cocleares. Dessa forma, qualquer patologia pode influenciar grandemente a captação adequada das respostas, primeiro comprometendo a apresentação do estímulo e, posteriormente a propagação da energia das EOA em direção ao MAE (Dhar e Hall, 2012).

Trine et al. (1993) estudaram dados de 14 orelhas de 12 participantes entre 2 e 58 anos, com audição dentro dos limites de normalidade. Os autores constataram interferência da pressão negativa da orelha média na captação das EOA, aumentando índices de falso-positivo.

Uchida et al. (2006) verificaram o efeito de diferentes condições da orelha média nas EOAPD em 1043 adultos com audição dentro dos limites de normalidade entre 40 e 82 anos de vida. Maiores valores de admitância estática estiveram relacionados a menores relações sinal-ruído nas EOAPD entre 2000 e 4000 Hz. Menores valores de pressão no pico timpanométrico estiveram associados a menores valores de relação sinal-ruído nas EOAPD ao redor de 1000 e 2000 Hz. em homens, e por volta de 1000 Hz. em mulheres.

4 – MÉTODOS

O presente estudo foi analisado e aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), sob protocolo n.º. 143/10 (Anexo A).

Os dados foram coletados no Centro de Docência e Pesquisa em Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Audição Humana, no período de setembro de 2010 a dezembro de 2011.

Os responsáveis pelos indivíduos participantes da pesquisa foram convidados a consentir a participação de seus filhos, após explicações dos objetivos do estudo e, caso concordassem, os procedimentos seriam iniciados após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

4.1 Casuística

Para este estudo, inicialmente foram coletados dados de 45 indivíduos entre 2 anos e 4 meses e 16 anos e 3 meses, sendo 30 sujeitos com SD (Grupo Estudo - GE) e 15 sujeitos com desenvolvimento típico, sem queixas auditivas e com audição dentro dos limites de normalidade (Grupo Controle GC).

Os participantes do GE foram encaminhados pelo Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Síndromes e Alterações Senório-Motoras do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP, onde são submetidos à terapia Fonoaudiológica semanal.

Os indivíduos do GC participaram da pesquisa após seus responsáveis telefonarem depois de terem visto cartaz confeccionado, impresso e afixado nas creches integrantes do Programa Creche (Oeste e Central) - estágio supervisionado do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP, nas dependências do

Centro de Docência e Pesquisa em Fisioterapia, Fonoaudiologia, e Terapia Ocupacional (CDP) e ainda após o convite de alunos que frequentavam o mesmo prédio.

A distribuição dos participantes ocorreu da seguinte forma:

Grupo Estudo (GE) – composto por 30 indivíduos com SD. Os integrantes deste grupo foram distribuídos em subgrupos de acordo com os resultados do exame de timpanometria de cada orelha, separadamente, visto que cada orelha pode apresentar funcionamento diferente da outra, em um mesmo indivíduo. A classificação do timpanograma ocorreu de acordo com critérios utilizados por Jerger (1970), com pico de admitância considerado normal a partir de 0,2 ml (Hall e Chandler, 1994; Kaf, 2011). A partir da classificação do timpanograma, a distribuição em subgrupos ocorreu de acordo com os critérios utilizados por Beers et al. (2010), que considerou também o resultado da pressão (daPa) no pico de admitância.

Grupo Controle (GC) – composto por 15 indivíduos, com desenvolvimento típico, sem queixas auditivas e sem alterações de orelha média constatadas à timpanometria (Jerger, 1970; Hall e Chandler, 1994), presença de EOA (Lonsbury-Martin et al, 2001), reflexos acústicos ipsilaterais presentes nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. e limiares auditivos dentro dos limites de normalidade entre 500 e 4000 Hz. (Northern e Downs, 2002; Russo et al., 2007).

Os critérios de exclusão para participação do estudo foram:

- perfuração de membrana timpânica;
- excesso de cerume;
- alteração na imitanciometria no GC;
- não realização do exame da RE ou timpanometria (no GE);

- baixa qualidade nos registros da RE, com curvas obtidas fora de qualquer padrão de classificação já citado pela literatura, devido à adaptação inadequada da sonda no MAE, ou por presença de ruído, conforme exemplo na Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Exemplo de exame de RE com traçados de baixa qualidade, com traçados fora da faixa amarela (normalidade) estabelecida pelo fabricante

Após coleta inicial, considerando-se os critérios de exclusão do estudo, no GC, foram excluídos dados de 9 orelhas de 6 sujeitos (OD e OE de 3 sujeitos e 3 OD de outros 3 sujeitos). O Quadro 1 a seguir, exibe a idade, gênero, orelha excluída e motivo. Dos 15 participantes no início do estudo, foram excluídos dados de 9 orelhas, restando dados de 21 orelhas (de 12 sujeitos) para posterior análise. Todos os sujeitos excluídos não apresentaram queixas auditivas, entretanto os responsáveis foram orientados a procurar atendimento Fonoaudiológico e ou Otorrinolaringológico se houvesse posterior demanda.

Quadro 1 – Indivíduos excluídos no grupo controle

Gênero	Idade	Orelha excluída	Motivo	Total de orelhas
masculino	5a. 2m.	OD e OE	ausência reflexo 4 kHz em AO	2
masculino	5a.	OD e OE	ausência reflexo 4 kHz em AO e 500 Hz. OE	2
feminino	9a. 3m.	OD e OE	ausência reflexo 2 e 4 kHz. OD e todos OE	2
feminino	4a.	OD	ausência reflexo 4 kHz	1
masculino	5a. 6m.	OD	baixa qualidade RE	1
masculino	9a. 7m.	OD	Timpanometria tipo C	1
Total				9

Foram convidados a participar do GE 30 indivíduos. Segundo os critérios adotados, foram excluídos dados de 18 orelhas de 9 sujeitos (OD e OE de 8 sujeitos e 2 OD de outro sujeito). O Quadro 2, a seguir, exibe a idade, gênero, orelha excluída e motivo. Dos 30 participantes no início do estudo, restaram dados de 42 orelhas (de 22 sujeitos) para posterior análise.

Quadro 2 - Indivíduos excluídos no grupo estudo

Gênero	Idade	Orelha excluída	Motivo	Total de orelhas
masculino	7a 6m	OD e OE	baixa qualidade RE	2
masculino	4a 4m	OD e OE	não fez timpanometria	2
masculino	10a 6m	OD e OE	baixa qualidade RE	2
feminino	7a 7m	OD e OE	baixa qualidade RE	2
feminino	4a	OD e OE	não fez RE	2
feminino	7a 11 m	OD e OE	baixa qualidade RE	2
masculino	5a3m	OD e OE	suspeita micro perfuração	2
masculino	14a 6m	OD e OE	baixa qualidade RE	2
feminino	12a 6m	OE	baixa qualidade RE	1
masculino	9a 5m	OD	baixa qualidade RE	1
Total				18

Finalmente, após as exclusões, foram analisados os dados de 63 orelhas (pertencentes a 34 sujeitos), distribuídos em 5 subgrupos, de acordo com o resultado do exame de timpanometria, sendo um grupo controle (GC) sem a SD e quatro subgrupos com SD:

- 1) Grupo SD com timpanometria A – grupo SD timp A (N=19)
- 2) Grupo SD com timpanometria B – grupo SD timp B (N=13)
- 3) Grupo SD com timpanometria C com pressão entre -100 a -199 daPa no pico de admitância (Ym) – grupo SD timp C moderada (N=6)
- 4) Grupo SD com timpanometria C com pressão a partir de -200 daPa em direção a valores mais negativos no pico de admitância (Ym) - grupo SD timp C severa (N=4)
- 5) Grupo controle sem SD – GC (N=21)

4.2 Equipamento

Os equipamentos utilizados no presente estudo estão abaixo discriminados.

1. Otoscópio da marca *Heine* para inspeção visual do MAE.
2. Analisador de Orelha Média da marca *Interacoustics*, modelo AT235h (ANSI S3.39, 1987), com tons de sonda disponíveis nas frequências de 226, 678, 800 e 1000 Hz. a 85 dB NPS, faixa de pressão entre +300 e -600 daPa, à velocidade de 50 daPa/s, para a captação de medidas de admitância acústica. O equipamento foi utilizado para as medidas timpanométricas de forma automática e para as medidas dos reflexos acústicos ipsilaterais, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz., de forma manual.
3. Cabina acústica, aferida de acordo com a norma ANSI (S.1-1991), para realização da audiometria tonal limiar e pesquisa do limiar de reconhecimento de fala (LRF).

4. Audiômetro da marca *Grason-Stadler*, modelo GSI-61, com faixa de frequências disponível para testagem por via aérea entre 125 e 12000 Hz. Por via aérea, o tom puro varia entre -10 e 110 dBNA para as frequências de 125 e 12000 Hz, de -10 a 115 dBNA para as frequências de 250 e 8000 Hz, e de -10 a 120 dBNA para as frequências de 500, 750, 2000, 3000, 4000 e 6000 Hz. Foi utilizado fone de ouvido supra-aural modelo TDH-50. A calibração do equipamento seguiu os padrões ANSI S 3.6 (1989).
5. Lista de vocábulos trissílabos para a pesquisa do LRF, proposta por Russo et al. (2007).
6. Middle-Ear Power Analyzer (MEPA3 – HearID) da marca *Mimosa Acoustics* (Champaign, IL) que obtém medidas de reflectância e de transmitância de energia da orelha média, por meio do software versão 3.3 (2007), que pode ser visualizado na Figura 2, a seguir. O equipamento dispõe de estímulos do tipo *chirp* e tons puros entre 200 e 6000 Hz. O software foi instalado em um computador portátil, da marca *Dell*. Uma placa de som, para o processamento de sinais digitais funcionou como pré-amplificador e esteve conectada por um cabo, ao computador e a uma sonda ER-10C (*Etymotic Research, Elk Grove Village, Illinois*) com duas saídas (transdutores) e uma entrada (microfone). Um dispositivo de quatro cavidades (CC4-V) foi utilizado para a calibração diária da sonda.

Figura 2 – Equipamento MEPA3 – HearID *Mimosa Acoustics*

7. Olivas de silicone e espuma, disponíveis nos tamanhos, segundo a Figura 3, a seguir. Para o presente estudo, foram usadas duas diferentes olivas: a de silicone tamanho 03 e a de espuma tamanho 14B.

Figura 3 – Tipos e tamanhos de olivas do equipamento MEPA3

8. Analisador de Emissões Otoacústicas (EOA) da marca *Otodynamics*, versão ILO 92 para captação das EOA evocadas por estímulo transiente (EOAT). A forma da curva do estímulo foi monitorada na orelha em “tempo-real”, garantindo qualidade e confiabilidade dos dados coletados. O software foi instalado em um computador de mesa, da marca IBM, processador Pentium, com monitor colorido.
9. Sonda para pesquisa das EOAT conectada ao canal A da unidade externa do Analisador de EOA.

4.3 Procedimento

Os procedimentos foram realizados em uma sessão, de aproximadamente 30 minutos para o GC e uma hora para o GE. Durante a coleta de dados da grande maioria dos integrantes do GE, foi necessário o auxílio de outro pesquisador pós-graduando, utilizando brinquedo ou livro para que a criança permanecesse o máximo possível sem se movimentar.

Foram incluídos no estudo, dados dos participantes que realizaram no mínimo a RE e a timpanometria, pois o critério de distribuição dos grupos dependia deste último exame.

Após o consentimento de participação na pesquisa e a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B) pelo responsável, os participantes foram submetidos aos procedimentos descritos no próximo item.

4.3.1 Avaliação audiológica básica

- Inspeção do MAE

A inspeção do MAE foi realizada em todos os integrantes do estudo, a fim de se verificar algo que impedisse a realização do exame, como por exemplo a presença de cerume ou perfuração timpânica.

- Medidas de imitância acústica com frequência única de sonda

As medidas de imitância acústica convencionais incluíram timpanometria com tom de sonda na frequência de 226 Hz. no modo automático do equipamento e pesquisa do limiar de reflexo acústico ipsilateral, no modo manual, para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

- Audiometria tonal limiar

A audiometria tonal limiar foi realizada nas frequências de 500 a 4000 Hz com método descendente em 10 dB e ascendente em 5 dB com início na frequência de 1000 Hz, seguida das frequências de 2000, 3000, 4000 e 500 Hz. Nem todos os participantes com SD conseguiram realizar esta etapa, mesmo com a utilização de condicionamento.

- Limiar de Reconhecimento de fala

O LRF obtido foi o nível mínimo em que a criança compreendeu 50% das palavras faladas pelo examinador, e deveria estar compatível com a média dos limiares tonais entre 500 e 2000 Hz., ou compatível com o melhor limiar tonal se

houve diferença de 15 dB entre as frequências de fala (Silman e Silverman, 1997). Para algumas crianças SD, foi realizado o LRF com ordens simples.

4.3.2 Reflectância de energia

Antes da pesquisa da RE, diariamente foi realizada a calibração da sonda. Foi utilizada a unidade de calibração (CC4-V) com quatro cavidades, de 0,74 cm. de diâmetro, cada uma, semelhante à medida do diâmetro do MAE humano, para medir o nível de pressão sonora equivalente Thévénin (Voss e Allen, 1994). A área transversal do MAE é estimada a partir do tipo e tamanho de oliva selecionados no computador.

A unidade de calibração possui, além das quatro cavidades, duas entradas, sendo uma para cada tipo de oliva a ser utilizada (silicone ou espuma), pois cada uma requer uma calibração específica. A sonda foi recalibrada sempre que se optou por utilizar um tipo diferente de oliva.

Para a calibração, a oliva foi inserida na sonda e, no caso da oliva de espuma (tamanho 14B), inicialmente a mesma foi comprimida com cuidado e inserida na entrada da unidade de calibração correspondente. Após dois minutos, aguardando-se o tempo de expansão da oliva, as medições foram iniciadas. Não foi necessário comprimir a oliva de silicone (tamanho 03), pois esta era do mesmo tamanho da entrada da unidade de calibração.

Com a calibração iniciada, para cada medição, a resposta de pressão foi traçada em relação ao ruído de fundo para cada frequência (Allen et al 2005), o que pode ser visto na Figura 4, a seguir. O ideal é manter uma relação sinal-ruído de pelo menos 40 dB. Em cada uma das quatro cavidades, a calibração foi realizada duas vezes, sendo uma para cada transdutor da sonda, canal 1 e canal 2, segundo Voss e Allen (1994). Durante o procedimento, sempre em local silencioso, a unidade permaneceu sempre na mesma posição.

Figura 4 – Calibração, com a representação do estímulo de faixa ampla (verde) e do ruído de fundo (laranja)

Finalizada a calibração, foi possível visualizar graficamente a representação da relação sinal-ruído para cada uma das quatro cavidades, bem como a adequação ou não do procedimento, conforme a Figura 5, a seguir. A calibração foi considerada adequada quando demonstrou um índice de aprovação a partir de 90%. Então, o procedimento foi salvo e os exames, iniciados.

Figura 5 – Calibração finalizada, com a representação da relação sinal-ruído para cada cavidade (esquerda) e as medidas obtidas (direita) dentro da faixa de tolerância (amarelo)

Após colocar os dados do participante no computador, a sonda, com a oliva de espuma para a maioria dos participantes, foi inserida no MAE. Outra calibração, dentro do MAE, foi então iniciada.

A oliva utilizada foi escolhida na tela do exame e uma calibração com um estímulo tom puro de 1000 Hz a 60 dB NPS foi iniciada, o que pode ser visto na Figura 6, a seguir. Em condições ideais, com o participante sem se mover ou fazer ruídos e em um ambiente silencioso, seria possível obter o mínimo de 40 dB de relação sinal-ruído. A partir desse ponto, a calibração foi aceita para iniciar o exame.

Figura 6 – Calibração no MAE, com o estímulo (verde) e o ruído (laranja)

Após a calibração no MAE, foram obtidas as medidas de RE de faixa ampla para os estímulos *chirp* em 248 frequências, com incrementos de 23 Hz., entre 211 e 6000 Hz., e uma série de tons puros, entre 257 e 6000 Hz., à intensidade de 60 dB NPS, com duração de 0,1 a 10 segundos por ponto. A visualização dos dois tipos de pesquisa encontra-se na Figura 7, a seguir.

Figura 7 – Coleta de dados da RE, com estímulo *chirp* (direita) e tons puros (esquerda)

A calibração no MAE e a pesquisa das medidas de RE foram realizadas duas vezes em cada orelha, para cada participante. A seguir, na Figura 8, pode ser visualizado um exemplo de exame coletado em participante com condição normal de orelha média.

Figura 8 – Exemplo de exame de RE, em condição normal de orelha média, com estímulo *chirp* (linhas contínuas) e tons puros (asterisco)

O sistema MEPA3 utilizado no presente estudo fornece representações gráficas em forma de porcentagem (0 a 100% de energia absorvida), porém, a versão utilizada não disponibiliza os valores separadamente em tabelas. Dessa

forma, utilizou-se um programa desenvolvido na linguagem de programação Visual Basic que gerou planilhas com os dados no software Excel, a partir dos dados de arquivos com extensão txt.

Para o tratamento dos dados, foi realizada a média aritmética entre os valores de teste e reteste, para os dois tipos de estímulo, uma vez que as duas coletas (teste e reteste) estavam dentro da faixa de normalidade exibida pelo equipamento, além de serem visualmente muito similares.

Os dados obtidos com o estímulo de tons puros foram analisados em suas nove frequências pesquisadas, sendo: 257, 492, 750, 1007, 1500, 1992, 3000, 4007, e 6000 Hz.

Considerou-se que seria visualmente inviável analisar as 248 frequências pesquisadas a partir do estímulo *chirp*. Optou-se, então, por reduzi-las a partir de uma média geométrica para 1/3 de oitava, restando 15 frequências para análise, sendo: 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000 e 6300 Hz., assim como nos estudos de Beers et al. (2010), Vander Werff (2007) e Prieve et al. (2013).

4.3.3 Emissões otoacústicas evocadas

A captação das EOA foi realizada no modo *quickscreen* do programa, que utiliza um modo não-linear padrão, constituído por quatro estímulos, sendo três de mesma polaridade e o quarto de polaridade invertida e três vezes maior em sua amplitude. O tempo de análise da resposta foi de 12 ms. Os estímulos empregados foram do tipo clique, com 80 ms de duração e intensidade entre 78 e 83 dB pico equivalente, com coleta de 260 estímulos.

Foram consideradas para análise as variáveis *Response* (resposta geral), reprodutibilidade geral e respostas nas bandas de frequência de 1000, 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz.

4.4 Análise Estatística

As seguintes técnicas foram utilizadas na análise estatística dos dados:

- Teste t-Student para a comparação das médias de idade nos grupos Controle e SD;
- Teste quiquadrado para a comparação das distribuições de gênero nos grupos Controle e SD;
- Análise de variância para a comparação das médias de V_{MEC} nos cinco grupos. Para localizar as diferenças entre as médias foi utilizado o método de comparações múltiplas de Tukey (Neter et al., 2005).
- Teste de Kruskal-Wallis (Neter et al., 2005) para a comparação das distribuições de Y_{MT} , PPT, RE com estímulo *chirp* e tons puros, em cada frequência, nos cinco grupos estudados. Para localizar as diferenças foi utilizado o método proposto por Dunn (1964);
- A técnica de Análise de agrupamentos (Johnson e Whichern, 2007) foi aplicada com o objetivo de formar grupos homogêneos de participantes quanto ao perfil do limiar na audiometria. O método de agrupamentos utilizado foi o da média das distâncias, e a distância considerada foi a euclidiana. Os mesmos métodos foram adotados na formação de agrupamentos de crianças com perfil semelhante das EOA;
- Para avaliar o efeito de grupo e frequência nas medidas de reflexo acústico, foi aplicada a técnica não paramétrica de Análise de variância não paramétrica com medidas repetidas (Brunner e Puri, 2001);
- Como medida de correlação entre V_{MEC} , reflectância, PPT e Y_{MT} , foi considerado o coeficiente de correlação de Spearman (Fisher e van Belle, 1993).

Nos testes de hipótese foi fixado nível de significância de 0,05.

A análise estatística foi realizada com o auxílio dos aplicativos Minitab (versão 16) , SPSS (versão 18) e Statistica (versão 11). A função ANOVA.NPar (em R)

(Santos e Singer, 2012) foi utilizada na aplicação da técnica de análise de variância não paramétrica com medidas repetidas.

5 – RESULTADOS

Os resultados obtidos foram distribuídos em tópicos, conforme a sequência a seguir:

- 5.1) distribuição da amostra
- 5.2) avaliação da função da orelha média por meio de sonda de frequência única
- 5.3) caracterização da audição por audiometria e medidas de reconhecimento de fala
- 5.4) caracterização da função coclear por medidas de emissões otoacústicas
- 5.5) caracterização da função de orelha média por medida de faixa ampla.
- 5.6) correlações de V_{MAE} , PPT, Y_{MT} e EOAT e reflectância com estímulo do tipo *chirp* e análise discriminante

5.1) Distribuição da amostra

Foram analisados os dados de 34 participantes, inicialmente distribuídos em dois grupos, sendo 12 indivíduos do controle (GC) e 22 indivíduos do estudo (GE). No GC, 7 (58,3%) crianças são do gênero masculino e no GE, 10 (45,5%) crianças são do gênero masculino e não há diferença significativa entre esta distribuição nos dois grupos ($p=0,515$), a partir de análise realizada com o teste quiquadrado. As estatísticas descritivas para a idade, em meses, podem ser visualizadas na Tabela 1, abaixo, sem diferença significativa entre as médias para os dois grupos ($p=0,641$). Para esta análise, foi utilizado o teste t-Student.

Tabela 1- Estatísticas descritivas para a idade para GC e GE

Grupo	N	Média (meses)	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Controle	12	95,1	46,0	37	88	167
Estudo	22	103,0	47,1	28	101	195

Legenda: N - número de participantes

Os dados analisados referem-se a um total de 63 orelhas e foram distribuídos em cinco grupos, segundo a Tabela 2, a seguir.

Tabela 2- Distribuição dos dados a partir do resultado da timpanometria

Grupo	SD timp A	SD timp B	SD timp C mod	SD timp C sev	Controle	Total
N	19	13	6	4	21	63
%	30,2	20,6	9,5	6,4	33,3	100,0

Legenda: N – número de orelhas; % percentual de orelhas

5.2) Avaliação da função da orelha média por meio de sonda de frequência única

• Timpanometria

A Tabela 3, a seguir, exibe os valores de estatísticas descritivas para V_{MAE} , PPT e Y_{MT} , por grupo. Vale lembrar que o grupo SD timp B não apresentou valores de PPT e Y_{MT} .

Tabela 3- Estatísticas descritivas para V_{MAE} , PPT e Y_{MT} , por grupo

Variável	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
V_{MAE} (ml)	SD timp A	19	0,49	0,16	0,27	0,46	0,80
	SD timp B	13	0,47	0,15	0,28	0,41	0,68
	SD timp C mod	6	0,46	0,14	0,31	0,43	0,69
	SD timp C sev	4	0,37	0,11	0,22	0,39	0,47
	Controle	21	0,74	0,21	0,39	0,79	1,09
PPT(daPa)	SD timp A	19	-33,53	32,38	-93,00	-23,00	19,00
	SD timp C mod	6	-115,33	11,09	-130,00	-116,50	-101,00
	SD timp C sev	4	-285,75	61,88	-346,00	-298,50	-200,00
	Controle	21	-24,62	21,89	-80,00	-23,00	16,00
Y_{MT} (ml)	SD timp A	19	0,42	0,21	0,20	0,37	1,12
	SD timp C mod	6	0,29	0,07	0,22	0,29	0,39
	SD timp C sev	4	0,24	0,04	0,21	0,23	0,30
	Controle	21	0,55	0,17	0,28	0,50	0,90

Legenda: V_{MAE} – Volume Equivalente do meato Acústico Externo; PPT – Pressão do pico timpanométrico; Y_{MT} – Admitância compensada na altura da membrana timpânica; N - número de orelhas

Os valores individuais e médios das variáveis acima, estão representados no Gráfico 1, a seguir.

Gráfico 1 - Valores de valores individuais e médios para V_{MAE} (ml), PPT (daPa) e Y_{MT} (ml), por grupo

Quando analisados os cinco grupos estudados, pela técnica de ANOVA, houve diferença significativa entre os valores médios de V_{MAE} ($p < 0,001$). Os grupos foram, então comparados dois a dois e constatou-se diferença significativa entre a média do GC e as dos demais grupos. Porém, não houve diferença significativa entre as médias de V_{MAE} entre os quatro grupos com SD, a partir do método de Tukey. As comparações, bem como os p-valores obtidos, podem ser visualizadas na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4- Comparação das médias de V_{MAE} nos cinco grupos, duas a duas

Comparação	Diferença entre as médias	Erro padrão	p-valor
SD timp B - SD timp A	-0,029	0,062	0,990
SD timp C mod- SD timp A	-0,034	0,081	0,993
SD timp C sev- SD timp A	-0,127	0,095	0,676
Controle - SD timp A	0,242	0,055	0,001
SD timp C mod- SD timp B	-0,005	0,086	>0,999
SD timp C sev- SD timp B	-0,098	0,099	0,860
Controle - SD timp B	0,270	0,061	0,000
SD timp C sev- SD timp C mod	-0,093	0,112	0,922
Controle - SD timp C mod	0,276	0,080	0,009
Controle - SD timp C sev	0,368	0,095	0,002

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

A análise realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis mostrou que as médias de PPT não foram estatisticamente iguais nos cinco grupos ($p < 0,001$), assim como as de Y_{MT} ($p < 0,001$). Então, a partir do procedimento proposto por Dunn (1964), constatou-se que, em relação à PPT, não houve diferença significativa entre as médias do GC e SD timp A e entre SD timp C sev e SD timp C mod. Ainda a partir do mesmo procedimento, em relação à Y_{MT} , constatou-se diferença significativa entre o GC e SD timp C mod e entre o GC e SD timp C sev. A Tabela 5, a seguir exibe as comparações realizadas, bem como os p-valores obtidos.

Tabela 5- Comparação das médias de PPT e Y_{MT} nos grupos SD timp A, SD timp C mod, SD timp C sev e Controle, duas a duas

Comparação	PPT (daPa)	Y_{MT} (ml)
SD timp C mod x SD timp A	0,010	0,628
SD timp C sev x SD timp A	0,006	0,266
Controle x SD timp A	>0,999	0,070
SD timp C sev x SD timp C mod	>0,999	>0,999
Controle x SD timp C mod	0,002	0,005
Controle x SD timp C sev	0,001	0,003

Legenda: PPT – Pressão do Pico Timpanométrico; Y_{MT} – Admitância Compensada na altura da membrana timpânica.

- **Reflexo acústico ipsilateral**

As estatísticas descritivas para as medidas do reflexo acústico ipsilateral para os cinco grupos estudados estão na Tabela 6, a seguir. Os valores individuais e médios do reflexo acústico em cada grupo estão representados no Gráfico 2 (Anexo C). É importante lembrar que, para uma adequada análise dos dados, em casos de ausência de limiar de reflexo acústico, foi atribuído o valor de 5 dBNA acima da saída máxima do equipamento. Os valores máximos foram de 105 dBNA para 500 Hz., 110 dBNA para 1000 Hz., 105 dBNA para 2000 Hz. e 100 dBNA para 4000 Hz.

Tabela 6- Estatísticas descritivas para os reflexos acústicos ipsilaterais (dBNA)

Frequência (Hz)	Classificação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
500	SD timp A	19	102,1	8,6	80	105	110
	SD timp B	13	110,0	0,0	110	110	110
	SD timp C mod.	6	106,7	5,2	100	110	110
	SD timp C severa	4	110,0	0,0	110	110	110
	Controle	21	92,4	5,2	85	95	100
1000	SD timp A	19	106,8	7,7	90	110	115
	SD timp B	13	115,0	0,0	115	115	115
	SD timp C mod.	6	110,8	6,6	100	115	115
	SD timp C severa	4	115,0	0,0	115	115	115
	Controle	21	98,8	6,5	85	100	110
2000	SD timp A	19	100,8	9,0	80	100	110
	SD timp B	13	110,0	0,0	110	110	110
	SD timp C mod.	6	108,3	4,1	100	110	110
	SD timp C severa	4	110,0	0,0	110	110	110
	Controle	21	93,3	4,3	85	95	100
4000	SD timp A	19	101,1	5,9	85	105	105
	SD timp B	13	104,6	1,4	105	105	105
	SD timp C mod.	6	102,5	6,1	90	105	105
	SD timp C severa	4	105,0	0,0	105	105	105
	Controle	21	91,0	6,6	80	90	100

Legenda: N – Número de orelhas

A partir da análise de variância não paramétrica com medidas repetidas para dados ordinais, constatou-se interação entre grupo e frequência ($p=0,004$), ou seja, a diferença entre os grupos não é a mesma em todas as frequências. Foi então realizada a comparação em cada frequência por grupo, dois a dois, com correção pelo procedimento de Bonferroni. Tais comparações, bem como os p-valores, estão na Tabela 7 a seguir. Entretanto, como o tamanho das amostras em alguns grupos foi pequena, somente diferenças extremas são consideradas significativas e por isto, p-valores entre 0,05 e 0,10 estão também salientados na tabela.

Tabela 7- Comparação das médias dos limiares de reflexo acústico ipsilateral nos cinco grupos, duas a duas

Comparação	Frequência (Hz)			
	500	1000	2000	4000
SD timp B x SD timp A	0,068	0,028	0,033	>0,999
SD timp C mod x SD timp A	>0,999	>0,999	0,652	>0,999
SD timp C sev x SD timp A	0,766	0,507	0,549	>0,999
Controle x SD timp A	0,010	0,052	0,053	<0,001
SD timp C mod x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
SD timp C sev x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp B	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
SD timp C sev x SD timp C mod	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp C mod	0,005	0,021	0,002	0,005
Controle x SD timp C sev	0,002	0,003	0,004	0,003

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

5.3) Caracterização da audição por audiometria e medidas de reconhecimento de fala

- **Audiometria tonal limiar**

A Tabela 8, a seguir, exhibe os valores de estatísticas descritivas para o limiar na audiometria tonal, por grupo e por frequência. Os perfis individuais dos

cinco grupos estão representados em Anexo, no Gráfico 3, em que se nota maior homogeneidade das respostas do GC em relação aos demais grupos.

Tabela 8- Estatísticas descritivas para o limiar na audiometria tonal, por via aérea, por grupo nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

Frequência (Hz.)	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
500	SD timp A	15	18,3	6,5	5	20	30
	SD timp B	7	33,6	8,5	20	35	45
	SD timp C mod	1	35,0	-	35	35	35
	SD timp C sev	1	25,0	-	25	25	25
	Controle	21	7,1	5,4	0	5	15
1000	SD timp A	15	17,3	5,9	10	15	30
	SD timp B	7	34,3	12,4	15	35	55
	SD timp C mod	1	25,0	-	25	25	25
	SD timp C sev	1	25,0	-	25	25	25
	Controle	21	7,9	4,1	0	5	15
2000	SD timp A	15	18,7	10,8	10	15	50
	SD timp B	7	32,1	12,9	15	30	55
	SD timp C mod	1	35,0	-	35	35	35
	SD timp C sev	1	25,0	-	25	25	25
	Controle	21	7,6	3,7	0	5	15
3000	SD timp A	13	14,2	9,3	0	15	35
	SD timp B	2	17,5	17,7	5	17,5	30
	SD timp C mod	1	35,0	-	35	35	35
	SD timp C sev	1	15,0	-	15	15	15
	Controle	17	4,1	5,1	0	0	15
4000	SD timp A	15	20,3	12,2	0	15	45
	SD timp B	7	30,7	7,9	20	35	40
	SD timp C mod	1	40,0	-	40	40	40
	SD timp C sev	1	15,0	-	15	15	15
	Controle	21	5,2	4,3	0	5	15

Legenda: N – Número de orelhas; hífen – o fenômeno não existe

Foi realizada uma análise de agrupamentos em que as 45 orelhas pertencentes a indivíduos que realizaram a audiometria tonal limiar, foram

agrupadas em conjuntos homogêneos de acordo com o limiar nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Os resultados na frequência de 3000 Hz não foram considerados para a análise porque em algumas orelhas, tal frequência não foi testada. A formação e composição dos agrupamentos estão representadas no Gráfico 4, a seguir.

Gráfico 4 – Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamentos com os limiares da audiometria nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

Os valores de estatísticas descritivas para o limiar da audiometria tonal em cada agrupamento por frequência estão na Tabela 9 (Anexo D). A composição dos agrupamentos quanto aos grupos pode ser visualizada na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10- Composição dos agrupamentos da audiometria quanto aos grupos estudados

Agrupamento	SD timp A	SD timp B	SD timp C mod	SD timp C sev	Controle	Total
1	3 12,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	21 87,5%	24 100,0%
2	1 16,7%	4 66,7%	1 16,7%	0 0,0%	0 0,0%	6 100,0%
3	11 78,6%	2 14,3%	0 0,0%	1 7,1%	0 0,0%	14 100,0%
4	0 0,0%	1 100,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 100,0%
Total	15 33,30%	7 15,60%	1 2,20%	1 2,20%	21 46,70%	45 100,00%

- **Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF)**

As estatísticas descritivas para o LRF para os cinco grupos estudados encontram-se na Tabela 11, a seguir. Os valores individuais e médios do LRF em cada grupo estão no Gráfico 5 (Anexo C).

Tabela 11- Estatísticas descritivas para o LRF (dBNA) em cada grupo

Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
SD timp A	17	20,6	8,5	10	20	40
SD timp B	10	31,5	11,1	20	30	60
SD timp C mod	5	23,0	2,7	20	25	25
SD timp C sev	4	26,3	2,5	25	25	30
Controle	21	10,0	4,2	5	10	15

Legenda: N – Número de orelhas

A análise realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis mostrou que as médias LRF nos cinco grupos não foram estatisticamente iguais ($p < 0,001$).

A partir do procedimento proposto por Dunn (1964), constatou-se então, que o GC é significativamente diferente dos demais, e não houve diferença entre os grupos SD. A Tabela 12, a seguir exibe o p-valor para cada comparação realizada.

Tabela 12 - Comparação das médias do LRF nos cinco grupos, dois a dois

Comparação	p-valor
SD timp B x SD timp A	0,197
SD timp C modx SD timp A	>0,999
SD timp C sevx SD timp A	>0,999
Controle x SD timp A	0,004
SD timp C modx SD timp B	>0,999
SD timp C sevx SD timp B	>0,999
Controle x SD timp B	<0,001
SD timp C sevx SD timp C mod	>0,999
Controle x SD timp C mod	0,022
Controle x SD timp C sev	0,006

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

5.4) Caracterização da função coclear por medidas de emissões otoacústicas

A análise descritiva dos dados de EOA considerou 34 orelhas, que tiveram presença de resposta nesta medida. Nas Tabelas 13 e 14 a seguir, podem ser observados os valores de resposta para as frequências de 1000, 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz. e de response e reprodutibilidade, respectivamente. Vale ressaltar que o grupo SD timp B não teve integrantes com presença de resposta nesta medida.

Tabela 13 – Estatísticas descritivas para EOAT (dB) em 1000, 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz.

Frequência (Hz.)	Classificação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
1000	SD timp A	7	4,7	5,0	-1	7	11
	SD timp C sev	1	0,0	-	0	0	0
	Controle	21	11,7	6,8	-3	11	24
1500	SD timp A	11	8,8	6,0	-2	8	19
	SD timp C mod	1	-2,0	-	-2	-2	-2
	SD timp C sev	1	8,0	-	8	8	8
	Controle	21	16,4	6,9	5	16	30
2000	SD timp A	11	10,8	3,9	4	11	16
	SD timp C mod	1	11,0	-	11	11	11
	SD timp C sev	1	17,0	-	17	17	17
	Controle	21	18,1	6,1	5	18	31
3000	SD timp A	11	9,7	2,6	5	9	14
	SD timp C mod	1	13,0	-	13	13	13
	SD timp C sev	1	16,0	-	16	16	16
	Controle	21	16,1	5,7	3	17	25
4000	SD timp A	11	6,7	6,7	-5	7	16
	SD timp C mod	1	16,0	-	16	16	16
	SD timp C sev	1	6,0	-	6	6	6
	Controle	21	13,1	7,4	1	13	26

Legenda: N – Número de orelhas; hífen – o fenômeno não existe

Tabela 14– Estatísticas descritivas para response (dB) e reprodutibilidade (%) por grupo

Variável	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Response	SD timp A	11	6,2	2,3	3	5,8	10
	SD timp C mod	1	4,8	-	5	4,8	5
	SD timp C sev	1	9,9	-	10	9,9	10
	Controle	21	13,6	4,4	5	14,5	21
Reprodutibilidade	SD timp A	11	72,6	10,8	55	73	91
	SD timp C mod	1	64,0	-	64	64	64
	SD timp C sev	1	68,0	-	68	68	68
	Controle	21	93,4	5,8	80	95	99

Legenda: N – Número de orelhas; hífen – o fenômeno não existe

Os perfis individuais de EOAT, bem como os valores individuais e médios de *Response* e reprodutibilidade em cada grupo estão representados nos Gráficos 6 e 7, respectivamente (Anexo C).

Foi realizada uma análise de agrupamentos com o objetivo de formar grupos homogêneos internamente quanto às respostas das EOAT, por banda de frequência, *Response* e reprodutibilidade, e heterogêneos entre si. A formação e composição dos agrupamentos estão representadas no Gráfico 8 e na Tabela 15, respectivamente, a seguir. Os valores de estatísticas descritivas para as EOAT em cada agrupamento por frequência, estão na Tabela 16 (Anexo D).

Gráfico 8 – Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamentos realizada com as EOAT para 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz, response e reprodutibilidade

Tabela 15- Composição dos agrupamentos das EOA quanto aos grupos estudados

Agrupamento	SD timp A	SD timp C mod	SD timp C sev	Controle	Total
1	0	0	0	13	13
	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
2	7	0	1	8	16
	43,80%	0,00%	6,20%	50,00%	100,00%
3	3	1	0	0	4
	75,00%	25,00%	0,00%	0,00%	100,00%
4	1	0	0	0	1
	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

5.5) Caracterização da função de orelha média por medida de faixa ampla.

- **Estímulo do tipo *chirp***

Os valores de estatísticas descritivas para a reflectância, com estímulo do tipo *chirp*, por grupo, em cada frequência, encontram-se nas Tabelas 17, 18 e 19 a seguir. De uma forma geral, os valores médios e medianos da reflectância, com esse tipo de estímulo, são menores nos grupos Controle e SD timp A. Também há maior variabilidade de respostas no grupo SD timp B do que nos demais.

Tabela 17- Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo *chirp*, por grupo, em 250, 315, 400, 500 e 630 Hz.

Frequência (Hz.)	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
250	SD timp A	19	0,96	0,03	0,89	0,96	1,00
	SD timp B	13	0,97	0,05	0,87	1,00	1,00
	SD timp C mod	6	0,98	0,03	0,94	1,00	1,00
	SD timp C sev	4	0,96	0,05	0,92	0,96	1,00
	Controle	21	0,94	0,04	0,85	0,95	1,00
315	SD timp A	19	0,94	0,05	0,84	0,95	1,00
	SD timp B	13	0,97	0,05	0,85	0,99	1,00
	SD timp C mod	6	0,96	0,03	0,92	0,97	0,99
	SD timp C sev	4	0,96	0,04	0,91	0,98	1,00
	Controle	21	0,91	0,05	0,83	0,92	1,00
400	SD timp A	19	0,92	0,06	0,77	0,92	1,00
	SD timp B	13	0,95	0,07	0,84	0,98	1,00
	SD timp C mod	6	0,95	0,05	0,88	0,97	0,99
	SD timp C sev	4	0,95	0,05	0,88	0,97	1,00
	Controle	21	0,88	0,06	0,77	0,88	1,00
500	SD timp A	19	0,87	0,09	0,65	0,88	1,00
	SD timp B	13	0,92	0,10	0,72	0,96	1,00
	SD timp C mod	6	0,92	0,07	0,83	0,94	0,98
	SD timp C sev	4	0,92	0,08	0,81	0,94	1,00
	Controle	21	0,81	0,08	0,67	0,80	0,98
630	SD timp A	19	0,79	0,12	0,49	0,80	0,93
	SD timp B	13	0,88	0,14	0,57	0,94	1,00
	SD timp C mod	6	0,85	0,14	0,66	0,89	0,98
	SD timp C sev	4	0,87	0,06	0,78	0,89	0,93
	Controle	21	0,71	0,11	0,50	0,70	0,94

Legenda: N – Número de orelhas

NOTA: os valores das estatísticas descritivas estão entre 0 e 1 e represenam a porcentagem de energia refletida, sendo 0 equivalente a nenhuma reflexão de energia (absorção total) e 1 equivalente a 100% de reflexão (toda a energia foi refletida)

Tabela 18- Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo, *chirp*, por grupo em 800, 1000, 1250, 1600 e 2000 Hz.

Frequência (Hz.)	Classificação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
800	SD timp A	19	0,66	0,16	0,31	0,67	0,86
	SD timp B	13	0,85	0,14	0,52	0,89	0,98
	SD timp C mod	6	0,78	0,19	0,47	0,83	0,96
	SD timp C sev	4	0,81	0,10	0,66	0,85	0,89
	Controle	21	0,58	0,12	0,39	0,60	0,75
1000	SD timp A	19	0,52	0,21	0,13	0,58	0,78
	SD timp B	13	0,80	0,15	0,46	0,81	0,98
	SD timp C mod	6	0,69	0,20	0,46	0,70	0,93
	SD timp C sev	4	0,73	0,10	0,60	0,74	0,82
	Controle	21	0,45	0,10	0,30	0,44	0,62
1250	SD timp A	19	0,37	0,21	0,04	0,35	0,64
	SD timp B	13	0,74	0,17	0,36	0,74	0,96
	SD timp C mod	6	0,59	0,19	0,38	0,56	0,88
	SD timp C sev	4	0,65	0,15	0,42	0,70	0,77
	Controle	21	0,36	0,10	0,16	0,35	0,56
1600	SD timp A	19	0,25	0,13	0,05	0,25	0,47
	SD timp B	13	0,62	0,24	0,24	0,68	0,92
	SD timp C mod	6	0,47	0,24	0,16	0,51	0,78
	SD timp C sev	4	0,55	0,12	0,39	0,59	0,65
	Controle	21	0,32	0,12	0,03	0,32	0,53
2000	SD timp A	19	0,22	0,15	0,04	0,21	0,61
	SD timp B	13	0,49	0,31	0,07	0,49	0,91
	SD timp C mod	6	0,38	0,24	0,11	0,39	0,65
	SD timp C sev	4	0,36	0,15	0,15	0,41	0,47
	Controle	21	0,31	0,12	0,02	0,35	0,49

Legenda: N – Número de orelhas

NOTA: os valores das estatísticas descritivas estão entre 0 e 1 e representam a porcentagem de energia refletida, sendo 0 equivalente a nenhuma reflexão de energia (absorção total) e 1 equivalente a 100% de reflexão (toda a energia foi refletida)

Tabela 19 - Estatísticas descritivas para a reflectância com estímulo *chirp*, por grupo, em 2500, 3150, 4000, 5000 e 6300 Hz.

Frequência (Hz.)	Classificação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
2500	SD timp A	19	0,19	0,15	0,01	0,17	0,65
	SD timp B	13	0,40	0,33	0,04	0,35	1,00
	SD timp C mod	6	0,33	0,15	0,15	0,29	0,53
	SD timp C sev	4	0,24	0,17	0,11	0,18	0,49
	Controle	21	0,28	0,13	0,01	0,33	0,48
3150	SD timp A	19	0,25	0,21	0,01	0,30	0,73
	SD timp B	13	0,46	0,29	0,12	0,39	1,00
	SD timp C mod	6	0,46	0,13	0,30	0,46	0,59
	SD timp C sev	4	0,24	0,12	0,09	0,25	0,38
	Controle	21	0,30	0,19	0,01	0,35	0,58
4000	SD timp A	19	0,20	0,18	0,01	0,16	0,61
	SD timp B	13	0,43	0,30	0,03	0,29	1,00
	SD timp C mod	6	0,43	0,13	0,25	0,45	0,59
	SD timp C sev	4	0,24	0,21	0,03	0,21	0,49
	Controle	21	0,27	0,14	0,01	0,26	0,50
5000	SD timp A	19	0,41	0,23	0,06	0,42	0,92
	SD timp B	13	0,47	0,28	0,04	0,39	0,93
	SD timp C mod	6	0,53	0,09	0,39	0,53	0,62
	SD timp C sev	4	0,44	0,15	0,25	0,45	0,61
	Controle	21	0,43	0,25	0,01	0,52	0,78
6300	SD timp A	19	0,56	0,29	0,02	0,64	0,95
	SD timp B	13	0,64	0,27	0,12	0,68	1,00
	SD timp C mod	6	0,66	0,21	0,32	0,65	0,88
	SD timp C sev	4	0,62	0,26	0,23	0,74	0,76
	Controle	21	0,55	0,21	0,13	0,61	0,94

Legenda: N – Número de orelhas

NOTA: os valores das estatísticas descritivas estão entre 0 e 1 e representam a porcentagem de energia refletida, sendo 0 equivalente a nenhuma reflexão de energia (absorção total) e 1 equivalente a 100% de reflexão (toda a energia foi refletida)

Os perfis médios de reflectância com estímulo do tipo *chirp*, por grupo, podem ser representados no Gráfico 9, a seguir.

Gráfico 9 – Perfis médios da reflectância com estímulo *chirp*, por grupo

A curva de reflectância, para estímulo do tipo *chirp*, individual para cada participante do estudo, por grupo, pode ser visualizada no Gráfico 10, a seguir.

Gráfico 10- Perfis individuais da reflectância com estímulo *chirp*, por grupo

Na Tabela 20 a seguir, a comparação das distribuições da reflectância com estímulo do tipo *chirp* nos cinco grupos, realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis, pode ser visualizada. Os p-valores mostram que houve diferença significativa entre as frequências de 250 a 2000 Hz. e para 4000 Hz. entre os grupos.

Tabela 20 - Comparação das médias da reflectância com estímulo *chirp*, nos cinco grupos

Frequência (Hz.)	p-valor	Frequência (Hz.)	p-valor
250	0,028	1600	<0,001
315	0,010	2000	0,024
400	0,005	2500	0,100
500	0,003	3150	0,080
630	0,002	4000	0,028
800	<0,001	5000	0,800
1000	<0,001	6300	0,667
1250	<0,001		

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Nas frequências em que o teste de Kruskal-Wallis apontou diferença significativa, foi realizada uma análise pelo método proposto por Dunn (1964) com o objetivo de localizar as diferenças entre os grupos para o estímulo do tipo *chirp*. Os p-valores obtidos foram corrigidos pelo procedimento de Bonferroni e encontram-se na Tabela 21, a seguir.

Tabela 21 - Comparação das médias da reflectância com estímulo *chirp* nos cinco grupos, dois a dois - corrigidos pelo procedimento de Bonferroni

Comparação	Frequência (Hz.)					
	250	315	400	500	630	800
SD timp B x SD timp A	>0,999	0,755	>0,999	0,761	0,322	0,026
SD timp C mod x SD timp A	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
SD timp C sev x SD timp A	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp A	0,971	0,911	0,623	0,587	0,738	>0,999
SD timp C mod x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
SD timp C sev x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp B	0,050	0,009	0,011	0,005	0,002	<0,001
SD timp C sev x SD timp C mod	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp C mod	0,133	0,396	0,133	0,151	0,209	0,125
Controle x SD timp C sev	>0,999	0,552	0,286	0,354	0,302	0,123
Comparação	Frequência (Hz)					
	1000	1250	1600	2000	4000	
SD timp B x SD timp A	0,003	<0,001	<0,001	0,020	0,116	
SD timp C mod x SD timp A	>0,999	0,335	0,318	0,849	0,060	
SD timp C sev x SD timp A	0,697	0,189	0,040	0,697	>0,999	
Controle x SD timp A	>0,999	>0,999	>0,999	0,382	>0,999	
SD timp C mod x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	
SD timp C sev x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	
Controle x SD timp B	<0,001	<0,001	0,013	>0,999	>0,999	
SD timp C sev x SD timp C mod	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	
Controle x SD timp C mod	0,112	0,188	>0,999	>0,999	0,601	
Controle x SD timp C sev	0,093	0,113	0,367	>0,999	>0,999	

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Resumidamente, a diferença significativa entre os grupos, para a reflectância com o estímulo do tipo *chirp*, ocorreu nas seguintes comparações, para as seguintes frequências:

- SD timp B e SD timp A: 800, 1000, 1250, 1600, 2000 Hz.;
- SD timp C mod e SD timp A: 4000 Hz.;
- SD timp C sev e SD timp A: 1600 Hz.;
- GC e SD timp B: 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 e 1600 Hz.;

- GC e timp C sev: 1000 Hz.

- **Estímulo do tipo tons puros**

Os valores de estatísticas descritivas para a reflectância, com estímulo do tipo tons puros, por grupo em cada frequência encontram-se nas Tabelas 22 e 23 a seguir. Genericamente, os valores médios e medianos da reflectância, com esse tipo de estímulo, também são menores nos grupos Controle e SD timp A. Com o estímulo do tipo tons puros, também há maior variabilidade de respostas no grupo SD timp B do que nos demais.

Tabela 22- Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo de tons puros, por grupo, em 258, 492, 750, 1008 e 1500 Hz.

Frequência (Hz.)	Classificação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
258	SD timp A	19	0,964	0,030	0,901	0,968	1,000
	SD timp B	13	0,975	0,036	0,893	0,995	1,000
	SD timp C mod	6	0,991	0,017	0,958	0,999	1,000
	SD timp C sev	4	0,969	0,031	0,927	0,975	1,000
	Controle	21	0,936	0,038	0,863	0,942	1,000
492	SD timp A	19	0,879	0,075	0,681	0,886	1,000
	SD timp B	13	0,929	0,103	0,677	0,975	1,000
	SD timp C mod	6	0,937	0,062	0,826	0,963	0,986
	SD timp C sev	4	0,921	0,048	0,851	0,940	0,953
	Controle	21	0,809	0,082	0,651	0,805	0,963
750	SD timp A	19	0,690	0,136	0,367	0,711	0,894
	SD timp B	13	0,860	0,153	0,474	0,915	0,993
	SD timp C mod	6	0,816	0,194	0,449	0,898	0,960
	SD timp C sev	4	0,842	0,067	0,745	0,863	0,899
	Controle	21	0,602	0,128	0,353	0,607	0,818
1008	SD timp A	19	0,507	0,200	0,112	0,508	0,797
	SD timp B	13	0,809	0,163	0,372	0,844	0,983
	SD timp C mod	6	0,735	0,152	0,516	0,748	0,923
	SD timp C sev	4	0,751	0,080	0,656	0,755	0,839
	Controle	21	0,451	0,114	0,283	0,431	0,646
1500	SD timp A	19	0,264	0,166	0,023	0,229	0,541
	SD timp B	13	0,687	0,188	0,291	0,742	0,941
	SD timp C mod	6	0,554	0,161	0,320	0,531	0,808
	SD timp C sev	4	0,588	0,127	0,470	0,567	0,749
	Controle	21	0,355	0,130	0,056	0,361	0,584

Legenda: N – Número de orelhas

NOTA: os valores das estatísticas descritivas estão entre 0 e 1 e represenam a porcentagem de energia refletida, sendo 0 equivalente a nenhuma reflexão de energia (absorção total) e 1 equivalente a 100% de reflexão (toda a energia foi refletida)

Tabela 23- Estatísticas descritivas para reflectância com estímulo de tons puros, por grupo, em 1992, 3000, 4008 e 6000 Hz.

Frequência (Hz.)	Classificação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
1992	SD timp A	19	0,233	0,140	0,072	0,240	0,592
	SD timp B	13	0,534	0,290	0,145	0,533	0,930
	SD timp C mod	6	0,413	0,223	0,120	0,433	0,669
	SD timp C sev	4	0,375	0,155	0,211	0,357	0,576
	Controle	21	0,324	0,108	0,046	0,355	0,512
3000	SD timp A	19	0,208	0,197	0,005	0,133	0,670
	SD timp B	13	0,422	0,330	0,050	0,333	1,000
	SD timp C mod	6	0,370	0,152	0,161	0,339	0,571
	SD timp C sev	4	0,201	0,139	0,055	0,193	0,365
	Controle	21	0,276	0,126	0,040	0,266	0,512
4008	SD timp A	19	0,283	0,250	0,021	0,293	0,910
	SD timp B	13	0,521	0,299	0,051	0,507	1,000
	SD timp C mod	6	0,412	0,165	0,164	0,429	0,583
	SD timp C sev	4	0,256	0,111	0,108	0,287	0,344
	Controle	21	0,298	0,174	0,017	0,353	0,593
6000	SD timp A	19	0,595	0,294	0,055	0,660	0,960
	SD timp B	13	0,750	0,267	0,126	0,814	1,000
	SD timp C mod	6	0,698	0,246	0,263	0,723	0,931
	SD timp C sev	4	0,680	0,309	0,233	0,781	0,924
	Controle	21	0,578	0,192	0,255	0,631	0,856

Legenda: N – Número de orelhas

NOTA: os valores das estatísticas descritivas estão entre 0 e 1 e represenam a porcentagem de energia refletida, sendo 0 equivalente a nenhuma reflexão de energia (absorção total) e 1 equivalente a 100% de reflexão (toda a energia foi refletida)

Os perfis médios de reflecância com estímulo do tipo tons puros, por grupo, podem ser representados no Gráfico 11, a seguir.

Gráfico 11 – Perfis médios da reflectância com estímulo de tons puros, por grupo

A curva de reflectância, para o estímulo do tipo tons puros, individual para cada participante do estudo, por grupo, pode ser visualizada no Gráfico 12, a seguir.

Gráfico 12 - Perfis individuais da reflectância com estímulo de tons puros, por grupo

Na Tabela 24, a seguir, pode ser visualizada a comparação das distribuições da reflectância com estímulo do tipo tons puros nos cinco grupos, realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis. Os p-valores mostram que houve diferença significativa entre as frequências entre 258 e 1992 Hz. entre os grupos.

Tabela 24- Comparação das médias da reflectância com estímulo de tons puros nos cinco grupos

Frequência (Hz.)	p
258	0,002
492	<0,001
750	<0,001
1008	<0,001
1500	<0,001
1992	0,008
3000	0,102
4008	0,073
6000	0,155

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Nas frequências em que o teste de Kruskal-Wallis apontou diferença significativa, foi realizada uma análise pelo método proposto por Dunn (1964), com o objetivo de localizar as diferenças entre os grupos, para o estímulo do tipo tons puros. Os p-valores obtidos foram corrigidos pelo procedimento de Bonferroni e encontram-se na Tabela 25 a seguir.

Tabela 25 - Comparação das médias da reflectância com estímulo de tons puros nos cinco grupos, dois a dois - corrigidos pelo procedimento de Bonferroni

Comparação	Frequência (Hz.)					
	258	492	750	1008	1500	1992
SD timp B x SD timp A	>0,999	0,410	0,029	0,001	<0,001	0,004
SD timp C mod x SD timp A	0,757	>0,999	0,806	0,243	0,024	0,415
SD timp C sev x SD timp A	>0,999	>0,999	>0,999	0,377	0,069	>0,999
Controle x SD timp A	0,347	0,268	>0,999	>0,999	>0,999	0,349
SD timp C mod x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
SD timp C sev x SD timp B	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp B	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,905
SD timp C sev x SD timp C mod	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999	>0,999
Controle x SD timp C mod	0,012	0,023	0,050	0,035	0,326	>0,999
Controle x SD timp C sev	>0,999	0,314	0,114	0,082	0,531	>0,999

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Resumidamente, a diferença significativa entre os grupos, para a reflectância com o estímulo do tipo tons puros, ocorreu nas seguintes comparações, para as seguintes frequências:

- SD timp B e SD timp A: 750, 1008, 1500 e 1992 Hz.;
- SD timp C mod e SD timp A: 1500 Hz.;
- SD timp C sev e SD timp A: 1500 Hz.;
- GC e SD timp B: 258, 492, 750, 1008 e 1500 Hz.;
- GC e SD timp C mod: 258, 492, 750 e 1008 Hz.;
- GC e timp C sev: 1008 Hz.

As comparações e frequências em que houve diferença significativa para os dois tipos de estímulos, *chirp* e tons puros, empregados na pesquisa da reflectância, estão resumidas na tabela 26, a seguir.

Tabela 26 – Frequências (Hz.) em que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudados, para os estímulos *chirp* e tons puros

Comparação dois a dois	Frequência do estímulo <i>chirp</i>	Frequência do estímulo tone
SD timp B e SD timp A	800, 1000, 1250, 1600 e 2000	750, 1008, 1500 e 1992
SD timp C mod e SD timp A	4000	1500
SD timp C sev e SD timp A	1600	1500
GC e SD timp B	250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 e 1600	258, 492, 750, 1008 e 1500
GC e SD timp C mod	-	258, 492, 750 e 1008
GC e timp C sev	1000	1008

Legenda: hífen – o fenômeno não existe

5.6) Correlações de V_{MAE} , Y_{MT} e EOA e reflectância e análise discriminante

Os valores observados do coeficiente de correlação de *Spearman* de V_{MAE} e reflectância com estímulo do tipo *chirp* e p-valor para cada frequência podem ser visualizados na Tabela 27 a seguir. Nota-se que houve correlação negativa do V_{MAE} e a reflectância com estímulo *chirp* entre 250 e 1600 Hz. Porém, entre 2000 e 6300 Hz., não há correlação entre as variáveis.

Tabela 27- Coeficientes de correlação de *Spearman* de V_{MAE} e reflectância com estímulo *chirp* obtidos por frequência

Frequência (Hz.)	R	p	N
250	-0,30	0,018	63
315	-0,35	0,005	63
400	-0,37	0,003	63
500	-0,38	0,002	63
630	-0,39	0,002	63
800	-0,39	0,002	63
1000	-0,36	0,003	63
1250	-0,37	0,003	63
1600	-0,30	0,019	63
2000	-0,11	0,388	63
2500	-0,01	0,955	63
3150	0,08	0,554	63
4000	-0,10	0,438	63
5000	0,09	0,473	63
6300	0,15	0,253	63

Legenda: r - coeficiente de correlação de *Spearman*; p - p-valor; N - número de ocorrências

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Para o estímulo de tons puros, os valores observados do coeficiente de correlação de *Spearman* de V_{MAE} e reflectância e p-valores para cada frequência podem ser visualizados na Tabela 28 a seguir. Nota-se que há correlação negativa entre V_{MAE} e a reflectância entre 258 e 1500 Hz. A partir de 1992 Hz. até 6000 Hz., porém, não há correlação entre as variáveis.

Tabela 28 - Coeficientes de correlação de Spearman de V_{MAE} e reflectância com estímulo de tons puros obtidos por frequência

Frequência	R	P	N
258	-0,29	0,022	63
492	-0,38	0,002	63
750	-0,38	0,002	63
1008	-0,31	0,015	63
1500	-0,31	0,014	63
1992	-0,10	0,433	63
3000	-0,08	0,514	63
4008	0,02	0,876	63
6000	0,08	0,560	63

Legenda: r - coeficiente de correlação de Spearman; p - p-valor; N - número de ocorrências

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Na Tabela 29, a seguir, encontram-se os valores do coeficiente de correlação de *Spearman* para Y_{MT} e a reflectância com estímulo do tipo *chirp* nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, e respectivos p-valores obtidos. Nota-se que há correlação negativa de Y_{MT} e reflectância nas frequências de 500 e 1000 Hz. para o estímulo *chirp*. Não há, todavia, correlação entre Y_{MT} e a frequência de 2000 Hz.

Tabela 29- Coeficientes de correlação de *Spearman* de Y_{MT} e reflectância com estímulo *chirp* em 500, 1000 e 2000 Hz.

	Reflectância 500 Hz	Reflectância 1000 Hz	Reflectância 2000 Hz
r	-0,65	-0,66	0,01
p	<0,001	<0,001	0,965
N	50	50	50

Legenda: r - coeficiente de correlação de *Spearman*; p - p-valor; N - número de ocorrências

NOTA: Valores em negrito: valores com significância estatística

Na tabela 30, a seguir, podem ser observados os valores do coeficiente de correlação de *Spearman* para a reflectância com estímulo do tipo *chirp* nas frequências de 1000 e 2000 Hz e os resultados das EOA nas frequências de 1000

e 2000 Hz. e *response*. Nota-se que não há correlação entre as frequências da reflectância com estímulo *chirp* de 1000 e 2000 Hz e os resultados das EOA em questão.

Tabela 30- Coeficiente de correlação de *Spearman* da reflectância com estímulo *chirp* em 1000 e 2000 Hz e as EOA em 1000, 2000 Hz. e *response*

		Reflectância 1000 Hz.	Reflectância 2000 Hz.
EOA 1000 Hz.	r	-0,19	0,23
	p	0,333	0,232
	N	29	29
EOA 2000 Hz.	r	-0,04	0,06
	p	0,803	0,746
	N	34	34
<i>Response</i>	r	-0,07	0,10
	p	0,71	0,559
	N	34	34

Legenda: r - coeficiente de correlação de Spearman; p - p-valor; N - número de ocorrências

As frequências de 1000 e 1600 Hz., para o estímulo do tipo *chirp*, foram as que mais exibiram diferença significativa entre os grupos estudados. Por isso, optou-se por realizar a análise discriminante para tal estímulo nestas frequências. O gráfico 13, a seguir, corresponde ao diagrama de dispersão da reflectância com estímulo do tipo *chirp* nas frequências de 1000 e 1600 Hz. Estão identificados os pontos correspondentes a cada um dos cinco grupos.

O gráfico 14, posteriormente, corresponde ao diagrama de dispersão da reflectância com estímulo *chirp* nas frequências de 1000 e 1600 Hz. Estão representados, porém, somente os pontos correspondentes aos dados de participantes com SD. Adicionalmente, os dados dos grupos SD timp C mod e SD timp C sev foram agrupados, pois não houve diferença significativa entre as médias da reflectância com estímulo do tipo *chirp* nestes dois grupos em nenhuma frequência.

Gráfico 13- Diagrama de dispersão da reflectância *chirp* em 1000 e 1600 Hz. em todos os cinco grupos estudados

Gráfico 14- Diagrama de dispersão da reflectância *chirp* em 1000 e 1600 Hz para os grupos SD timp A, SD timp B e SD timp C (mod + sev)

A técnica de análise discriminante foi aplicada com o objetivo de obter regras que permitam classificar uma nova criança com SD em um dos grupos: SD timp A, SD timp B ou SD timp C, com base nos valores da reflectância com estímulo do tipo *chirp* em 1000 e 1600 Hz. A regra obtida foi classificar o indivíduo cujo resultado demonstrasse o maior número de expressões. Com o procedimento, constatou-se a correta classificação de 60,0% dos indivíduos da amostra. Os resultados da classificação dos indivíduos de cada grupo estão resumidos na tabela 31.

Tabela 31- Matriz de classificação obtida na análise discriminante considerando a reflectância com estímulo *chirp* em 1000 e 1600 Hz.

Classificado em	Grupo		
	SD timp A	SD timp B	SD timp C
SD timp A	13	2	2
SD timp B	0	8	4
SD timp C	6	3	4
Total	19	13	10
Nº classificações corretas	13	8	4
% classificações corretas	68,4	61,5	40

Legenda: No. – número; % - porcentagem

6 - DISCUSSÃO

Este capítulo fará comparações entre os resultados obtidos e a literatura revisada, bem como comentários críticos a respeito. Para uma melhor organização, foi elaborada uma divisão segundo os tópicos a seguir:

- 6.1 distribuição da amostra;
- 6.2 avaliação da função da orelha média por meio de sonda de frequência única;
- 6.3 caracterização da audição por audiometria e medidas de reconhecimento de fala;
- 6.4 caracterização da função coclear por medidas de emissões otoacústicas;
- 6.5 caracterização da função de orelha média por medida de faixa ampla;
- 6.6 correlações de V_{MAE} , Y_{MT} e EOA e reflectância e análise discriminante;
- 6.7 limitações do estudo;
- 6.8 considerações finais.

6.1) Distribuição da amostra

Os dados obtidos foram distribuídos em subgrupos, de acordo com o resultado exibido no exame timpanométrico, garantindo-se que cada grupo tivesse dados relativos a condições específicas de orelha média porque um mesmo indivíduo pode apresentar distintas condições para cada orelha. Saim et al. (1997) e Beers et al. (2010), em estudos com população infantil, também realizaram a distribuição de seus dados de acordo com os achados timpanométricos. Criaram, ainda, dois grupos diferentes para os achados de curva timpanométrica tipo C. Tal distribuição foi adotada no presente trabalho, visando a uma análise com dados mais homogêneos.

A faixa etária dos indivíduos estudados esteve entre 2 anos e 4 meses e 16 anos e 3 meses. Tal amplitude pode ser vista também nos estudos de Thome et al. (1999), Harigai et al. (1996) e Blaser et al. (2006) que também se preocuparam em investigar a função auditiva na SD, sem se limitar a uma faixa etária específica. O presente estudo também não selecionou idades específicas, contudo preocupou-se com a investigação da função de orelha média em uma população com elevados índices de alteração nesta porção do sistema auditivo. A preocupação surge por conta da necessidade de um adequado funcionamento do sistema tímpano-ossicular durante a transmissão do som proveniente da orelha externa em direção aos líquidos da orelha interna (Dhar e Hall, 2012).

Não houve diferença significativa entre os gêneros para cada um dos dois grupos inicialmente estudados, bem como não houve diferença significativa para a idade, visto que foram realizados esforços para compor um grupo controle pareado por gênero e idade.

Devido à própria natureza da curva timpanométrica do tipo B, plana, os dados quanto à pressão do pico timpanométrico, admitância compensada na altura da membrana timpânica, reflexos acústicos e EOA, não foram obtidos no grupo SD timp B.

6.2) Avaliação da função da orelha média por meio de sonda de frequência única

Dentre os dados de 63 orelhas que compuseram a casuística total, 42 pertenceram a crianças com SD. Dentre estas, 23 foram distribuídas em três subgrupos por apresentarem algum tipo de alteração na avaliação da função da orelha média, por meio da timpanometria, sendo 13 orelhas do grupo SD timp B, 6 orelhas do grupo SD timp C mod e 4 orelhas do grupo SD timp C sev. De modo que a porcentagem total de orelhas com alteração na função da orelha média foi de 54,76%. Tal índice é próximo ao encontrado por Hassmann et al. (1998) que detectaram 56% de orelhas com timpanometria do tipo B ou C em um estudo com com SD entre 5 meses e 16 anos. Em população com faixa etária similar, entre 7 meses e 17 anos, Thome et al. (1999) obtiveram 38% de indivíduos com alteração de orelha média. Percebe-se que tais índices variam bastante entre os estudos, podendo chegar até a 83% no estudo de Shott et al. (2001), com indivíduos SD entre 11 meses e 3 anos.

O volume do MAE foi significativamente maior no GC, em relação aos outros quatro grupos SD. O menor volume de MAE na SD, quando comparado ao de indivíduos sem a síndrome, também ocorreu no estudo de (Kaf, 2011). O fato provavelmente tem relação com a estenose do MAE na SD, visualizada no presente estudo e já observada anteriormente nas pesquisas de Maurizi et al. (1985), em indivíduos entre 1 mês e 16 anos de idade e por Maroudias et al. (1994) em indivíduos entre 7 e 18 anos de idade.

A maior admitância compensada na altura da membrana timpânica foi significativamente diferente entre o GC ($Y_{MT}=0,55$ ml) e o grupo SD timp C mod ($Y_{MT}=0,29$) e entre o GC e o grupo SD timp C sev ($Y_{MT}=0,24$). No entanto, não houve diferença significativa, para a mesma medida, entre o grupo SD timp A e os grupos: controle, SD timp C mod e SD timp C sev.

As comparações realizadas revelaram que o GC e o grupo SD timp A tiveram medidas de pressão no pico timpanométrico significativamente diferentes dos dois grupos com timpanometria tipo C, o que já era esperado porque esta

variável foi utilizada para classificar os dados em diferentes grupos. Também esperava-se que não houvesse diferença significativa entre o GC e o grupo SD timp A, para a mesma medida, devido à suposta normalidade do funcionamento da orelha média para os dois grupos. Os dois grupos SD timp C também não apresentaram diferença significativa para esta medida, constatando-se que, em relação à pressão negativa, ambos são iguais.

Com referência ao reflexo acústico ipsilateral, considerando-se os valores médios das estatísticas descritivas dentre os participantes com SD, o grupo SD timp A apresentou limiares nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz., sendo que os outros participantes com SD não apresentaram limiar de reflexo acústico. É pertinente afirmar, pois, que as condições de alteração da orelha média, constatadas por meio da timpanometria, exerceram interferência na obtenção do limiar de reflexo acústico. As alterações em tais medidas podem indicar comprometimento em habilidades de processamento auditivo (Linares e Carvallo, 2004; Lautenschlager, 2011), o que pode interferir na compreensão da linguagem oral por parte de indivíduos com SD. Quando se verificam os valores mínimos, no entanto, constata-se a presença de limiar do reflexo no grupo SD timp C mod nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz. Provavelmente, a condição de pressão negativa moderada da orelha média não impediu totalmente a obtenção dos limiares de reflexo nas referidas frequências neste grupo.

Para todas as frequências pesquisadas, houve diferença significativa entre o limiar de reflexo obtido no GC e nos demais grupos. As condições de alteração de orelha média impediram a obtenção do limiar de reflexo acústico nos grupos SD timp B e SD timp C sev em todas as frequências. A condição de alteração da orelha média no grupo SD timp C mod poderia explicar a presença de limiares mais elevados de reflexo acústico.

O grupo SD timp A, mesmo sem alterações aparentes de orelha média, exibiu limiares de reflexo acústico significativamente mais elevados. A necessidade de intensidades sonoras mais elevadas para eliciar o reflexo podem estar relacionadas a problemas na aferência e ou na eferência do mesmo. Discretas alterações de orelha média, não detectáveis à timpanometria,

relacionadas a mal-formações ossiculares congênitas ou a mesênquima residual (Bilgin et al., 1996), podem ter interferido na transmissão do sinal acústico, desde a orelha média. A aferência do reflexo acústico também pode ter sido resultado de diminuição do tamanho coclear (Blaser et al., 2006) e de estenose do nervo coclear (Intrapiromkul et al., 2012) encontrados na SD. As possíveis mal-formações auditivas congênitas, periféricas e centrais, também podem ter afetado a aferência do arco-reflexo acústico.

Houve ainda diferenças significativas entre os grupos SD timp B e SD timp A nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. O primeiro não teve limiares de reflexo acústico. Valores atribuídos de 5 dB acima da saída máxima do equipamento, foram utilizados apenas para uma análise de dados adequada. A ausência de diferença significativa entre os dois grupos para o limiar da frequência de 4 kHz. pode ter ocorrido devido ao fato de o grupo SD timp A também não ter apresentado limiar para esta frequência, em alguns casos. A associação entre comprometimento de medidas de reflexo acústico, principalmente em 4000 Hz. e alteração de habilidades de processamento auditivo observada por Linares e Carvallo (2004) não foi observada por Etges et al. (2012) em triagem realizada a escolares.

6.3) Caracterização da audição por audiometria e medidas de reconhecimento de fala

Alguns participantes exibiram cansaço durante o exame, não sendo possível realizar a audiometria, ou não se obtendo respostas para a frequência de 3000 Hz. Assim, foram considerados para análise, dados de 45 orelhas.

Os grupos SD timp C mod e SD timp C sev participaram da análise, somente com dados de uma orelha cada um. Por isso, foi realizada a análise por agrupamentos para avaliar a diferença entre os grupos. Orelhas de um mesmo agrupamento têm dados similares quanto ao limiar da audiometria e dados de orelhas de agrupamentos diferentes são heterogêneos entre si.

A partir de valores de estatísticas descritivas, na análise por agrupamentos, nota-se que o agrupamento 1 é formado por dados de orelhas com os menores limiares tonais de via aérea. De forma geral, o agrupamento 3 é o 2º. melhor, seguido do agrupamento 2. Cada um dos quatro agrupamentos apresentou dados de indivíduos de outros grupos, exceto o agrupamento 4 que possui apenas dados de uma orelha e seus limiares são os mais elevados.

Com 87,5% de indivíduos do GC, o agrupamento 1 possui limiares tonais de via aérea até 15 dBNA, o que é considerado normal (Northern e Downs, 2002). Os outros 12,5% de integrantes deste agrupamento pertencem ao grupo SD timp A e algumas destas orelhas também apresentaram limiares em baixas intensidades.

O agrupamento 3, com dados de orelhas do grupo SD timp A e SD timp B apresentou limiares entre 0 e 35 dBNA, o que pode ter sido ocasionado por possível perda auditiva condutiva ou mista de integrantes do grupo SD timp B ou mesmo por perda auditiva neurossensorial do grupo SD timp A, pois não foi realizada a audiometria tonal por via óssea. O mesmo pode ter ocorrido com o agrupamento 2, que teve limiares mais rebaixados, entre 25 e 50 dBNA, essencialmente formado por indivíduos do grupo SD timp B, mas com integrantes do grupo SD timp A e SD timp C mod. O agrupamento 4, com dados de apenas uma orelha, do grupo SD timp B, exibiu limiares tonais por via aérea entre 30 e 55 dBNA, que podem estar associados a perda auditiva condutiva ou mista. Embora seja encontrado elevado índice de perda auditiva condutiva na SD, as perdas mistas ou neurossensoriais também podem estar presentes (Buchanan, 1990; Roizen et al., 1993; Hassmann et al., 1998).

O limiar de reconhecimento de fala do GC apresentou valores mínimo e máximo de 5 e 15 dBNA, respectivamente. Este grupo exibiu respostas significativamente melhores do que todos os outros quatro grupos com SD, que não exibiram diferença significativa em comparações dois a dois.

Os grupos com SD apresentaram respostas para o LRF de até 40 dBNA para o grupo SD timp A, 60 dBNA para o grupo SD timp B, 25 dBNA para o grupo SD timp C mod e 30 dBNA para o grupo SD timp C sev. Estes resultados chamam

a atenção para o fato de o LRF representar a habilidade em compreender e repetir corretamente 50% das palavras ou ordens simples apresentadas (Russo et al., 2007). A repetição correta de metade das palavras apresentadas ou a compreensão correta de metade das ordens simples apresentadas, à intensidades de até 60 dBNA, por exemplo, no grupo SD timp B, pode ser devido ao rebaixamento encontrado nos limiares tonais. Alguns estudos, no entanto, levantam o fato de que a linguagem receptiva na SD seria melhor do que a linguagem expressiva (Martin et al., 2009; Cleland et al., 2010). Assim, as respostas a níveis elevados para este teste também poderiam ser consequências de dificuldades linguísticas inerentes à SD.

6.4) Caracterização da função coclear por medidas de emissões otoacústicas

Sabe-se que qualquer patologia que acometa o sistema tímpano-ossicular pode influenciar intensamente a captação adequada das EOA; primeiro comprometendo a apresentação do estímulo e, posteriormente, a propagação da energia das EOA em direção ao MAE (Dhar e Hall, 2012).

Estudos sobre a audição na SD mostram elevados índices de alteração condutiva (Roizen et al., 1993; Harigai et al., 1996; Shott et al., 2001; Raut, 2011) além de alterações cocleares comprovadas por estudos de imagem (Blaser et al., 2006; Intrapiromkul et al., 2012) e anatômicos (Bilgin et al., 1996). Por isso, é de suma importância que se faça uma avaliação detalhada sobre a audição de tal população, também quanto às EOA.

Ao observar baixa concordância entre resultados de timpanometria e de EOA (Hunter et al., 2008), pensou-se que a RE pudesse exibir uma maior concordância com as medidas de EOA. Por isso a função coclear também foi avaliada no presente estudo.

Dentre os dados de 63 orelhas, 34 apresentaram respostas cocleares, Dentre estes, 21 orelhas pertencem ao GC que obrigatoriamente apresentaram

EOA. As outras 13 orelhas pertencem aos participantes com SD. Destas, 11 são do grupo SD timp A que, com um total de 19 orelhas exibiu EOA em 57,8%. Mesmo assim, os valores exibidos foram mais baixos em relação aos do GC para todas as variáveis pesquisadas, mesmo apresentando condição normal de orelha média, talvez pelas mal-formações de orelha interna na SD (Blaser et al, 2006; Intrapiromkul et al, 2012), interferindo na geração das respostas cocleares. Ainda seria possível pensar em interferência da orelha média já durante a apresentação do estímulo sonoro à cóclea, devido a mal-formações na cadeia ossicular da SD (Bilgin et al., 1996). Dessa forma, seria possível pensar em um componente condutivo e ou um componente neurossensorial interferindo na resposta coclear na SD.

Apenas uma orelha do grupo SD timp C sev e uma orelha do grupo SD timp C mod apresentaram respostas cocleares. Mesmo assim, é importante fazer algumas considerações. Os grupos SD timp C mod e SD timp C sev teriam um certo comprometimento de orelha média, quando comparados ao grupo SD timp A e ao GC, evidenciado pelo próprio padrão timpanométrico que os classificou. Já seria esperado, então que os dois primeiros apresentassem piores respostas cocleares, o que de fato ocorreu, de uma forma geral em relação ao GC. Trine et al. (1993), constataram que a pressão negativa da orelha média, principalmente igual ou menor do que -100 daPa, interfere nas EOA em sua amplitude e reprodutibilidade, principalmente nas baixas frequências, já que a pressão negativa torna o sistema da orelha média mais rígido (Beers et al., 2010).

Uma outra forma de análise, com o objetivo de formar grupos homogêneos internamente quanto às EOA, *Response* e reprodutibilidade geral, e heterogêneos entre si, foi realizada. A técnica de análise de agrupamentos mostrou que há indivíduos do grupo SD timp A e do GC no mesmo agrupamento, demonstrando semelhança na resposta das EOA entre alguns indivíduos destes dois grupos e que também apresentaram medidas semelhantes na admitância compensada na altura da membrana timpânica. Dessa forma, ambos poderiam gerar o mesmo nível de EOA e paralelamente não ter diferença na timpanometria.

6.5) Caracterização da função de orelha média por medida de faixa ampla

Após décadas e inúmeras pesquisas a respeito da timpanometria como ferramenta mais usual para a investigação da função da orelha média, começa a surgir nos anos de 1980 uma nova forma de realizar a mesma investigação, porém, em alta resolução, com a reflectância de energia de faixa ampla. A possibilidade de entender o funcionamento da orelha média a partir da apresentação de um som com várias frequências, em uma única coleta, é um grande avanço científico. Compreender o mecanismo de transmissão do som já a partir do sistema tímpano-ossicular é fundamental para tentar entender o processo de audição como um todo. Por isso, as avaliações da função da orelha média não são apenas foco em muitas pesquisas, mas na maioria das vezes, complementos essenciais para um estudo bem sucedido. Um quadro resumo com alguns estudos a respeito do tema, encontra-se a seguir.

Quadro 3 - Estudos sobre reflectância de energia de faixa ampla

Autor e ano	População estudada	Achados
Keefe et al. 1993	78 crianças até 24 meses e 10 adultos	RE maior em baixas frequências e de 1 e 4 kHz. é mínima, em todas as idades. Crianças diferentes dos adultos.
Keefe et al. 2000	4031 orelhas de neonatos sem risco, com risco e de UTI	Diferenciou idade, gênero, orelha e risco auditivo. Lactentes com fissura lábio-palatina têm maior RE.
Keefe et al. 2003	2638 orelhas sem risco, com risco e de UTI 8 a 12 meses	RE melhora a habilidade de prever o funcionamento auditivo e diferenciar perda condutiva de neurosensorial.
Feeney et al. 2003	adultos	Diferentes padrões de RE para otite média com efusão, otosclerose, descontinuidade da cadeia ossicular e perfuração timpânica.
Feeney e Sanford 2004	adultos de 30 anos e acima de 60 anos	Padrões diferentes da RE de acordo com a idade, o que não foi visto na timpanometria.
Shahnaz e Bork 2006	62 caucasianos entre 18 e 32 anos e 64 chineses	Chineses com RE mais baixa do que nas altas frequências. Caucasianos com RE mais baixa nas baixas frequências.
Vander Werff et al. 2007	127 crianças e 10 adultos	RE mais alta nas médias frequências nas crianças que falharam na triagem com EOA. Importante monitorar a colocação da sonda.
Hunter et al. 2008	17 crianças até 2 anos com FLP	Maior concordância (88%) entre os resultados das EOA e os da RE do que entre as EOA e timp 226 e de 1000 Hz.
Shahnaz 2008	31 Neonatos e 56 adultos	Máxima absorção de energia para neo entre 1200 e 2700 Hz e para os adultos entre 2800 a 4800 Hz.
Shahnaz et al. 2009	28 adultos com otosclerose 62 com audição normal	RE abaixo de 1 kHz mais alta na otosclerose do que nas normais. O procedimento distinguiu orelhas otoscleróticas de normais
Beers et al. 2010	78 crianças sem e 64 com alteração orelha média e crianças chinesas, de 5 e 7 anos	Crianças chinesas com menor RE nas frequências médias. Diferentes padrões de RE para orelha média normal, pressão negativa moderada, severa e efusão.
Lyra e Silva 2011	77 neonatos	EOA presente e RE mais baixa em 6000 Hz. Algumas frequências em que as EOA diminuem e a RE aumenta.
Kaf 2011	14 crianças com SD e grupo controle (2 a 5 anos)	Crianças com SD (63% de 19 orelhas) exibiram RE mais baixa nas frequências de 5700 e 8000 Hz.
Prieve et al. 2013	43 crianças com audição normal e 17 com perda auditiva (idade média: 10 semanas)	RE mais elevada entre 800 e 2500 Hz. e em 6300 Hz. em crianças com perda condutiva.

A reflectância estudada nesta pesquisa, utilizou estímulos do tipo *chirp* e de tons puros. Para a maioria das situações, o *chirp* é o mais indicado, por fornecer melhor resolução de frequências e por ser rápido durante a testagem. Em casos de ruído elevado no ambiente ou em situações em que a pessoa testada produza ruídos, indica-se a utilização do estímulo de tons puros, por oferecer uma melhor relação sinal-ruído.

No presente estudo, participantes sem a SD majoritariamente não emitiram qualquer tipo de ruído durante a coleta de dados, viabilizando a utilização do estímulo *chirp*. Os participantes com SD, na grande maioria, apresentaram ruídos respiratórios e ruídos provenientes de bruxismo, o que levaria à opção pelo estímulo de tons puros, mais indicado para tais situações. Entretanto, optou-se pelo uso dos dois estímulos, visando a uma comparação mais adequada de dados entre os participantes do estudo.

Os padrões gráficos das curvas de reflectância obtidos para os cinco grupos estudados foram similares aos encontrados por Vander Werff et al. (2007), Feeney et al. (2003), Shahnaz e Bork (2006) e Beers et al. (2010). Valores máximos de reflectância de energia geralmente são encontrados em frequências mais baixas, até 500 Hz., diminuem e atingem um mínimo por volta de 2000 e 4000 Hz. A partir de então, os valores aumentam até 6000 Hz., mas não tanto quanto nas frequências baixas.

Foi possível visualizar diferentes padrões gráficos de RE para os grupos estudados, com valores diversos nas frequências analisadas. De uma forma geral, para os dois tipos de estímulos empregados no estudo, os menores valores médios e medianos de RE foram encontrados no GC e no grupo SD timp A, evidenciando a maior absorção de energia por sistemas de orelha média sem comprometimento. Beers et al. (2010) e Prieve et al. (2013) também encontraram valores de RE mais baixos em situações de não comprometimento de orelha média. Em uma comparação geral, foram detectadas diferenças entre os valores de RE dos grupos aqui pesquisados. Porém, as diferenças exatas só foram localizadas em comparações a cada dois grupos.

Para os dois tipos de estímulo empregados na pesquisa, as respostas da RE apresentaram maior variabilidade no grupo SD timp B. Talvez os participantes deste grupo apresentassem distintos graus de comprometimento de orelha média, por otite, a saber: aguda, serosa ou com efusão. Ademais, a otite média com efusão pode apresentar secreções de diferentes consistências no espaço da orelha média (Bluestone, 2004). Tantas variações resultariam em um mesmo padrão timpanométrico, mas em diferentes respostas a um procedimento de alta resolução de frequências, como a RE.

Os valores de RE nas frequências de 800, 1000, 1250, 1600, 2000 Hz. para o estímulo *chirp*, e nas frequências de 750, 1008, 1500 e 1992 Hz. para o estímulo de tons puros, foram significativamente mais elevados para o grupo SD timp B, quando comparado ao grupo SD timp A. O grupo SD timp B também apresentou maiores valores de RE quando comparado ao GC nas frequências de 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 e 1600 Hz., para o estímulo *chirp* e em 258, 492, 750, 1008 e 1500, para o estímulo de tons puros. Provavelmente a condição de alteração da orelha média exibida pelo grupo SD timp B já mostrou uma menor capacidade de transmissão sonora pelo sistema tímpano-ossicular nas frequências entre 750 e 2000 Hz. em relação ao grupo SD timp A e entre 250 e 1600, em relação ao GC. Tais faixas de frequência estão relacionadas à uma transmissão de energia mais eficiente pelo sistema da orelha média e são importantes para a percepção de fala (Keefe et al., 1993).

Situações de pressão negativa da orelha média parecem ter exercido interferência na transmissão sonora em menos frequências do que a interferência recebida pelo grupo SD timp B. Entretanto, os dois grupos SD timp C exibiram valores significativamente mais elevados nas faixas de frequências de 1000, 1500 e 4000 Hz. Tais achados são provenientes das comparações entre o grupo SD timp C mod e SD timp A, entre SD timp C sev e SD timp A, e entre o GC e SD timp C sev. A menor absorção de energia pelo sistema da orelha média a partir da pressão negativa já foi observada por Margolis (2001), Feeney et al. (2003) e Beers et al. (2010). O mesmo ocorreu na comparação entre o GC e o SD timp C mod, mas apenas para o estímulo do tipo tons puros nas frequências de 258, 492,

750 e 1008, em que o GC apresentou valores mais baixos de RE, ou seja, nesta comparação, o estímulo do tipo *chirp* não diferenciou estes dois grupos. Beers et al. (2010) encontraram diferenças mais notáveis entre a RE de um grupo com função normal de orelha média e um grupo com pressão negativa de orelha média moderada, entre 400 e 1800 Hz. e atribuíram tais achados a um efeito de rigidez. Ao observar comparações em que apenas uma única frequência foi considerada estatisticamente diferente do GC, então uma única frequência foi sensível para detectar patologias de orelha média (Margolis et al., 2001).

O GC e o grupo SD timp A não mostraram diferença estatisticamente significativa entre todas as medidas da RE para todas as frequências nos dois estímulos pesquisados. Kaf (2011), encontrou valores significativamente mais baixos de RE em crianças com SD, sem alteração de orelha média, somente nas frequências entre 5700 e 8000 Hz. A idade dos indivíduos do estudo de Kaf (2010) esteve entre 2 e 5 anos e no presente estudo esteve entre 2,3 e 16,2 anos. A idade mais baixa pode ter influenciado as medidas da RE nas crianças mais jovens, revelando propriedades da orelha média não detectadas na timpanometria. Tais propriedades, vistas entre crianças com e sem SD podem ter desaparecido na mesma comparação entre as crianças mais velhas, aqui pesquisadas. Feeney e Sanford (2004) já observaram o efeito da idade em medidas de RE, porém em população com idade mais elevada: adultos de 30 e de 60 anos. Outro fator que diferencia os estudos e talvez tenha diferenciado os resultados de ambos, é o tipo de estímulo empregado, que na pesquisa anterior englobou uma faixa de frequências um pouco mais ampla, até 8000 Hz., mostrando que talvez as diferenças entre os dois grupos ocorram em frequências mais altas.

6.6) Correlações de V_{MAE} , Y_{MT} e EOA e reflectância e análise discriminante

Foi constatada uma associação entre o volume do MAE e a reflectância, entre 250 e 1600 Hz. para o estímulo *chirp* e entre 258 e 1500 Hz. para o estímulo

de tons puros, faixas de frequências muito similares. Nestes casos, a correlação foi negativa, ou seja, quanto menor o volume do MAE, maiores os valores de RE. Se a RE aumentada está associada a um volume de MAE diminuído, característica esta inerente à SD (Hassmann et al., 1998; Thomé et al., 1999; Shott et al., 2001 e Kaf, 2011), maior quantidade de energia sonora pode ser refletida pelo sistema tímpano ossicular nesta população. O prejuízo na absorção da energia sonora, logo na primeira porção do sistema auditivo, pode ser um dos fatores contribuintes para as alterações de linguagem relatadas por Cleland et al. (2010) na SD.

Outra medida timpanométrica que exibiu associação com a RE nas frequências de 500 e 1000 Hz. para o estímulo *chirp*, foi a admitância compensada na altura da membrana timpânica. Quanto menores os valores de admitância, maiores os valores de RE exibidos nas referidas frequências, mostrando que, um sistema tímpano-ossicular com menor admitância permite menos transmissão de energia sonora. O grupo SD timp B, sem medidas de admitância, ou seja, com curva timpanométrica plana, exibiu valores de RE significativamente maiores para algumas frequências quando comparado ao GC e ao grupo SD timp A, comprovando a correlação negativa em questão.

Em relação às EOA, não foi observado qualquer tipo de correlação entre 1000, 2000 Hz. e *Response* desta medida e a RE com estímulo *chirp* nas frequências de 1000 e 2000 Hz. Tal situação evidencia que as respostas cocleares, obtidas no presente estudo, não estão associadas às medidas de faixa ampla da orelha média, nas frequências utilizadas para tal análise. Lyra e Silva (2011) também não encontraram correlações significativas entre as respostas de EOA e RE para a maioria das frequências analisadas, acreditando que diferentes configurações timpanométricas não exerceram interferência nas medidas de EOA.

A técnica de análise discriminante foi aplicada com o intuito de classificar os dados de uma orelha de qualquer grupo com SD em um dos grupos: SD timp A, SD timp B ou SD timp C. As frequências de 1000 e 1600 Hz., para o estímulo do tipo *chirp*, foram as que mais exibiram diferença significativa entre os grupos estudados. Por isso, a escolha das mesmas para a realização desta análise. Em

média, 60,0% dos dados foram classificados corretamente. Especificamente, 68,4% dos dados foram classificados corretamente no grupo SD timp A, 61,5% no grupo SD timp B e 40% no grupo SD timp C (sev e mod). O grupo SD timp A foi o que mais se diferenciou dos demais. A classificação correta não muito elevada pode ser decorrente da grande variabilidade de condições de orelha média da população estudada. Considerando-se a concordância entre dois exames como uma forma válida de classificação correta de resultados, Hunter et al. (2008) constataram concordância de 88% entre as respostas de EOA e de RE em uma população infantil sem SD.

6.7) Limitações do estudo

- ***Tamanho da amostra***

Os dados obtidos no presente estudo foram agrupados de acordo com os achados timpanométricos de forma semelhante à distribuição realizada por Beers et al. (2010). Entretanto, tal estudo apresentou uma casuística maior do que a da presente pesquisa que, exibiu grupos com dados de até 6 ou 4 orelhas, como nos grupos SD timp C mod e SD timp C sev, respectivamente. A menor casuística nestes grupos foi consequência da escolha por agrupar os dados de acordo com o resultado exato das timpanometrias obtidas em cada orelha. Acredita-se que, dessa forma, a análise de dados foi a mais adequada para o estudo da reflectância de energia da orelha média.

- ***Diagnóstico otorrinolaringológico***

O presente estudo não utilizou a referência “efusão de orelha média” ou “otite média” para o grupo SD timp B, por não ter disponível o diagnóstico realizado por médico otorrinolaringologista. Entretanto, acredita-se que a presença de

timpanograma plano (curva tipo B) juntamente à ausência de EOA, ausência de reflexos acústicos e limiares tonais por via aérea elevados, sejam forte indício de comprometimento da função da orelha média (Kemp et al, 1990; Lonsbury-Martin et al, 2001).

- ***Audiometria tonal limiar***

Foi realizada a audiometria tonal limiar por via aérea em todos os participantes do grupo controle, mas em apenas alguns participantes com SD que demonstraram compreensão. Infelizmente, na data da coleta de dados, não havia disponibilidade do equipamento para realização de Audiometria com Reforço Visual, que poderia ter sido empregada nas crianças mais novas do estudo.

A audiometria tonal por via óssea foi realizada em alguns poucos indivíduos com SD. Porém, como a grande maioria dos participantes demonstrou cansaço e houve dificuldade em manter o vibrador ósseo posicionado adequadamente durante o exame, foi considerado mais prudente não tabular tais dados, visto que poderiam não refletir a real condição da orelha interna.

6.8) Considerações finais

O estudo conduzido permitiu determinar o padrão de RE em crianças com SD com condição normal de orelha média, com timpanometria plana e com dois níveis de pressão negativa diferentes da orelha média, verificando a transmissão de energia em uma ampla faixa de frequências.

Pode ser apenas o início de pesquisas investigando funções de transferência de energia da orelha média, a partir de medidas de faixa ampla na SD. Espera-se que o conhecimento aqui adquirido possa contribuir para atuações relativas à fala, linguagem e audição na SD, favorecendo sua comunicação e consequente qualidade de vida.

Pesquisas futuras, com uma casuística maior e uma distribuição mais homogênea de idades dos participantes podem ser de grande valia para a melhor compreensão a respeito dos mecanismos de transmissão de energia pelo sistema tímpano-ossicular na SD.

7 – CONCLUSÃO

O principal foco do presente estudo foi investigar possíveis diferenças na reflectância de energia com estímulo de faixa ampla entre uma população com SD e um grupo controle, com desenvolvimento típico. Os resultados permitiram algumas conclusões.

Foi possível obter diferentes padrões gráficos de curvas de RE, que, entretanto, não apresentaram diferenças significativas em todas as comparações. O grupo com maior comprometimento de orelha média, constatado na timpanometria, exibiu valores mais elevados de RE quando comparado aos seus pares com SD e função normal de orelha média entre 750 e 2000 Hz. e entre 250 e 1600 Hz. quando comparado ao GC.

As medidas de timpanometria, volume do MAE e admitância compensada na altura da membrana timpânica, mostraram associação com a RE. A correlação negativa entre a RE e o volume do MAE ocorreu entre 250 e 1600 Hz. para o estímulo *chirp* e entre 258 e 1500 Hz. para o estímulo de tons puros. A correlação negativa entre a RE e a admitância compensada, no entanto, ocorreu em 500 e em 1000 para o estímulo *chirp*.

Houve um índice de classificação correta das medidas de RE de 60 % para os participantes com SD, com base nos valores da reflectância com estímulo *chirp* em 1000 e 1600 Hz., a partir de análise discriminante.

8 - Anexos

Anexo A – Aprovação do Comitê de Ética

MEDICINA
USP
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 16.06.10, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 143/10 intitulado: "**Reflectância de orelha média na síndrome de Down**", e seus anexos, apresentado pelo Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa .

Pesquisador (a) Responsável: Profa. Dra. Renata Mota Mamede Carvalho
Pesquisador (a) Executante: Jordana Costa Soares

CEP-FMUSP, 16 de junho de 2010.

Prof. Dr. Eduardo Massad
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo Rua Ovídio Pres de Campos, 225, 5º andar - CEP 05403 010 - São Paulo - SP Fone: 011 3069 6442 Fax: 011 3069 6492 e-mail: cep.fmusp@hcnnet.usp.br

Anexo B – Termo de consentimento livre e esclarecido

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO- FMUSP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME:
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO Nº APTO:
BAIRRO: CIDADE
CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)
2. RESPONSÁVEL LEGAL
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO: Nº APTO:
BAIRRO: CIDADE:
CEP: TELEFONE: DDD (.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA Reflectância de orelha média na síndrome de Down
- PESQUISADOR : Dra. Renata Mota Mamede Carvalho
CARGO/FUNÇÃO: Professor Associado INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 4027-5
UNIDADE DO HCFMUSP: Faculdade de Medicina
3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:
RISCO MÍNIMO ☒ RISCO MÉDIO ☐
RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐
4. DURAÇÃO DA PESQUISA : 36 meses.

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO- HCFMUSP

A equipe responsável pelo desenvolvimento da pesquisa “Reflectância de orelha média na síndrome de Down” está convidando seu filho (a) a participar deste estudo. O objetivo é obter maiores informações a respeito da audição, principalmente sobre o funcionamento de uma parte do sistema auditivo que apresenta alterações com certa frequência em pessoas com síndrome de Down. Serão estudadas pessoas sem a síndrome de Down e pessoas com esta síndrome. Para esta pesquisa, serão colocados pequenos fones de ouvido em uma orelha de cada vez e, por meio deles serão apresentados sons de baixa intensidade. Vamos então medir as respostas da audição a estes sons. Os exames têm duração de 30 minutos. A pessoa que ouve bem tem maior facilidade para aprender a falar e a se comunicar. Por este motivo, é benéfico para qualquer indivíduo ter sua audição avaliada. Em caso de algum problema auditivo, é possível tomar cuidados que ajudam a criança. A equipe esclarece que não haverá desconforto ou risco esperado decorrente da pesquisa, pois o grau de risco é mínimo.

A equipe esclarece também, que V.Sa. terá acesso, em qualquer etapa do estudo, aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é a Dra. Renata Mota Mamede Carvalho, que pode ser encontrada no Centro de Docência e Pesquisa em Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, à Rua Cipotânea, 51 - Cidade Universitária – São Paulo – SP, telefone: 3091-8415. Se o Sr. (a) tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 3069-6442 ramal 26 - e-mail: cep.fmusp@hcnet.usp.br. É garantida a liberdade de retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição. As informações obtidas na pesquisa serão analisadas em conjunto às informações obtidas dos exames de outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente. É garantido o seu direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais da pesquisa. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa. O pesquisador tem o compromisso de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo” Reflectância de orelha média na síndrome de Down”

Eu discuti com a Dra. Renata Mota Mamede Carvalho sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal Data ____ / ____ / ____

Assinatura da testemunha Data ____ / ____ / ____

Para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data ____ / ____ / ____

Anexo C – Gráficos

Gráfico 2 - Perfis individuais dos reflexos acústicos ipsilaterais (dBNA) por grupo

Gráfico 3 – Perfis individuais do limiar da audiometria tonal (dB) por grupo

Gráfico 5 – Valores individuais e médios do LRF (dBNA) por grupo

Gráfico 6 – Perfis individuais das EOAT (dB) por grupo

Gráfico 7 - Valores individuais e médios de response e reprodutibilidade por grupo

Anexo D – Tabelas

Tabela 9 – Análise descritiva do limiar na audiometria nas frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz., por agrupamento

Frequência (Hz)	Agrupamento	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
500	1	24	7,5	5,3	0	7,5	15
	2	6	35,0	3,2	30	35	40
	3	14	20,4	4,1	15	20	25
	4	1	45,0	-	45	45	45
1000	1	24	8,1	3,8	0	10	15
	2	6	33,3	5,2	25	35	40
	3	14	18,9	4,5	15	17,5	25
	4	1	55,0	-	55	55	55
2000	1	24	7,9	3,6	0	10	15
	2	6	35,8	8,6	25	35	50
	3	14	18,9	6,3	10	17,5	30
	4	1	55,0	-	55	55	55
3000	1	19	4,2	4,8	0	5	15
	2	2	35,0	0,0	35	35	35
	3	12	13,3	6,9	0	15	25
	4	1	30,0	-	30	30	30
4000	1	24	5,2	4,3	0	5	15
	2	6	37,5	5,2	30	37,5	45
	3	14	21,4	7,4	15	20	35
	4	1	35,0	-	35	35	35

Legenda: Legenda: N – Número de orelhas; hífen – o fenômeno não existe

Tabela 16- Análise descritiva para as EOAT (dB), response(dB) e reprodutibilidade(%), por agrupamento

Frequência (Hz)	Agrupamento	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
1000	1	13	13,5	6,7	4	16	24
	2	16	6,5	6,1	-3	7	18
1500	1	13	19,2	6,0	9	20	30
	2	16	10,9	4,4	5	11	23
	3	4	0,8	3,8	-2	-0,5	6
	4	1	19,0	-	19	19	19
2000	1	13	19,4	6,0	10	18	31
	2	16	14,7	4,9	5	15	23
	3	4	7,3	3,0	4	7	11
	4	1	11,0	-	11	11	11
3000	1	13	19,2	3,7	12	19	25
	2	16	10,8	4,2	3	11	16
	3	4	11,3	2,4	8	12	13
	4	1	9,0	-	9	9	9
4000	1	13	17,5	5,0	9	17	26
	2	16	4,8	4,5	-5	6	13
	3	4	12,5	4,4	6	14	16
	4	1	16,0	-	16	16	16
response	1	13	16,4	2,3	13,1	15,9	21,2
	2	16	7,9	2,8	3,3	7,45	13,4
	3	4	4,8	1,0	3,3	5,05	5,6
	4	1	9,6	-	9,6	9,6	9,6
reprodutibilidade	1	13	96,2	3,1	88	97	99
	2	16	83,2	9,1	68	83	97
	3	4	63,8	2,1	61	64	66
	4	1	55,0	-	55	55	55

Legenda: N – Número de orelhas; hífen – o fenômeno não existe

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American National Standards Institute. *American Standards Specifications for Instruments to Measure Aural Acoustic Impedance and Admittance (Aural Acoustic Immitance)*. New York; ANSI S3.39; 1987.

American National Standards Institute. *Maximum permissible ambient noise for audiometric testing*. New York; ANSI S.1; 1991.

American National Standards Institute. *Specification of audiometers*. New York; ANSI; S3.6; 1989.

Allen JB, Jeng PS, Levitt H. Evaluation of human middle ear function via an acoustic power assessment. *J Rehabil Res Dev*. 2005;42(4 Suppl 2):63-78.

Al-Rowaily MA, AlFayez AI, AlJomiey MS et al. Hearing impairments among Saudi preschool children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76(11):1674-7.

Basseto MCA. Emissões otoacústicas evocadas transientes: estudo da amplitude de resposta em recém-nascidos a termo e pré-termo [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 1998.

Beers AN, Shahnaz N, Westerberg BD, Kozak FK. Reflectance in normal caucasian and chinese school-aged children and in children with otitis media with effusion. *Ear Hear*. 2010; 31:221-33.

Bilgin H, Kasemsuwan L, Schachern PA et al. Temporal bone study of Down's syndrome. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1996; 122(3):271-5

Blaser S, Propst EJ, Martin D et al. Inner ear dysplasia is common in children with Down syndrome (trisomy 21). *Laryngoscope*. 2006; 116(12):2113-9.

Bluestone CD. Definition of otitis media and related diseases. In: Alper CM, Bluestone CD, Casselbrant ML, Dohar J, Mandel EM. *Advanced therapy of otitis media*. Hamilton: BC Decker; 2004: 1-9.

Borg E. On the Neuronal Organization of the Acoustic Middle Ear Reflex. A Physiological and Anatomical Study. *Brain Research*. 1973; 49: 101-123.

Brownell WE, Bader CR, Bertrand D, de Ribaupierre Y. Evoked mechanical responses of isolated cochlear outer hair cells. *Science*. 1985; Jan 11; 227(4683):194-6.

Brunner E, Puri ML. Nonparametric Methods in Factorial Designs. *Statistical Papers*. 2001;42: 1-52.

Buchanan LH. Early onset of presbycusis in Down syndrome. *Scand Audiol*. 1990;19(2):103-10.

Carvalho RMM, Albernaz PLM. Reflexos acústicos em Lactentes. *Acta AWHO*. 1997;16 (3):103-8.

Cleland J, Wood S, Hardcastle W et al. Relationship between speech, oromotor, language and cognitive abilities in children with Down's syndrome. *Int J Lang Commun Disord*. 2010 Jan-Feb;45(1):83-95.

Davis H. An active process in cochlear mechanics. *Hear Res*. 1983 Jan;9(1):79-90.

Dhar S, Hall JW. *Otoacoustic emissions: principles, procedures, and protocols*. 1st ed. San Diego: Plural Publishing; 2012.

Dille MF. Perspectives on the audiological evaluation of individuals with Down syndrome. *Seminars in Hearing*. 2003; 24(3): 201-10.

Durante AS, Carvallo RMM, Sanches FC, Soares JC. Características das emissões otoacústicas por transientes em programa de triagem auditiva neonatal. *Pró-Fono R Atual Cient*. 2005;17: 133-40.

Etges CL, Reis MCP, Menegotto IH et al. Achados na triagem imitanciométrica e de processamento auditivo em escolares. *Rev. CEFAC*. 2012 [citado mai 2013] Nov-Dez; 14(6):1098-107. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462012005000028>

Farboud A, Skinner R, Pratap R. Otitis media with effusion ("glue ear"). *BMJ* 2011;343:d3770. doi: 10.1136/bmj.d3770

Feeney MP, Grant IL, Marryott LP. Wideband energy reflectance measurements in adults with middle-ear disorders. *J Speech Lang Hear Res*. 2003; 46(4):901-11.

Feeney MP, Keefe DH, Sanford CA. Wideband reflectance measures of the ipsilateral acoustic stapedius reflex threshold. *Ear Hear*. 2004;25(5):421-30.

Feeney MP, Sanford CA. Age effects in the human middle ear: wideband acoustical Measures. *J Acoust Soc Am*. 2004; 116 (6): 3546-58.

Feldman AS. Tympanometry - procedures, interpretations, and variables. In: Feldman AS, Wilber LA. *Acoustic impedance and admittance: the measurement of middle ear function*. Baltimore: Williams&Wilkins; 1976: 103-55.

Fisher LD, van Belle G. *Biostatistics*. New York. John Wiley & Sons; 1993.

Garcia MV, Azevedo MF, Testa JR. Medidas de Imitância acústica em lactentes com 226Hz e 1000Hz: correlação com as emissões otoacústicas e o exame otoscópico. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2009;75(1):80-9.

Gold T. Hearing II. The physical basis of the action of the cochlea. *Proceedings of the royal society of london*. Series B, biological sciences. 1948; 135(881): 492-498. Available from: <http://links.jstor.org/sici?sici=0080-4649%2819481214%29135%3A881%3C492%3AHITPBO%3E2.0.CO%3B2-F>

Hall JW, Chandler D. Tympanometry in clinical audiology. In: Katz J. *Handbook of clinical audiology*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. P283-299.

Harigai S, Tanaka Y, Lino Y. Hearing level of otitis media with effusion in children with Down's syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1996; 35(3):288.

Hassmann E, Skotnicka B, Midro AT, Musiatowicz M. Distortion products otoacoustic emissions in diagnosis of hearing loss in Down syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1998;45(3):199-206.

Hunter LL, Bagger-Sjöbäck D, Lundberg M. Wideband reflectance associated with otitis media in infants and children with cleft palate. *Int J Audiol*. 2008;47(suppl 1): S57-S61.

Hunter LL, Feeney MP, Miller JAL, Jeng PS, Bohning S. Wideband reflectance in newborns: normative regions and relationship to hearing-screening results. *Ear and hear*. 2010; 31(5): 599-610.

Hunter LL, Shahnaz N. *Acoustic immittance measures: basic and advanced practice*. 1st ed. San Diego: Plural Publishing; 2013.

Intrapiromkul J, Aygun N, Tunkel DE et al. Inner ear anomalies seen on CT images in people with Down syndrome. *Pediatr Radiol*. 2012;42(12):1449-55.

Jerger, J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch otolaryngol*. 1970, 92(4): 311-24.

Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry: I - Normal and sensorineural ears. *Arch otolaryngol*. 1972 Dec, 96(6):513-23.

Johnson RA, Wichern DW. *Applied Multivariate Statistical Analysis* . 6th ed. , New Jersey: Prentice-Hall; 2007.

Kaf WA. Wideband energy reflectance findings in presence of normal tympanogram in children with Down's syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2011; 75(2): 219-26.

Keefe DH, Bulen JC, Arehart KH, Burns EM. Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. *J. Acoust. Soc. Am*. 1993 Nov; 94(5): 2617-38.

Keefe DH, Folsom RC, Gorga MP et al. Identification of neonatal hearing impairment: ear-canal measurements of acoustic admittance and reflectance in neonates. *Ear Hear*. 2000;21(5): 443-61.

Keefe DH, Gorga MP, Neely ST, Zhao F, Vohr BR. Ear-canal acoustic admittance and reflectance measurements in human neonates: II. Predictions of middle-ear dysfunction and sensorineural hearing loss. *J Acoust Soc Am*. 2003; 113(1): 407-22.

Keefe DH, Levi E. Maturation of the middle and external ears: acoustic power-based responses and reflectance tympanometry. *Ear Hear*. 1996;17(5): 361-73.

Keefe DH, Ling R, Bulen JC. Method to measure acoustic-impedance and reflection coefficient. *J Acoust Soc Am*. 1992; 91(1):470-85.

Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function and use. *Br Med Bull*. 2002; 63:223-41.

Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am*. 1978; 64 :1386-91.

Keogh T, Kei J, Driscoll C, Khan A. Children with minimal conductive hearing impairment: speech comprehension in noise. *Audiol Neurotol*. 2010;15(1):27-35. doi: 10.1159/000218360.

Kemp DT, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear*. 1990;11: 93-105.

Kiris M, Muderris T, Kara T et al. Prevalence and risk factors of otitis media with effusion in school children in Eastern Anatolia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012 Jul;76(7):1030-5. doi: 10.1016/j.ijporl.2012.03.027.

Koebse KA, Margolis RH. Tympanometric gradient measured from normal preschool children. *Audiology*. 1986;25(3):149-57.

Kurk, M. O Amplificador coclear. *Arquivos da Fundação Otorrinolaringologia*. 1999; 3 (2): 48-56.

Lautenschlager L, Tochetto T, Costa MJ. Recognition of speech in noise and relations with suppression of otoacoustic emissions and the acoustic reflex. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2011 Jan-Feb;77(1):115-20.

Liden, G. The scope and application of current audiometric tests. *J Laryngol Otol*. 1969;83(6): 507-20.

Limongi SCO, Carvallo RMM, Souza ER. Auditory processing and language in down syndrome. *J Med Speech Lang Pathol*. 2000; 8(1): 27-34.

Linares AE, Carvallo RMM. Latência do Reflexo Acústico em Crianças com Alteração do Processamento Auditivo. *Archives of Otorhinolaryngol*. 2004 Jan/Mar;8(1): 257-63. Disponível em: http://www.internationalarchivesent.org/conteudo/acervo_port.asp?id=257

Lonsbury-Martin BL, Martin GK, Telischi FF. Emissões otoacústicas na prática clínica. In: Musiek, FE; Rintelmann, WF. *Perspectivas Atuais em Avaliação Auditiva*. São Paulo: Manole; 2001: 163-192.

Luts H, Desloovere C, Wouters J. Clinical application of dichotic multiplestimulus auditory steady-state responses in high-risk newborns and young children. *Audiol Neurotol*. 2006; 11:24-37.

Lyra e Silva KA. Reflectância de banda larga em recém-nascidos: uso combinado de procedimentos eletroacústicos. [tese online]. Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2010. [citado 19 set. 2012]. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5162/tde-27022012-125953/pt-br.php>

Margolis RH; Hunter LL. Timpanometria: Princípios básicos e aplicações clínicas. In: Musiek, FE; Rintelmann, WF. *Perspectivas Atuais em Avaliação Auditiva*. São Paulo: Manole; 2001: 85-126.

Margolis RH, Paul S, Saly GL et al. Wideband reflectance tympanometry in chinchillas and human. *J Acoust Soc Am*. 2001;110(3 Pt 1):1453-64.

Maroudias N, Economides J, Christodoulou P, Helidonis E. A study on the otoscopic and audiological findings in patients with Down's syndrome in Greece. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1994 Mar;29(1):43-9.

Martin GE, Klusek J, Estigarribia B, Roberts JE. language characteristics of individuals with Down syndrome. *Top Lang Disord*. 2009;29(2):112-32.

Maurizi M, Ottaviani F, Paludetti G, Lungarotti S. Audiological findings in Down's children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1985 Aug;9(3):227-32.

McPherson B, Lai SP, Leung KK, Ng IH. Hearing loss in Chinese school children with Down syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2007;71(12):1905-15.

McPherson B, Li SF, Shi BX, Tang JLF, Wong BYK. Neonatal hearing screening: evaluation of tone-burst and click-evoked otoacoustic emission test criteria. *Ear Hear*. 2006; 27:256-62.

Merchant GR, Horton NJ, Voss SE. Normative reflectance and transmittance measurements on healthy newborn and 1-month-old infants. *Ear Hear*. 2010; 31(6): 746-54.

Mimosa Acoustics, Inc: MEPA3 Manual (2007). Champaign. Disponível em: <http://www.mimosaacoustics.com/pdf/User%27s%20Manual.pdf>

Moller AR. *Hearing: anatomy, physiology, and disorders of the auditory system*. 2nd ed. San Diego: Academic Press; 2006: 41-56.

Morlet T, Lapillonne A, Ferber C, Duclaux R, Sann L, Putet G, Salle B, Collet L. Spontaneous otoacoustic emissions in preterm neonates: prevalence and gender effects. *Hear Res*. 1995 Oct;90(1-2):44-54.

Mustacchi Z. In: *Genética baseada em evidências: síndromes e heranças*. São Paulo: Cid editora; 2000. 819-93.

Neter J, Kutner MH et al. *Applied Linear Statistical Models*. 5th ed. Chicago: Irwin; 2005.

Northern JL, Downs MP. *Hearing in Children*. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2002: 1-31.

Pickles JO, Comis SD, Osborne MP. Cross-links between stereocilia in the guinea pig organ of Corti, and their possible relation to sensory transduction. *Hear Res*. 1984 Aug;15(2):103-12.

Polka L, Rvachew S. The impact of Otitis Media with effusion on infant phonetic perception. *Infancy*. 2005; 8(2): 101-17.

Prieve BA, Werff KR, Preston JL, Georgantas L. Identification of conductive hearing loss in young infants using tympanometry and wideband reflectance. *Ear Hear*. 2013 Mar-Apr;34(2):168-78. doi: 10.1097/AUD.0b013e31826fe611.

Raut P, Sriram B, Yeoh A, Hee KY, Lim SB, Daniel ML. High prevalence of hearing loss in Down syndrome at first year of life. *Ann Acad Med Singapore*. 2011;40(11):493-8.

Rhodes, MC, Margolis RH, Hirsch, JL, Napp, AP. Hearing screening in the newborn intensive care nursery: comparison of methods. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999; 120 (6): 799-808.

Roizen NJ, Wolters C, Nicol T, Blondis TA. Hearing loss in children with Down syndrome. *J Pediatr*. 1993;123(1):S9-12.

Russo ICP, Lopes QL, Brunetto-Borgiani LM, Brasil LA. Logoaudiometria. In: Momensohn-Santos TM, Russo ICP (org.). *Prática da Audiologia Clínica*. 6ª. Ed. São Paulo: Cortez; 2007: 135-54.

Sacchini C, El-Sheikhah A, Cicero S et al. Ear length in trisomy 21 fetuses at 11-14 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2003; 22(5):460-3.

Saim A, Saim L, Saim S et al. Prevalence of otitis media with effusion amongst pre-school children in Malaysia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1997 Jul 18;41(1):21-8.

Sforza C, Dellavia C, Tartaglia GM, Ferrario VF. Morphometry of the ear in Down's syndrome subjects. A three-dimensional computerized assessment. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2005; 34(5):480-6.

Sforza C, Elamin F, Rosati R, et al. Morphometry of the ear in north Sudanese subjects with Down syndrome: a three-dimensional computerized assessment. *J Craniofac Surg*. 2011; 22(1):297-301.

Santos SM, Singer JM. Comandos para uso da função ANOVA.Npar (em R). 2012. Disponível em http://www.ime.usp.br/~jmsinger/anova_npar.zip

Shahnaz N. Wideband reflectance in neonatal intensive care units. *J Am Acad Audiol*. 2008; 19: 419-29.

Shahnaz N, Bork K. Wideband reflectance norms for caucasian and chinese young adults. *Ear Hear*. 2006;27(6):774-88.

Shahnaz N, Bork K, Polka L et al. Energy reflectance and tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear Hear*. 2009; 30:219-33.

Shahnaz, N.; Miranda, T.; Polka, L. Multifrequency tympanometry in neonatal intensive care unit and well babies. *J Am Acad Audiol*. 2008; 19(5): 392-418.

Shott SR. Down syndrome: common otolaryngologic manifestations. *Am J Med Genet C Semin Med Genet*. 2006;142C(3):131-40.

Shott SR, Joseph A, Heithaus D. Hearing loss in children with Down syndrome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2001;61(3):199-205.

Son EJ, Park YA, Kim JH et al. Classification of trace patterns of 226 and 1000 Hz tympanometry in healthy neonates. *Auris Nasus Larynx*. 2012 Oct;39(5):455-60. doi: 10.1016/j.anl.2011.08.007.

Stinson MR, Shaw EA, Lawton BW. Estimation of acoustical energy reflectance at the eardrum from measurements of pressure distribution in the human ear canal. *J Acoust Soc Am*. 1982 Sep;72(3):766-73.

Thome DC, Sanchez, TG, Bento RF, Pedalini MEB. Middle ear disorders in patients with Down's syndrome. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999; 121(2):129. doi: 10.1016/S0194-5998(99)80218-6

Trine MB, Hirsch JE, Margolis RH. The effect of middle ear pressure on transient evoked otoacoustic emissions. *Ear Hear*. 1993 Dec;14(6):401-7.

Uchida Y, Ando F, Nakata S et al. Distortion product otoacoustic emissions and tympanometric measurements in an adult population-based study. *Auris Nasus Larynx*. 2006 Dec;33(4):397-401.

Vander Werff KR, Prieve BA, Georgantas LM. Test-retest reliability of wideband reflectance measures in infants under screening and diagnostic test conditions. *Ear Hear*. 2007; 28(5): 669-81.

Voss SE, Allen JB. Measurement of acoustic impedance and reflectance in the human ear canal. *J. Acoust. Soc. Am.* 1994; 95(1): 372-84.

Voss SE, Horton NJ, Woodbury RR, Sheffield KN. Sources of variability in reflectance measurements on normal cadaver ears. *Ear Hear.* 2008 Aug; 29(4):651-65. doi: 10.1097/AUD.0b013e318174f07c.

Werner LA, Levi EC, Keefe DH. Ear-Canal Wideband Acoustic Transfer Functions of Adults and Two- to Nine-Month-Old Infants. *Ear Hear.* 2010;31(5): 587-98.