

Treinamento auditivo acusticamente controlado como opção de intervenção em transtorno do processamento auditivo central em perda auditiva unilateral severa/profunda

Acoustically controlled auditory training as an intervention option in central auditory processing disorder in severe/profound unilateral hearing loss

Márcia Ribeiro Vieira Yamamoto¹ , Liliane Desgualdo Pereira² 

RESUMO

Objetivo: Verificar a efetividade do treinamento auditivo acusticamente controlado em pessoas com distúrbio do processamento auditivo central e perda auditiva unilateral de grau severo a profundo. **Métodos:** Participaram do estudo 16 indivíduos, de 13 a 21 anos de idade, diagnosticados com perda auditiva unilateral de grau severo a profundo e transtorno do processamento auditivo central, divididos em dois grupos, com oito indivíduos cada, pareados por idade, sexo e escolaridade: grupo estudo, submetido ao programa de treinamento auditivo acusticamente controlado, em oito sessões, realizadas uma vez por semana; grupo comparação, que não foi submetido a nenhum tipo de intervenção. Ao final de oito semanas, os grupos foram reavaliados quanto ao potencial evocado auditivo de longa latência (P300) e quanto às habilidades auditivas alteradas, observadas nos testes Localização Sonora, Identificação de Sentenças Sintéticas, Fala no Ruído e *Random Gap Detection Test*. **Resultados:** Não houve influências do lado da perda auditiva na avaliação inicial, para nenhum dos grupos. Na avaliação final, verificou-se, somente no grupo estudo, aprimoramento de todas as habilidades auditivas, diminuição da latência e aumento da amplitude no P300. Indivíduos com perda auditiva à direita apresentaram maior aumento da amplitude do P300. Não foram observadas modificações no grupo comparação. **Conclusão:** O treinamento auditivo acusticamente controlado foi eficaz, pois possibilitou o aprimoramento das habilidades auditivas e a modificação na atividade neurobiológica quanto à velocidade de processamento auditivo. Sugere-se essa opção de intervenção em pessoas com transtorno do processamento auditivo central e perda auditiva unilateral.

Palavras-chave: Audição; Perda auditiva unilateral; Percepção auditiva; Potenciais evocados auditivos; Reabilitação

ABSTRACT

Purpose: To verify the effectiveness of the auditory training acoustically controlled in people with central auditory processing disorders and unilateral hearing loss from severe to profound. **Methods:** 16 individuals between the age of 13 to 21 diagnosed with unilateral hearing loss from severe to profound and central auditory process disorder has participated in this study, individuals were divided into two groups, consisting of eight individuals each, paired by age, sex and education. Eight of them – Experimental Group – underwent an individual Acoustically Controlled Auditory Training program consisting of eight sessions accomplished once a week. The remaining individuals - Control Group – there were no intervention. At the end of eight weeks, both groups were reassessed for Long Latency Auditory Evoked Potential (P300), and altered hearing abilities on the Sound Localization test, Synthetic Sentence Identification, Speech in Noise and Random Gap Detection Test. **Results:** There were no influences of the hearing loss side in the initial assessment for any of the groups. In the final assessment there was an improvement in all abilities, decreased latency and increased amplitude in P300 only Experimental Group. Individuals with hearing loss on the right showed a greater increase in P300 amplitude. There were no changes in the Control Group. **Conclusion:** The acoustically controlled auditory training was effective because it allowed an improvement of the auditory abilities and a modification in the neurobiological activity in relation to the auditory processing speed. This option it is suggested for intervention in people with a central auditory processing disorder and hearing loss.

Keywords: Hearing; Unilateral hearing loss; Auditory perception; Evoked potentials, auditory; Rehabilitation

Trabalho realizado na Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

¹Programa de Pós-graduação (Doutorado) em Distúrbios da Comunicação Humana (Fonoaudiologia), Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

²Departamento de Fonoaudiologia, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: MRVY e LDP foram responsáveis pela concepção e delineamento do estudo, análise, interpretação dos resultados e redação do manuscrito; MRVY foi responsável pela revisão de literatura e coleta dos dados.

Financiamento: Agência Financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Número do Processo: 1560950; Bolsa de produtividade de pesquisa do CNPq, Número do processo 302967/2017-6.

Autor correspondente: Márcia Ribeiro Vieira Yamamoto. E-mail: marciavieirafono33@gmail.com

Recebido: Agosto 17, 2020; **Aceito:** Outubro 19, 2020

INTRODUÇÃO

Para a comunicação, é necessário ter capacidade de lidar com o som ou habilidades que vão além do que pode ser mensurado no audiograma. A alteração nessas habilidades diz respeito ao transtorno do processamento auditivo central (TPAC)⁽¹⁾. Muitos estudos mostraram a coocorrência de perda auditiva unilateral (PAUn) de grau severo a profundo, TPAC⁽²⁻⁶⁾, alterações de linguagem^(7,8) e limitações de atividades comunicativas⁽²⁾.

A audição monoaural ocasiona prejuízos no mecanismo fisiológico de interação binaural, que favorece a localização sonora (LS), devido às diferenças interaurais de tempo e de intensidade, à somação binaural e à liberação espacial de mascaramento, com conseqüente melhora na compreensão de fala no ruído⁽³⁻⁵⁾. Além disso, a privação sensorial no córtex auditivo pelas vias ipsilateral e contralateral, ocasionada pela diminuição ou ausência de respostas de uma das orelhas, pode afetar o desenvolvimento das habilidades auditivas nesses indivíduos^(2-6,8). Esses prejuízos podem explicar as alterações de linguagem oral e escrita, frequentemente observadas em crianças e adolescentes com PAUn^(2,3,6-8).

Na PAUn, apesar de o implante coclear (IC) restaurar a funcionalidade da audição binaural, melhorando a LS e a compreensão de fala no ruído⁽⁹⁾, nem sempre ocorre sua aceitação pela pessoa com PAUn e a adaptação pode ser lenta⁽⁵⁾. Atualmente o Sistema Único de Saúde (SUS), no Brasil, disponibiliza, para indivíduos com PAUn, o aparelho de amplificação sonora individual (AASI) convencional e o sistema de adaptação *Contralateral Routing of Signal* (CROS)⁽¹⁰⁾. O AASI convencional é pouco recomendado pelos médicos otorrinolaringologistas, pois apresenta poucos benefícios à amplificação da fala, principalmente se o grau da PAUn for profundo. Até mesmo para as perdas auditivas de grau severo, esse dispositivo não possibilita o reconhecimento de fala no ruído e a melhora na LS, devido à grande assimetria entre os lados⁽¹¹⁾. O sistema CROS tem como vantagem a detecção da fala no lado com PAUn em situações silenciosas e melhor compreensão de fala no ruído, quando a fala é transmitida, predominantemente, do lado sem perda auditiva. No entanto, esse dispositivo não possibilita a melhora na LS, habilidade que esses indivíduos mais apresentam dificuldade⁽¹²⁾. Provavelmente, por esse motivo, o dispositivo, muitas vezes, não é bem aceito, sem contar a questão estética relacionada ao estigma da perda auditiva pela necessidade do uso de dois aparelhos auditivos, apesar de a perda ser somente em um dos lados^(11,12).

O treinamento auditivo acusticamente controlado (TAAC) tem sido amplamente utilizado na reabilitação de pacientes com TPAC, com ou sem perda auditiva⁽¹³⁻¹⁵⁾. Trata-se de um conjunto de condições e/ou tarefas que propiciam aumento da atividade sináptica e geram modificações estruturais e funcionais, denominadas plasticidade auditiva^(13,16).

A avaliação da efetividade do TAAC é realizada por meio de testes auditivos comportamentais, que avaliam as habilidades auditivas⁽¹⁷⁾, e do registro da atividade elétrica do estímulo sonoro ao longo do sistema nervoso auditivo central (SNAC), por meio de potenciais evocados auditivos⁽¹⁸⁾. Um desses é o potencial evocado auditivo de longa latência (PEALL) – P300, gerado pela discriminação de um estímulo auditivo raro, entre outros frequentes, de mesma modalidade e características físicas diferentes. Ele é considerado um potencial endógeno, pois é influenciado, predominantemente, por eventos relacionados às

habilidades cognitivas, sendo aplicado como instrumento de investigação do processamento da informação – codificação, seleção, memória e tomada de decisão^(18,19).

Diversos estudos utilizaram o P300 antes e após o TAAC e observaram diminuição da latência e/ou aumento da amplitude após a estimulação auditiva, demonstrando modificações na atividade neurobiológica do processamento auditivo^(14,15).

Apesar de as pesquisas concluírem que em indivíduos com PAUn ocorrem alterações em diferentes habilidades auditivas⁽²⁻⁶⁾, até recentemente não foram encontrados estudos que utilizassem um TAAC para a reabilitação de habilidades auditivas na orelha sem perda auditiva. Em estudo⁽⁴⁾ que propôs a reabilitação com base em um treinamento somente da LS, se observou que essa habilidade melhorou, mas não atingiu a normalidade.

Assim, a realização de um TAAC que torne mais eficiente o funcionamento do SNAC de ouvintes unilaterais pode minimizar as dificuldades comunicativas enfrentadas pelas pessoas com PAUn, além de oferecer melhores condições neurais na adaptação do sistema CROS ou do implante coclear na orelha com perda auditiva, se houver essa possibilidade.

O objetivo deste estudo foi verificar a efetividade do treinamento auditivo acusticamente controlado em pessoas com alteração do processamento auditivo e perda auditiva unilateral de grau severo a profundo.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo clínico de intervenção longitudinal aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da instituição (n. 1.093.839). Antes do início da pesquisa, todos os participantes, ou seus responsáveis, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foram incluídos indivíduos com perda auditiva sensorioneural unilateral de grau severo a profundo em uma orelha e, na orelha oposta, limiares auditivos de via aérea ≤ 25 dBNA e ≤ 15 dBNA na via óssea, curva timpanométrica tipo A, bilateralmente, e TPAC diagnosticado por meio de, pelo menos, dois testes auditivos comportamentais alterados na orelha sem perda auditiva. Excluíram-se da amostra indivíduos com alterações neurológicas e/ou psicológicas autodeclaradas.

Participaram 16 indivíduos com PAUn e TPAC. Não foi realizado cálculo amostral, pois, no período da pesquisa, o número máximo de participantes que preenchiam os critérios de inclusão foi de 17. No entanto, um deles apresentou alteração em apenas um teste do processamento auditivo. Por esse motivo, foi excluído. Sendo assim, a quantidade de participantes foi limitada por conveniência da disponibilidade da instituição no período da pesquisa.

A faixa etária variou entre 13 e 21 anos, sendo dez indivíduos do sexo masculino e seis do sexo feminino. Observou-se PAUn na orelha direita em sete indivíduos e, em nove, à esquerda. Os participantes foram divididos em dois grupos, oito indivíduos cada, pareados por idade, sexo e escolaridade: grupo estudo – GE, submetido ao programa de TAAC por oito semanas, e grupo comparação – GC, que não foi submetido a nenhum tipo de intervenção terapêutica no período da pesquisa. As médias de idade do GE e GC foram 16,13 e 16,0 anos, respectivamente.

A etiologia da perda auditiva variou entre genética não sindrômica (12,50%), hipóxia e prematuridade (12,50%);

doenças infecciosas (caxumba e meningite – 18,75%); doença pós-infecciosa (colesteatoma – 18,75%); traumas (18,75%) e causas desconhecidas (31,25%). A média de idade de descoberta da PAUn foi de 5 anos.

Neste estudo, optou-se pelo pareamento de perda auditiva à direita e à esquerda, no GE. A perda auditiva à direita ocorreu em quatro indivíduos do GE e, em cinco, do GC, enquanto à esquerda ocorreu em quatro indivíduos do GE e, em três, do GC.

Ambos os grupos foram submetidos à avaliação inicial (AI) e, após dois meses, aproximadamente, à avaliação final (AF), ambas compostas pelo seguinte conjunto de testes:

Teste de Localização Sonora (LS), que seguiu o Protocolo 14, proposto por Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾, quanto aos critérios de aplicação e normalidade. Sabe-se que esse teste é utilizado para avaliar a audição binaural, no entanto, foi escolhido para verificar a possibilidade de mudança de resposta após o TAAC.

Foram selecionados dois testes auditivos especiais monóticos (Fala no Ruído – FR e Identificação de Sentenças Sintéticas – SSI) do *Compact Disc* (CD) “Testes Auditivos Comportamentais para Avaliação do Processamento Auditivo Central”⁽¹⁷⁾ e o CD do *Random Detection Gap Test* – RGDT⁽²⁰⁾, os quais foram apresentados somente na orelha sem perda auditiva. O FR avaliou a habilidade de fechamento auditivo e seguiu os critérios propostos no Protocolo 3 de Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾. Para a avaliação da habilidade de figura-fundo, utilizou-se o SSI com mensagem competitiva ipsilateral (MCI) e relação sinal/ruído -10. Foram empregados os critérios de aplicação e normalidade do Protocolo 6⁽¹⁷⁾. Finalmente, o teste RGDT, avaliou a habilidade auditiva de resolução temporal e seguiu os critérios de aplicação e normalidade propostos por Dias et al.⁽²¹⁾. Para a realização dos testes descritos, foram utilizados: cabine acústica, audiômetro modelo GSI-61 *Clinical Audiometer*, marca *Grason Stadler*, fones *Telephonics* TDH-50 P, calibrados de acordo com as normas ISO 389 e *notebook* da marca *Acer*, para a apresentação dos estímulos gravados em CDs.

Para o registro do P300, utilizou-se o equipamento *Smart EP USB Jr*, da marca *Intelligent Hearing System*, de dois canais. Os eletrodos foram posicionados na frente (Fpz: eletrodo terra), no vértex craniano (Cz: eletrodo ativo) e no lóbulo da orelha sem perda auditiva (A1 para orelha esquerda ou A2 para orelha direita), seguindo o Sistema Internacional 10-20⁽²²⁾. Cada eletrodo apresentou impedância ≤ 5 e diferença intereletrodos ≤ 2 ohms. Os participantes foram orientados a permanecer em silêncio e contar, mentalmente, os estímulos diferentes (raros) que aparecessem aleatoriamente em meio a estímulos iguais (frequentemente). Transmitiram-se os estímulos via fones de inserção ER-3A na orelha sem perda auditiva. Os parâmetros para aquisição do P300 foram: 300 estímulos *tone burst*, sendo 85% frequentes (1 kHz) e 15% raros (2 kHz), apresentados em 70 dBNA, com velocidade de 1.1 estímulos por segundo. Após a captação dos potenciais, foi realizada a marcação dos componentes N1, P2, N2 e P3.

O P3, componente utilizado neste estudo, foi considerado a maior onda positiva resultante da subtração entre a onda referente aos estímulos frequentes e a onda dos estímulos raros, localizada após o complexo N1-P2-N2, com latência por volta de 300 milissegundos (ms)⁽¹⁸⁾. Em seguida, mediu-se sua amplitude, posicionando o cursor no pico positivo e outro, no vale negativo da onda anterior (N2-P3), sendo mensurada em

microvolt (μV). As ondas foram marcadas pelo autor principal do estudo e por outro examinador, para confirmação, com o objetivo de evitar viés⁽¹⁹⁾. Aplicaram-se, como referência, os valores de latência entre 225 ms e 365 ms⁽¹⁸⁾. Os valores de amplitude foram descritos e analisados comparativamente entre si.

Foi aplicado o questionário de percepção de Limitações de Atividades Comunicativas (LAC)⁽²⁾ para verificar se houve modificação na percepção dos participantes antes e após o TAAC. Esse questionário é composto por 13 perguntas, subdivididas em três tipos de situação: ruidosa, silenciosa e de localização sonora. As respostas variaram de 0 (nenhuma limitação) a 100% (limitação completa), transmitidas por meio da escala analógica visual (VAS) e classificadas de acordo com a Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF), em 0-4% = nenhuma limitação; 5-24% = leve; 25-49% = moderada; 50-95% = grave; 96-100% = limitação completa.

No GE, após a AI, iniciou-se o programa de TAAC, adaptado para PAUn, com base no TAAC convencional⁽²³⁾. Foram realizadas oito sessões, com duração de uma hora e periodicidade de uma semana, em cabine acústica, com estímulos gravados^(17,24-26), apresentados via *notebook* acoplado ao audiômetro de dois canais e fones de ouvido, estimulando-se a orelha com audição periférica normal. Foram trabalhados o processamento temporal e a escuta monótica com testes de baixa redundância.

As sessões foram organizadas em ordem crescente de complexidade; fixou-se a intensidade da mensagem principal (com base na média do limiar de recepção de fala) e a relação sinal-ruído variou de positiva para negativa. O critério para a mudança de complexidade foi $\geq 70\%$ de acertos; quando os acertos eram $\leq 30\%$, voltava-se um passo⁽¹³⁾. A habilidade auditiva de LS foi treinada com instrumentos de percussão e estímulo de tom puro, em diferentes frequências e intensidades, em cabine acústica, com o uso de caixas acústicas nas posições direita, esquerda, frente e atrás.

Ao final de cada sessão, entregava-se uma folha de atividades relacionadas às habilidades auditivas trabalhadas naquele dia, explicadas ao responsável do paciente, para que fossem realizadas em casa. Na sessão seguinte, o responsável fazia um breve comentário sobre o desempenho do participante quanto às atividades.

No Quadro 1, estão resumidas as sessões com as habilidades auditivas, na ordem em que foram estimuladas, e os materiais utilizados.

Permitiram-se até duas faltas consecutivas, ou três espaçadas, no período do TAAC. As faltas foram repostas nas semanas seguintes e, ao final do programa, todos os participantes realizaram oito sessões. Nenhum deles excedeu o limite de faltas.

Utilizou-se o teste de análise de variância (ANOVA) para observar a existência de efeito de interação entre as variáveis estudadas. Quando houve interação, (valor de $p < 0,05$) foram realizadas comparações entre a média de acertos no teste, entre os dois momentos para cada grupo, e comparação das médias entre os grupos, para cada momento, e verificado o valor de p por meio do teste t-Student. O nível de significância para todos os testes de hipóteses foi de 0,05 (5%).

Quadro 1. Descrição resumida das habilidades auditivas e materiais utilizados em cada sessão do treinamento auditivo acusticamente controlado no grupo estudo

Sessões	Habilidades auditivas trabalhadas	Materiais utilizados
1 ^a	Discriminação auditiva (frequência e duração) e localização sonora	CD Programa de Treinamento Auditivo Específico para Alterações do Processamento Auditivo - Treino Discriminação Auditiva - Faixas 1 e 2 LS: (10-12 kHz) guizo 5
2 ^a	Figura - fundo (sons verbais), ordenação temporal (duração) e localização sonora	CD Exercícios para o Desenvolvimento de Habilidades do Processamento Auditivo: SSI (MCI) Relações S/R: 0 e -10 - Faixas 1 e 3 CD Testes Auditivos Comportamentais para Avaliação do Processamento Auditivo Central: TPD tom melódico 3 e 4 sons - Faixas 17 e 18 LS: 5-8 kHz (sino)
3 ^a	Figura-fundo (sons verbais); ordenação temporal (frequência) e localização sonora	CD Exercícios para o Desenvolvimento de Habilidades do Processamento Auditivo: SSI (MCI) Relações S/R -10 e -15 - Faixas 2 e 3 CD Testes Auditivos Comportamentais para Avaliação do Processamento Auditivo Central: TPF (tom melódico 3 e 4 sons) - Faixas 15 e 16 LS: 5-8 kHz/ 10-12 kHz (guizo e sino)
4 ^a	Fechamento auditivo e localização sonora	CD Listas de Sentenças em Português: Apresentação e Estratégias de Aplicação na Audiologia - Faixas 1 e 2 LS: tom <i>warble</i> - 1 kHz (audiômetro- apresentação via campo livre)
5 ^a	Fechamento auditivo e localização sonora	CD Testes Auditivos Comportamentais para Avaliação do Processamento Auditivo Central: Teste de Fala Comprimida - Faixas 6 e 8 LS: tom <i>warble</i> - 2 kHz (audiômetro – apresentação via campo livre)
6 ^a	Figura-fundo (sons não verbais) e localização sonora	CD Exercícios para o Desenvolvimento de Habilidades do Processamento Auditivo - Faixas 27 e 28 LS: tom <i>warble</i> - 3 kHz (audiômetro – apresentação via campo livre)
7 ^a	Ordenação temporal (frequência) e localização sonora	CD Programa de Treinamento Auditivo Específico para Alterações do Processamento auditivo - Treino Frequência - tom puro (2 e 3 sons) - Faixas 14 e 15 LS: tom <i>warble</i> - 4 kHz (audiômetro)
8 ^a	Resolução temporal e Localização sonora	CD Programa de Treinamento Auditivo Específico para Alterações do Processamento Auditivo - Treino Resolução Temporal – Faixa 18 LS: tom <i>warble</i> - 6 kHz (audiômetro)

Legenda: CD: *compact disc*; SSI: *Syntetic Sentences Identification*; TPD: Teste Padrão de Duração; TPF: Teste de Padrão de Frequência; LS: Localização sonora; MCI: Mensagem competitiva ipsilateral; S/R: Sinal ruído; kHz: kilohertz

RESULTADOS

Não foram verificadas diferenças significativas entre o desempenho nos testes comportamentais dos indivíduos com PAUn à direita e à esquerda e, por isso, optou-se por não separar a variável “lado da perda auditiva”.

Na comparação entre GE e GC, na AI, não foram observadas diferenças (valor de $p > 0,05$) para nenhum dos testes, indicando a homogeneidade do grupo antes da intervenção. Na AF, observou-se diferença significativa entre GE e GC para todos os testes: LS: valor de $p = 0,002$; SSI e FR: valor de $p < 0,001$; RGDT: valor de $p = 0,005$. Isso indica a mudança que a intervenção produziu no GE após o TAAC.

As Tabelas 1 (GE) e 2 (GC) mostram a estatística descritiva e os valores de p na comparação entre AI e AF.

No GE, ocorreu diferença de desempenho entre as avaliações inicial e final, ou seja, o TAAC promoveu um efeito benéfico nesse grupo (Tabela 1). No GC, não ocorreu diferença entre AI e AF, indicando que não houve modificação do comportamento auditivo no período, mas sim similaridade no teste e reteste (Tabela 2).

Na AI, GE e GC apresentaram valores médios de desempenho, indicativos de TPAC. Na AF, os indivíduos do GE (Tabela 1) expuseram valores médios de desempenho, com melhora e normalização para os testes FR, SSI (MCI) e RGDT. O teste de LS melhorou, mas não normalizou.

Pela análise inferencial, concluiu-se que não houve efeito de lado da perda auditiva sobre a média da latência no P300 (valor de $p = 0,598$). Assim, realizaram-se as análises apenas por grupo e momento. A média das latências de ambos os grupos está dentro da faixa de normalidade antes e após o TAAC, sendo que, na AF, o GE apresentou latências menores (Tabela 3).

A análise da amplitude do P300 mostrou efeito de interação entre o lado da perda auditiva e os grupos (valor de $p = 0,003$). Por isso realizaram-se as análises das médias de amplitude considerando, também, a variável “lado da perda auditiva”.

Apenas o GE apresentou aumento significativo da amplitude no P300, na AF, sendo estatisticamente significativo para aqueles com perda auditiva à direita e com tendência à significância para indivíduos com perda auditiva à esquerda (Tabela 4).

A análise das respostas do questionário de percepção de LAC mostrou que não houve percepção de limitações na situação silenciosa, em AI e AF, para nenhum dos grupos (valor de $p > 0,999$). Na situação LS, GC e GE apresentaram LAC de grau moderado na AI, mantendo-se para GC, na AF (valor de $p = 0,988$). Já para GE, na AF, o grau da percepção das LAC passou para leve e houve diferença com tendência à significância entre os dois momentos (valor de $p = 0,079$). Na situação ruidosa, verificou-se que os dois grupos apresentaram percepção de LAC de grau grave, na AI e, para o GC, não houve diferença significativa entre AI e AF (valor de $p = 0,961$). Para o GE, foi possível observar modificação no grau da percepção das LAC para moderado e a diferença entre os momentos foi estatisticamente significativa (valor de $p < 0,001$) (Figura 1).

Tabela 1. Estatística descritiva e valor de p para comparação dos resultados da avaliação comportamental do processamento auditivo nas avaliações inicial e final para o grupo estudo

	LS (n.º acertos)		FR (% acertos)		SSI (% acertos)		RGDT (limiar em ms)	
	AI	AF	AI	AF	AI	AF	AI	AF
Média	2,75	3,37	61,50	75	61,25	83,75	11,06	6,66
DP	0,71	0,52	8,26	5,95	9,91	7,44	6,17	5,00
Mínimo	2	3	48	64	50	70	5,00	3,50
Mediana	3	3	62	76	60	85	10,00	6,87
Máximo	4	4	72	84	80	90	25,00	10,00
n	8	8	8	8	8	8	8	8
Valor de p (t)	0,021*		<0,001*		<0,001*		0,016*	

t: Teste t-Student; *estatisticamente significante

Legenda: LS: Localização sonora (normalidade - Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾: ≥ 4 acertos); n.º: número; %: porcentagem; FR: Teste de Fala no Ruído (normalidade - Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾: $\geq 70\%$ acertos-); SSI: *Syntetic Sentences Identification* (normalidade - Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾: $\geq 70\%$ acertos); RGDT: *Randon Gap Detection Test* (normalidade - Dias et al.⁽²¹⁾: ≤ 10 ms); ms: milissegundos; AI: Avaliação inicial; AF: Avaliação final; n: número de indivíduos; DP: desvio padrão

Tabela 2. Estatística descritiva e valor de p para comparação dos resultados da avaliação comportamental do processamento auditivo nas avaliações inicial e final para o grupo comparação

	LS (n.º acertos)		FR (% acertos)		SSI (% acertos)		RGDT (limiar em ms)	
	AI	AF	AI	AF	AI	AF	AI	AF
Média	2,50	2,50	61,50	62,50	58,75	58,75	11,69	11,84
DP	0,76	0,76	5,21	4,75	12,46	12,46	6,05	5,67
Mínimo	2	2	52	56	40	40	4,75	4,75
Mediana	2	2	60	64	60	60	13,13	13,75
Máximo	4	4	68	68	80	80	20	18,75
n	8	8	8	8	8	8	8	8
Valor de p (t)	>0,999		0,952		>0,999		0,999	

t: Teste t-Student

Legenda: LS: Localização sonora (normalidade - Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾: ≥ 4 acertos); n.º: número; %: porcentagem; FR: Teste de Fala no Ruído (normalidade - Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾, 2011: $\geq 70\%$ acertos-); SSI: *Syntetic Sentences Identification* (normalidade - Pereira e Schochat⁽¹⁷⁾: $\geq 70\%$ acertos); RGDT: *Randon Gap Detection Test* (normalidade - Dias et al.⁽²¹⁾: ≤ 10 ms); ms: milissegundos; AI: Avaliação inicial; AF: Avaliação final; n: número de indivíduos; DP: desvio padrão

Tabela 3. Estatística descritiva da latência do potencial evocado auditivo de longa latência - P300 (ms) nas avaliações inicial e final e valor de p calculado para comparação em cada grupo

Grupo	Momento	n	Média	DP	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor de p (t)
GC	AI	8	331,00	24,56	302	325,0	364	0,096
	AF	8	329,75	26,08	305	315,5	371	
GE	AI	8	342,50	24,05	317	332,0	389	0,009*
	AF	8	321,88	8,46	310	321,0	334	

t: Teste t-Student; *estatisticamente significante

Legenda: GC: Grupo comparação; GE: Grupo estudo; n: número de indivíduos; DP: desvio padrão; AI: Avaliação inicial; AF: Avaliação final; ms: milissegundos; (normalidade - McPherson⁽¹⁶⁾, 1996: 225 a 365 ms)

Tabela 4. Estatística descritiva da amplitude no potencial evocado auditivo de longa latência - P300 (μ V) nas avaliações inicial e final e valor de p calculado para comparação em cada grupo

Grupo	Lado da PA	Momento	n	Média	DP	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor de p (t)
GC	OD	AI	3	5,03	1,21	3,74	5,21	6,15	0,144
		AF	3	3,95	0,95	3,22	3,61	5,03	
GE	OE	AI	5	6,13	2,29	3,27	6,02	9,66	0,947
		AF	5	6,09	2,15	3,96	5,92	9,41	
	OD	AI	4	7,40	1,39	6,05	7,15	9,23	<0,001*
		AF	4	12,11	0,93	11,20	12,11	13,01	
	OE	AI	4	7,57	3,59	3,44	7,36	12,13	0,073#
		AF	4	8,75	3,65	4,03	9,49	11,98	

t: Teste t-Student; *estatisticamente significante; #tendência à significância

Legenda: GC: Grupo comparação; GE: Grupo estudo; PA: Perda auditiva; OD: Orelha direita; OE: Orelha esquerda; n: número de indivíduos; DP: desvio padrão; AI: Avaliação Inicial; AF: Avaliação final; μ V: microvolt

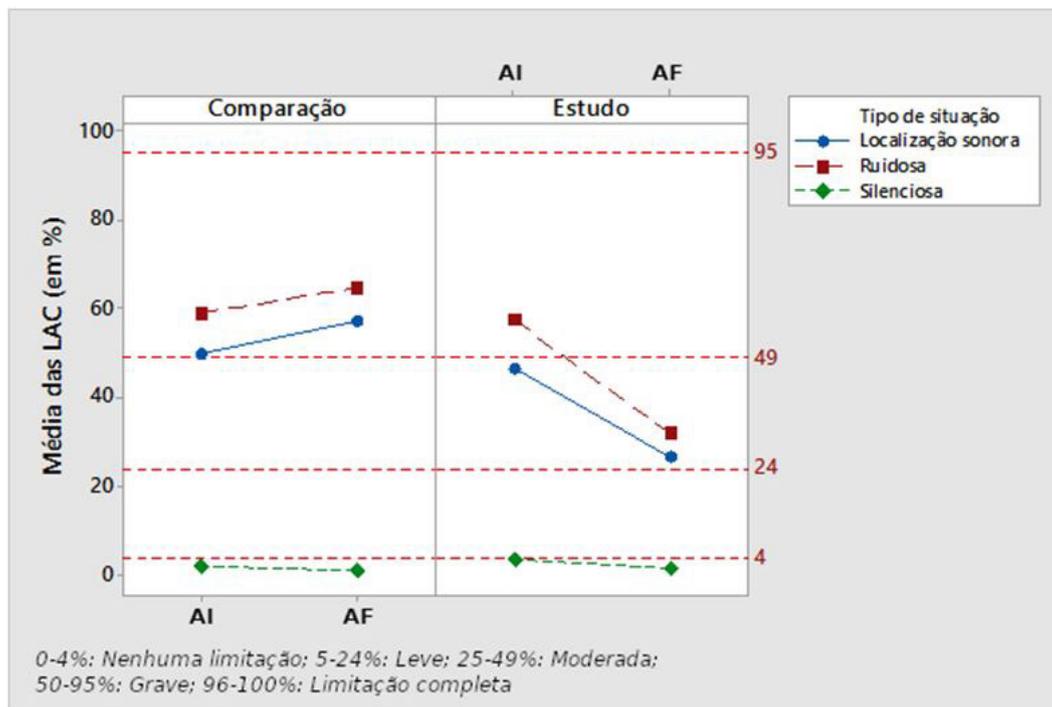


Figura 1. Perfis das médias das limitações de atividades comunicativas por momento, grupo e tipo de situação
Legenda: LAC: Limitações de atividades comunicativas; AI: Avaliação inicial; AF: Avaliação final; %: percentual

DISCUSSÃO

Neste estudo, que objetivou verificar a efetividade do TAAC em pessoas com alteração do processamento auditivo e PAUn, foram selecionados e pareados grupos de indivíduos ouvintes unilaterais de acordo com sexo, idade e escolaridade, com a finalidade de buscar uma amostra homogênea. Nos testes auditivos comportamentais na AI, o desempenho foi similar entre os grupos, visto que ocorreu pareamento, em relação ao TPAC.

A presença de TPAC em ouvintes unilaterais reafirma estudos anteriores⁽²⁻⁶⁾ e demonstra a importância do acompanhamento desses indivíduos, principalmente em idade escolar, uma vez que essas alterações podem predizer dificuldades na linguagem oral e escrita^(3,7) e limitações de atividades comunicativas de grau moderado a severo⁽²⁾.

Foram incluídos indivíduos com PAUn à direita e à esquerda nos grupos, para verificar possível influência do lado da perda auditiva nos testes comportamentais e no P300. Estudos que avaliaram o funcionamento cortical em indivíduos com PAUn, por meio de ressonância magnética funcional, sugeriram que existe um fortalecimento das vias auditivas ipsilaterais, que leva à reorganização cortical induzida, principalmente, quando a perda auditiva é do lado esquerdo. Essas pesquisas ressaltaram que a neuroplasticidade tem maior probabilidade de ocorrer no córtex auditivo direito^(27,28).

O propósito deste estudo foi apresentar o TAAC como opção de intervenção em TPAC em pessoas com PAUn de grau severo a profundo, levando em consideração a escassez de pesquisas sobre o tema. Até recentemente, só há um estudo com TAAC em PAUn de grau severo a profundo, que estimulou apenas a habilidade auditiva de LS⁽⁴⁾. A efetividade do TAAC no aprimoramento de habilidades auditivas em audição periférica

normal bilateral e TPAC^(13,15) e em perda auditiva bilateral⁽¹⁴⁾ já foi comprovada.

Os limites desta pesquisa dizem respeito ao número reduzido de ouvintes unilaterais com alteração no processamento auditivo e a não realização de exames de imagem, como a ressonância magnética, para verificar as condições do sistema auditivo.

O objetivo da formação do GE foi verificar a efetividade do programa de TAAC em um período de, aproximadamente, dois meses. A melhora significativa observada no GE, na AF e no processamento auditivo, sugere que o programa foi efetivo. Esse resultado também foi exposto em outros estudos que realizaram TAAC em ouvintes sem perda auditiva e com TPAC^(13,15) e em indivíduos com perda auditiva de grau até moderadamente severo, usuários de AASI⁽¹⁴⁾.

Formou-se um GC para verificar a confiabilidade entre teste e reteste, utilizando-se os mesmos procedimentos, e foi confirmada. Além disso, esse achado mostra que não houve modificação do neurodesenvolvimento auditivo no período em questão.

A dificuldade de LS em PAUn, verificada nesta pesquisa, já foi observada em outros estudos⁽²⁻⁵⁾. Em um deles⁽⁵⁾, ficou evidente que os ouvintes unilaterais desenvolveram estratégias para localizar o som ao longo dos anos, sendo que, quanto menor o tempo de perda auditiva, maior foi a dificuldade de localizar o som. Acredita-se que essas estratégias poderiam ter sido potencializadas se houvesse um treinamento auditivo específico para isso.

Neste estudo, o aprimoramento significativo na habilidade de LS do GE, na AF, sem normalização da habilidade auditiva, mostrou que permaneceu certa dificuldade no processamento binaural, provavelmente devido ao grau elevado da PAUn, em que há redução das pistas fornecidas pelas diferenças interaurais de tempo e de intensidade⁽³⁻⁵⁾. O mesmo fato foi observado em uma pesquisa que realizou o TAAC para LS com diferentes estímulos⁽⁴⁾. Em ambos os estudos, a PAUn era de grau severo a profundo, o que reduz significativamente a resposta de uma

orelha. Por esse motivo, o TAAC pode aperfeiçoar a função auditiva de LS em PAUn, porém não o suficiente para o cérebro determinar, precisamente, a origem do som.

Na AI, o baixo desempenho observado nos testes SSI (MCI) e FR, que avaliaram o mecanismo fisiológico de atenção seletiva e as habilidades de figura-fundo e fechamento, respectivamente, já foi relatado em estudos anteriores, que avaliaram indivíduos com PAUn⁽²⁻⁶⁾. Essas alterações podem ser justificadas pela diminuição da redundância intrínseca, devido à privação sensorial necessária para um desempenho adequado nesses testes⁽³⁾. A normalização no GE demonstrou que o TAAC realizado com estímulo da orelha sem perda auditiva permite a adequação dessas habilidades auditivas.

O aprimoramento dessas habilidades após o TAAC já foi verificado em outros estudos com diferentes populações⁽¹³⁻¹⁵⁾ e deve-se, principalmente, à plasticidade auditiva ocorrida após o TAAC, que fortalece e modifica anatômica e funcionalmente as vias auditivas responsáveis pela condução da informação auditiva, levando ao aumento da redundância intrínseca do SNAC^(13,16).

A habilidade de resolução temporal alterada em PAUn foi verificada, neste estudo, na AI e em pesquisas anteriores do mesmo grupo de pesquisa^(2,3) e diferiram de um estudo⁽²⁹⁾, cuja resolução temporal foi normal. Uma possível explicação para essa diferença pode ser o ambiente de estimulação, as diferenças socioculturais e a significância emocional das experiências auditivas em cada pessoa com PAUn, que afetam o cérebro de maneira diferente.

Estudos sugeriram que indivíduos com PAUn apresentam reorganização cortical, na qual as vias ipsilaterais são mais fortalecidas, de modo a compensar a privação sensorial causada pela ausência de respostas de uma das orelhas^(27,28). A normalização da resolução temporal do GE, na AF, provavelmente ocorreu em razão do fortalecimento das vias ipsilaterais e evidencia a importância de experiências acústicas significativas.

Neste estudo, não foram observadas diferenças significativas na avaliação comportamental do processamento auditivo central entre os indivíduos com perda auditiva à direita ou à esquerda, à semelhança da maioria dos estudos da literatura especializada^(2,4,5). Poucos estudos verificaram essa influência^(3,6), sendo concluído que indivíduos com perda auditiva à direita apresentaram melhores respostas em testes verbais. No entanto, pesquisas que avaliaram o funcionamento cortical de pessoas com PAUn constataram que a neuroplasticidade apresenta maior probabilidade de ocorrer quando a perda auditiva é à esquerda^(27,28).

A falta de consenso entre os estudos sobre o efeito do lado da perda auditiva no processamento auditivo sugere que a neuroplasticidade em PAUn pode ser influenciada, também, por fatores socioculturais que propiciam diversas experiências auditivas significativas.

Nesta pesquisa, o P300 de ambos os grupos mostrou que, na AI, a média de latência esteve dentro dos padrões de normalidade e a amplitude apresentou alta variabilidade, assim como observado em indivíduos com audição normal bilateral^(15,18).

Apesar de não haver estudos que avaliem o componente P300 em PAUn, verificam-se, na literatura, duas pesquisas que analisaram as latências dos componentes N1 e P150 em um PEALL, em ouvintes unilaterais, nas quais também foram observadas respostas dentro do padrão de normalidade^(27,28). Até recentemente, ainda não há estudos que tenham avaliado o P300 em indivíduos com PAUn, antes e após o TAAC.

A análise do P300 foi utilizada para comparação do indivíduo com TPAC e limiares de audibilidade normais⁽¹⁵⁾ e também em pessoas com perda auditiva usuárias de AASI⁽¹⁶⁾,

para comparação antes e após um TAAC, com o objetivo de verificar a eficiência dessa intervenção. Esses estudos mostraram modificações neurobiológicas quanto à diminuição da latência e ao aumento da amplitude desse potencial.

A diminuição significativa da latência do P300 observada no GE, na AF, indica que houve modificação neurobiológica após a intervenção e que o TAAC contribuiu para o aumento da velocidade de processamento da informação. A elevação da amplitude no GE indica que as redes neurais que o sistema atencional utiliza para o desempenho da tarefa foram ampliadas^(13,16,18). A diferença observada entre as orelhas, isto é, o aumento da amplitude com significância estatística após o TAAC, somente no grupo com perda auditiva à direita, pode ser explicada pelo fortalecimento das vias auditivas contralaterais da orelha esquerda, que favoreceu a percepção de *pitch* e o reconhecimento do contorno acústico pelo córtex auditivo do lobo temporal direito⁽³⁰⁾.

As modificações observadas na latência e na amplitude refletem a plasticidade neuronal, que é considerada a base da terapia fonoaudiológica^(13,15). Além disso, a potenciação de longo prazo, relacionada à memória e ao aprendizado, que corresponde ao aumento da transmissão sináptica induzida por atividade intensa e repetida⁽¹⁶⁾, foi um fator relevante para o sucesso do TAAC.

A percepção de LAC observada em ambos os grupos, na AI, concordam com estudos anteriores, com relação à LS e à compreensão de fala no ruído⁽²⁻⁷⁾, explicadas pelas desvantagens da audição unilateral⁽³⁻⁵⁾. Como esperado, dificuldades não ocorreram em situações silenciosas. Hipotetiza-se que, nesse caso, o cérebro foi capaz de decodificar a mensagem recebida pela orelha com audição periférica normal. A diminuição da percepção das LAC observada no GE, associada à melhora verificada nos testes comportamentais e eletrofisiológico, evidencia a eficácia do TAAC.

Apesar de o implante coclear ser considerado uma das melhores opções para reabilitação em PAUn⁽⁹⁾, nem sempre é bem aceito⁽⁵⁾ ou está disponível, pois não está incluído nos procedimentos do SUS, no Brasil, para esses indivíduos⁽¹⁰⁾. O sistema CROS, incluso nas opções de reabilitação em PAUn melhora a detecção de sons pelo lado da perda auditiva, porém, não auxilia na habilidade auditiva de LS e no reconhecimento de fala no ruído⁽¹²⁾.

Com base na evidência mostrada neste estudo, sugere-se a avaliação do processamento auditivo central e um TAAC em PAUn, se necessário, associado ao uso de dispositivos eletrônicos de amplificação sonora individual, como, por exemplo, o implante coclear ou o sistema CROS, para aperfeiçoar os processos de comunicação.

CONCLUSÃO

O treinamento auditivo acusticamente controlado foi eficaz, pois possibilitou o aprimoramento das habilidades auditivas e a modificação na atividade neurobiológica quanto à velocidade de processamento auditivo. Com base na evidência mostrada neste estudo, sugere-se essa opção de intervenção em pessoas com transtorno do processamento auditivo central e perda auditiva unilateral. Portanto, a avaliação do processamento auditivo e o treinamento auditivo acusticamente controlado devem ser incluídos no programa de reabilitação de pessoas com perda auditiva unilateral.

AGRADECIMENTOS

Aos pacientes voluntários e seus responsáveis por aceitarem participar da pesquisa e pela dedicação durante todo o processo. À Fonoaudióloga Ana Paula Perez pela valiosa contribuição nas análises dos traçados do P300.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES pelo importante apoio financeiro. Ao CNPq pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. (Central) auditory processing disorders: technical report [Internet]. Washington: ASHA; 2005 [citado em 2020 Ago 17]. Disponível em: www.asha.org/policy
- Vieira MR, Nishihata R, Chiari BM, Pereira LD. Percepção de limitações de atividades comunicativas, resolução temporal e figura-fundo em perda auditiva unilateral. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16(4):445-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342011000400014>.
- Nishihata R, Vieira MR, Pereira LD, Chiari BM. Processamento temporal, localização e fechamento auditivo em portadores de perda auditiva unilateral. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;17(3):266-73. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342012000300006>.
- Firszt JB, Reeder JM, Dwyer NY, Burton H, Holden LK. Localization training results in individuals with unilateral severe to profound hearing loss. *Hear Res*. 2015;319:48-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2014.11.005>.
- Firszt JB, Reeder RM, Holden LK. Unilateral hearing loss: understanding speech recognition and localization variability – implications for cochlear implant candidacy. *Ear Hear*. 2017;38(2):159-73. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000380>.
- Calderon-Leyva I, Diaz-Leines S, Arch-Tirado E, Lino-Gonzales AL. Analysis of the relationship between cognitive skills and unilateral sensory hearing loss. *Neurologia*. 2018;33(5):283-9.
- Lieu JEC. Permanent Unilateral Hearing Loss (UHL) and childhood development curr. *Otorhinolaryngol. Rep*. 2018;6(1):74-81. <http://dx.doi.org/10.1007/s40136-018-0185-5>.
- Tibbetts K, Ead B, Umansky A, Coalson R, Schlaggar BL, Firszt JB, et al. Interregional brain interactions in children with unilateral hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011;144(4):602-11. <http://dx.doi.org/10.1177/0194599810394954>. PMID:21493243.
- Zeitler DM, Dorman M. Cochlear implantation for single-sided deafness: a new treatment paradigm. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2019;80(2):178-86. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0038-1677482>.
- Brasil. Portaria n. 2776 de 18/12/2014. Diretrizes Gerais para a atenção especializada às pessoas com deficiência auditiva no Sistema Único de Saúde (SUS). *Diário Oficial da União*; Brasília; 18 dez 2014.
- Bagatto M, DesGeorges J, King A, Kitterick P, Launagaray D, Lewis D, et al. Consensus practice parameter: audiological assessment and management of unilateral hearing loss in children. *Int J Audiol*. 2019;58(12):805-15. <http://dx.doi.org/10.1080/14992027.2019.1654620>.
- Pedley AJ, Kitterick PT. Contralateral routing of signals disrupts monaural level and spectral cues to sound localization on the horizontal plane. *Hear Res*. 2017;353:104-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2017.06.007>.
- Chermak G, Musiek F, Weihing J. Auditory training for Central Auditory Processing Disorder. *Semin Hear*. 2015 Nov;36(4):199-215. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1564458>.
- Gil D, Iorio MCM. Fomal auditory training in adult hearing aid users. *Clinics*. 2010;65(2):165-74. <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-59322010000200008>.
- Alonso R, Schochat E. A eficácia do treinamento auditivo formal em crianças com transtorno de processamento auditivo (central): avaliação comportamental e eletrofisiológica. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2009;75(5):726-32. [http://dx.doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)30525-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1808-8694(15)30525-5).
- Pascual-Leone A, Amedi A, Fregni F, Merabet LB. The plastic human brain cortex. *Annu Rev Neurosci*. 2005;28(1):377-401. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216>.
- Pereira LD, Schochat L. Testes auditivos comportamentais para avaliação do processamento auditivo central. Barueri: Pró-Fono; 2015.
- McPherson DL. Late potentials of the auditory system. San Diego: Singular Publishing Group; 1996. Long latency auditory evoked potentials; p. 7-21.
- Junqueira CO, Colafêmina JF. Investigação da estabilidade inter e intra-examinador na identificação do P300 auditivo: análise de erros. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002;68(4):468-78. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992002000400004>.
- Keith RW. Random gap detection test. Missouri: Auditec of Saint Louis; 2000.
- Dias KZ, Jutras B, Acrani IO, Pereira LD. Random Gap Detection Test (RGDT) performance of individuals with central auditory processing disorders from 5 to 25 years of age. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76(2):174-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2011.10.022>.
- Jasper HH. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1958;10(2):370-5. [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(58\)90053-1](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(58)90053-1).
- Ziliotto K, Gil D. Treino auditivo formal nos distúrbios de processamento auditivo. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S, editores. *Tratado de audiologia*. São Paulo: Santos; 2011.
- Schettini RC, Rocha TCM, Almeida ZLDM. Exercícios para o desenvolvimento de habilidades do processamento auditivo. 3. ed. Ribeirão Preto: Book Toy; 2011.
- Samelli AG, Mecca FFDN. Programa de treinamento auditivo específico para alterações do processamento auditivo. São Paulo: Gearte; 2012. 24 p.
- Costa MJ. Listas de sentenças em português: apresentação e estratégias de aplicação na audiologia. Santa Maria: Pallotti; 1998.
- Khosla D, Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B, Dort M, Vasama J-P. Differential ear effects of profound unilateral deafness on the adult human central auditory system. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2003;4(2):235-49. <http://dx.doi.org/10.1007/s10162-002-3014-x>.
- Hans J, Veuillet E, Adjout K, Besle J, Collet L, Thai-Van H. The effect of long-term unilateral deafness on the activation pattern in the auditory cortices of French-native speakers: influence of deafness side. *BMC Neurosci*. 2009;10(1):23. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2202-10-23>.
- Sininger YS, de Bode S. Asymmetry of temporal processing in listeners with normal hearing and unilaterally deaf subjects. *Ear Hear*. 2008;29(2):228-38. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e318164537b>.
- Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Durations pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*. 1990;29(6):304-13. <http://dx.doi.org/10.3109/00206099009072861>.