PRIVAÇÃO E PLASTICIDADE SENSORIAL AUDITIVA EM IDOSOS: POTENCIAIS CORTICAIS E QUESTIONÁRIOS DE AUTOAVALIAÇÃO

Sabrina Suellen Rolim Figueiredo[1]
Edilene Marchini Boéchat[2]

resumo

Objetivo: Determinar os efeitos da privação sensorial auditiva e o uso de amplificação em adultos e idosos com perda auditiva sensorioneural. Métodos: Os sujeitos foram avaliados pelo registro dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência logo após o diagnóstico da perda auditiva e após um mês de uso dos aparelhos auditivos, considerando o período de aclimatização. Participaram 20 indivíduos, novos usuários de aparelhos auditivos com idades entre 28 e 88 anos, com perdas auditivas de grau moderado a severo. Resultados: Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os valores dos componentes N2 e P3 nos registros realizados antes e depois do uso da amplificação para cada orelha em

1 Graduada em Fonoaudiologia. Mestre em Fonoaudiologia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. E-mail: ssrfigueiredo@hotmail.com.

2 Doutora em Ciências pela FMUSP. Professora da Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. E-mail: leboechat@terra.com.br.

todos os sujeitos. Não foram encontradas relações estatisticamente significantes entre N2 e P3 e as variáveis idade, duração da privação auditiva e o tempo de uso dos aparelhos auditivos. Conclusão: Os efeitos da privação auditiva e do uso da amplificação puderam ser observados pelas mudanças nos valores de latência dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência nos componentes N2 e P3. O uso da amplificação como estimulação efetiva pode prevenir ou minimizar a privação auditiva em adultos e idosos deficientes auditivos e pode ser considerado essencial para a plasticidade do Sistema Nervoso Auditivo Central.

palavras-chave

Potencial Evocado P300. Córtex Auditivo. Privação Sensorial. Plasticidade Neuronal. Auxiliares de Audição.

1 Introdução

As alterações no sistema nervoso relacionadas à audição decorrentes do envelhecimento têm sido estudadas amplamente na busca de melhores condições para a reabilitação desta população (JERGER; LEW, 2004). A maior parte da população idosa tem dificuldades auditivas: cerca de 60% das pessoas com mais de 70 anos têm limiares audiométricos registrados acima de 25 dB. A perda auditiva relacionada ao aumento da idade (presbiacusia) afeta a qualidade de vida, não só dos idosos, mas também dos familiares de seu convívio (GRATTON; VÁZQUEZ, 2003; ZHANG; GOMAA; HO, 2013). Na presbiacusia, podem ocorrer mudanças sob o ponto de vista orgânico e fisiológico do sistema auditivo do indivíduo idoso (SOUZA, 1996; TIMO-LARIA, 1996).

A privação sensorial promove alterações no funcionamento do sistema auditivo central e manifesta-se como uma redução significativa no desempenho do indivíduo após um período de falta de estimulação auditiva (BOÉCHAT, 2011). Estudos evidenciam que o funcionamento alterado do córtex induz a mudanças na rede sináptica cortical. Em pacientes com perda auditiva neurossensorial, foi observado que há recrutamento flexível das regiões cerebrais, não apenas naquelas áreas relacionadas à linguagem, mas também em regiões visuais e afins, denunciando privação sensorial. (RYALS; DOOLING, 1996).

Uma alternativa para minimizar os efeitos da privação sensorial, imposta pela deficiência auditiva, é o uso da amplificação. O AASI (Aparelho de

Amplificação Sonora Individual) não é somente necessário para tornar os sons mais audíveis, mas também para buscar ao máximo o equilíbrio e consistência da estimulação, prevenindo privação (MILLER-HANSEN et al., 2003).

Com a entrada de novas pistas auditivas, pode ser observada uma redução dos efeitos da privação sensorial auditiva, bem como as mudanças sistemáticas ao longo do tempo no comportamento auditivo, e, por vezes, a estabilização de tais mudanças. Isso se deve à ocorrência da aclimatização como manifestação periférica da plasticidade do sistema nervoso auditivo central. Esse fenômeno tem sido observado a partir de evidências de modificações comportamentais e fisiológicas após introdução ou reintrodução do estímulo auditivo, como a adaptação dos AASI (ALLUM-MECKLENBURG; BABIGHIAN, 1996).

Existem vários recursos para se evidenciar os efeitos da privação e da posterior plasticidade relacionados à estimulação auditiva: por meio da observação clínica, a partir da diferença de desempenho auditivo entre a privação sensorial e a reintrodução do estímulo auditivo, por meio do uso de aparelhos auditivos ou IC, assim como no desempenho a partir dos processos de reabilitação, demonstrando melhora das respostas para a fala ao longo do tempo. Além da avaliação clínica, diferentes paradigmas comportamentais têm sido utilizados, incluindo os potenciais evocados auditivos (BOÉCHAT; FIGUEIREDO, 2014).

Dentre os potenciais evocados auditivos de longa latência, o complexo N2-P3 (ou P300) é bastante utilizado para verificação dos efeitos da perda auditiva no sistema auditivo central diante dos fenômenos da privação sensorial e de plasticidade induzida. O P300 traz uma resposta objetiva que está relacionada à percepção e à cognição, aspectos fundamentais da função mental. Tais potenciais ocorrem quando as mudanças nos estímulos sensoriais (acústicos, visuais e somatossensoriais) são reconhecidas conscientemente. São registrados por meio da estimulação sensorial com dois estímulos com características diferentes, porém da mesma modalidade. Um dos estímulos é apresentado frequentemente e o outro, apenas ocasionalmente em intervalos aleatórios (*oddball paradigm*). A atividade cerebral evocada pelo estímulo frequente (estímulo ignorado) é registrada separadamente da atividade evocada pelo estímulo raro (objeto da atenção do examinando) pelo equipamento. O sistema auditivo habitua-se a ouvir o estímulo frequente e, portanto, um menor número de neurônios responde a esse estímulo. O estímulo raro, que é ouvido poucas vezes, faz com que o sistema responda com mais carga neuronal. Portanto, a curva gerada por esses neurônios é maior (em amplitude) do que aquela gerada pelo estímulo frequente (VERLEGER et al., 1991).

A onda P3 está presente nos indivíduos com perda auditiva, mas é considerada reduzida em amplitude, atrasada na latência e com morfologia pobre quando comparada à de sujeitos ouvintes. Nas perdas de grau moderado, nota-se uma diminuição da amplitude e um atraso na latência dos potenciais evocados para baixos níveis de pressão sonora (OATES; KURTZBERG; STAPELLS, 2002).

Apesar do avanço da idade ocasionar o aumento de latência do componente P300, estudos mostram que após um mês (período de aclimatização) de uso efetivo da amplificação (AASI), as latências do componente P300 tendem a diminuir significativamente (MIRANDA, 2012). A diminuição da latência dos potenciais evocados tem sido descrita como um correlato neurofisiológico da plasticidade neuronal. Esse fenômeno pode preceder a manifestação comportamental, mais tardia por conta da integração destas modificações em uma percepção consciente, além do envolvimento de processos cognitivos mais centrais (MUSIEK; BERGE, 1998; TREMBLAY; KRAUS; McGEE, 1998; KRAUS; McGEE, 1999; RUSSO et al., 2005).

Os testes eletrofisiológicos são fundamentais para o acompanhamento de pacientes com desordens auditivas e para a avaliação das mudanças do sistema nervoso auditivo central, após o tratamento, e reintrodução da estimulação auditiva por meio do uso de amplificação. O potencial evocado auditivo de longa latência P300, por ser um potencial que avalia funções mais superiores, relacionadas à cognição e à interpretação dos estímulos, tem sido muito pesquisado para investigar os efeitos da amplificação nas mudanças neurofisiológicas e comportamentais dos sujeitos com perda auditiva e pode contribuir para uma perspectiva de intervenção adequada e eficiente em indivíduos que apresentam perda auditiva (REIS, 2003).

Os efeitos primários da perda auditiva neurossensorial estão relacionados com a função auditiva, ou seja, com a detecção, sensação de intensidade, discriminação do padrão acústico, percepção de distância e direção e localização sonora. Além de acarretar um défice nas estruturas ou nas funções do sistema auditivo, as implicações de uma perda auditiva também envolvem a limitação de atividades e a redução da habilidade de compreensão da fala com consequente comprometimento da qualidade de vida (BOÉCHAT, 2011). No processo de seleção das características dos aparelhos auditivos e, posteriormente, no momento da reabilitação, o clínico deve não somente levar em conta apenas as características estritamente audiológicas do indivíduo, mas também ampliar seu olhar para o paciente em uma perspectiva global, entendendo suas peculiaridades em relação ao uso cotidiano que faz de sua audibilidade. A utilização de questionários de autoavaliação constitui-se como uma medida subjetiva das necessidades, função comunicativa e expectativas do futuro

usuário da amplificação. É recomendado que sejam aplicados questionários específicos para avaliar a restrição de participação e a limitação impostas pela deficiência auditiva, bem como questionários genéricos que avaliem a qualidade de vida (KORCZAK; KURTZBERG; STAPELLS, 2005).

É importante que a aplicação dos questionários seja realizada antes da adaptação dos AASI e depois de determinado intervalo de tempo de uso da amplificação. Assim, vários aspectos podem ser levantados e avaliados e, caso a comparação dos índices obtidos primeiramente sugira uma redução na autoavaliação da limitação em atividades, a adaptação pode ser considerada eficiente (GIL, 2006).

Além dos instrumentos utilizados na rotina da prática clínica referentes ao processo de uso da amplificação em pacientes adultos usuários de AASI, observa-se a necessidade de outros paradigmas de medida que paramentem os profissionais da área quanto aos efeitos no sistema auditivo central, diante dos fenômenos da privação sensorial e da plasticidade induzida (uso da amplificação e implantes cocleares). Para tanto, os efeitos da estimulação auditiva podem ser verificados clinicamente por meio de procedimentos objetivos como a realização do potencial evocado do tronco encefálico de longa latência (PEALL – P300) e de procedimentos subjetivos com a aplicação de questionários de autoavaliação.

2 Objetivo

O objetivo do presente estudo foi realizar o registro do potencial de longa latência P300 em adultos e idosos novos usuários de AASI e comparar as latências dos PEALL, complexos P3 e N2, antes e depois do uso da amplificação, por orelha. Os resultados foram correlacionados com o Tempo de Privação Sensorial, grau da perda auditiva (orelha direita/esquerda), idade e tempo diário de uso do AASI. Também foram aplicados instrumentos de validação e autoavaliação HHIA (*Hearing Handicap Inventory for the Adult*) e APHAB (*Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit*) como parâmetros de verificação dos efeitos da estimulação auditiva. Os escores dos questionários APHAB e HHIA foram correlacionados com as diferenças entre latência dos complexos estudados.

3 Materiais e métodos

A pesquisa foi submetida à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da PUC-SP, registrado pelo Protocolo de Pesquisa nº 260/2011, e foram inclusos na pesquisa apenas os sujeitos que consentiram em participar, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi realizado na DERDIC/PUC-SP (Divisão de Educação e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação), instituição conveniada ao SUS, no setor de Audiologia Clínica – Ambulatório de entrega de AASI. Participaram do estudo 20 indivíduos adultos deficientes auditivos, 13 homens e 17 mulheres, com idades a idade mínima de 28 e máxima de 88 anos, sendo todos novos usuários de AASI. Dentre os sujeitos, 70% apresentaram idade maior que 60 anos. Foram adotados como critérios de inclusão: perda auditiva neurossensorial e/ou mista adquirida de grau leve a profundo; serem novos usuários de amplificação; falantes do português e sem outros comprometimentos associados de origem sindrômica, neurológica, psicológica, psiquiátrica, motoras e visuais.

Os materiais, instrumentos e equipamentos utilizados neste estudo foram: otoscópio da marca Heine – Mini 3.000 para inspeção visual do meato acústico externo; audiômetros dos modelos *Midimate* 622, *Interacoustics* AD 27, *Midimate* 602 e *Siemens* SD 25, para as avaliações audiológicas em cabina acústica, medida do limiar de desconforto, ganho funcional e testes de fala; *Software Noah* (3.5) para manipulação dos *softwares* das empresas dos respectivos AASI; fones de inserção *Ear Link* – 3A Qty 50; eletrodos de superfície *Kendall Medi Trace* 100; algodão e pasta abrasiva de marca *Nuprep* ECG & EEG *Abrasive Akin Prepping Gel*; equipamento da marca *Intelligent Hearing Systens* (IHS), modelo *SmartEP* e os instrumentos para validação dos resultados HHIA e APHAB. Os sujeitos selecionados foram atendidos no período de julho de 2011 a agosto de 2012, sendo os procedimentos iniciais realizados: avaliação audiológica, seleção e adaptação de AASI.

No momento da entrega dos aparelhos, os pacientes eram orientados sobre o objetivo do registro do P300 e a técnica utilizada, enfatizando ser um procedimento seguro e não invasivo. Todos os participantes permaneceram em uso dos AASI por quatro semanas e retornaram para a confirmação e checagem do tempo de uso. O tempo de uso mínimo considerado efetivo foi de 4 horas diárias. O depoimento nos resultados foi checado no *datalogging*, como uma referência de apoio do relato dos pacientes. A validação dos benefícios da amplificação através de questionários de autoavaliação. O questionário HHIA (*Hearing Handicap Inventory for the Adult*) e o APHAB (*Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit*) foram aplicados para o levantamento de dados que

complementassem a avaliação dos efeitos da estimulação auditiva (MATAS; IORIO, 2003). O HHIA foi aplicado antes do uso da amplificação para a avaliação da percepção destes sujeitos, em relação à restrição em atividades envolvendo a audição. Os indivíduos responderam "Não" (zero pontos), "Às vezes" (2 pontos) ou "Sim" (4 pontos) para as 25 questões. A análise das respostas foi realizada a partir da soma de todos os pontos, podendo variar de 0 a 100. Quanto maior o valor da pontuação, maior a autopercepção da restrição de participação destes sujeitos. Valores inferiores a 16 pontos foram classificados como "Não" por não haver percepção da restrição de participação. De 18 a 42 pontos, a percepção pode ser considerada como "leve a moderada" e, acima de 42 pontos, a pontuação foi classificada como "significativa", pois a percepção é severa ou significativa.

Para avaliar o benefício da amplificação e as diferenças do desempenho comunicativo dos sujeitos, o questionário APHAB foi aplicado no dia da entrega do AASI, considerando respostas para situações de comunicação, em diferentes ambientes antes do uso da amplificação, e após quatro semanas, período da aclimatização, em que o paciente usou os AASI. O questionário é composto por 24 itens, estando dividido em quatro categorias: Facilidade de Comunicação (FC), Reverberação (RV), Ruído Ambiental (BA) e Sons Indesejáveis (SI). Os sujeitos responderam às questões, selecionando uma das sete opções, referindo à frequência da ocorrência de cada afirmação: A para "sempre" (99%), B para "quase sempre" (87%), C para "geralmente" (75%), D para "metade das vezes" (50%), E para "às vezes" (25%), F para "raramente" (12%) e G para "nunca" (1%). O benefício propiciado pelo uso da amplificação foi obtido pela diferença entre os índices de dificuldade auditiva. A análise das respostas foi realizada pelo programa *Professional Fitting Guideline* – PFG 8.6, produzido pela *Phonak AG, Switzerland* em 2006.

A avaliação eletrofisiológica foi realizada no momento imediatamente anterior ao recebimento dos AASI, antes do período de uso. Inicialmente, foi realizada uma breve entrevista com cada sujeito para a confirmação de alguns dados já levantados no prontuário referente à perda auditiva. Foi realizada a inspeção do meato acústico externo para descartar a presença de comprometimento da orelha externa e da membrana timpânica, por conta da interferência na adequação da realização do exame. Para a realização do Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência – P300, o sujeito era orientado a deitar-se na maca, confortavelmente, com os olhos fechados, mantendo-se relaxado, porém em estado de vigília. Ao registrar os potenciais auditivos evocados, foi tomado um cuidado com a musculatura cervical para que ela ficasse relaxada, ajustando a posição da cabeça num travesseiro, se necessário. A pele do indivíduo foi

higienizada, na fronte, e nas mastóides com pasta abrasiva de marca "Nuprep – ECG & EEG *Abrasive Akin Prepping Gel*", visando a remover a oleosidade e facilitar a fixação dos eletrodos de superfície. Os eletrodos foram dispostos nas mastoides direita (A2) e esquerda (A1); os eletrodos ativo (Fz) e terra (FPz) foram posicionados na fronte. A impedância dos eletrodos não ultrapassou 3 Kohms. Fones de inserção foram posicionados na porção cartilaginosa do meato acústico externo para a condução do estímulo sonoro, portanto, os sujeitos não utilizaram AASI durante o exame. Os estímulos selecionados para a estimulação sonora por meio do fone foram sons específicos de fala, sendo o estímulo frequente a sílaba "ba" e o estímulo raro e aleatório a sílaba "ta". Foi solicitado que o paciente não se movimentasse, não falasse nem fizesse movimentos oculares durante o exame. Foi solicitado que o sujeito prestasse atenção nos estímulos raros, a sílaba "ta", contando mentalmente o número de vezes que ouviu, em meio a uma série de estímulos frequentes que iria ouvir a sílaba "ba".

Antes de iniciar o registro, foi realizado um breve treinamento para garantir a compreensão do procedimento. Os estímulos foram apresentados primeiramente na orelha direita e, posteriormente, na orelha esquerda. O registro das latências dos componentes P3 e N2 bilateralmente foi realizado em um computador por meio do *Software Intelligent HearingSystem* – IHS, e foi utilizado o protocolo padrão do programa, sendo a apresentação do estímulo frequente de 80% e 20% de estímulo raro, a intensidade determinada foi em nível audível pelo paciente (variando de 70 dB a 100 dB, dependendo do grau da perda), a taxa de apresentação foi de 1.1/s, a polaridade foi alternada, os transdutores utilizados foram fones de inserção modelo "EAR *Link -3B Qty 50*", filtro de 1-30 Hz, amplificação de 100.0 K, foram apresentadas 100 varreduras e a janela de análise foi de 500 ms. O posicionamento dos eletrodos de superfície foi determinado utilizando o eletrodo ativo na fronte posição Fz, eletrodos de referência nas mastoides esquerda e direita (A1 e A2) e o eletrodo terra na posição Fpz. A latência da onda P300 no traçado do estímulo raro foi marcada no ponto máximo de amplitude da onda P300 após o complexo N1-P2-N2.

Após o registro dos componentes P3 e N2 bilateralmente, o paciente era novamente orientado quanto à importância do uso sistemático para a melhor adaptação de seu sistema auditivo, manuseio e cuidados com o AASI. Após quatro semanas, os sujeitos retornaram para o registro dos potenciais evocados auditivos de longa latência, componentes P3 e N2 (itens B a F), verificando valores de latência após o período de aclimatização e uso da amplificação e para uma nova aplicação do questionário de restrição à participação "APHAB",

para a realização da avaliação do benefício e satisfação do uso do AASI, comparando-o com as respostas anteriores à amplificação. Na análise estatística dos resultados, foi utilizado o teste de Correlação de Spearman com o ganho de cada latência para medir o grau de correlação com todas as demais variáveis quantitativas: tempo de Privação, grau da perda OD/OE, idade, horas de uso diário de AASI, e escores dos questionários HHIA e APHAB. O teste para o coeficiente de correlação foi utilizado para validar as correlações realizadas com as variáveis quantitativas. O nível de significância considerado foi de 0,05 (5%). Todos os intervalos de confiança construídos ao longo do trabalho foram construídos com 95% de confiança estatística.

4 Resultados

Os componentes N2 e P3 foram obtidos em todos os indivíduos durante a pesquisa do P300. Os valores de latência mínimos e máximos antes e depois do uso dos AASI e aclimatização estão dispostos no Quadro 1. Houve diferença estatisticamente significante entre o valor médio de latência dos componentes P3 e N2 registrados antes e após o uso dos AASI durante 4 semanas, período de aclimatização, observando redução das latências dos componentes em questão, bilateralmente (Tabela 1).

Quadro 1 – Latências – P3 e N2 antes e depois do uso de AASI.

P300	**Latência antes da aclimatização (A) Valores mínimos e máximos**		**Latência depois da aclimatização (D) Valores mínimos e máximos**	
	OD	OE	OD	OE
N2	274-382	254-361	192-318	255-322
P3	306-370	291-381	252-348	274-370

Fonte: Quadro elaborado pelas autoras.

Tabela 1 – Distribuição dos valores de Latência P3 e N2, para cada orelha antes e depois da estimulação (uso do AASI).

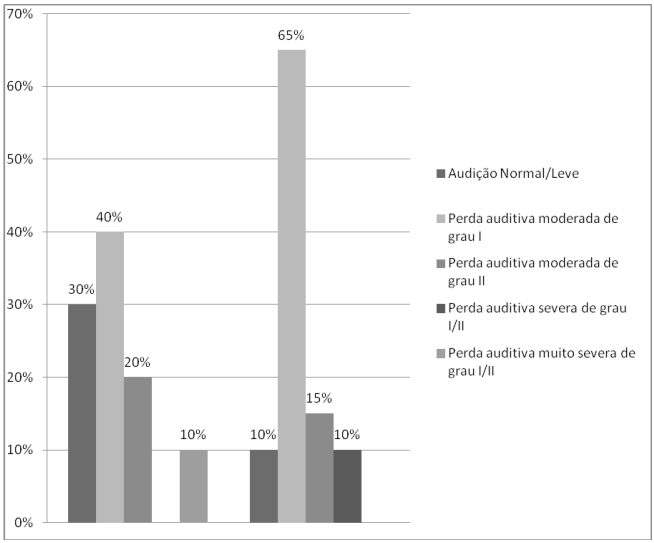
Latência	Lat OD P3		Lat OE P3		Lat OD N2		Lat OE N2	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	341,3	317,0	337,2	314,4	312,8	287,3	310,0	286,1
Mediana	344	320	335	314	314	290	316	281
Desvio Padrão	18,9	24,3	23,1	23,0	26,5	32,5	29,5	22,9
Q1	325	308	326	300	294	278	295	266
Q3	356	336	354,8	330,8	327,3	312,5	327,3	306
N	20	20	20	20	20	20	20	20
IC	8,3	10,7	10,1	10,1	11,6	14,2	12,9	10,0
P-valor	<0,001		<0,001		0,005		0,001	

Fonte: Tabela elaborada pelas autoras.

Com relação ao tempo de privação auditiva, 30% dos sujeitos apresentaram menos que 5 anos de perda auditiva. A porcentagem de pacientes com perda auditiva por mais de 10 anos também foi de 30%. Já o maior grupo dos três foi o de pacientes em privação sensorial auditiva de 5 a 10 anos, correspondendo 40% da casuística.

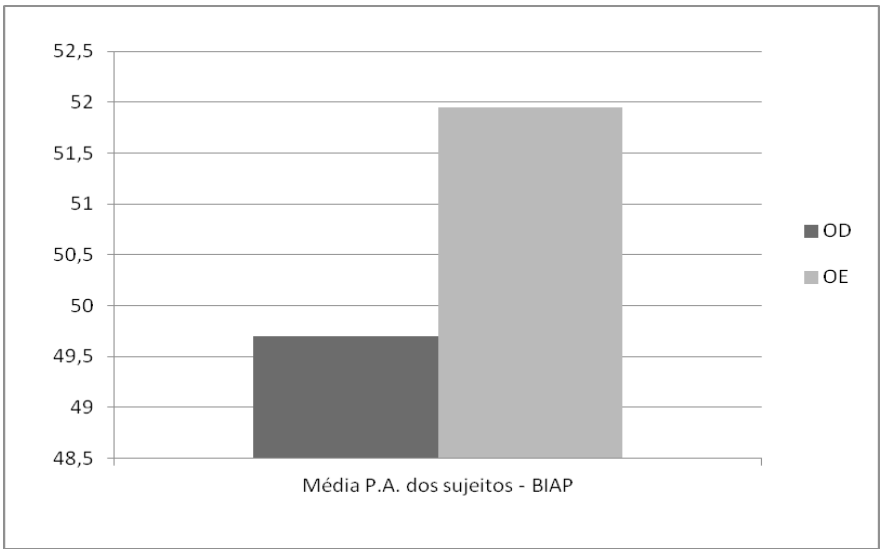
A maior parte dos usuários, 55%, referiu realizar o uso efetivo dos aparelhos por mais de 10 horas por dia. A porcentagem de 30% corresponde aos sujeitos que utilizam os aparelhos de 8 a 10 horas diariamente. Somente 15% dos pacientes usaram os AASI por menos que 8 horas por dia. Os valores aqui descritos são referentes ao autorrelato dos pacientes, sendo que sua maioria pode ser confirmada por meio do uso de *Datalogging* (alguns dispositivos apresentaram leitura irregular e, assim, como segurança, foram computados os dados referentes à informação oral dos pacientes). O valor mínimo de uso diário foi de 4 horas por dia, e o valor máximo de horas de uso por dia foi de 15 horas por dia. A descrição dos valores referentes ao grau da perda auditiva dos sujeitos estão dispostos nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Distribuição dos sujeitos segundo o grau da perda das orelhas direita e esquerda.



Fonte: Figura elaborada pelas autoras.

Figura 2 – Média da Perda Auditiva dos sujeitos, segundo classificação da BIAP (2010).



Fonte: Figura elaborada pelas autoras.

Com relação à correlação entre os valores de latência dos componentes P3 e N2 (Antes – Depois), com as variáveis idade, grau da perda auditiva (D), tempo de uso diário do AASI, tempo de privação dos sujeitos e os escores do questionário APHAB, não foram encontradas correlações estatisticamente significante (Tabela 2). Com relação ao grau de perda auditiva e diminuição de latências encontrada, verificou-se que apenas houve correlação estatisticamente significante entre grau da perda auditiva no lado esquerdo e as diferenças (diminuição) da latência do componente N2. Quanto aos dados de respostas do APHAB, verificou-se que a correlação foi estatisticamente significante entre a diminuição de latências do componente P3 e o benefício no domínio Facilidade de Comunicação (FC). Observa-se que houve correlação estatisticamente significante também entre a diminuição da latência do componente P3 e os escores do questionário HHIA.

Tabela 2 – Correlação entre as diferenças de Latência P3 e N2, com as demais variáveis.

P300		**Latência P3**		**Latência N2**	
		Corr	P-valor	Corr	P-valor
Tempo de Privação		1,1%	0,944	25,2%	0,117
Grau da Perda OD		15,3%	0,345	-8,9%	0,584
Grau da Perda OE		-14,3%	0,379	-38,8%	0,013
Idade		19,4%	0,230	-14,9%	0,359
Horas uso por dia		6,5%	0,690	2,2%	0,895
HHIA	TOTAL	-33,8%	0,033	-14,8%	0,362
APHAB Beneficio	FC	-44,7%	0,004	-3,6%	0,828
	RV	2,5%	0,878	-14,5%	0,371
	BA	-10,0%	0,540	-18,2%	0,261
	SI	-6,9%	0,674	-6,3%	0,698

Fonte: Tabela elaborada pelas autoras.

Com relação aos instrumentos de autoavaliação, verificou-se que as respostas do questionário HHIA mostraram que 30% dos sujeitos não tiveram percepção das dificuldades e restrição nas atividades pela condição auditiva. Demonstraram ter leve a moderada percepção das dificuldades e restrição nas atividades também 30% dos indivíduos. Já quanto à percepção significativa das dificuldades e restrição nas atividades, o grupo correspondeu a 40% da casuística. A pontuação total média obtida no questionário HHIA foi igual a 38,3, sendo a pontuação máxima para melhor percepção de restrição, o índice de 100 pontos. Em relação ao benefício do uso da amplificação (APHAB), observou-se que as respostas médias dos sujeitos mostraram diferenças nas escalas Facilidade de Comunicação (FC), Ruído Ambiental (BA) e Reverberação (RV), considerando-se que é necessária uma diferença mínima de 22% entre os índices sem e com AASI – Benefício. Apenas na categoria de Sons Indesejáveis (SI), houve diferença negativa de 4%, demonstrando maior dificuldade no desempenho auditivo nestas condições após o uso do AASI. Analisando as respostas globalmente nas três subescalas: FC, RV e BA, houve melhora do desempenho auditivo com a amplificação, resultando em um índice com amplificação auditiva 34% melhor do que sem, devendo este valor ser pelo menos de 10% como parâmetro de respostas efetivas e significativas.

5 Discussão

Nos registros do componente P3, os valores obtidos em latência (252 a 370 ms) estão de acordo com o padrão de normalidade estabelecido por McPherson (1996), em seus achados em pesquisas do componente P3 – de 225 a 427 ms. Os resultados deste estudo correlacionam-se também com os valores de latência encontrados por Duarte, Alvarenga e Costa (2004), que realizaram registro do P300 em indivíduos com audição nos limiares de normalidade e encontraram valores da latência (ms) do P300 de 301 a 375.

Na presente pesquisa, os valores de P3 foram registrados num intervalo de 252 a 370 ms, bilateralmente, e foram obtidos os seguintes valores médios, após o uso da amplificação: 317,0 para orelha direita, 314,4 para orelha esquerda e o valor médio geral foi de 315,7 ms. Este valor se assemelha aos valores médios de latência do componente P3 encontrados por Matas et al. (2006), Reis e Iorio (2007) e Fonseca (2006), que também realizaram estudos com registro de P300 em indivíduos com perda auditiva neurossensorial. Matas et al. (2006) verificaram valores médios de latência de 331,71 ms para a faixa etária de 50 a 59 anos. Já Reis e Iorio (2007) encontraram o valor de latência

média de 326,97 ms em sua pesquisa. Fonseca (2006) registrou o componente P300 em indivíduos com perda auditiva neurossensorial unilateral adquirida, antes e após seis meses de adaptação da amplificação auditiva, e foram obtidos os seguintes valores médios, após o uso da amplificação auditiva: 324,33 ms para as orelhas com perda auditiva, 322,45 ms para as orelhas com audição normal e 323,39 ms para ambas.

No registro do componente N2, foram encontrados valores médios, de 287,3 para orelha direita e 286,1 para orelha esquerda (Tabela 1), e foram registrados num intervalo de 182 a 322 ms, bilateralmente. Estes achados se diferenciam do registro realizado com indivíduos com audição normal, pelos pesquisadores Duarte, Alvarenga e Costa (2004), que encontraram valores da latência (ms) do componente N2 de 183 à 275 ms. Os valores máximos de N2 do presente estudo ultrapassaram o valor de normalidade, que podem ser registrados no intervalo de 188 a 231 ms. Este prolongamento dos valores de latência do componente N2, e aumento dos valores médios de latência do componente N2 bilateralmente, em comparação aos valores de parâmetro de normalidade, podem estar relacionados aos efeitos da privação auditiva imposta pela deficiência auditiva dos sujeitos, sendo fator contribuinte para o aumento das latências e diminuição de desempenho auditivo. Este fato correlaciona-se ao conceito de que para as perdas auditivas de grau moderado, nota-se uma diminuição da amplitude e atraso na latência dos potenciais evocados para baixos níveis de pressão sonora (OATES; KURTZBERG; STAPELLS, 2002).

As diferenças (diminuição das latências P3 e N2 após o uso dos AASI) não apresentaram correlações estatisticamente significantes com a idade dos sujeitos, considerando que a faixa etária dos participantes foi ampla. Este dado pode estar relacionado ao interessante fato de que, independentemente da idade do sujeito, a plasticidade cerebral auditiva ocorreu de forma semelhante nos indivíduos deste estudo, ou seja, tanto nos adultos jovens quanto nos idosos os valores de latência dos componentes N2 e P3 reduziram após o uso efetivo da amplificação, indicando a manifestação da plasticidade cerebral auditiva e minimização da privação sensorial auditiva. Outros fatores, além da idade, que ocorrem ao longo da vida, como a somatória de privações em outras modalidades ou os efeitos da estimulação, podem ter concorrido para esta questão.

Outra futura análise com os dados da presente pesquisa poderia ser a verificação dos valores de latências antes da amplificação correlacionados a idade dos sujeitos, pois há achados em diversos estudos evidenciando correlação estatisticamente significante entre o aumento da latência dos potenciais com o aumento da idade. Schiff et al. (2008), ao pesquisarem os potenciais auditivos corticais P300, encontraram correlação significante com a idade e o gênero. A latência do P300 aumentou com o avanço da idade, enquanto a amplitude

diminuiu. Este fato também foi observado por Miranda (2012), que registrou o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência – P300 depois de três meses de uso efetivo da amplificação e observou que o avanço da idade ocasionou um aumento da latência do P300. Outras autoras que encontraram correlações entre o registro do P300 com a idade foi longa latência (P300) foram Reis e Iorio (2007), Reis (2003) e Matas et al. (2006), pois observaram que, com o avanço da idade, há um aumento significante na latência do P300. As autoras observaram, também, alterações consideráveis em relação à morfologia e à qualidade dos traçados dos potenciais evocados auditivos, indicando uma forte correlação entre piora na qualidade do traçado e aumento da idade.

Na presente pesquisa, o grau da perda auditiva teve correlações significantes com a diminuição (antes e depois do uso dos AASI), de latências do componente P3, apenas para a orelha esquerda dos sujeitos. Ao se observar a relação de grau da perda auditiva entre as orelhas direita e esquerda (Figura 1), pode-se notar que as perdas auditivas do lado esquerdo são mais acentuadas em grau no grupo estudado do que do lado direito, isto é, existe uma média de 49,7 dB para as orelhas direitas e 51,95 dB para as orelhas esquerdas. Esses dados podem justificar a correlação estatisticamente significante entre as diferenças (diminuição) da latência do componente N2 e o grau da perda auditiva somente no lado esquerdo. Possivelmente, isso está relacionado ao fato de que a orelha esquerda obteve mais ganho na amplificação por conta do maior grau de perda, ocorrendo maior compensação e diminuição das latências de N2, deste lado.

Na literatura, não foram encontrados estudos que correlacionem à diminuição da latência de potenciais evocados auditivos após estimulação auditiva com o grau de perda auditiva, porém a correlação entre a latência registrada em deficientes auditivos e o grau de perda auditiva é muito estudada.

Oates, Kurtzberg e Stapells (2002), em seus estudos, verificaram os efeitos da perda auditiva neurossensorial no potencial cortical P3 para sons da fala e percebeu que ocorreu redução da amplitude e aumento da latência do componente P3, com o aumento do grau da perda auditiva destes potenciais corticais. Hoshii (2010), ao pesquisar os Potenciais Evocados Auditivos de longa latência (P300) em sujeitos deficientes auditivos usuários de AASI, observou que a latência do componente P1 registrado nos sujeitos é diretamente proporcional ao grau de perda auditiva do sujeito. Já a autora Reis (2003) verificou o registro do componente P3 e observou que o grau da perda auditiva não interferiu na latência. Reis e Iorio (2007) também estudaram o P300 em portadores de perda auditiva neurossensorial e referiu que a latência do P300 não apresentou diferença quando comparado ao grau de perda auditiva.

A diminuição da latência dos potenciais evocados tem sido descrita como um correlato neurofisiológico da plasticidade neuronal. Este fenômeno pode preceder a modificação comportamental, mais tardia por conta integração destas modificações em uma percepção consciente, além do envolvimento de processos cognitivos mais centrais (MUSIEK; BERGE, 1998; TREMBLAY; KRAUS; McGEE, 1998; KRAUS; McGEE, 1999; RUSSO et al., 2005).

Com relação às diferenças das latências dos componentes P3 e N2 registrados antes e depois do uso da amplificação, por quatro semanas, verificou-se no presente estudo uma diferença, ou seja, diminuição de latências, estatisticamente significante. O período de uso dos AASI proposto neste estudo, 4 semanas, é correspondente ao que a literatura (BOÉCHAT, 2010) afirma como período de aclimatização, no qual ocorrem mudanças no sistema nervoso central auditivo relacionadas ao fenômeno inicial da plasticidade induzida. Portanto, os resultados sugerem que após o período de privação sensorial (tempo perda aditiva), o sistema auditivo destes sujeitos possuía um valor de latência que foi reduzido com a reintrodução da amplificação, evidenciando mudanças corticais juntamente com a melhora verificada no desempenho auditivo, obtidos pelo uso da amplificação. Estes indivíduos melhoraram sua condição de escuta ao terem elevado o nível e intensidade do estímulo através dos AASI, que forneceram mais informações acústicas aos usuários.

Os dados encontrados estão de acordo com os estudos de Miranda (2012), que realizou estudos com 80 idosos usuários de amplificação, avaliados em relação ao desempenho cognitivo, testes comportamentais, questionários de autoavaliação e registro do PEALL - P300. Os idosos foram divididos em dois grupos: grupo I foi composto por idosos com desempenho cognitivo rebaixado e o grupo II com idosos com desempenho cognitivo normal. Os mesmos procedimentos da avaliação inicial foram aplicados após três meses de uso continuo de amplificação sonora. A autora encontrou uma diminuição da latência no decorrer das avaliações, ou seja, a média da avaliação foi maior que na reavaliação, nos dois grupos. A autora verificou que a redução da latência do P300 após o uso da amplificação sonora sugere mudanças no SAC e efetividade do processo de reabilitação aural.

Não foram encontradas correlações significantes entre as diferenças de latências dos componentes P3 e N2, o tempo de privação sensorial auditiva e o tempo de uso dos AASI, após o uso dos AASI, ou seja, independentemente do tempo em que os sujeitos estiveram em privação sensorial, e do tempo em que usaram os AASI diariamente, a diminuição de latência ocorreu nas primeiras 4 semanas semelhantemente. Isso pode estar relacionado ao fato de que o uso diário dos AASI, considerado o tempo mínimo efetivo, 4 horas diárias até 15 horas diárias, foi da mesma forma efetivo para a mudança do

desempenho auditivo e diminuição nas latências. Com relação ao tempo de perda auditiva, seria interessante que estes sujeitos fossem reavaliados depois de mais algum tempo de uso para verificar se existem correlações da diminuição das latências com aumento do tempo de uso, passado o período de aclimatização. Porém, a autora Hoshii (2010), ao pesquisar os Potenciais Evocados Auditivos de longa latência (P300), verificou que os componentes N1, P2 e N2 sugeriram ter alterações inversamente proporcionais com a sistematicidade de estimulação auditiva, ou seja, quanto menos o sujeito usou os AASI, mais alterado se deu o registro destes potenciais. A autora referiu que fatores como a não sistematicidade na utilização da amplificação, grau da perda auditiva e o maior tempo de privação auditiva parecem afetar os resultados dos PEALL, sugerindo efeito na plasticidade das vias auditivas centrais.

Houve correlação estatisticamente significante também entre a diminuição da latência do componente P3 e os escores do questionário HHIA. Observou-se que quanto maior a diferença (diminuição) entre as latências, maior a percepção da restrição de participação em atividades envolvendo a audição dos sujeitos. Os indivíduos que tiveram maior percepção da restrição de participação foram aqueles cujas diferenças das latências do P3, antes e depois do uso dos AASI, foram mais acentuadas. Tais dados evidenciam a importância da aplicação deste instrumento, pois pode fornecer informações importantes sobre a relação da grande dificuldade que o paciente possa ter em situações envolvendo a audição e a melhor reposta do sistema nervoso central auditivo à reintrodução da estimulação. Lima, Aiello e Ferrari (2011) também utilizaram o questionário de restrição de participação em atividades envolvendo a audição para Adultos (HHIA) e não encontraram relações dos resultados da percepção de restrição de participação em atividades envolvendo a audição com o tempo de privação sensorial, mas os autores concluíram que os dados do seu estudo reforçam a necessidade de utilização de um instrumento de avaliação da restrição de participação.

Os escores do HHIA na presente pesquisa se assemelharam aos de outros estudos: 30% dos sujeitos não têm percepção das dificuldades e restrição nas atividades pela condição auditiva. Demonstraram ter de leve a moderada percepção das dificuldades e restrição nas atividades também 30% dos indivíduos. Já quanto à percepção significativa das dificuldades e restrição nas atividades, o grupo correspondeu a 40% da casuística. A pontuação total média obtida no questionário HHIA foi igual a 38,3. Os resultados foram semelhantes aos pesquisados por Yamamoto e Ferrari (2012), que também verificaram respostas do questionário HHIA/HHIE, aplicados em pacientes, antes da adaptação dos AASI e observaram que 27% dos pacientes não tinham percepção de restrição.

Com percepção leve a moderada, apareceram 31,5% dos sujeitos pesquisados. O escore dos sujeitos com percepção significativa ou severa da restrição de participação correspondeu ao índice de 41,5%. Os resultados referentes à pontuação média total do questionário de restrição de participação auditivo para os sujeitos foi de 41,1 pontos (41,1%). A pontuação média do HHIA do presente estudo também foi semelhante ao estudo realizado por Aiello, Lima e Ferrari (2011), que aplicaram o HHIA em participantes com deficiência auditiva, e a pontuação média obtida no questionário HHIA foi igual a 52,2.

Os resultados do instrumento APHAB, aplicado antes e após a estimulação auditiva, demonstraram diferenças significantes nas escalas Facilidade de Comunicação (FC), Ruído Ambiental (BA) e Reverberação (RV), considerando-se que é necessária uma diferença mínima de 22% entre os índices sem e com AASI — Benefício, apenas na categoria de Sons Indesejáveis (SI) houve diferença negativa de 4%, demonstrando maior dificuldade no desempenho auditivo nestas condições após o uso do AASI. Analisando as respostas globalmente nas três subescalas, FC, RV e BA, houve melhora do desempenho auditivo com a amplificação, resultando o índice com amplificação auditiva 34% melhor do que sem amplificação auditiva, devendo este valor ser pelo menos de 10% como parâmetro de respostas efetivas e significativas. Com relação à categoria SI, não houve melhora no desempenho após o uso dos AASI, pois esta categoria é analisada individualmente, a diferença entre antes e depois deve ser igual ou menor que 31%, porém no presente estudo a diferença foi negativa, de -4%, sugerindo dificuldades nestas condições. Foi encontrada uma correlação estatisticamente significante entre a diminuição de latências do componente P3 e o benefício no domínio Facilidade de Comunicação (FC) do questionário APHAB no presente estudo. Observou-se que aqueles sujeitos que tiveram maior diminuição dos valores de latência do componente P3, antes e depois do uso dos AASI, também tiveram maior benefício no que se refere à Facilidade de Comunicação (FC). Os resultados se assemelham aos de Silman et al. (2004), que aplicaram o protocolo APHAB antes e após um e três meses da adaptação em indivíduos com perda auditiva de grau leve a moderadamente severo. Os resultados mostraram que houve benefício significante nas atividades do cotidiano, pois o protocolo APHAB revelou benefício significante em todas as subescalas sem amplificação e após um mês da adaptação, assim como na presente pesquisa. Os pesquisadores ainda reaplicaram o APHAB após três meses de uso, mas ao comparar os benefícios obtidos entre um mês de uso e três meses, não encontraram diferenças estatisticamente significantes. Este dado é relevante para o estudo em questão, pois valida a significância da aplicação após quatro semanas de uso dos AASI. Os autores concluíram

que há redução das dificuldades auditivas com o uso da amplificação sonora em ambientes favoráveis, reverberantes e com elevado nível de ruído, porém, foi observado que há ainda uma dificuldade com sons intensos do ambiente, dificuldade tal que também foi observada na presente pesquisa.

6 Concluões

A estimulação auditiva promoveu mudanças no Sistema Nervoso Auditivo Central, já que houve diminuição estatisticamente significante na comparação entre as latências N2 e P3 antes e depois do uso da amplificação para cada orelha (Direita e Esquerda). Não houve correlação estatisticamente significante entre as diferenças (diminuição) entre as latências N2 e P3 e as variáveis idade, tempo de privação sensorial auditiva e tempo de uso dos AASI.

O uso dos AASI reduziu a restrição à participação dos sujeitos e propiciou melhora na comunicação, pois na correlação entre os escores dos instrumentos HHIA e APHAB, observam-se diferenças significantes entre as latências do componente P3 das orelhas esquerdas e a restrição de participação e benefício com o uso dos AASI. Este estudo permitiu identificar a validade dos PEALL – P300 como um importante parâmetro clínico para verificar os efeitos do uso da amplificação como estimulação essencial para a plasticidade do sistema nervoso auditivo central, prevenindo ou minimizando a privação sensorial e promovendo melhor desempenho auditivo.

AUDITORY PLASTICITY AND DEPRIVATION IN THE ELDERLY: CORTICAL POTENTIALS AND OUTCOME MEASUREMENTS

abstract

Objective: Determine the effects of sensory deprivation and use of amplification in adults and elderly individuals with sensorineural hearing loss. Design: The subjects underwent measurements of long latency auditory evoked potentials, soon after the diagnosis of hearing loss and once again after the use of amplification, considering the acclimatization period. Study sample: Participated in the study, 20 individuals, new hearing aid users. Their ages ranged from 28 to 88 years, with varying degrees of hearing loss, from mild to severe. Results: There was a significant difference between N2 and P3 latencies before and after the use of amplification for each ear. There

was no statistically significant relationship between the N2 and P3 latencies and the variables age, duration of auditory deprivation and time of use of hearing aids. Conclusion: The effects of deprivation and use of stimulation can be observed through changes in latencies of N2 and P3 components of auditory evoked potentials latencies, in all subjects. The use of amplification as an effective stimulation may prevent or minimize sensory deprivation in hearing impaired adults and can be considered essential for the plasticity of the central auditory nervous system.

keywords

Event-Related Potentials P300. Auditory Cortex. Sensory Deprivation. Neuronal Plasticity. Hearing Aids.

referências

ALLUM-MECKLENBURG, Diane J.; BABIGHIAN, Gregorio. Cochlear implant performance as an indicator of auditory plasticity in humans. In: SALVI, Richard J. et al. (Ed.). *Auditory System Plasticity and Regeneration*. New York: Thieme Medical Publishers, 1996. p. 395-404.

BOÉCHAT, Edilene M. Plasticidade e desenvolvimento. In: BEVILACQUA, Maria Cecília (Org.). *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Grupo editorial nacional, Santos Editora, 2011. p. 181-192.

BOÉCHAT, Edilene M.; FIGUEIREDO, Sabrina Suellen Rolim. Biomarcadores corticais: parâmetros da privação e estimulação auditiva. In: MARCHESAN, Irene Quiroz; SILVA, Hilton Justino da; TOMÉ, Marileda Cattelan (Org.). *Tratado de Especialidades em Fonoaudiologia*. São Paulo: Grupo editorial nacional; Roca, 2014. p. 854-860.

DUARTE, Josilene Luciene; ALVARENGA, Kátia de Freitas; COSTA, Orozimbo Alves. Potencial cognitivo P300 realizado em campo livre: aplicabilidade do teste. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, São Paulo, v. 70, n. 6, p. 780-785, nov./dez. 2004.

FONSECA, Carolina Battaglia Frota. *Estudo dos potenciais evocados auditivos de longa latência (P300), em indivíduos com perda auditiva neurossensorial unilateral, antes e após a adaptação de prótese auditiva*. 2006. 59 f. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana: Fonoaudiologia) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2006.

GIL, Daniela. *Treinamento auditivo formal em adultos com deficiência auditiva*. 2006. Tese (Doutorado em Distúrbios da Comunicação Humana: Fonoaudiologia) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2006.

GRATTON, Michael Anne; VÁZQUEZ, Ana Elena. Age-related hearing loss: current research. *Current Opinion in Otolaryngology & Head & Neck Surgery*, Philadelphia, PA, v. 11, n. 5, p. 367-371, Oct. 2003.

HOSHII, Lia Auer. *Potencial evocado auditivo de longa latência em um grupo de crianças deficientes auditivas usuárias de aparelho de amplificação sonora individual:* estudo de caso. 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

JERGER, James; LEW, Henry L. Principles and clinical applications of auditory evoked potentials in the geriatric population. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, Philadelphia, PA, v. 15, n. 1, p. 235-250, Feb. 2004.

KORCZAK, Peggy A.; KURTZBERG, Diane; STAPELLS, David R. Effects of sensorineural hearing loss and personal hearing aids on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear and Hearing*, Baltimore, MD, v. 26, n. 2, p. 165-185, Apr. 2005.

KRAUS, Nina; McGEE, Therese. Potenciais Auditivos Evocados de Longa Latência. In: KATZ, Jack (Ed.). *Tratado de Audiologia Clínica*. 4. ed. São Paulo: Manole, 1999. p. 403-414.

LIMA, Ivanildo Inácio de; AIELLO, Camila Piccini; FERRARI, Deborah Viviane. Correlações audiométricas do questionário de handicap auditivo para adultos. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 496-503, maio/jun. 2011.

MATAS, Carla Gentile et al. Potenciais evocados auditivos em indivíduos acima de 50 anos de idade. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, Barueri, v. 18, n. 3, p. 277-284, set./dez. 2006.

MATAS, Carla Gentile; IORIO, Maria Cecilia Martinelli. Verificação e validação do processo de seleção e adaptação de próteses auditivas. In: ALMEIDA, Katia de; IORIO, Maria Cecilia Martinelli. *Próteses auditivas*. São Paulo: Lovise, 2003. p. 305-334.

McPHERSON, David L. *Late Potentials of the Auditory System*. San Diego: Singular Publishing Group, 1996. p. 75-100.

MILLER-HANSEN, Denise S. et al. Evaluating the Benefit of Speech Recoding Hearing Aids in Children. *American Journal of Audiology*, Rockville, MD, v. 12, n. 2, p. 106-132, Dec. 2003.

MIRANDA, Elisiane Crestani de. *Estudo eletrofisiológico e comportamental da audição em idosos com alteração cognitiva antes e após a adaptação de próteses auditivas*. 2012. 177 f. Tese (Doutorado em Distúrbios da Comunicação Humana: Fonoaudiologia) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2012.

MUSIEK, Frank E.; BERGE, Brenda E. How electrophysiologic tests of central auditory processing influence management. In: BESS, Fred H. (Org). *Children with hearing impairment*: contemporary trends. Nashville, TN: Vanderbilt Bill Wilkerson Center Press, 1998. p. 145-162.

OATES, Peggy A.; KURTZBERG, Diane; STAPELLS, David R. Effects of Sensorineural Hearing Loss on Cortical Event-Related Potential and Behavioral Measures of Speech-Sound Processing. *Ear and Hearing*, Baltimore, MD, v. 23, n. 5, p. 399-415, Oct. 2002.

REIS, Ana Cláudia Mirândola Barbosa. *Estudo do potencial auditivo de longa latência (PEALL) - P300 - em sujeitos com perda auditiva neurossensorial congênita de grau severo e profundo*. 2003. 158 f. Tese (Doutorado em Distúrbios da Comunicação Humana: Fonoaudiologia) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2003.

REIS, Ana Cláudia Mirândola Barbosa; IORIO, Maria Cecília Martinelli. P300 em sujeitos com perda auditiva. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, Barueri, v. 19, n. 1, p. 113-122, jan./abr. 2007.

RUSSO, Nicole M. et al. Auditory training improves neural timing in the human brainstem. *Behavioural Brain Research*, Amsterdam, v. 156, n. 1, p. 95-103, Jan. 2005.

RYALS, Brenda M.; DOOLING, Robert J. Changes in innervation and auditory sensitivity following acoustic trauma and hair cell regeneration in birds. In: SALVI, Richard J. et al. (Ed.). *Auditory System Plasticity and Regeneration*. New York: Thieme Medical Publishers, 1996. p. 84-99.

SCHIFF, Sami et al. The effect of aging on auditory components of event-related brain potentials. *Clinical Neurophysiology*, Amsterdam, v. 119, n. 8, p. 1795-1802, Aug. 2008.

SILMAN, Shlomo et al. Próteses auditivas: um estudo sobre seu benefício na qualidade de vida de indivíduos portadores de perda auditiva neurossensorial. *Distúrbios da Comunicação*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 153-165, ago. 2004.

SOUZA, Romeu Rodrigues. Alterações Anatômicas do Sistema Nervoso. In: JACOB FILHO, Wilson (Ed.). *Envelhecimento do Sistema Nervoso Central e a Dor no Idoso*. São Paulo: Fmusp, 1996. p. 53-60.

TIMO-LARIA, Cesar. Envelhecimento. In: JACOB FILHO, Wilson (Ed.). *Envelhecimento do Sistema Nervoso Central e a Dor no Idoso*. São Paulo: Fmusp, 1996. p. 1-47.

TREMBLAY, Kelly; KRAUS, Nina; McGEE, Therese. The time course of auditory perceptual learning: neurophysiological changes during speech-sound training. *Neuroreport*, London, v. 9, n. 16, p. 3557-3560, Nov. 1998.

VERLEGER, Rolf et al. On the reasons for the delay of P3 latency in healthy elderly subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Limerick v. 79, n. 6, p. 488-502, Dec. 1991.

YAMAMOTO, Cássia Hiromi; FERRARI, Deborah Viviane. Relação entre limiares audiométricos, handicap e tempo para procura de tratamento da deficiência auditiva. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 135-141, abr./jun. 2012.

ZHANG, Ming; GOMAA, Nahla; HO, Allan. Presbycusis: A Critical Issue in Our Community. *International Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, Irvine, CA, v. 2, n. 4, p. 111-120, July 2013.

Data de submissão: 24/11/2014
Data de aprovação: 09/03/2105