



Brazilian Journal of
OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org.br



ARTIGO ORIGINAL

P300 in individuals with sensorineural hearing loss[☆]

Ana Cláudia Mirandola Barbosa Reis^{a,*}, Ana Claudia Figueiredo Frizzo^b,
Myriam de Lima Isaac^a, Cristiane Fregonesi Dutra Garcia^c,
Carolina Araújo Rodrigues Funayama^a, Maria Cecília Martinelli Iório^d

^a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FM-RP), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil

^b Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, SP, Brasil

^c Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^d Escola Paulista de Medicina (EPM), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 9 de outubro de 2013; aceito em 22 de março de 2014

KEYWORDS

Event-related potentials, P300;
Electrophysiology;
Auditory evoked potentials;
Hearing loss;
Auditory cortex

Abstract

Introduction: Behavioral and electrophysiological auditory evaluations contribute to the understanding of the auditory system and of the process of intervention.

Objective: To study P300 in subjects with severe or profound sensorineural hearing loss.

Methods: This was a descriptive cross-sectional prospective study. It included 29 individuals of both genders with severe or profound sensorineural hearing loss without other type of disorders, aged 11 to 42 years; all were assessed by behavioral audiological evaluation and auditory evoked potentials.

Results: A recording of the P3 wave was obtained in 17 individuals, with a mean latency of 326.97 ms and mean amplitude of 3.76 V. There were significant differences in latency in relation to age and in amplitude according to degree of hearing loss. There was a statistically significant association of the P300 results with the degrees of hearing loss ($p = 0.04$), with the predominant auditory communication channels ($p < 0.0001$), and with time of hearing loss.

Conclusions: P300 can be recorded in individuals with severe and profound congenital sensorineural hearing loss; it may contribute to the understanding of cortical development and is a good predictor of the early intervention outcome.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.10.001>

[☆] Como citar este artigo: Reis AC, Frizzo AC, Isaac ML, Garcia CF, Funayama CA, Iório MC. P300 in individuals with sensorineural hearing loss. Braz J Otorhinolaryngol. 2015;81:126-32.

* Autor para correspondência.

E-mail: anaclaudia@fmrp.usp.br (A.C.M.B. Reis).

PALAVRAS-CHAVE

Potencial evocado
P300;
Eletrofisiologia;
Potenciais evocados
auditivos;
Perda auditiva;
Córtex auditivo

P300 em indivíduos com perda auditiva sensorineural**Resumo**

Introdução: As avaliações comportamentais e eletrofisiológicas auditivas contribuem para o entendimento do sistema auditivo e do processo de intervenção.

Objetivo: Estudar P300 em indivíduos com perda auditiva sensorineural severa ou profunda.

Método: Estudo prospectivo transversal descritivo. Participaram 29 indivíduos, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 45 anos com perda auditiva sensorineural, congênita severa ou profunda e sem comorbidades, avaliados por meio de avaliação audiológica comportamental e potencial evocado auditivo de longa latência.

Resultados: O registro da onda P3 foi obtido em 17 indivíduos, com latência e amplitude média de 326,97 ms e 3,76V, respectivamente. Houve diferenças significativas da medida de latência em relação à idade e da amplitude segundo o grau da perda auditiva. Evidenciou-se associação do resultado do P300 aos graus de perda auditiva ($p = 0,04$) e ao canal de comunicação auditiva predominante ($p = 0,0001$) e ao tempo de privação auditiva (teste exato de Fisher).

Conclusões: P300 pode ser registrado em indivíduos com perda auditiva sensorineural congênita e colaborar para a compreensão do desenvolvimento cortical auditivo e ser preditor do resultado da intervenção.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

A necessidade de investigar o Sistema Auditivo é de longa data, tanto para a compreensão de seu funcionamento como para melhor entendimento das alterações que acometem este sistema e consequentemente, dos meios de intervenção que possam minimizar as desvantagens decorridas de tais distúrbios.

Tem-se evidenciado o aumento das publicações com o objetivo de estudar o Sistema Auditivo, principalmente a função do sistema nervoso auditivo central, por meio de técnicas objetivas e não invasivas tais como testes comportamentais que avaliam o processamento auditivo associados à avaliação eletrofisiológica, principalmente, os potenciais evocados auditivos (PEA).¹⁻¹⁰

Os Potenciais Evocados Auditivos Corticais relacionados a eventos (P300) têm contribuído para fornecer uma medida objetiva da função auditiva central, pois refletem a atividade eletrofisiológica cortical envolvida nas habilidades de atenção, discriminação, memória, integração e tomada de decisão.¹¹

Poucos relatos estão disponíveis na literatura sobre o registro dos potenciais evocados auditivos corticais relacionados a eventos (P300) em indivíduos portadores de perda auditiva; em geral com pequeno número de indivíduos e algumas divergências nos resultados.

A perda auditiva periférica pode afetar indiretamente a latência do registro do P3 e do complexo N1-P2-N2. Outro fator a se considerar na interpretação dos resultados do registro do P300 é a diferença nos limiares auditivos em duas frequências, comumente observados em idosos e em perdas auditivas com configurações descendentes.¹²

Entretanto, também pode se verificar que a perda auditiva periférica não impede a utilização desta medida, desde que o indivíduo seja capaz de perceber o estímulo.¹³

Medidas de latência podem ser consideradas como indicadores sensíveis em indivíduos com perda auditiva e o grau

da perda auditiva pode afetar também as medidas de amplitude dos componentes dos potenciais evocados auditivos (PEA) de diferentes maneiras.

A idade é outro fator que pode influenciar as medidas de latência, entre outros fatores. Valores próximos a 350 ms são considerados para a latência de P300 como normal para adultos até 45 anos de idade e após esta idade, foi proposto adicionar 10 ms a cada década de vida.¹⁴⁻¹⁶

O objetivo do presente estudo foi investigar a ocorrência de P300 em indivíduos com perda auditiva congênita severa ou profunda e correlacionar os resultados da avaliação com a idade, o sexo, o grau de perda auditiva, o tempo de privação auditiva e com o canal de comunicação predominante (auditiva ou visual).

Método

A presente investigação consiste em um estudo descritivo, de coorte contemporânea com corte transversal. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de uma Universidade Pública do estado de São Paulo - SP (protocolo nº 1011/01). Todos os participantes ou responsáveis receberam uma carta-convite com as informações sobre a pesquisa e assinaram termo de consentimento para participar do estudo.

Participaram deste estudo 29 indivíduos (15 do sexo masculino e 14 feminino), com idades variando entre 18 e 45 anos. Como critério de inclusão foram considerados para este estudo indivíduos adultos com idade entre 18 e 45 anos, de ambos os sexos; apresentaram perda auditiva sensorineural, bilateral, simétrica, pré-lingual de grau severo a profundo, com no mínimo duas frequências em ambas as orelhas com limiares auditivos entre 70 e 90 dBNA e; não apresentaram nenhum outro tipo de distúrbio ou perda auditiva central.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa documental retrospectiva e uma entrevista estruturada dirigida para obten-

ção de dados pessoais relacionados à história pregressa do indivíduo e o tipo de reabilitação. Foram realizadas avaliação audiológica comportamental e imitanciometria com objetivo de garantir a elegibilidade dos indivíduos participantes.

A avaliação eletrofisiológica foi realizada por meio do registro do Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300). Para o registro do P300 foi utilizado o equipamento Bio-logic Systems corp. Os eletrodos ativos foram posicionados na frente (Fpz = eletrodo terra), no vértex craniano (Cz = eletrodo ativo), nos lóbulos das orelhas (eletrodo de referência: A1 = OE e A2 = OD) de acordo com o Sistema 10-20 Internacional,¹⁷ e utilizados fones (tipo TDH-39).

Para a realização do exame eletrofisiológico, foi necessário que cada eletrodo apresentasse impedância $\leq 3\text{ K}\Omega$ e a impedância entre eles menor que $3\text{ K}\Omega$. O exame foi realizado com o voluntário em posição deitada, em ambiente silencioso, orientado a manter-se o mais quieto possível e com a visão dirigida para um ponto específico da sala; prestar atenção aos estímulos diferentes (estímulo raro) que apareciam, aleatoriamente, dentro de uma série de estímulos iguais (estímulo frequente). Nesta fase do exame foi garantido o entendimento do teste pelos participantes para evitar a interferência nos resultados obtidos. Para os indivíduos usuários de LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais), que necessitaram de intérprete, foi agendado, em dia específico e garantida a compreensão do exame.

Todos os participantes relataram ter participado de programas de reabilitação fonoaudiológica na infância e realizada a adaptação de aparelhos de amplificação sonora individual, bilateralmente, durante o processo de intervenção com método oral. Os indivíduos que faziam uso de LIBRAS, adquiriram esta língua, na fase adulta.

Cada participante foi orientado quanto aos cuidados relacionados às variáveis que pudessem interferir nos resultados do potencial cognitivo,¹⁸⁻²¹ tais como, não tomar medicamentos 24 horas antes do exame e, pelo menos nas quatro horas que antecediam o exame, não realizar atividades físicas ou mentais extenuantes, não fumar ou ingerir estimulantes como chá, café ou chocolate e não usar cremes faciais e gel para cabelos.

Foi solicitado que cada participante respondesse ao teste levantando levemente o dedo indicador, acusando o estímulo raro, todas as vezes em que ele aparecesse como tipo de resposta desejada.

Antes de iniciar o registro, o indivíduo era submetido aos estímulos, como forma de treinamento, e avisado de que os estímulos raros poderiam demorar a aparecer ou aparecerem seguidos em um intervalo de tempo muito curto. Após um tempo de exposição e treinamento, garantindo a compreensão do indivíduo o teste era iniciado e o registro replicado.

A intensidade do estímulo para a realização do P300 variou de 20 a 25 dB (decibel nível de sensação, ou seja, de 20 a 25 dBNS acima do limiar auditivo para a frequência utilizada) para as frequências utilizadas nos estímulos frequentes e raros, garantindo assim a detecção do estímulo auditivo pelos participante do estudo. Se tal nível de apresentação do estímulo causasse desconforto, optaríamos por utilizar o nível de maior conforto relatado pelo paciente que pudesse detectar o som.

Foram utilizados os seguintes parâmetros para a aquisição do P300: estímulos acústicos binaurais (*tone burst* com 50 ms de duração, com *plateau* de 30 ms e *rise/fall* de 10 ms) de frequência baixa, presentes no indivíduo avaliado,

para o estímulo frequente (probabilidade de 80%) e outra mais alta, estímulo raro (probabilidade de 20%). A frequência e a intensidade do estímulo raro, bem como do frequente, foram selecionadas pela audiometria tonal liminar, ou seja, frequências com limiares presentes. A intensidade do estímulo também variou de acordo com a frequência usada e o limiar auditivo, lembrando sempre que o teste é um teste supraliminar. Foram utilizados 300 estímulos livres de artefatos (aproximadamente 240 frequentes e 60 raros) para a obtenção dos potenciais. A frequência de disparo ou taxa de apresentação foi de um estímulo por segundo.

O complexo N1, P2 e N2 não foi analisado uma vez que as características físicas do estímulo foram adequadas às necessidades dos indivíduos como descrito anteriormente. Uma vez que se garantiu a detecção dos estímulos pelos indivíduos avaliados, o complexo N1, P2, N2 apareceu nos 29 indivíduos estudados.

A marcação no traçado, para obtenção dos valores de amplitude e latência do P300, foi realizada por três profissionais com experiência em eletrofisiologia e, quando o traçado foi considerado de difícil análise, ou seja, sem concordância em relação à marcação, o mesmo era discutido entre os profissionais, sendo considerado o consenso.

As estatísticas utilizadas na comparação dos grupos constituídos durante a realização do presente trabalho seguiram as orientações da literatura^{22,23} e o nível de significância (probabilidade de rejeição da hipótese nula, quando esta for verdadeira) foi fixado em 0,05 ou 5% ($p < 0,05$). Optou-se por assinalar os resultados significantes em negrito.

Resultados

Com relação aos resultados encontrados nas avaliações realizadas, observou-se que apresentaram registro do P300 em 58,6% dos indivíduos estudados ($n = 29$).

A comparação dos valores de amplitude e latência do componente P300, com descrição do estudo estatístico apropriado a cada grupo, considerando o sexo, está apresentada na tabela 1. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre os sexos.

Diferenças significativas nas medidas de latência foram observadas, nas posições de eletrodos CzA2 e CzA1, entre as diferentes faixas etárias (tabela 2). Foi observada uma diferença significativa na amplitude sobre o grau de perda de audição, tal como demonstrado na tabela 3.

O teste exato de Fisher demonstrou uma associação da presença ou ausência de P300 com o tempo de privação auditiva (fig. 1) e os períodos de início da estimulação auditiva, ou seja, aos períodos críticos para o desenvolvimento da percepção auditiva, quando comparados os grupos com intervenção antes dos cinco anos de idade ao grupo que teve início da intervenção após esta idade.

O teste estatístico qui-quadrado evidenciou a associação do resultado ao canal de comunicação predominante auditivo com a presença do P3 ($p < 0,0001$) (fig. 2).

Discussão

Não foram observadas diferenças significativas entre as medidas de amplitude quando contrastadas com sexo e idade;

Tabela 1 Análise descritiva da amplitude (μV) e latência (ms) do P300, segundo sexo

	Latência(ms)				Amplitude (μV)			
	Masculino		Feminino		Masculino		Feminino	
	CzA2	CzA1	CzA2	CzA1	CzA2	CzA1	CzA2	CzA1
Média	331,9	325,4	322,9	327,3	4,45	4,35	2,77	3,29
Mediana	341,0	324,0	321,0	319,0	3,18	3,22	2,60	2,93
DP	45,85	42,96	41,14	34,61	3,14	2,34	1,40	1,26
EP	15,28	14,32	14,54	12,24	1,05	0,78	0,50	0,45
<i>p</i> (t de Student pareado)	0,45		0,61		0,88		0,17	

Tabela 2 Valores de amplitude (μV) e latência (ms) para o componente P300 considerando dois grupos segundo a faixa de idade (11-24 anos e 25-45 anos)

	Amplitude(μV)				Latência (ms)			
	Eletrodo CzA2		Eletrodo CzA1		Eletrodo CzA2		Eletrodo CzA1	
	G 11-24	G25-45	G 11-24	G25-45	G 11-24	G25-45	G 11 -24	G25-45
Média	3,70	3,46	3,80	4,06	318,3	371,3	318,1	364,3
Mediana	2,80	2,75	3,03	4,17	316,0	372,0	312,0	357,0
DP	2,79	1,30	2,09	1,17	40,97	11,02	36,18	20,98
EP	0,74	0,75	0,56	0,67	10,95	6,36	9,67	12,12
<i>p</i> (Mann Whitney)	0,33		0,33		0,03		0,02	

Tabela 3 Medidas descritivas das latências (ms) e amplitude (μV) do P300, segundo a variável grau da perda auditiva

	Amplitude(μV)		Latência (ms)	
	Profunda	Severa	Profunda	Severa
Média	2.69	5.98	331.0	318.5
Mediana	2.80	5.24	322.0	322.0
DP	1.00	2.49	39.75	40.35
EP	0.21	0.75	8.29	12.17
<i>p</i> (Mann Whitney)	0.0015		0.40	

nem de latência quando considerado o sexo (tabelas 1 e 2). Quando contrastadas as medidas de latência com os dois grupos estudados (tabela 2), foram observadas diferenças significantes, sendo maior no grupo etário de 25 a 45 anos do que no grupo de 11 a 24 anos, achados condizentes com a literatura.⁹

Muitos estudos têm apontado uma variação das medidas de latência e amplitude entre as diferentes faixas etárias.¹⁴⁻¹⁶ Estes estudos sugerem que a maturação é refletida na variação da latência e amplitude dos componentes P1, N1 e P2, indicando um aumento da amplitude e um decréscimo da latência entre as crianças menores, variando de acordo com a maturação. Apesar do aumento do número de estudos sobre as variáveis, tais como amplitude, latência e idade, os dados normativos sobre a resposta do P300 em

crianças ainda são escassos, especialmente em relação às crianças mais jovens e bebês. Para estas populações, os estudos estão sendo realizados com a gravação do P3a - “resposta P300 passiva”¹⁵ e a latência do P1, considerado como um biomarcador de desenvolvimento auditivo central em crianças com deficiência auditiva.⁸

Em relação às crianças mais velhas, a partir de seis anos de idade (fase escolar) para o final da adolescência, um maior número de estudos estão disponíveis usando P300 convencional. Durante esse período, há uma redução na latência, aumento dos valores de amplitude e melhor morfologia do registro de P300.^{14,24,25} Existe uma correlação significativa entre a idade e maturação do sistema auditivo, com maior variação em relação à redução de latência ocorrendo até os 15 anos de idade, cerca de 20 ms/ano^{26,27} e um

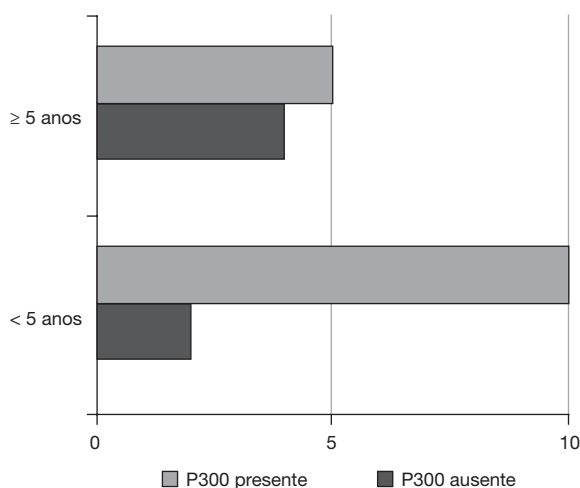


Figura 1 Relação do resultado do P300 e a idade do paciente na época do início do processo de reabilitação.

aumento de latência com o envelhecimento, um comportamento também observado nos estudos de Frizzo e Junqueira para a faixa etária de 8 a 36 anos.²⁸

O efeito do envelhecimento sobre a resposta do P300 é provavelmente a variável mais amplamente estudada nas últimas décadas.^{16,29,30} Embora não haja um consenso na literatura sobre o fato de que o envelhecimento afeta claramente as medidas de latência e amplitude do P300, deve-se lembrar que há também grande variabilidade (intrínsecas: sexo, nível intelectual, o tipo de tarefa, etc; extrínsecas: parâmetros do estímulo e forma de captura do potencial, etc) entre os estudos sobre as conclusões específicas para diferentes faixas etárias.

Os estudos têm sugerido que existe um aumento na latência de cerca de 1 a 2 ms/ano, um decréscimo de amplitude de acordo com uma taxa média de 0,2 microvolts/ano, e também uma possível relação entre idade e topografia do couro cabeludo à medição do P300.^{31,32} O melhor registro de mudanças na latência e amplitude do P300, quando relacionados com a idade, ocorre nas relações de eletrodos na região dos giros central e parietal (Cz e Pz) mais do que para Fz e um eletrodo lateral.³²

Deve ressaltar que, com o aumento da idade do paciente, os profissionais devem tomar mais cuidado ao gravar P300, tanto os limiares como o índice de reconhecimento da fala, são fatores comumente alterados com o envelhecimento e são variáveis, tanto no comprometimento da via auditiva periférica como vias auditivas centrais. A sensibilidade auditiva pode ser um fator determinante na redução da ocorrência de resposta a P300, com a idade.¹⁶ Assim, estas variáveis devem ser controladas em protocolos clínicos de potenciais evocados quando se avalia idosos e idosos mais jovens, incluindo, pelo menos, audiometria tonal e logaudiometria na bateria de testes.

Em contraste com a idade, o sexo não parece ser uma variável significativa na mensuração das medidas de latência e amplitude do P300.^{16,33} No entanto, há relatos de maior amplitude da onda P3 e menor latência para mulheres com mais de 15 anos.^{14,19}

Em relação ao grau de perda auditiva, não foi observada diferença significativa na latência média entre os dois grupos estudados (perda auditiva severa e profunda). Os valo-

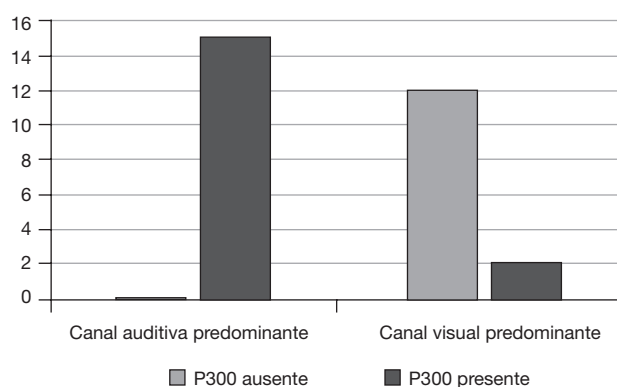


Figura 2 Distribuição percentual da ausência ou presença do P300 segundo a variável canal de comunicação predominante (auditivo ou visual)

res P300 comportaram de maneira semelhante nos dois grupos (tabela 3), sugerindo que a perda auditiva periférica não impede a utilização desta medida, tal como discutido anteriormente na literatura.¹ P300 não é obtido se a diferença de frequência para estímulos raros e frequentemente é menor do que o limiar de audibilidade.³⁴ P300 pode ser mais correlacionado com o grau de disfunção cognitiva em geral do que com qualquer um diagnóstico específico, uma vez que a resposta é alterada por uma ampla variedade de desordens que afetam a cognição.³⁵

Uma das propostas de utilização do registro do P300 é o monitoramento dos efeitos da intervenção, verificada por uma redução de latência concomitantemente com um aumento da capacidade cognitiva.^{36,37} Por esta razão, o P300 é indicado numa das suas condições mais estáveis, ou seja, de medida intra-sujeitos. Alguns estudos têm questionado o efeito da perda auditiva periférica sobre os vários componentes do potencial evocado auditivo cortical, associado à avaliação comportamental auditiva desde os efeitos da perda auditiva sobre a capacidade de percepção de fala, determinada por avaliação auditiva comportamental, são razoavelmente bem conhecidas.⁶

Ao comparar amplitude nos grupos de indivíduos com perda auditiva severa e profunda (tabela 3), uma diferença significativa na amplitude média foi observada entre os dois grupos ($p = 0,0015$). Quanto ao potencial evocado auditivo, os estudos têm demonstrado que, quando a perda auditiva sensorioneural aumenta há uma redução significativa da amplitude e um prolongamento da latência para todos os componentes do PEA.⁶

Evidenciou-se associação significativa entre a presença do P300 e o grupo de menor idade dos indivíduos na época do início do processo da reabilitação (fig. 1), achados condizentes com a literatura.^{6,8,38-40}

Também foi evidenciado resultado significativo ($p < 0,0001$) quando associado a presença do registro do P300 ao canal de comunicação predominante auditivo (fig. 2). Embora tenha-se encontrado estes resultados, muitas questões intrigantes que têm implicações potenciais para efetivos ajustes na amplificação e desenvolvimento de estratégias de reabilitação, para indivíduos com perdas sensoriais, necessitam ser investigadas.

Em indivíduos ouvintes, os pontos de ativação sonora, mostrados pela ressonância magnética funcional, são repre-

sentados por uma complexa rede interativa que incluem as regiões do córtex parietal posterior, córtex dorsolateral pré-frontal e frontal inferior.

A análise temporal sugere que a discriminação espacial do som começa no sentido esquerda/direita nas regiões contíguas ao córtex auditivo primário (giro temporal superior), enquanto que a integração hemiespacial, e em zonas excêntricas, pode ocorrer mais tardiamente. Ativações foram identificadas em vias auditivas dorsais e ventrais, assumidas serem preferencialmente relacionadas à análise espacial e não espacial do som, respectivamente. Achados de ativação nas vias ventrais poderiam por outro lado refletir a bem conhecida dualidade funcional da análise espectral, isto é, a extração concorrente da informação baseada na localização devido às distorções espectrotemporais causadas pela cabeça e aurícula, bem como devido às características espectrais da fonte sonora.^{41,42}

Em relação às funções cerebrais relacionadas à linguagem dos sinais, observaram ativação no sulco e giro temporal superior esquerdo, com extensão para as zonas do giro marginal maior nos leitores de sinais (tanto ouvintes como não ouvintes) do que nos não leitores (ouvintes). Sugerem, assim, a importância *doplanumtemporale* em qualquer tipo de modalidade de comunicação, sendo responsivo ao movimento visual que ocorre na percepção dos gestos, tanto na pessoa surda como na ouvinte, lembrando, no entanto, os autores que, na surdez congênita, o papel do processamento visual seja maior.⁴³

Durante a avaliação do significado dos sinais dos gestos manuais as regiões parietal inferior, sulcus temporal superior e inferior occipitotemporal foram simultaneamente ativadas com o mesmo tempo de curso em sua atividade elétrica, utilizando a magnetoencefalografia, sugerindo integração entre as vias dorsais e ventrais do sulco temporal superior. Outro achado foi a marcada predominância da participação do hemisfério direito, sugerindo que o processamento da expressão manual é semelhante àquele dos sinais sociais, como a expressão facial.⁴⁴

Dessa forma, considerando as informações dos parágrafos anteriores sobre a extensão da captação e processamento dos estímulos em nível mais posterior no córtex no grupo com comunicação visual (em relação aos ouvintes), a não detecção do P300 nos indivíduos com canal de comunicação visual suscita-nos a questão da localização do eletrodo no escalpe, que parece merecer mais investigação. A amplitude do P300 muda conforme a colocação dos eletrodos na linha média, tipicamente aumentando no sentido do frontal para o parietal.⁴⁵ Assim, no caso dos indivíduos com canal de comunicação visual, o P300 poderia ter maior amplitude se o eletrodo estivesse em Pz, em vez do Cz, conforme habitualmente utilizado.

Outro aspecto é que a predominância da ativação elétrica no hemisfério direito⁴⁴ sugere a inversão da direção esquerda/direita,⁴¹ e se assim ocorre, com consequências sobre o traçado do potencial evocado no escalpe.

Vale ressaltar que o processo gerador do P300 é modulado pelo grau de atenção disponível no momento do teste, sendo que tarefas mais difíceis, com mais demanda atencional, tendem a reduzir a amplitude e aumentar a latência.⁴⁶ Pode-se nesse sentido especular que nos pacientes com treinamento por sinais, ao fazerem um esforço maior para detectarem o tom raro, apesar de consegui-lo, o potencial

não se produz na amplitude suficiente para medição. Outros fatores que poderiam reduzir a amplitude do P300 seriam: o estímulo ter sido ouvido pela primeira vez,⁴⁷ sem ensaio prévio, o que não ocorreu nos indivíduos da presente pesquisa; falha na integridade parieto-temporal,⁴⁸ aqui não avaliado, e intervalo curto entre os estímulos-alvo ou os raros,⁴⁹ sendo que no presente trabalho tanto os indivíduos com treinamento por via auditiva como visual tiveram o mesmo padrão de teste.

Conclusões

O presente estudo permitiu concluir que o P300 pode ser registrado em indivíduos com perda auditiva sensorineural congênita de grau severo e profundo.

As medidas do P300 não mostram diferenças quando comparadas quanto a sexo e idade. Entretanto, há diferenças quanto ao grau de perda auditiva (severo e profundo) e há relação entre o P300 ausente e presente e a idade do sujeito na época do início do processo de (re)habilitação, bem como com o canal predominante de comunicação (auditivo-presente) do indivíduo avaliado.

Em virtude da não detecção do P300 em indivíduos com uso de canal predominantemente visual, enfatiza-se a importância da investigação das funções auditiva e visual destes indivíduos a fim de verificar relações entre os déficits da comunicação e as possibilidades de intervenção necessárias nessa população.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Musiek FE. Probing brain function with acoustic stimuli. *ASHA*. 1989;31:100-6.
2. Truy E, Deiber MP, Cinotti L, Mauguière F, Froment JC, Morgon A. Auditory cortex activity changes in long-term sensorineural deprivation during crude cochlear electrical stimulation: evaluation by positron emission tomography. *Hear Res*. 1995;86:34-42.
3. Ponton C. Possible application of functional imaging of the human auditory system in the study of acclimatization and late onset deprivation. *Ear Hear*. 1996;17:78-86.
4. Berthéze Y, Truy E, Morgon A, Giard MH, Hermier M, Franconi JM, et al. Auditory cortex activation in deaf subjects during cochlear electrical stimulation - evaluation by functional magnetic resonance imaging. *Invest Radiol*. 1997;32:297-301.
5. Miyamoto RT, Wong D, Pisoni DB, Hutchins G, Sehgal M, Fain R. Positron emission tomography in cochlear and auditory brainstem implant recipients. *Am J Otol*. 1999;20:596-601.
6. Oates PA, Kurtzberg D, Stapells DR. Effects of sensorineural hearing loss on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear Hear*. 2002;23:399-415.
7. Schochat E, Scheuer CI, Andrade ER. ABR and auditory P300 findings in children with ADHD. *Arq Neuropsiquiatr*. 2002;60:742-7.
8. Sharma A, Martin K, Roland P, Bauer P, Sweeney MH, Gilley P, et al. P1 latency as a biomarker for central auditory development

- en children with hearing impairment. *J Am Acad Audiol*. 2005;16:564-73.
9. Sharma A, Gilley PM, Dorman MF, Baldwin R. Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *Int J Audiol*. 2007;46:494-9.
 10. Sharma A, Cardon G, Henion K, Roland P. Cortical maturation and behavioral outcomes in children with auditory neuropathy spectrum disorder. *Int J Audiol*. 2011;50:98-106.
 11. Kraus N, McGee T. Potenciais auditivos de longa latência. Em: Katz J, editor. *Tratado de audiologia clínica*. São Paulo: Manole; 1999. p. 403-20.
 12. Pollock VE, Schneider LS. Effects of tone stimulus frequency on late positive component activity (P3) among normal elderly subjects. *Int J Neurosci*. 1989;45:127-32.
 13. McPherson DL, Ballachanda BB, Kaf W. Middle and long latency evoked potentials. Em: Roeser RJ, Valente M, Dunn HH, editores. *Audiology: diagnosis*. New York: Thieme; 2008. p. 443-77.
 14. Martin LJ, Barajas JJ, Fernandez R. Auditory P300 developmental in childhood. *Scand Audiol*. 1989;30:105-9.
 15. Polich J, McIsaac HK. Comparison of auditory P300 habituation from active and passive conditions. *Int J Psychophysiol*. 1994;17:25-34.
 16. Stenklev NC, Laukli E. Cortical cognitive potentials in elderly persons. *J Am Acad Audiol*. 2004;15:401-13.
 17. Jasper HH. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1958;10:370-5.
 18. Spirduso WW. Physical fitness, aging and psychomotor speed: a review. *J Gerontol*. 1980;35:850-65.
 19. Geisler M, Polich J. P300 and time of day: circadian rhythms, food intake, and body temperature. *Biol Psychol*. 1990;31:117-36.
 20. Dustman RE, Emmerson R, Shearer D. Physical activity, age, and cognitive-neuropsychological function. *J Aging Phys Act*. 1994;2:143-81.
 21. Polich J, Kok AB. Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biol Psychol*. 1995;41:103-46.
 22. Siegel S. *Estatística não-paramétrica - para as ciências do comportamento*. 2ª ed. São Paulo: Makron Books; 1982.
 23. Triola MF. *Introdução à estatística*. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC; 2005.
 24. Squires KC, Hecox KE. Electrophysiological evaluation of higher level auditory processing. *Semin Hear*. 1983;4:415-33.
 25. Polich J, Howard L, Starr A. Aging effects on the P300 component of the event-related potential from auditory stimuli: peak definition, variation and measurement. *J Gerontol*. 1985;40:721-926.
 26. Pearce JW, Crowell DH, Tokioka A, Pacheco GP. Childhood developmental changes in the auditory P300. *J Child Neurol*. 1989;4:100-6.
 27. Picton TW, Durieux-Smith A. The practice of evoked potential audiometry. *Otolaryngol Clin N Am*. 1978;11:263-83.
 28. Frizzo ACF, Junqueira CAO, Fellipe ACN, Colafêmina JF. Potenciais evocados auditivos de longa latência no processo maturacional. *Acta AWHO*. 2001;20:74-80.
 29. Pfefferbaum A, Ford JM, Roth WT, Kopell BS. Age-related changes in auditory event-related potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1980;49:266-76.
 30. Polich J. Meta-analysis of P3 normative aging studies. *Psychophysiology*. 1996;33:334-53.
 31. Vesco KK, Bone RC, Ryan JC, Polich J. P300 in young and elderly subjects: auditory frequency and intensity effects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1993;88:302-8.
 32. Fjell AM, Walhovd KB. P300 and neuropsychological tests as measures of aging: scalp topography and cognitive changes. *Brain Topogr*. 2001;14:25-40.
 33. Martin DA, Tremblay KL, Stapells DR. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. Em: Burkard RF, Don M, Eggermont JJ, editores. *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 482-507.
 34. Hall J. *Handbook of auditory evoked responses*. Boston: Allyn & Bacon; 1992.
 35. Picton TW, Hillyard SA. Endogenous event-related potentials. Em: Picton T, editor. *Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology*, 3. Amsterdam: Elsevier; 1988. p. 361-426.
 36. Goodin D, Squires K, Starr A. Variations in early and late event-related components of the auditory evoked potential with task difficulty. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1983;55:680-6.
 37. Polich J, Starr A. Middle, late and long latency auditory evoked potentials. Em: Moore E, editor. *Bases of auditory brainstem evoked responses*. New York: Grune & Stratton; 1983. p. 345-61.
 38. Ito J, Sakakibara J, Iwasaki Y, Yonekura Y. Positron emission tomography of auditory sensation in deaf patients and patients with cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1993;102:797-801.
 39. Démonet JF, Price C, Wise R, Frackowiak RSJ. Differential activation of right and left posterior sylvian regions by semantic and phonological tasks: a positron-emission tomography study in normal human subjects. *Neurosci Lett*. 1994;182:25-8.
 40. Naito Y, Okazawa H, Honjo I, Takahashi H, Kawano M, Ishizu K, et al. Cortical activation during sound stimulation in cochlear implant users demonstrated by positron emission tomography. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 1995;166:60-4.
 41. Lewald J, Riederer KA, Lentz T, Meister IG. Processing of sound location in human cortex. *Eur J Neurosci*. 2008;27:1261-70.
 42. Harrison J, Buchwald J, Kaga K. Cat P300 present after primary auditory cortex ablation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1986;63:180-7.
 43. MacSweeney M, Campbell R, Woll B, Giampietro V, David AS, McGuire PK, et al. Dissociating linguistic and nonlinguistic gestural communication in the brain. *Neuroimage*. 2004;22:1605-18.
 44. Nakamura A, Maess B, Knösche TR, Gunter TC, Bach P, Friederici AD. Cooperation of different neuronal systems during hand sign recognition. *Neuroimage*. 2004;23:25-34.
 45. Johnson R. On the neural generators of the P300 component of the event related potential. *Psychophysiology*. 1993;30:90-7.
 46. Kahneman D. *Attention effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1973.
 47. Polich J. Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol*. 2007;118:2128-48.
 48. Verleger R, Heide W, Butt C, Kömpf D. Reduction of P3b in patients with temporoparietal lesions. *Cogn Brain Res*. 1994;2:103-16.
 49. Fitzgerald PG, Picton TW. The effects of probability and discriminability on the evoked potentials to unpredictable stimuli. *Ann N Y Acad Sci*. 1984;425:199-203.