



ARTIGO ORIGINAL

Análise automática do potencial evocado auditivo cortical por via óssea em neonatos norma-ouvintes[☆]

Daniela Soares de Brito ^a e Alessandra Spada Durante ^{a,b,*}

^a Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

^b Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 30 de maio de 2019; aceito em 11 de setembro de 2019

PALAVRAS-CHAVE

Audiologia;
Eletrofisiologia;
Potenciais evocados
auditivos;
Neonatos;
Condução óssea

Resumo

Introdução: O potencial evocado auditivo cortical traz a possibilidade de avaliar de forma objetiva todo o sistema auditivo, o que é desejável na população infantil. A estimulação auditiva por condução óssea é recomendada no diagnóstico diferencial da perda auditiva condutiva. Entretanto, não há muitos estudos de potencial evocado auditivo cortical com o uso do vibrador ósseo.

Objetivo: Caracterizar a resposta do potencial evocado auditivo cortical por vibrador ósseo em neonatos normo-ouvintes com equipamento de análise automática de resposta.

Metodologia: A pesquisa incluiu 30 neonatos normo-ouvintes e sem fator de risco para deficiência auditiva. Foi usado o equipamento de análise automática de resposta HEARlab e foram avaliadas as repostas corticais na frequências de 500 a 4000 Hz por vibrador ósseo, na intensidade de 0 a 60 dBnNA. As latências e amplitudes foram marcadas manualmente por juízes experientes.

Resultados: Foram detectadas respostas de potencial evocado auditivo cortical em 100% dos sujeitos avaliados. Não houve diferença na resposta cortical dos neonatos para as variáveis: sexo, orelha e uso do mascaramento. Para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foram observadas as latências de 234; 241; 239 e 253 ms, as amplitudes de 15,6; 8,4; 6,2; 6,3 μ V, na intensidade de 60 dBnNA, e os limiares médios de 23,6; 28; 31 e 33,1 dBnNA, respectivamente.

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.09.007>

[☆] Como citar este artigo: Brito DS, Durante AS. Automated analysis of bone-conduction cortical auditory evoked potential in normal-hearing neonates. Braz J Otorhinolaryngol. 2021;87:290–7.

* Autor para correspondência.

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

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

Conclusão: Foi possível obter a resposta do potencial evocado auditivo cortical na população neonatal com vibrador ósseo como transdutor de som e traçar o perfil das latências e amplitudes dos potencial evocado auditivo cortical por frequência nas intensidades de 60 dBnNA e no limiar. © 2019 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

A necessidade clínica de métodos eficientes e confiáveis para se avaliar a audição na população infantil motiva grande número de pesquisas e avanços nos estudos dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC), que creditam inúmeras vantagens a esse procedimento, pois avaliam todo o sistema auditivo. Os PEAC permitem o acesso ao funcionamento das estruturas auditivas centrais e verificar a maturação auditiva.^{1,2}

Assim, o instituto governamental da Austrália, o *National Acoustic Laboratory* (NAL), desenvolveu um equipamento de captação de respostas dos PEAC, denominado *HEARlab System*, que tem como diferença a captação dos PEAC com redução de ruídos e artefatos, detecção e análise estatística automática de respostas, o que dispensa a interpretação das respostas baseada na experiência e subjetividade do examinador.³ E ainda pode usar diferentes transdutores: fones de inserção por via aérea, vibrador ósseo ou alto-falantes para testes em campo livre, o que torna a aplicabilidade abrangente e favorável a diversas necessidades diagnósticas.

A contribuição da captação automática de respostas na exploração desses potenciais na população infantil indica a eficácia do T2 de Hotelling, que detecta a resposta do PEAC a uma taxa igual à de um examinador experiente, em crianças com audição normal,⁴ neonatos,^{5,6} usuários de aparelhos de amplificação sonora individual⁷ e crianças usuárias de implante coclear.⁸ Estudo recente com a detecção automática usou VO para verificar o impacto da deficiência auditiva condutiva unilateral crônica no PEAC e encontrou amplitudes de P1–N1 e N1–P2 significativamente maiores nos deficientes auditivos.⁹ Esses resultados são os primeiros a fornecer evidência direta do aumento da amplitude da resposta neural no córtex auditivo humano adulto na presença de perda auditiva condutiva unilateral.

A importância da avaliação por condução óssea se maximiza na abordagem de crianças pequenas devido à alta ocorrência de otites e também no acesso ao sistema auditivo na presença de malformações da orelha externa e/ou média. Embora exista a recomendação de investigação eletrofisiológica por condução óssea no diagnóstico audiológico da população infantil,^{10,11} poucos estudos na literatura relatam o uso da Via Óssea (VO) para estimar as respostas eletrofisiológicas de curta latência^{12–14} e há controvérsia sobre o protocolo, principalmente no posicionamento e força do transdutor ósseo e no uso do mascaramento contralateral.^{15,16}

Assim, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar a resposta do PEAC por VO em neonatos normo-ouvintes, analisar as latências e amplitudes do componente P1 nas

intensidades de 60 dBnNA e no limiar cortical, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com equipamento de análise automática de resposta.

Método

Esta é uma pesquisa observacional, prospectiva, descritiva, transversal com enfoque em diagnóstico; aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos sob o nº 951.829. Os responsáveis dos participantes da presente pesquisa foram informados sobre o objetivo do estudo e, ao concordar com sua participação, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foram avaliados neonatos nascidos na maternidade da instituição, de junho de 2016 a maio de 2018, respeitaram-se os seguintes critérios de inclusão: neonatos com 6 a 28 dias, com resultado Adequado de Emissões Otoacústicas por Transiente (EOAT) na triagem auditiva neonatal e sem Indicadores de Risco para Deficiência Auditiva (IRDA) de acordo com os critérios do *Joint Committee on Infant Hearing*¹⁷ (Anexo III); perímetro cefálico maior do que 32 cm (OMS, 2016); imitância acústica com curva timpanométrica tipo A e resultado adequado no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico Automático (PEATE-A) (triagem auditiva neonatal ampliada).

Para fazer a triagem auditiva neonatal ampliada por meio dos exames de imitancimetria, das EOAT e PEATE-A, foi usado o equipamento Titan da marca Interacoustics®. Para a timpanometria, foi usada a velocidade de bomba com pressão inicial de +200 daPa e de parada de -400 daPa, com categoria de idade pré definida como recém-nascidos, usou-se a frequência de 1000 Hz. Para a captação das EOAT foi usado estímulo clique de banda larga (faixa de frequência de 500 a 5000 Hz) não linear; com intensidade do clique a 80 dB NPS peq. Para o registro do PEATE-A, foram apresentados estímulos CE Chirp® em uma taxa de repetição de 90 Hz, com polaridade alternada na intensidade de 35 dBnNA. Esse registro apresenta um método de detecção automática da resposta, que usa o teste estatístico *q-sample test* e ponderação bayesiana.

O equipamento usado para registrar o PEAC foi o HEARlab no módulo *Cortical Threshold Evaluation* (CTE), que possibilita a detecção de respostas corticais diante de estímulos sonoros por frequência específica, apresentadas automaticamente, nas frequências de 500 a 4000 Hz. Os estímulos acústicos variam de 0 a 110 dBnNA e foram apresentados por vibrador ósseo. Usou-se polaridade alternada com intervalo interestímulo de 1, 125 ms e velocidade de 0,5 Hz com duração total de 40 ms. Aumento de cosseno de 10 ms e tempos de queda e *plateau* de 20 ms (tabela 1).

Tabela 1 Protocolo para registro do PEAC no equipamento HearLab

Polaridade	Alternada
Intervalo interestímulo	1, 125 ms
Velocidade	0,5 Hz
Tipo de estímulo	<i>Tone-burst</i> nas frequências de 0.5; 1; 2; 4 kHz
Duração total	40 ms
Aumento de cosseno	10 ms
Tempo de queda	20 ms
Deteção P1	Automático (teste estatístico Hotelling's T2)
Tempo de análise	P1 presente $p < 0,05$
Canais de registro	600 ms
Amplificação analógica	2 canais
Filtro passa-altos	1, 210 ×
Filtro passa-baixos	12 dB / oitavas de 4000 Hz
Rejeição de artefatos	06 dB / oitavas abaixo de 3000 Hz
Número de respostas	Diferença de tensão dos eletrodos ativo-referência
Estimulador	50–200
Eletrodos	Vibrador ósseo B71efone de inserção EAR3A
Estímulo do mascaramento	Fpz; CZ; M1 ou M2
Intensidade do mascaramento	Ruído de banda estreita S/R -30 dBNPS

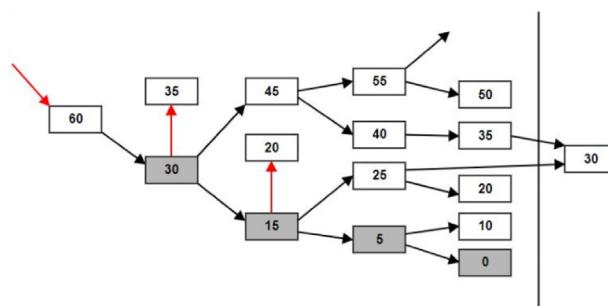
O equipamento foi cedido pela clínica-escola de Fonoaudiologia da ISCMSP (Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo) e está de acordo com os padrões: ANSI S3, 6-1989; ANSI S3, 431992; IE 645-1 (1992); IEC 645-2 (1993); UL 544. Todo o equipamento estava calibrado dentro dos critérios técnicos estabelecidos pelas fabricantes.

Procedimento

Inicialmente, ainda na maternidade da ISCMSP, foi preenchido o protocolo de caracterização do participante, a fim de obter informações gerais e quanto à saúde auditiva para a verificação dos critérios de inclusão. Uma vez respeitados os critérios de inclusão, os responsáveis eram convidados a participar da pesquisa e, ao concordar, era agendada data para aplicação do protocolo de pesquisa na clínica de Fonoaudiologia da ISCMSP, em duas a quatro semanas.

Os exames foram feitos na Clínica de Fonoaudiologia da ISCMSP em sala acusticamente tratada. O responsável pelo neonato foi acomodado em poltrona confortável, com orientação de deixar o neonato acomodado em seu colo.

Houve o preparo da pele dos neonatos com gaze para promover a fixação dos eletrodos. Quando necessário, foi usada pasta abrasiva da marca Nuprep para promover a limpeza da pele e garantir impedância inferior a 5 kOhms em todos os eletrodos. Foram usados eletrodos do tipo descartável, fixados nas posições Fpz (terra), Cz (ativo) e M1 ou

**Figura 1** Proposta de modificação do roteiro de estratégia de pesquisa de limiar de Van Dun et al.¹⁸

M2 (referência), com pasta eletrolítica da marca Ten20 e fita adesiva hipoalergênica. Os estímulos foram apresentados por meio de vibrador ósseo (radio ear B71) fixado na mastoide do neonato com bandagem elástica (5 cm de largura, autoaderente, 3 M do Brasil) com força de 400 g, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com intensidade de 0 a 60 dBnNA, em apenas uma das orelhas, escolhida de forma aleatória. A apresentação das frequências nas diversas intensidades teve como base a adaptação do roteiro de decisão de estímulo proposto por Van Dun et al.¹⁸ (fig. 1). Usou-se a intensidade máxima de 60 dBnNA para evitar artefatos e obter maior fidedignidade nas respostas do PEAC e, dessa forma, verificar a integridade da via auditiva. Então buscou-se o limiar mínimo de resposta, testou-se primeiramente a intensidade de 30 dBnNA, em todas as frequências, e, ao verificar a presença da resposta, o estímulo foi apresentado sequencialmente em 15 dBnNA, 5 dBnNA e 0 dBnNA, intercalaram-se sempre as frequências. Na ausência da resposta, os estímulos sofriam acréscimo de 5 em 5 dBnNA até o registro da resposta do limiar eletrofisiológico. A cada ausência de resposta, o estímulo era repetido na mesma intensidade a fim de confirmar a ausência.

A análise quanto à presença ou ausência de respostas e os respectivos limiares do PEAC foi gerada de forma automática pelo equipamento. A latência e amplitude do componente P1 foram registradas manualmente por três observadores. Os observadores são fonoaudiólogos experientes em eletrofisiologia que marcaram as latências e amplitudes do PEAC em resultados sem a identificação prévia de outras marcações.

Foram analisadas as latências e as amplitudes das respostas de PEAC por VO para cada frequência (500, 1000, 2000, 4000 Hz) na intensidade de 60 dBnNA e no limiar eletrofisiológico.

Para aumentar a confiabilidade da presente pesquisa foram feitos dois estudos complementares (mascaramento e PEAC por VA) em parte da amostra e os resultados comparados com a amostra total.

Para o estudo do efeito do mascaramento aplicou-se, durante a coleta dos PEAC, o mascaramento contralateral, com ruído de banda estreita. Primeiramente testou-se a intensidade máxima de 60 dBnNA. Na sequência foi usada novamente a intensidade de 60 dBnNA com mascaramento contralateral na relação sinal/ruído de -30 dB NPS e foram obtidas as respostas para cada frequência. Após a marcação dos exames, pelos observadores, foi feito um estudo comparativo das respostas com e sem o uso do mascaramento para a avaliação das latências e amplitudes.

Para o estudo do PEAC por VA aplicou-se o protocolo de Oliveira et al.⁶ na busca das latências e amplitudes do P1 em 80 dBnNA na VA. Em seguida foi aplicado o protocolo da presente pesquisa e buscaram-se as latências e amplitudes do PEAC por VO a 60 dBnNA. Após marcações dos exames, por observadores, fez-se estudo comparativo das respostas das amplitudes e latências entre as respostas corticais obtidas por VA e VO.

A análise estatística do conjunto de dados foi efetuada pelo serviço de estatística da FCMSCSP (Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo). Usou-se técnica descritiva exploratória dos dados e usaram-se as medidas de tendência central e correlação de Pearson. Para análise inferencial foram usados os testes de Wilcoxon, Mann-Whitney e Friedman. Em todos os testes, foi destacado o nível descritivo, foi usado o nível de significância de 0,05% ou 5% para a rejeição da hipótese de nulidade.

Também foi usado o teste estatístico de coeficiência de correlação intraclass para analisar a concordância entre os observadores no que diz respeito às variáveis latência e amplitude do PEAC.

Resultados

Foram convidados para compor a amostra 97 neonatos, nascidos na maternidade da ISCMSP,

no entanto apenas 35 compareceram e, desses, 5 foram excluídos por não ser possível completar o protocolo de estudo. Compuseram a amostra desta pesquisa 30 neonatos, 10 do sexo feminino e 20 do masculino, com idade gestacional média de 38,89 semanas, com idade média em dias pós-nascimento de 11,9 dias e média de perímetro cefálico de 33,57 cm. Foram testadas 15 orelhas direitas e 15 orelhas esquerdas.

O tempo médio de exame foi de 80 minutos, o exame que durou menor tempo foi de 36 minutos e o de maior tempo foi de 95 minutos. Esse tempo sofreu variação em virtude do estado do sujeito e diante do uso ou não do mascaramento. Quanto ao tempo de exame que incluiu o teste do PEAC VA, o tempo médio de exame foi de 134 minutos, o exame que durou menor tempo foi de 120 minutos e o de maior tempo foi de 144 minutos.

Na triagem ampliada, todos os neonatos apresentaram EOAT presentes, curva timpanométrica tipo A e apresentaram resultado "passa" no PEATE - A.

Para o estudo do efeito do mascaramento, mostrou-se a análise comparativa do P1 nas frequências de 500 a 4000 Hz, na intensidade de 60 dBnNA, no uso com e sem mascaramento, não foi encontrada diferença estatística na latência e amplitude da onda P1 para todas as frequências.

Para o estudo da comparação das latências e amplitudes entre o PEAC por via aérea (VA) e via óssea (VO), comparou-se na componente P1, nas frequências de 500 a 4000 Hz, na intensidade de 80 dBnNA para VA e na intensidade de 60 dBnNA para VO, não foi encontrada diferença estatística significativa na latência e na amplitude da onda P1 para todas as frequências.

Na análise comparativa do componente de latência e amplitude do componente P1 nas frequências de 500 a 4000 Hz entre as orelhas na intensidade de 60 dBnNA e no limiar cortical, não houve diferença estatística significa-

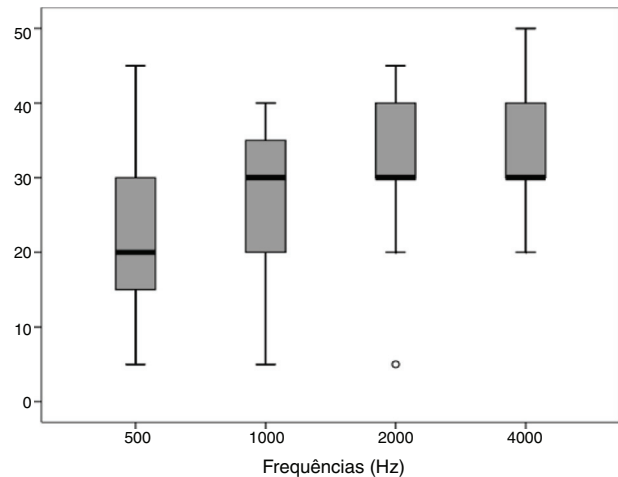


Figura 2 Descrição dos limiares eletrofisiológicos para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

tiva ($p > 0,05$), destacou-se que esta análise foi feita entre orelhas de sujeitos distintos.

Os resultados da análise comparativa do componente da latência e amplitude do P1 nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em 60 dBnNA e no limiar, segundo o sexo, mostraram que não houve diferenças significativas.

Na **tabela 2** exibem-se os valores de latências na intensidade máxima testada, ou seja, 60 dBnNA, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Os valores encontrados evidenciam que não houve diferença estatisticamente significativa entre as frequências.

Na **tabela 3** observam-se os valores da amplitude média na intensidade máxima testada, ou seja, 60 dBnNA, de 15,6 μV para 500 Hz; 8,4 μV para 1000 Hz; 6,2 μV para 2000 Hz e 6,3 μV para 4000 Hz. Foi encontrada diferença estatisticamente significativa para as frequências testadas, apresentou $p = 0,001$ numa análise multivariada pelo Teste de Friedman. Para verificar a diferença entre os pares de frequências foi feito o teste de Wilcoxon, que verificou diferença significativa da frequência de 500 Hz, em relação às demais frequências testadas ($p = 0,001$). As frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz não demonstraram diferenças significativas.

Na análise dos limiares eletrofisiológicos obtidos no PEAC por VO constatou-se que os limiares variam de 5 a 45 dBnNA na frequência de 500 Hz; de 5 a 40 dBnNA na frequência de 1000 Hz; de 5 a 45 dBnNA na frequência de 2000 Hz e de 20 a 50 dBnNA na frequência de 4000 Hz, as diferenças entre as frequências foram estatisticamente significantes (**fig. 2**). Para verificar as diferenças entre pares de frequências foi feito o teste de Wilcoxon, que verificou diferença significativa da frequência de 500 Hz em relação às demais frequências testadas ($p = 0,001$) e da frequência de 1000 Hz em relação às demais frequências testadas ($p = 0,027$). Não foram observadas diferenças entre os limiares corticais das frequências de 2000 e 4000 Hz. Os limiares eletrofisiológicos corticais por VO foram em média de 23,6; 28; 38 e 33,1 dBnNA para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente.

Tabela 2 Descrição das latências de P1 por frequência na intensidade de 60 dBnNA

Frequência (Hz)	Latência					
	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo	p^a
500	234	238	42	109	344	0,207
1k	241	238	60	138	419	
2k	239	230	58	142	423	
4k	253	250	43	195	350	

^a Teste de Friedman.

Tabela 3 Análise descritiva das amplitudes do P1 por frequência na intensidade de 60 dBnNA

Frequência (Hz)	Amplitude					
	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo	p^a
500	15,6	12,5	9,3	3,5	40,7	< 0,001
1k	8,4	7,4	7,0	0,2	24,9	
2k	6,2	5,0	4,0	0,9	15,8	
4k	6,3	5,3	4,2	1,1	17,3	

^a Teste de Friedman.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo caracterizar os potenciais evocados auditivos corticais por VO para que possam ser aplicados como instrumento de diagnóstico clínico e assim se consiga aprimorar a bateria de avaliação do sistema auditivo, especialmente na população infantil. O PEA por VO, embora seja registrado e interpretado da mesma forma que o PEA por VA, apresenta algumas particularidades para sua melhor execução. Procurou-se obter a seleção da amostra desse estudo de acordo com os critérios rigorosos de inclusão, com distribuição igualitária quanto às orelhas testadas, mas não foi possível manter a distribuição conforme o sexo. Houve uma dificuldade de encontrar sujeitos do sexo feminino para a pesquisa, uma vez que apenas 36% dos sujeitos convocados compareceram.

Inicialmente, foi necessário avaliar a questão do mascaramento, uma vez que não havia concordância entre os autores sobre a necessidade ou não dele.^{14,15} Porém, os resultados do presente estudo demonstraram que não houve diferença estatística significativa na busca de respostas corticais na via óssea com o uso do mascaramento, o que é justificado pela atenuação interaural do neonato, estimada de 25–35 dB. Dessa forma a coleta foi concluída sem a necessidade do uso do ruído contralateral nos neonatos. Fichino et al.¹⁹ referiram que na execução do protocolo de PEATE VO encontraram dificuldades registradas para auxiliar futuros trabalhos e que foram levadas em consideração no presente estudo. São elas: o vibrador ósseo emite energia eletromagnética que interfere no registro e para minimizar esses artefatos deve-se afastar o vibrador do eletrodo. O posicionamento e a força do vibrador ósseo devem ser precisos e com força de 400 ± 25 g para não alterar no tempo da latência.²⁰⁻²² E em relação ao mascaramento contralateral, citaram que a atenuação intraural de condução óssea em crianças menores de 1 ano é de aproximadamente 35 dB,

portanto apenas em intensidades mais fortes é necessário o uso do mascaramento. Ao fazer esse estudo, procurou-se garantir a força de ± 400 g, com o vibrador ósseo preso com uma faixa elástica autoaderente e verificado com balança de Ohaus.

A seguir foram comparadas as latências do P1 do PEAC VA feito numa intensidade de 80 dBnNA com as latências do P1 do presente estudo feitas com VO na intensidade máxima de 60 dBnNA e não foi encontrada diferença estatística significativa. Esses estudos demonstraram que os procedimentos adotados no presente estudo permitiram uma coleta confiável. O protocolo proposto por Oliveira et al.⁶ foi ponto de partida para o presente estudo. Assim, como os resultados reportados por Oliveira et al.,⁶ que observaram que avaliar a audição em neonatos por meio de equipamento de captação automática de respostas dos PEAC por via aérea é eficaz e viável, uma vez que encontraram 100% de respostas corticais nos sujeitos testados, no presente estudo foi possível observar 100% das respostas corticais nos sujeitos testados na intensidade de 60 dBnNA, na intensidade de 35 dBnNA foram encontrados nas frequências de 500 Hz 86%; 1000 Hz 86%; 2000 Hz 73% e 4000 Hz 70% de presença de respostas corticais nos sujeitos testados, e para a intensidade de 30 dBnNA foi observado nas frequências de 500 Hz 73%; 1000 Hz 66%; 2000 Hz 53,3% e 4000 Hz 56,6% de respostas corticais nos sujeitos testados.

Buscou-se observar a integridade da via auditiva, na intensidade de 60 dBnNA, pois estudos anteriores demonstraram que em 70 dBnNA é possível encontrar artefatos que atrapalham na busca da resposta com o transdutor de vibração óssea.¹⁴ Não foram encontradas diferenças significantes na comparação entre as orelhas. Foram encontrados na análise das latências do P1 os valores médios de 234 ms para 500 Hz; 241 ms para 1000 Hz; 239 ms para 2000 Hz e 253 ms para 4000 Hz. Esses achados são semelhantes aos encontrados por Oliveira et al.⁶ com respostas de latências

aproximadas encontradas com o transdutor por via aérea em que o P1 encontra-se cerca de 200 a 300 ms após estímulo acústico em 80 dBnNA em neonatos ouvintes.

Quanto às amplitudes do PEAC componente P1, foram observados no presente estudo os valores por frequência de 15,6 μ V para 500 Hz; 8,4 μ V para 1000 Hz; 6,2 μ V para 2000 Hz e 6,3 μ V para 4000 Hz com $p=0,001$. Foi feito o teste de Wilcoxon, que verificou diferença significativa da frequência de 500 Hz em relação às demais frequências testadas ($p=0,001$). Esse resultado concorda com os valores encontrados por Small e Stapells,¹² que compararam os resultados de VO no PEAE de adultos e de crianças. O estudo demonstrou que as crianças são muito mais sensíveis a estímulos por condução por VO nas frequências baixas e essas diferenças entre crianças e adultos persistem até pelo menos dois anos de idade. Os autores citam vários fatores que podem vir a contribuir para esse achado e destacam o tamanho e as diferenças estruturais do crânio entre a criança menor de 2 anos e o adulto. O crânio infantil é menor do que o de um adulto com menores dimensões do processo mastoide, na largura, no comprimento e na profundidade. Além disso, existem suturas flexíveis que conectam o osso temporal aos outros ossos do crânio infantil, em contraste com o crânio do adulto, que é uma estrutura rígida com ossos fundidos. Sugeriram ainda que as suturas flexíveis do crânio infantil podem resultar em menos energia que se dissipa para o resto do crânio, faz com que o osso temporal oscile mais isoladamente, resulta assim em um estímulo mais eficaz através de frequências em crianças menores de 1 ano. Referem também que a menor massa do osso temporal em crianças menores de 1 ano resulta em sinal mais intenso que ativa a cóclea.

Os limiares encontrados em frequências específicas por VO nesse estudo foram compatíveis com os encontrados por Oliveira et al.,⁶ que avaliaram os PEAC por VA em neonatos (tabela 4). Ambos os estudos usaram o HEARlab System, com o módulo de frequência específica, *Cortical Tone Evaluation* (CTE), para obter estimativas de limiares corticais,

nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Em outro estudo recente no mesmo equipamento, autores evidenciaram médias das respostas eletrofisiológicas por VA em adultos com audição normal em 18,23 dBnNA para 500 Hz; 15,9 dBnNA para 1000 Hz; 15,97 dBnNA para 2000 Hz e 17 dBnNA para 4000 Hz, valores médios menores do que os observados nos estudos em neonatos descritos na tabela 4, provavelmente devido às questões maturacionais.⁷

Existe uma escassez de estudos sobre o uso da estimulação por VO nos PEA. Uma vez que não foi encontrado material com informações sobre os limiares por VO nos PEAC, foi pesquisado o uso da VO em outros tipos de PEA na população infantil.

Assim, na tabela 5 pode-se observar a comparação entre diferentes estimativas de limiares de PEA em neonatos normo-ouvintes, obtidos por VO. Verificaram-se os estudos de Casey e Small¹¹ e de Small e Stapell¹⁰ feitos com PEAE e de Elsayed,¹³ no qual foi usado o PEATE com *tone-burst*. Os tempos apresentados referem-se apenas à avaliação de uma das orelhas.

Ao fazer uma comparação entre os estudos, verifica-se uma maior concordância com os limiares obtidos no estudo feito com PEATE.¹³ Ainda pode-se observar que o tempo de feitura do estudo dos autores citados é maior do que o do presente estudo. Embora os estudos feitos com PEAE^{11,12} tenham obtido menores limiares eletrofisiológicos do que o presente estudo, o tempo de feitura do exame foi maior.

O tempo de avaliação é de extrema importância para a população neonatal. O presente estudo demonstrou tempo similar ao apresentado por Oliveira et al.⁶ Esse estudo reforça que a captação automatizada das respostas é um procedimento viável e sensível para a captação de limiares eletrofisiológicos na população neonatal, com tempo de execução reduzido.

Outro aspecto a ser destacado foi o maior limiar observado nas frequências mais altas. Os autores Casey e Small¹¹ também encontraram limiares maiores nas frequências de 2000 e 4000 Hz. Já Elsayed et al.¹³ observaram limia-

Tabela 4 Comparação entre limiares eletrofisiológicos e tempo de exame em relação no PEAC por Via Aérea (VA) e Via Óssea (VO)

	Tipo de Transdutor	Média de limiares em dBnNA				Tempo de Exame
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Oliveira et al. (2019) ⁶	VA	24,87	25	28,72	29,49	1h13 m
Presente estudo	VO	23,6	28	31	33,1	1h15m

Tabela 5 Comparação entre limiares eletrofisiológicos obtidos por VO e tempo e exame em diferentes tipos de PEA em neonatos

Autores	n	Média de limiares por PEA por VO (dBnNA)				Tempo de exame
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Casey e Small (2014) ¹¹ PEAE	23	19	20	20	20	2h
Small e Stapell (2008) ¹² PEAE	35	10	10	40	30	1h 50m
Elsayed et al. (2015) ¹³ PEATE tone burst	145	30	30	25	35	1h 50m
Presente estudo	30	20	30	30	30	1h 15m

res maiores na frequência de 4000 Hz. Small e Stapells¹² perceberam em seu estudo que crianças são mais sensíveis a estímulos por VO nas frequências mais baixas, o que concorda com maiores amplitudes observadas no presente estudo na frequência de 500 Hz.

A sensibilidade de detecção das respostas corticais do equipamento *Hearlab System* é alta quando comparada com examinadores experientes. Carter et al.⁴ verificaram a efetividade da análise de resposta automática com examinadores experientes em PEAC e concluíram que tanto o equipamento de análise automática quanto os examinadores tiveram alta sensibilidade na detecção das respostas.

Vários estudos, ao abordar a aplicação de diferentes tecnologias avançadas na investigação do sistema auditivo, vislumbram aprimorar o diagnóstico do sistema auditivo. Em neonatos ouvintes normais, é comum a falha da obtenção das emissões otoacústicas em virtude de alterações do meato acústico externo e/ou da orelha média. Nesses casos, para que seja feito um diagnóstico preciso, são usados, além dos testes comportamentais, os potenciais auditivos evocados. Nesses casos é de extrema importância para o diferencial do diagnóstico o uso da VO nos PEA. Portanto, essas novas tecnologias devem estudar o uso dos testes com a condução do som por VO.

Pesquisas com eletrofisiologia com crianças com malformação da orelha^{14,23-25} demonstraram os maiores limiares por avaliação aérea do que a condução óssea, o que caracteriza a perda auditiva condutiva, comumente associada às malformações da orelha. Os limiares eletrofisiológicos por VA e VO permitem a caracterização do perfil audiológico, que apresentam boa correlação com a avaliação audiológica comportamental.²⁶ Garcia et al.²⁵ alertam que é necessário não restringir a pesquisa dos limiares de crianças aos obtidos por via aérea, pois podem-se gerar falsos positivos para a perda auditiva neurosensorial. Parry et al.¹⁶ investigaram por meio da VO o PEAC de indivíduos com perda auditiva condutiva unilateral e confirmaram que é possível demonstrar mudanças significativas da amplitude da resposta cortical em adultos com perda auditiva condutiva unilateral.

A estimativa dos limiares eletrofisiológicos corticais por meio de condução óssea se mostrou viável, pode ser usada na complementação da avaliação do sistema auditivo, a fim de contribuir para o diagnóstico diferencial na população neonatal, como também em indivíduos que não possam ser avaliados de forma exclusiva comportamental.

Pesquisas futuras que envolvam outras faixas etárias, e também indivíduos com perda de audição condutiva, mista, sensorial e neural, permitirão uma melhor compreensão a respeito dos efeitos corticais da idade e dos diversos tipos de perda auditiva.

Conclusão

Neste estudo foi possível caracterizar a resposta do PEAC por VO em neonatos normo-ouvintes com equipamento de análise automática de resposta, caracterizaram-se as latências e amplitudes do componente P1 nas intensidades de 60 dBnNA e no limiar cortical.

O componente P1 na intensidade de 60 dBnNA apresentou valores médios de latência: 234; 241; 239 e 253 ms; e de

amplitude: 15,6; 8,4; 6,2; 6,3 μ V para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente.

Os limiares eletrofisiológicos corticais por VO foram em média: de 23,6; 28; 31 e 33,1 dBnNA para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz respectivamente.

Não houve diferença na resposta do PEAC para as variáveis sexo, orelha e uso do mascaramento.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Melo A, Biaggio EPV, Rechia IC, Sleifer P. Potenciais evocados auditivos corticais em neonatos nascido a termo e pré termo. *CODAS*. 2016;28:491-6.
- Didoné DD. Potencial Evocado Auditivo Cortical em nascidos a termo e pré-termo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente. 2018.
- Van Dun B. HEARLAB technical paper. National Acoustic Laboratories & The HEARing CRC. [online]. July 2017. Available from: <http://www.researchgate.net/publication/318663391>. Accessed May 15, 2019.
- Carter L, Golding M, Dillon H, Seymour J. The detection of infant cortical auditory evoked potentials (CAEPs) using statistical and visual detection techniques. *J Am Acad Audiol*. 2010;21:347-56.
- Didoné DD, Oliveira LS, Sleifer P, Riesgo RS, Garcia MV, Almeida K, et al. Effect of the arousal state on automatic detection of cortical auditory evoked responses in neonate. *Audiol Commun Res*. 2018;23:e1987.
- Oliveira LS, Didone DD, Durante AS. Automated Cortical Auditory Evoked Potentials threshold estimation in neonates. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2019;85:206-12.
- Durante AS, Wieselberg MB, Roque N, Carvalho S, Pucci B, Gudayol N, et al. Assessment of hearing threshold in adults with hearing loss using an automated system of cortical auditory evoked potential detection. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2017;83:147-54.
- Kosaner J, Van Dun B, Yigit O, Gultekin M, Bayguzina S. Clinically record cortical auditory evoked potentials from paediatric cochlear implant user fitted with electrically elicited stapedius reflex thresholds. *Int J Pediatric Otorhinolaryngology*. 2018;108:100-12.
- Parry LV, Maslin MRD, Schaeffe R, Moore DR, Munro KJ. Increased auditory cortex neural response amplitude in adults with chronic unilateral conductive hearing impairment. *Hear Res*. 2019;372:10-6.
- National center for hearing assessment and management – NCHAM. [online] Available from: www.infantheating.org. Accessed May 15, 2019.
- Lewis DR, Marone SAM, Mendes BCA, Cruz OLM, Nobrega M. Comitê Multiprofissional em saúde auditiva COMUSA. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010;7:121-8.
- Casey KA, Small SA. Comparisons of auditory steady state response and behavioral air conduction and bone conduction thresholds for infants and adults with normal hearing. *Ear Hear*. 2014;35:423-39.
- Small AS, Stapells DR. Multiple auditory steady – state response thresholds to bone- conduction stimuli in young infants with normal hearing. *Ear Hear*. 2008;27:219-28.
- Elsayed MA, Hunter LL, Keefe DH, Feeney MP, Brown DK, Meinzen-Derr JK, et al. Air and Bone conduction click and tone-burst Auditory Brainstem Threshold using Kalman Adap-

- tive Processing in non sedated normal-hearing infants. *Ear Hear.* 2015;36:471–81.
15. Curado NRPV, Muniz LF, Silveira AK, Silva ARA, Griz SMS. Bone conducted brainstem auditory evoked response: an integrative review. *Rev Cefac.* 2015;17:635–47.
 16. Lightfoot G. The N1-P2 Cortical Auditory Evoked Potential in threshold estimation. Insights in practice for clinical audiology. [online]. February 2010:1–8. Available from: www.audiologyonline.com/articles/article_detail.asp?article_id=2342. Accessed May 2019 15.
 17. American Academy of Pediatrics, Joint Committee on Infant Hearing. Year 2007 Position Statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics.* 2007;120:898-921.
 18. Van Dun B, Dillon H, Seeto M. Estimating Hearing Threshold in Hearing-Impaired Adults Through Objective Detection of Cortical Auditory Evoked Potentials. *J Am Acad Audiol.* 2015;26:370–83.
 19. Fichino SN, Lewis DR, Fávero ML. Estudo dos limiares eletrofisiológicos das vias aéreas e óssea em crianças com até 2 meses de idade. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2007;73:251–6.
 20. Yang EY, Stuard A, Mencher GT, Mencher LS, Vincer MJ. Auditory Brainstem responses to air-and -bone- conducted click in the audiological assessment of at-risk infant. *Ear Hear.* 1993;14:175–82.
 21. Yang EY, Stuart A, Stenstrom R, Green WB. Test-retest variability of the auditory brainstem response to bone conducted clicks in newborn infants. *Audiology.* 1993;32:89–94.
 22. Stuart A, Yang EY, Stenstrom R, Reindorp AG. Auditory Brainstem response thresholds to air and bone conducted clicks in neonates and adults. *Am J Otol.* 1993;14:176–82.
 23. Chen WX, Wang Y, Lu P, Huang Y, Xu ZM. Air and Bone Conduction auditory Brainstem Response in Children with congenital external auditory canal atresia. *Arch Otolaryngo Rhinol.* 2015;1:34–6.
 24. Sleifer P, Didone DD, Keppeler IB, Bueno CD, Riesgo RDS. Air and Bone Conduction Frequency-Specific Auditory Brainstem Response in Children with Agenesis of the external auditory canal. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2017;21:318–22.
 25. Garcia MV, Azevedo MF, Biaggio EPV, Didone DD, Testa JRG. Potencial evocado auditivo de Estado Estável por via aérea e via óssea em crianças de zero a seis meses sem e com comprometimento condutivo. *Rev CEFAC.* 2014;16:699–706.
 26. BC Early Hearing Program, A service of BC Children's Hospital and the Provincial Health Services Authority. Audiology Assessment Protocol. version 4.1 november 2012. 2012:101.