

Potenciais evocados auditivos corticais em crianças com transtorno dos sons da fala: caracterização e intervalos de referência

Cortical auditory evoked potentials in children with speech sound disorder: characterization and reference intervals

Luís Gustavo Gomes da Silva¹ , Thais Nobre Uchôa Souza¹ , Klinger Vagner Teixeira da Costa¹ , Isátis Rachel Silva Cavalcante¹ , Kelly Cristina Lira de Andrade¹ , Pedro de Lemos Menezes¹ , Natália de Lima Barbosa da Silva¹ , Ranilde Cristiane Cavalcante Costa¹ , Aline Tenório Lins Carnaúba¹ 

RESUMO

Objetivo: caracterizar os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com transtorno dos sons da fala, verificar se existe diferença entre os resultados de crianças com transtorno dos sons da fala e com desenvolvimento típico, bem como apresentar os intervalos de referência dos valores encontrados. **Métodos:** trata-se de um estudo transversal, observacional e analítico, no qual foram realizadas 40 avaliações (20 no grupo-controle e 20 no grupo de estudo). Foram analisadas as latências e amplitudes do complexo P1 N1 P2 N2 para os dois grupos, realizadas comparações dos valores entre os grupos e estabelecidos os intervalos de referência. **Resultados:** não foi encontrada diferença estatística nos valores de latência e amplitude de P1 N1 P2 N2 entre os grupos. Porém, as crianças com transtorno dos sons da fala apresentaram latências aumentadas em todos os componentes analisados. **Conclusão:** a análise dos potenciais evocados auditivos corticais em crianças com transtorno dos sons da fala e com desenvolvimento típico mostrou ondas P1 N1 P2 e N2 com morfologia adequada, o que possibilitou o estabelecimento de valores de referência para ambos os grupos. As crianças com transtorno dos sons da fala, embora não tenham apresentado diferenças estatisticamente significativas das crianças típicas, apresentaram aumento das latências em todos os componentes do potencial cortical.

Palavras-chave: Criança; Potenciais evocados auditivos; Transtorno fonológico; Eletrofisiologia; Tronco encefálico

ABSTRACT

Purpose: To characterize cortical auditory evoked potentials in children with speech sound disorders, to determine whether there are differences between the results of children with speech sound disorders and those with typical development, and to present reference ranges for the observed values. **Methods:** This is a cross-sectional, observational, and analytical study involving 40 assessments (20 in the Control Group and 20 in the Study Group). The latencies and amplitudes of the P1N1P2N2 complex were analyzed in both groups. Comparisons of these values between groups were made, and reference intervals were established. **Results:** No statistically significant differences were found in the P1N1P2N2 latency and amplitude values between the study and control groups. However, children with speech sound disorders exhibited increased latencies in all analyzed components. **Conclusion:** The analysis of cortical auditory evoked potentials in children with speech sound disorders and typical development showed adequate morphology of the P1, N1, P2, and N2 waves, allowing for the establishment of reference values for both groups. Although no statistically significant differences were observed between the children with speech sound disorders and typically developing children, the former group exhibited increased latencies across all components of the cortical potential.

Keywords: Child; Evoked potentials; Auditory; Speech sound disorder; Electrophysiology; Brain stem

Trabalho realizado no Laboratório de Audição e Tecnologia – LATEC, Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL – Maceió (AL), Brasil.

¹Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL – Maceió (AL), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: LGGS pesquisador principal, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação, submissão e trâmites do artigo; TNUS e RCCC coorientadores, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo; KVTC colaborador, correção da redação do artigo; IRSC colaboradora, levantamento da literatura; KCLA colaboradora, levantamento da literatura, correção da redação do artigo; PLM colaborador, correção da redação do artigo; NLBS colaboradora, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados; ATLC orientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final.

Financiamento: Fundação de Amparo e Pesquisa de Alagoas (FAPEAL), número do processo E:01700.0000002734/2021.

Autor correspondente: Aline Tenório Lins Carnaúba. E-mail: aline.carnauba@uncisal.edu.br

Recebido: Setembro 05, 2024; **ACEITO:** Março 07, 2025

INTRODUÇÃO

O transtorno dos sons da fala (TSF) constitui a alteração da comunicação mais comum em crianças e, consequentemente, é responsável pela maior procura nos atendimentos fonoaudiológicos. A criança com TSF pode apresentar comprometimentos em diferentes substratos neurodesenvolvimentais, tais como a representação auditiva e/ou somatossensorial e a transcodificação, que envolve planejamento, programação e execução motora⁽¹⁾.

O TSF pode estar, portanto, associado a dificuldades na produção motora ou à percepção e representação fonológica de sons e segmentos da fala⁽²⁾. O tipo mais comum de TSF não apresenta comprometimento no plano motor de fala, e sim alteração nos níveis perceptivo-auditivo e cognitivo-linguístico, sendo a representação auditiva e a somatossensorial os processos comprometidos e o componente fonológico o aspecto mais prejudicado^(1,3).

Assim, a integridade das estruturas e funções auditivas pode ser entendida como um importante preditor para a aquisição da linguagem oral. A alteração auditiva relacionada à recepção ou processamento sonoro pode prejudicar o desenvolvimento da fala⁽⁴⁾.

A porção periférica do sistema auditivo é responsável por receber, conduzir e amplificar o sinal sonoro. Esse sinal é então enviado para as vias auditivas centrais, onde é codificado. Finalmente, no córtex auditivo, o sistema auditivo integra-se ao sistema de linguagem para tornar a estimulação auditiva funcional para o indivíduo⁽⁵⁾.

Avaliações das vias auditivas centrais podem ser realizadas por exames comportamentais e eletrofisiológicos. As avaliações eletrofisiológicas oferecem uma vantagem distinta, pois não dependem da resposta ativa do paciente. Consequentemente, as respostas são eliciadas independentemente da vontade do indivíduo, o que facilita o processo de avaliação para crianças pequenas^(6,7).

Dentre os testes eletrofisiológicos, o potencial evocado auditivo cortical (PEAC), que ocorre entre 50 e 300ms, é composto por um conjunto de picos com polaridades positivas e negativas que formam o complexo P1 N1 P2 e N2^(8,9). Seus sítios geradores possuem localização complexa e abrangem regiões talâmicas e o córtex auditivo⁽¹⁰⁾.

Em virtude da importância da percepção auditiva na formação e organização da representação sonora para seu reconhecimento, estudos buscaram investigar o PEAC em crianças com TSF⁽²⁻¹¹⁾, porém, seus resultados são conflitantes. Assim, ainda é necessária a realização de pesquisas que caracterizem o PEAC em crianças com TSF e estabeleçam intervalos de referência, buscando o entendimento do modo como ocorre o processamento cortical dos sons nessa população.

Portanto, o objetivo deste estudo foi caracterizar os potenciais evocados auditivos corticais em crianças com TSF, verificar se existe diferença entre os resultados de crianças com TSF e com desenvolvimento típico, bem como apresentar os intervalos de referência dos valores encontrados.

MÉTODO

Esta pesquisa foi submetida à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – CEP - UNCISAL e aprovada sob o número

3.472.675. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Audição e Tecnologia (LATEC) da instituição.

A amostra foi definida por conveniência, composta por crianças atendidas no Centro Especializado em Reabilitação da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas. As crianças foram selecionadas com base nos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, sendo incluídas no grupo de estudo (GE) aquelas que apresentavam transtornos dos sons da fala (TSF) e, no grupo-controle (GC), as que apresentavam desenvolvimento típico de fala e linguagem, com idades compatíveis e que estavam aptas a realizar os procedimentos da pesquisa. O recrutamento foi realizado mediante contato com os responsáveis, que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), formalizando seu consentimento e assegurando a participação voluntária das crianças. As crianças participantes receberam explicações claras e acessíveis sobre os procedimentos e os objetivos da pesquisa e assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado com base na comparação entre médias. Foram considerados os seguintes parâmetros estatísticos: nível de significância (α) de 0,05, poder do teste ($1-\beta$) de 90%, desvio padrão de 0,5 e uma diferença mínima detectável de 0,8 entre os grupos. Com esses critérios, foram definidos 20 participantes para cada grupo, com um total de 40 crianças.

O GE foi composto por 20 crianças diagnosticadas com TSF de natureza fonológica e o GC, por 20 crianças com desenvolvimento típico de fala e linguagem. Para garantir a comparabilidade, os grupos foram pareados por idade e gênero. A composição dos grupos teve como objetivo minimizar vieses, o que proporciona maior robustez às análises estatísticas realizadas.

Para ambos os grupos (GE e GC), os indivíduos precisavam apresentar os seguintes critérios de inclusão: limiares auditivos tonais dentro do padrão de normalidade (até 20 dB NA em oitavas de 250 a 8.000 Hz)⁽¹²⁾; inspeção visual normal do canal auditivo externo; presença de timpanogramas tipo “A”⁽¹³⁾ e dos reflexos acústicos contralaterais e ipsilaterais para todas as frequências avaliadas (0,5, 1, 2 e 4 kHz); latências absolutas e interpicos referentes às ondas I, III e V dentro dos critérios de normalidade bilateralmente⁽¹⁴⁾; diagnóstico de TSF para o grupo de estudo (GE), além da ausência de trocas na fala para o grupo-controle (GC).

Os critérios de exclusão abrangiam: quaisquer alterações auriculares, histórico de cirurgias otológicas, mais de três infecções auditivas no último ano, diagnóstico de neuropatia auditiva, alterações cocleovestibulares e relatos de possíveis alterações cognitivas ou de comportamento, na anamnese.

A amostragem foi realizada por conveniência, levando-se em consideração os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. As crianças selecionadas e seus responsáveis foram devidamente informados sobre os procedimentos da pesquisa.

Todas as crianças participantes realizavam terapia fonoaudiológica com a mesma periodicidade e a mesma abordagem terapêutica, o que garantiu a uniformidade no tipo de intervenção recebida. No entanto, a quantidade de sessões realizadas até o momento da avaliação variou entre os participantes, devido às interrupções e aos ajustes nas rotinas ocasionados pela pandemia de COVID-19. Essa variabilidade foi considerada durante a análise dos resultados, sendo identificada e documentada como um fator relevante no contexto da pesquisa, especialmente devido à potencial influência das restrições sanitárias e do distanciamento social no progresso terapêutico individual.

Procedimentos

Durante o estudo, foram conduzidas entrevistas com pais e/ou responsáveis para coletar informações sobre o desenvolvimento geral das crianças. Além disso, a avaliação fonológica, por meio da análise dos processos fonológicos utilizando o Teste de Linguagem Infantil – ABFW – Parte A: Fonologia⁽¹⁵⁾, teve o objetivo de identificar a presença de TSF de natureza fonológica no GE e a ausência de alterações na fala no GC. As amostras de fala foram registradas em vídeo, com uso de uma câmera digital integrada ao iPhone 12 Pro, posicionada a 20 centímetros da criança.

Em seguida, foram realizadas: inspeção do meato acústico externo com o otoscópio modelo Mini 3000, marca Heine; avaliação audiológica básica com audiometria tonal, por meio do audiômetro AD629b, marca Interacoustics; medidas de imitaciometria, com o imitaciômetro AT235 da mesma marca. Foram pesquisados os limiares dos reflexos ipsilaterais e contralaterais com estímulo eliciador de 0,5, 1, 2 e 4 kHz.

Para a avaliação eletrofisiológica, utilizou-se o equipamento Navigator Pro – Bio-logic® com dois canais e quatro eletrodos. Os participantes foram posicionados confortavelmente em uma cadeira reclinável para possibilitar o relaxamento muscular adequado. Eletrodos do tipo disco foram aplicados sobre a pele após preparo com pasta abrasiva (NUPREP®), colocados nas seguintes localizações: M1 e M2 (referências), Cz (ativo) e Fz (terra), conforme o sistema SI 10-20⁽¹⁶⁾. As avaliações foram realizadas com fones de inserção EAR-Phones 3A e iniciadas no momento em que a impedância dos eletrodos conectados à pele estava abaixo de 3 kΩ e a diferença entre os eletrodos, abaixo de 1,5 kΩ.

Foi realizado o potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE), para avaliar a integridade neural da via auditiva. Em seguida, os PEAC foram obtidos por meio da apresentação de 750 estímulos monoaurais (lado direito), compostos por 150 sons infrequentes e 600 frequentes, a uma intensidade de 70 dB NA, dentro de uma janela de 533 ms que incluiu 100 ms de pré-estimulação. A intensidade de 70 dB foi escolhida para a avaliação dos PEAC devido à sua ampla utilização, descrita na literatura, que garantiu respostas auditivas robustas e consistentes. Esse nível optimiza a relação sinal-ruído e minimiza variações individuais na sensibilidade auditiva, que assegura maior reproduzibilidade e validade dos achados.

A taxa de estímulo foi mantida em 1,7 estímulos por segundo, com filtros de 0,1 a 30 Hz e polaridade alternada. Utilizou-se

um paradigma *oddball* com pares de estímulos verbais de fala natural (/ga/ - frequente, /da/ - raro), desenvolvidos pelos pesquisadores e apresentados com uma probabilidade de ocorrência de 80/20 para cada estímulo. As características espetrais do estímulo estão detalhadas no Quadro 1. Uma visão geral dos parâmetros utilizados para captação dos potenciais evocados auditivos corticais é apresentada no Quadro 2.

A análise do PEAC foi realizada com as latências e amplitudes dos picos P1, N1, P2 e N2. Todos os traçados foram analisados de forma independente por dois pesquisadores experientes na área, para garantir a confiabilidade dos resultados.

Análise de estatísticas de dados

Para comparar as variáveis contínuas, foi utilizado o teste “t” para amostras independentes, após confirmar a homogeneidade das variâncias dos resíduos por meio do Teste de Levene. Para determinar um possível intervalo de referência para os valores, calculou-se o intervalo de confiança (IC) de 95% das médias, bem como os valores associados aos percentis 5 e 95 da distribuição. Para todas as análises, adotou-se um valor de alfa igual à 5% e o pacote estatístico SPSS v23.0 (IBM Inc, Chicago, IL).

RESULTADOS

A amostra foi composta por 40 participantes, que compuseram o grupo-controle (GC n=20) e o grupo de estudo (GE n=20).

As avaliações e análises dos resultados foram realizadas exclusivamente na orelha direita, totalizando 40 registros. A Tabela 1 detalha as características da amostra estudada.

Na amostra selecionada, o gênero masculino representou 65% dos participantes e a idade de 5 anos correspondeu a 50% da amostra. A gravidade mais frequente foi o grau moderado-leve (60%) e os processos fonológicos com maior ocorrência foram simplificação de encontro consonantal, simplificação de líquida e simplificação de consoante final.

No que se refere à comparação intergrupos das latências e amplitudes dos componentes P1 N1 P2 N2, os resultados do traçado mostraram a presença das ondas N1 P2 e N2 em todos os exames com morfologia intrassujeito semelhante em ambas as varreduras. Porém, ao analisar o componente P1, 2 participantes

Quadro 1. Análise de frequência e tempo dos estímulos utilizados

	Parâmetros	Estímulos	
		/ga/	/da/
F0	Duração	156.71 ms	116.33 ms
	VOT (Voice Onset Time)	-118,677 ms	-96,588 ms
	Média	162.78 Hz	170.77 Hz
	Mínima	149.36 Hz	161.05 Hz
	Máxima	175.73 Hz	183.46 Hz
	Mediana	163.15 Hz	169.20 Hz
	Desvio Padrão	9.45 Hz	8.31 Hz
	Formantes	477.83 Hz	821.44 Hz
	F1	2049.08 Hz	1519.26 Hz
	F2	2588.44 Hz	2686.89 Hz
	F3	3826.87 Hz	3663.64 Hz
	F4		

Legenda: ms (milissegundos); Hz (Hertz); F0 (frequência fundamental)

Fonte: Autores (2022)

Quadro 2. Parâmetros utilizados para captação dos potenciais evocados auditivos corticais

Transdutor	Inserção
Polaridade	Alternada
Intensidade	70 dB NA
Tipo de apresentação	Monoaural
Estímulos	Estímulos verbais desenvolvidos pelos próprios pesquisadores (/ga/ x /da/), apresentados casualmente, com uma probabilidade de 80/20 de ocorrência para cada estímulo, conforme o paradigma <i>oddball</i> .
Replicabilidade	Duas vezes
Localização dos eletrodos	Referências
	Ativo
	Terra
Impedância dos eletrodos	$\leq 3\text{k}\Omega$
Impedância entre eletrodos	$\leq 1,5\text{k}\Omega$
Filtro passa-banda	Passa-alto
	Passa-baixo
Janela de captação	533 ms
Quantidade de promediações	750 estímulos (150 raros e 600 frequentes)
Taxa de estimulação	1,7 estímulos/segundo
Limite de rejeição de artefato	10% do total registrado
Ganho	50000 μV

Legenda: ms (milissegundos); $\text{k}\Omega$ (Kilohm); Hz (Hertz); μV (MicroVolts); \leq = menor ou igual a

Fonte: Autores (2022)

Tabela 1. Caracterização do grupo de estudo quanto às variáveis gênero, idade, gravidade do transtorno fonológico e processos fonológicos

Variáveis	Grupo de Estudo	
	N	%
GÊNERO	Masculino	13
	Feminino	7
IDADE	4 anos	4
	5 anos	10
GRAVIDADE DO TRANSTORNO FONOLÓGICO	6 anos	4
	7 anos	2
PROCESSOS FONOLÓGICOS	Média	5,25
	Leve	5
	Levemente-Moderado	12
	Moderado-Grave	2
	Grave	1
	Simplificação de Encontro Consonantal	20
	Simplificação de Líquida	16
	Simplificação de Consoante Final	12
	Frontalização de Velar	5
	Frontalização de Palatal	4
	Plosivação de Fricativa	4
	Ensürdecimento de Fricativa	4
	Ensürdecimento de Plosiva	3
	Posteriorização para Palatal	1

Legenda: N = número de participantes; % = porcentagem

do GE não apresentaram esse pico. Nessas respostas, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos, embora as latências do GE tenham sido maiores em todos os componentes do potencial (Tabela 2).

Os dados encontrados para P1 N1 P2 e N2 foram utilizados para determinar valores de referência para ambos os grupos (Tabela 3).

DISCUSSÃO

O objetivo desta pesquisa centrou-se na caracterização dos potenciais evocados auditivos corticais em crianças com TSF, na comparação dos resultados com crianças com desenvolvimento típico, bem como no estabelecimento de intervalos de referência dos valores encontrados.

Tabela 2. Comparação intergrupos dos potenciais evocados auditivos corticais no domínio do tempo

Variáveis	Grupos						valor de p*
	Grupo-controle (n = 20)			Grupo de Estudo (n = 20)			
Latências	N	Média	DP	N	Média	DP	
P1	20	68,84	15,99	18	74,43	11,58	0,22
N1	20	87,93	22,83	20	101,80	26,78	0,08
P2	20	122,53	19,00	20	128,70	23,89	0,37
N2	20	237,32	35,40	20	253,14	26,98	0,12
Amplitudes							
P1	20	2,35	1,88	18	3,02	2,37	0,33
N1	20	1,48	1,73	20	1,46	2,02	0,97
P2	20	3,79	1,36	20	3,41	1,80	0,46
N2	20	-4,26	1,22	20	-4,40	1,81	0,77

*Teste "t" de Student

Legenda: N = número de participantes; % = porcentagem; DP = desvio padrão

Tabela 3. Intervalos de referência para análise dos potenciais evocados auditivos corticais no domínio do tempo para os picos P1 N1 P2 e N2 com relação à latência e amplitudes

Variáveis	Intervalos		
	Grupo-Controle (n = 20)		
Latência	Média	IC95%	p5; p95
P1	68,84	61,35; 76,32	50,05; 97,31
N1	87,93	77,25; 98,61	59,77; 149,40
P2	122,53	113,63; 131,42	98,06; 177,45
N2	237,32	220,75; 253,88	165,67; 287,40
Amplitude			
P1	2,34	1,46; 3,22	-0,74; 5,80
N1	1,48	0,66; 2,28	-1,49; 3,98
P2	3,79	3,15; 4,42	1,29; 6,21
N2	4,26	-4,82; -3,68	-6,58; -2,39
Grupo de Estudo (n = 20)			
Latência	Média	IC95%	p5; p95
P1	74,43	68,67; 80,19	56,08; 95,57
N1	101,80	92,16; 118,08	65,31; 153,56
P2	128,70	118,59; 142,67	100,69; 175,60
N2	253,14	244,64; 268,69	192,94; 293,88
Amplitude			
P1	3,01	1,83; 4,19	-1,25; 7,02
N1	1,48	0,47; 2,49	-3,09; 4,27
P2	3,23	2,43; 4,03	0,83; 7,38
N2	4,40	-5,19; -3,46	-7,80; -1,28

Legenda: n = número de participantes; P = percentil; IC = intervalo de confiança

Foram observados os componentes P1 N1 P2 e N2 com morfologia adequada. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas quanto à latência e amplitude dos registros entre os dois grupos, porém, houve aumento das latências em todos os componentes do potencial cortical no GE em comparação ao GC. Sugere-se que esses achados possam indicar atraso na velocidade de processamento da informação auditiva, bem como falta de integração auditiva e atenção aos estímulos verbais⁽²⁾.

Autores relataram maiores valores para os potenciais de longa latência em crianças com TSF ao serem avaliadas com estímulos verbais⁽¹¹⁾. Esses achados podem indicar que a codificação neural nessas crianças com TSF difere daquelas com desenvolvimento típico e que, se estimulados, esses registros de latência e amplitude podem melhorar. Isso aponta para a possibilidade de que tais exames sirvam como indicadores

úteis para monitorar a plasticidade neural nesta população⁽¹⁷⁾. A capacidade de monitorar a plasticidade neural dessa população foi observada em pesquisa com potenciais evocados auditivos de longa latência (PEALL), incluindo análise cortical e cognitiva em crianças com TSF. Após três meses de intervenção, o estudo verificou tendência de melhora no resultado dos PEALL nas crianças com TSF⁽¹¹⁾.

No entanto, aumento da latência em crianças com TSF não foi observado em todas as pesquisas. Resultado contrário foi encontrado em estudo, observando valor de latência maior para o GC⁽¹⁸⁾. Essa pesquisa foi realizada com tom puro e os autores constataram que o componente P2 apresentou latência maior no grupo-controle em comparação ao grupo com TSF. Foi relatado que isso pode ter ocorrido devido à variedade de fatores de risco que podem estar relacionados com o TSF⁽¹⁸⁾.

Esse achado é reforçado por outros pesquisadores⁽¹⁹⁾, que realizaram avaliação semelhante com 20 crianças, dez com TSF e dez do grupo-controle, com idades entre 7 e 14 anos, de ambos os gêneros e com audição normal. Foram utilizados estímulos tonais e as crianças foram pareadas por idade e gênero, com maiores valores de latência dos componentes N2 para o GC. Os autores relataram que esses dados podem indicar que crianças com TSF apresentam comportamento neurofisiológico diferente de crianças com desenvolvimento típico. Além disso, ressalta-se que o tamanho amostral do estudo não permitiu generalizações para a população⁽¹⁹⁾.

A explicação para tais resultados pode estar no fato de que crianças com TSF demonstram padrões distintos de processamento temporal em comparação com crianças com desenvolvimento típico. Podem apresentar percepção reduzida dos intervalos entre os sons e diminuição da probabilidade de acertos em testes que dependem de um bom sequenciamento temporal⁽²⁰⁾.

Dados semelhantes foram encontrados ao analisar esses potenciais com tom puro em crianças com desenvolvimento típico. Foram realizadas 42 avaliações em crianças de ambos os gêneros, com idades que variaram de 4 a 14 anos. Na faixa etária dos 4 até os 7 anos, os valores de latências estiveram dentro do intervalo de confiança no estudo⁽²¹⁾.

Ao tentar explicar a variedade de resultados encontrados entre os estudos, é possível acreditar que as respostas auditivas corticais são altamente dependentes das características de estimulação. Dessa forma, os achados podem variar entre os estudos em razão da diversidade de protocolos para a captação dos potenciais corticais, pois o tempo de latência e a amplitude dependem do tipo de estímulo e suas características intrínsecas⁽²²⁾.

Ao pesquisar as diferenças de estímulos em potenciais de longa latência em crianças com TSF, verificou-se que a combinação de estímulos pode interferir na latência e amplitude dos potenciais. A justificativa para tal ocorrência é que o processamento de alguns contrastes fonológicos pode ser mais facilmente discriminado pelo sistema auditivo central do que outros^(22,23).

É possível reforçar a ideia de que o tipo de estimulação e as características do estímulo utilizado podem refletir de maneira direta na evocação desses potenciais. Estima-se que vogais e consoantes são processadas em diferentes regiões nervosas e que isso dependerá do grau de contraste das consoantes e vogais utilizadas. Dessa maneira, as latências e amplitudes desses componentes podem variar consideravelmente e, assim, os achados entre estudos podem ser diversos⁽²⁴⁾.

Estímulos com duração mais curta promovem potenciais com maiores amplitudes e menores latências. Ao analisar estímulos com duração de 100 ms e de 500 ms, percebeu-se que aqueles com menor duração forneceram componentes P1 e N2 com maiores amplitudes e menores latências. No entanto, não se trata apenas da duração do estímulo; estímulos de alta frequência geram potenciais com menor amplitude e maiores latências. Deve-se a isso, a organização neural tonotópica do córtex auditivo, em que regiões neuronais mais superficiais respondem melhor a sons de baixa frequência e esses estão mais próximos dos eletrodos de captação da resposta⁽²⁵⁾.

Acredita-se que os estímulos utilizados nesta pesquisa possuíam frequência mais baixa e menor duração, fato que promoveu resultados de latência e amplitude melhores, exceto para N1, que apresentou pico positivo em ambos os grupos. Sugere-se que esse dado pode ter ocorrido porque N1 é sensível a modificações de duração, pois existem diferentes neurônios do córtex auditivo que respondem de forma diversa às modificações

temporais do estímulo. Dessa forma, algumas regiões nervosas possuem tempo de refratariiedade diferentes e pode interferir no potencial de ação gerado⁽²⁵⁾. Outra explicação é a de que foram realizadas 750 promediações e estímulos evocados prolongados que podem promover modificação da linha de base e os resultados podem aparecer mais positivos ou mais negativos que o esperado⁽²⁶⁾.

O componente N1, normalmente negativo, pode apresentar pico positivo devido a fatores técnicos, fisiológicos, neurofisiológicos ou artefatos. Entre os aspectos técnicos, a configuração do eletrodo de referência, polaridade registrada, filtros inadequados ou promediação extensa podem alterar a polaridade esperada⁽²⁵⁾. Fisiologicamente, variações individuais, interferência do P1 por superposição temporal ou atividade neural não específica podem modificar a forma do N1. Neurofisiologicamente, estímulos de baixa frequência ou curta duração podem causar respostas atípicas. Artefatos como movimentos musculares e flutuações da linha de base também interferem nos registros⁽²⁶⁾.

Limitações e pesquisas adicionais

Dentre as limitações da pesquisa, apontam-se os desafios no controle tempo a que as crianças estavam expostas à terapia. Como algumas crianças apresentavam TSF mais grave do que outras, consequentemente necessitaram de terapia mais longa que incluía estimulação auditiva, podendo ter influenciado os resultados corticais auditivos.

Porém, para minimizar o viés relacionado à variabilidade na quantidade de sessões realizadas pelas crianças durante a terapia, foram adotadas duas estratégias principais: 1) elaborou-se uma documentação detalhada do número de sessões concluídas por cada participante até o momento da avaliação, incluindo o registro de fatores que poderiam influenciar essa frequência, como dificuldades de acesso aos serviços durante o período de isolamento social imposto pela pandemia de COVID-19. Essa abordagem permitiu contextualizar os dados e considerar tais variações nas análises subsequentes; 2) buscou-se garantir a maior homogeneidade possível na amostra, selecionando crianças que apresentassem número de sessões realizadas mais próximas umas das outras, a fim de reduzir a variabilidade inicial e assegurar maior comparabilidade entre os grupos. Essas medidas fortaleceram a confiabilidade dos resultados e mitigaram potenciais interferências decorrentes das diferenças na exposição terapêutica.

Devido às limitações impostas pela pandemia de COVID-19, que impactaram diretamente o recrutamento de participantes, não foi possível realizar a análise da associação entre a gravidade do transtorno fonológico e os achados do PEAC. O número amostral insuficiente comprometeu a robustez estatística necessária para explorar essa relação, destacando a necessidade de novos estudos com maior representatividade amostral para esclarecer essa questão.

CONCLUSÃO

A análise dos potenciais evocados auditivos corticais em crianças com TSF e com desenvolvimento típico mostrou ondas P1 N1 P2 e N2 com morfologia adequada, latências semelhantes e possibilitou o estabelecimento de intervalos de referência

para ambos os grupos. As crianças com TSF apresentaram latências e amplitudes dos PEAC semelhantes às das crianças com desenvolvimento típico.

REFERÊNCIAS

1. Shriberg LD, Strand EA, Fourakis M, Jakielski KJ, Hall SD, Karlsson HB, et al. A diagnostic marker to discriminate childhood apraxia of speech from speech delay: I. Development and description of the pause marker. *J Speech Lang Hear Res.* 2017;60(4):S1096-117. http://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-S-15-0296. PMid:28384779.
2. Barrozo TF, Silva LAF, Matas CG, Wertzner HF. The relationship between speech sound disorder and cortical auditory evoked potential. *Folia Phoniatr Logop.* 2024;76(6):562-76. <http://doi.org/10.1159/000538849>. PMid:38615664.
3. Shriberg LD, Fourakis M, Hall SD, Karlsson HB, Lohmeier HL, McSweeny JL, et al. Extensions to the Speech Disorders Classification System (SDCS). *Clin Linguist Phon.* 2010;24(10):795-824. <http://doi.org/10.3109/02699206.2010.503006>. PMid:20831378.
4. Freitas CR, Mezzomo CL, Vidor DCGM. Phonemic discrimination and the relationship with other linguistic levels in children with typical phonological development and phonological disorder. *CoDAS.* 2015 Jun;27(3):236-41. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20152014168>.
5. Alain C, Tremblay K. The role of event-related brain potentials in assessing central auditory processing. *J Am Acad Audiol.* 2007;18(7):573-89. <http://doi.org/10.3766/jaaa.18.7.5>. PMid:18236645.
6. Berticelli AZ, Bueno CD, Rocha VO, Ranzan J, Riesgo RS, Sleifer P. Processamento auditivo central: avaliação comportamental e eletrofisiológica de crianças e adolescentes diagnosticados com AVC. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2021;87:512-20. <http://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.10.010>.
7. Pinto FR, Matas CG. Comparação entre limiares de audibilidade e eletrofisiológico por estímulo tone burst. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2007;73(4):513-22. <http://doi.org/10.1590/S0034-72992007000400010>.
8. Fitzroy AB, Krizman J, Tierney A, Agouridou M, Kraus N. Longitudinal maturation of auditory cortical function during adolescence. *Front Hum Neurosci.* 2015;9:530. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00530>. PMid:26539092.
9. Kim C, Lee S, Jin I, Kim J. Acoustic Features and Cortical Auditory Evoked Potentials according to Emotional Statuses of /u/, /a/, /i/ Vowels. *J Audiol Otol.* 2018;22(2):80-8. <http://doi.org/10.7874/jao.2017.00255>. PMid:29301390.
10. Frizzo ACF, Advíncula K. Potenciais evocados auditivos de longa latência: conceitos e aplicações clínicas. In: Menezes PL, Andrade KCL, Frizzo ACF, Carnaúba ATL, Lins OG, editores. *Tratado de eletrofisiologia para audiology.* Ribeirão Preto: Book Toy; 2018. p. 139-50.
11. Luna AC, Silva LAF, Barrozo TF, Leite RA, Wertzner HF, Matas CG. Plasticidade neuronal da via auditiva em crianças com transtorno dos sons da fala: estudo dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência. *CoDAS.* 2021;33(4):e20200145. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20202020145>. PMid:34431860.
12. OMS: Organização Mundial da Saúde. Prevention of blindness and deafness [Internet]. 2020 [citado em 17 Dez 2024]. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/339913/9789240020481-eng.pdf?sequence=1>
13. Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. *Arch Otolaryngol.* 1972;96(6):513-23. <http://doi.org/10.1001/archotol.1972.00770090791004>. PMid:4621039.
14. Hood LJ. Clinical applications of the auditory brainstem response. San Diego: Singular Publishing Group; 1998.
15. de Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF. ABFW: teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática. São Paulo: Pró-Fono; 2004.
16. Homan RW, Herman J, Purdy P. Cerebral location of international 10-20 system electrode placement. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1987;66(4):376-82. [http://doi.org/10.1016/0013-4694\(87\)90206-9](http://doi.org/10.1016/0013-4694(87)90206-9). PMid:2435517.
17. Leite RA, Wertzner HF, Gonçalves IC, Magliaro FCL, Matas CG. Auditory evoked potentials: predicting speech therapy outcomes in children with phonological disorders. *Clinics.* 2014;69(3):212-8. [http://doi.org/10.6061/clinics/2014\(03\)12](http://doi.org/10.6061/clinics/2014(03)12). PMid:24626949.
18. Leite RA, Wertzner HF, Matas CG. Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com transtorno fonológico. *Pro Fono.* 2010;22(4):561-6. <http://doi.org/10.1590/S0104-56872010000400034>.
19. Advíncula KP, Griz SMS, Frizzo ACF, Pessoa ACRG, Leite-Barros PMA, Gurgel E. Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com desvio fonológico. *Disturb Comun.* 2008;20(2):171-81.
20. Jain C, Priya MB, Joshi K. Relationship between temporal processing and phonological awareness in children with speech sound disorders. *Clin Linguist Phon.* 2020;34(6):566-75. <http://doi.org/10.1080/026992019.1671902>. PMid:31566027.
21. Kummer P, Burger M, Schuster M, Rosanowski F, Eysholdt U, Hoppe U. Cortical auditory evoked potentials to acoustic changes in speech stimuli in children. *Folia Phoniatr Logop.* 2007;59(5):273-80. <http://doi.org/10.1159/000104466>. PMid:17726331.
22. Ferreira L, de Souza AEH, de Simoni SN, Bertuol B, Gubiani MB, Keske-Soares M, et al. Cognitive Auditory Evoked Potential in children with speech sound disorders: analysis of different verbal stimuli. *Rev CEFAC.* 2019;21(5):1-8. <http://doi.org/10.1590/1982-0216/20192152719>.
23. Lunardelo PP, Simões HO, Zanchetta S. Differences and similarities in the long-latency auditory evoked potential recording of P1-N1 for different sound stimuli. *Rev CEFAC.* 2019;21(2):e18618. <http://doi.org/10.1590/1982-0216/201921218618>.
24. Alvarenga K F, Vicente LC, Lopes RCF, da Silva RA, Banhara MR, Lopes AC, et al. Influência dos contrastes de fala nos potenciais evocados auditivos corticais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2013;79(3):336-41.
25. Agung K, Purdy SC, McMahon CM, Newall P. The use of cortical auditory evoked potentials to evaluate neural encoding of speech sounds in adults. *J Am Acad Audiol.* 2006;17(8):559-72. <http://doi.org/10.3766/jaaa.17.8.3>. PMid:16999251.
26. Picton T. Auditory evoked potentials. In: Daly D, Redley T, editors. *Current practice in clinical electroencephalography.* 2nd ed. New York: Raven Press Ltd.; 1990. p. 627-35.