

Amanda Cristina Luna¹ 
Liliane Aparecida Fagundes Silva¹ 
Tatiane Faria Barrozo¹ 
Renata Aparecida Leite¹ 
Haydée Fiszbein Wertzner¹ 
Carla Gentile Matas¹ 

Plasticidade neuronal da via auditiva em crianças com transtorno dos sons da fala: estudo dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência

Neuronal plasticity of the auditory pathway in children with speech sounds disorder: study of Long-Latency Auditory Evoked Potentials

Descritores

Transtorno Fonológico
Potenciais Evocados Auditivos
Plasticidade Neuronal
Audição
Criança

Keywords

Speech Sound Disorder
Evoked Potentials, Auditory
Neuronal Plasticity
Hearing
Child

RESUMO

Objetivo: Avaliar os achados dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) em crianças com Transtorno dos Sons na Fala (TSF) após terapia fonoaudiológica. **Método:** Estudo clínico longitudinal e prospectivo em um grupo de 14 crianças com TSF, de cinco a sete anos de idade, de ambos os sexos. Foram aplicadas as provas de Nomeação de Figuras e Imitação de palavras, para as quais foi calculado o índice de gravidade Porcentagem de Consoantes Corretas. Foram registrados os PEALL com estímulo de fala e foram analisados os valores de latência e amplitude dos componentes P1, N1, P2, N2 e P3. Cada criança foi avaliada em dois diferentes momentos: avaliação inicial e após 12 sessões de terapia fonoaudiológica. **Resultados:** Os resultados mostraram que após terapia fonoaudiológica, o valor do índice de gravidade Porcentagem de Consoantes Corretas aumentou e um maior número de componentes foi observado nos registros dos PEALL nas crianças com TSF. Também foi observado um aumento estatisticamente significativo na amplitude do componente P3, demonstrando que modificações anatomofisiológicas ocorreram no sistema nervoso auditivo central após intervenção, proporcionando melhora nos resultados dos PEALL. **Conclusão:** Após terapia fonoaudiológica, foi observada melhora no desempenho fonológico das crianças, aumento no número de componentes presentes nos PEALL, bem como aumento na amplitude do componente P3, demonstrando que ocorreu plasticidade na via auditiva após um curto período de intervenção fonoaudiológica.

ABSTRACT

Purpose: To analyze the results of Long-latency Auditory Evoked Potentials (LLAEP) in children with Speech Sounds Disorder (SSD) after speech therapy. **Methods:** Longitudinal and prospective clinical study at 14 children with SSD, with ages ranging from five to seven years, of both genders. Were applied Picture Naming task and Imitation task, and from these tasks it was calculated the Percentage of Consonants Correct index. For an analysis of the LLAEP with speech stimulus and recorded the latency and amplitude values of P1, N1, P2, N2 and P3 components. Each child was evaluated in two different moments: initial evaluation and after 12 sessions of speech therapy. **Results:** It was observed that after twelve sessions of speech therapy the value of Percentage of Consonants Correct index increased, and a greater number of components were observed in the LLAEP records of children with SSD, as well as a statistically significant increase in the amplitude of the P3 component, demonstrating that anatomical and physiological changes occurred in the central auditory nervous system after intervention, resulting in improved of the LLAEP results. **Conclusion:** After speech therapy, improvement in the children's phonology was observed, and there was an increase in the number of components present in the LLAEP, as well as an increase in the amplitude of the P3 component, demonstrating that plasticity occurred in the auditory pathway during these three months of therapeutic intervention.

Endereço para correspondência:

Liliane Aparecida Fagundes Silva
Departamento de Fisioterapia,
Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional,
Faculdade de Medicina, Universidade
de São Paulo – USP
R. Cipotânea, 51, Cidade Universitária,
São Paulo (SP), Brasil, CEP: 05360-160.
E-mail: liliane.a.fagundes@gmail.com

Recebido em: Maio 06, 2020

Aceito em: Agosto 13, 2020

Trabalho realizado no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

¹ Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

Fonte de financiamento: nada a declarar.

Conflito de interesses: nada a declarar.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

O Transtorno dos Sons na Fala (TSF) é uma alteração, na qual os sons são utilizados de forma inadequada, envolvendo erros na produção, percepção ou organização dos sons, interferindo na comunicação, no rendimento escolar e profissional⁽¹⁾. O TSF tem como características substituições, omissões e/ou distorções dos sons da fala em idade inadequada, e gravidade variável, sendo que o uso de simplificações de regras fonológicas pode gerar um grau variável de ininteligibilidade de fala⁽²⁾. Assim, a dificuldade presente no TSF pode refletir em um colapso de contrastes fonêmicos, que podem afetar o significado da mensagem⁽³⁾.

Outro ponto importante que deve ser destacado é a interação que existe entre os três processamentos envolvidos na fala: perceptivo-auditivo, cognitivo-linguístico e motor da fala⁽⁴⁾. Portanto, quando há um comprometimento em um desses processamentos, os outros dois também serão afetados⁽⁵⁾. Sabe-se que para ocorrer o desenvolvimento adequado dos diferentes sistemas linguísticos, é necessário que tanto a via auditiva periférica quanto a central estejam funcionando adequadamente⁽⁶⁾.

O Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) é um método objetivo, capaz de refletir a atividade neuronal no que tange às habilidades de atenção, discriminação, memória, integração auditiva e tomada de decisão, que são requisitos importantes para o desenvolvimento adequado da linguagem^(7,8). Trata-se da geração de ondas positivas e negativas decorrentes da atividade neuroelétrica das vias auditivas talâmicas e corticais, que surgem de 50 a 500 ms após a estimulação sonora, sendo que os componentes são definidos de acordo com o tempo de surgimento e a polaridade da onda, como P1, N1, P2, N2 e P3⁽⁹⁾.

De acordo com a literatura especializada, crianças com TSF podem apresentar alterações nas latências e amplitudes dos componentes dos PEALL⁽¹⁰⁻¹³⁾, sendo que o componente que parece sofrer mais interferência é o P3⁽¹⁰⁾.

O PEALL tem sido descrito como um importante instrumento que tem como aplicabilidade clínica monitorar as mudanças neurofisiológicas que ocorrem no Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) (mais especificamente nas regiões tálamo-corticais) após intervenção terapêutica, em diversas populações, tais como em transtornos do processamento auditivo⁽¹⁴⁾, implante coclear⁽¹⁵⁾, em distúrbios de linguagem⁽¹⁶⁾, entre outros. Tais mudanças podem ser visualizadas por meio da morfologia, presença e ausência de resposta, e valores de latência e amplitude dos componentes dos PEALL⁽¹⁷⁾.

Os estudos que analisam o efeito da terapia fonoaudiológica no TSF ainda são poucos, e predominam os estudos de caso único. A maior parte desses estudos são realizados com número fechado de sessões, geralmente 12, pois é número referido na literatura que possibilita a observação de modificação no desempenho da criança⁽¹⁸⁾. No TSF, apenas dois estudos publicados avaliaram as modificações nos PEALL, utilizando o estímulo *tone burst*, em crianças com TSF após três meses de terapia fonoaudiológica, sendo que foi observado aumento da amplitude do componente P3 e diminuição das latências dos componentes P2 e P3 após intervenção^(10,11).

Diversos tipos de estímulos sonoros, podem ser utilizados para gerar a resposta eletrofisiológica do PEALL, uma vez que as características do espectro de frequência são diferentes entre si. Estímulos verbais compreende uma estrutura espectro-temporal mais complexa do que estímulos não verbais, e requer uma maior sincronia neural para processar a informação acústica⁽¹⁹⁾.

Tendo em vista que o tipo de estímulo acústico pode influenciar diretamente nas respostas dos PEALL, e que o TSF é uma dificuldade linguística, é de suma importância avaliar a plasticidade neuronal após intervenção terapêutica utilizando-se o estímulo de fala. Isto porque trata-se de um estímulo de maior complexidade acústica, e que, conseqüentemente, exige maior tempo para ser codificado e processado pelo córtex auditivo.

Desta forma, a hipótese do presente estudo é de que as crianças com TSF apresentem melhora nas respostas dos PEALL após intervenção terapêutica fonoaudiológica. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar os achados dos PEALL em crianças com TSF após terapia fonoaudiológica.

MÉTODO

Estudo clínico, prospectivo e longitudinal, aprovado pela Comissão de Ética da instituição de pesquisa sob número 423/15, em crianças com TSF, encaminhadas pelo Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Fonologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, onde o estudo foi realizado.

O diagnóstico do TSF foi realizado no próprio laboratório de onde as crianças foram encaminhadas por meio de provas de fonologia, e complementado com outras que avaliaram a taxa articulatória, inconsistência de fala, consciência fonológica, motricidade oro facial entre outros aspectos⁽¹⁻⁵⁾.

Para fazer parte desta pesquisa, as crianças deveriam ter idade entre cinco e sete anos e 11 meses; não poderiam ter queixas neurológicas; ter o português brasileiro como língua materna, assim como seus pais e não ter realizado tratamento fonoaudiológico anteriormente.

Além disso, as crianças foram submetidas à avaliação audiológica básica a fim de descartar qualquer comprometimento auditivo. Para isto foi realizada inicialmente a inspeção visual do meato acústico externo; em seguida as medidas de imitação acústica (equipamento da marca *Interacoustic*, modelo AT235) onde as crianças deveriam apresentar curva timpanométrica tipo A⁽²⁰⁾ e presença dos reflexos acústicos contralaterais e ipsilaterais para todas as frequências avaliadas (0,5, 1, 2 e 4 kHz). Foram realizadas também a Audiometria tonal e vocal (audiômetro da marca *Grason-Stadler*, modelo GSI-61) onde os participantes deveriam apresentar limiares auditivos inferiores a 20 dB NA em qualquer uma das frequências avaliadas (0,25 a 8 kHz)⁽²¹⁾; Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF) igual ou até 10 dB acima da média dos limiares de audibilidade das frequências de 0,5, 1 e 2 kHz da audiometria tonal e Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF), avaliado na intensidade de 30 dB NA acima do LRF, sendo que deveria apresentar resultado superior ou igual a 88% de acerto⁽²²⁾.

Considerando isto, 14 crianças diagnosticadas com TSF, com faixa etária de cinco a sete anos, sendo quatro do sexo feminino e dez do masculino, contemplaram todos os critérios de inclusão

e aceitaram participar do estudo. Os pais e/ou responsáveis pelas crianças foram informados sobre os objetivos do estudo, e assinaram o Termo de Consentimento Livre-Esclarecido.

No presente estudo as crianças foram avaliadas por meio das provas de Fonologia do Teste de Linguagem Infantil ABFW⁽²³⁾. A fonologia ABFW é composta pelas provas de Nomeação de Figuras (NF), que compreende 34 figuras com 90 consoantes e Imitação de Palavras (IP), que compreende 39 vocábulos com 107 consoantes. As provas foram analisadas de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo teste ABFW.

A partir das provas de Fonologia ABFW, foi calculado o índice de gravidade Porcentagem de Consoantes Corretas (PCC)⁽²⁴⁾, obtido através da divisão das consoantes corretas pelo total de consoantes da amostra. Foram considerados como erros as omissões, substituições e distorções dos sons da fala. As transcrições das provas de fonologia de todas as crianças foram realizadas por dois pesquisadores de um dos laboratórios responsáveis por este estudo, sendo que a concordância foi igual a 90%.

A avaliação eletrofisiológica da audição utilizando os PEALL, foi realizada em sala acusticamente tratada, estando a criança sentada confortavelmente em uma poltrona reclinável. Para a captação destes potenciais, primeiramente a pele da criança foi limpa com pasta abrasiva, sendo os eletrodos fixados superficialmente à pele utilizando pasta eletrolítica e fita adesiva microporosa, seguindo o padrão *International Electrode System* (IES 10-20)⁽²⁵⁾: eletrodo ativo posicionado no vértex (Cz), eletrodo terra na frente (Fpz) e eletrodos de referência nas mastóides direita e esquerda (M2 e M1).

Os PEALL foram eliciados utilizando o estímulo acústico de fala com as sílabas /ba/ (estímulo frequente) e /da/ (estímulo raro). Foram promediados um total de 300 estímulos, sendo que os estímulos raros correspondiam a 15% e os estímulos frequentes a 85% do total de estímulos apresentados. As crianças deveriam permanecer em estado de alerta e prestar atenção nos estímulos raros. Estes estímulos eram apresentados em paradigma *oddball*, dentre vários estímulos frequentes, sendo as crianças orientadas a levantarem a mão sempre que o estímulo raro aparecesse.

Os estímulos foram apresentados monoauralmente por meio de fone de inserção em intensidade de 75 dBnNA em uma velocidade de apresentação de 1,1 estímulos por segundos, intervalo inter-estímulo de 1000 ms, filtro passa-banda de 0,1 a 100 Hz, ganho de 1000, utilizando uma janela de análise entre 0 ms pré-estímulo e 500 ms pós-estímulo.

Foram analisadas, no traçado correspondente ao estímulo frequente, as latências (em milissegundos - ms) dos componentes P1, N1, P2 e N2, e as amplitudes P1-N1 e P2-N2 (em microVolts - μ V). No traçado resultante da subtração do estímulo raro com o estímulo frequente, o componente P300 foi analisado quanto à sua latência e amplitude.

As crianças realizaram a avaliação dos PEALL e a avaliação de fonologia, considerando o índice de gravidade do PCC, em dois momentos distintos: antes do início da estimulação fonológica (1ª avaliação) e após 12 sessões de estimulação (2ª avaliação). No entanto, três crianças não compareceram para a 2ª avaliação de fonologia, e assim, foram considerados apenas os dados da 1ª avaliação destas crianças.

O programa de estimulação fonológica foi elaborado com a intenção de expor a criança com TSF a todos os padrões

fonológicos do Português Brasileiro por um curto espaço de tempo para propiciar a adequação gradativa destes padrões⁽²⁶⁾. O Programa consta de um total de 12 sessões, sendo uma por semana, com duração média de 50 minutos cada. Assim, a cada duas semanas a criança foi exposta aos fonemas de uma classe de sons em sílabas Consoante + Vogal, como por exemplo plosivas, fricativas, líquidas e nasais, bem como as sílabas mais complexas como Consoante + Consoante + Vogal e Consoante + Vogal Consoante. Independentemente do desempenho da criança nas duas horas de treino para as classes de fonemas ela foi exposta a sequência seguinte de fonemas. Esse programa teve como base a proposta de ciclos⁽²⁷⁾ tanto no que diz respeito à aquisição fonológica gradativa como na fundamentação da fonologia gestual (*gestural phonology*) em que a representação fonológica baseia-se na percepção auditiva e na produção motora da fala, o que permite a aquisição de novos padrões. É importante destacar que independentemente do processo fonológico empregado pela criança o programa foi aplicado sempre da mesma forma, com os mesmos estímulos e atividades.

Os dados obtidos na 1ª e na 2ª avaliação foram tabulados e uma análise estatística descritiva e inferencial foi realizada por meio do programa de estatística Minitab 18. Considerando que os dados não seguiram a normalidade, o teste *Wilcoxon* foi utilizado para comparar os resultados obtidos entre a 1ª e 2ª avaliações. Enfatiza-se que os componentes dos PEALL que estiveram ausentes não foram considerados na análise estatística inferencial. O nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

Inicialmente, foi realizada uma caracterização da amostra, quanto à idade, sexo e gravidade do TSF por meio dos valores do PCC antes e após intervenção fonoaudiológica (Tabela 1).

Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística nos resultados do PCC entre a 1ª e 2ª avaliação, tanto para a nomeação quanto para a imitação. Porém, observou-se uma tendência à significância estatística para a nomeação (p -valor = 0,080), sendo que o valor do PCC na 2ª avaliação foi maior (Tabela 2). É interessante observar que o desvio padrão é grande, e que os valores de máximo e mínimo confirmam essa variabilidade de desempenho entre os sujeitos. Porém notamos que mesmo os valores mínimo e máximo aumentaram sendo que o valor máximo chegou ao teto.

No que tange aos PEALL, observou-se maior porcentagem de componentes presentes na 2ª avaliação tanto na orelha direita quanto na orelha esquerda (Tabela 3).

A seguir foi realizada uma análise descritiva das amplitudes P1-N1, P2-N2 e P3, bem como dos valores de latência dos componentes P1, N1, P2, N2 e P3 para cada orelha (Tabela 4 e 5).

Ao comparar os resultados entre a 1ª e 2ª avaliações, observou-se diferenças estatisticamente significantes na orelha esquerda para a amplitude de P3, sendo que os valores foram maiores na 2ª avaliação (Figura 1).

Ao comparar os resultados dos valores de latência entre a 1ª e 2ª avaliações, não foi observada diferença estatisticamente significativa em nenhum dos componentes analisados, tanto na orelha direita quanto na orelha esquerda (Figura 2).

Tabela 1. Caracterização da amostra

Indivíduo	Sexo	Idade (anos)	PCC			
			Imitação		Nomeação	
			1ª Avaliação	2ª Avaliação	1ª Avaliação	2ª Avaliação
AOS	M	6	89,72	92,52	85,56	87,78
AMC	M	7	86,92	99,07	87,78	96,67
CJC	M	5	83,18	84,11	74,44	83,33
DPF	M	7	72,90	79,44	64,44	80,00
KPOS	M	6	69,20	76,64	71,10	72,22
LGS	F	7	79,44	91,59	75,58	96,67
LROV	F	6	85,05	98,13	93,33	100,00
RJC	M	5	72,90	91,59	71,11	86,67
RRBS	M	5	87,85	94,39	86,67	91,11
AHS	M	7	53,20	52,44	41,10	44,12
AMA	F	5	91,50	-	90,00	-
LBAS	F	7	69,00	85,26	60,00	59,75
DS	M	6	91,58	-	90,00	-
NR	M	5	88,78	-	75,55	-

Legenda: M = Masculino; F = Feminino; PCC = Porcentagem de Consoantes Corretas

Tabela 2. Análise descritiva e comparativa entre 1ª e 2ª avaliação do índice PCC das provas de fonologia ABFW - imitação de palavras e nomeação de figuras

		Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	IC para a diferença	Valor W	p-valor*
Imitação	1ª avaliação	53,20	91,58	80,09	84,12	11,23	-14,95; 2,59	149,50	0,080#
	2ª avaliação	52,44	99,07	85,93	91,59	13,24			
Nomeação	1ª avaliação	41,10	93,33	76,19	95,57	14,39	-18,89; 5,55	161,00	0,261
	2ª avaliação	44,12	100,00	81,67	86,67	17,09			

*p-valor com tendência à significância estatística; *p-valor obtido pelo teste de Wilcoxon

Tabela 3. Porcentagem de respostas presentes dos componentes P1, N1, P2, N2 e P3 para cada orelha em ambas as avaliações

		P1	N1	P2	N2	P3
Orelha Direita	1ª Avaliação	100%	93,3%	90,9%	100%	100%
	2ª Avaliação	100%	100%	100%	100%	100%
Orelha Esquerda	1ª Avaliação	100%	93,3%	86,6%	100%	100%
	2ª Avaliação	100%	100%	90,9%	100%	100%

Tabela 4. Análise descritiva dos resultados das amplitudes de P1-N1, P2-N2 e P3 para cada orelha em ambas as avaliações

			Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Intervalo de confiança
Orelha Direita	P1-N1	1ª Aval.	1,29	9,55	4,12	3,58	2,29	1,20
		2ª Aval.	3,60	8,16	5,42	5,27	1,38	0,72
	P2-N2	1ª Aval.	1,85	9,86	6,09	6,53	2,85	1,49
		2ª Aval.	2,23	9,74	6,31	6,57	2,70	1,41
	P3	1ª Aval.	6,85	13,61	11,17	11,26	1,76	0,92
		2ª Aval.	4,49	20,72	11,06	10,53	5,31	2,78
Orelha Esquerda	P1-N1	1ª Aval.	1,52	9,22	4,86	5,30	2,13	1,12
		2ª Aval.	2,05	7,70	4,47	4,50	1,29	0,67
	P2-N2	1ª Aval.	0,80	11,20	3,25	3,24	3,10	1,62
		2ª Aval.	2,83	11,20	5,85	6,61	2,44	1,27
	P3	1ª Aval.	4,89	15,58	10,21	9,58	2,75	1,44
		2ª Aval.	6,89	25,98	14,55	13,22	5,67	3,07

Legenda: 1ª Aval. = 1ª Avaliação; 2ª Aval. = 2ª Avaliação. Análise descritiva

Tabela 5. Análise descritiva dos resultados das latências de P1, N1, P2, N2 e P3 para cada orelha em ambas as avaliações

			Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão	Intervalo de confiança	
Orelha Direita	P1	1ª Aval.	79	125	99,21	93,5	15,19	8,46	
		2ª Aval.	64	122	93,00	92,5	16,36	7,98	
	N1	1ª Aval.	121	171	149,07	150,0	15,68	7,89	
		2ª Aval.	118	169	147,40	153,0	16,89	8,62	
	P2	1ª Aval.	174	224	195,07	189,0	13,90	5,78	
		2ª Aval.	149	234	197,00	200,5	20,52	10,08	
	N2	1ª Aval.	223	291	261,42	265,00	20,05	12,82	
		2ª Aval.	238	294	265,10	266,5	16,17	8,33	
	P3	1ª Aval.	277	415	329,28	320,0	41,67	21,01	
		2ª Aval.	279	391	321,70	319,5	32,10	15,76	
	Orelha Esquerda	P1	1ª Aval.	81	115	98,50	100,0	10,80	7,26
			2ª Aval.	87	109	98,80	100,5	8,17	4,42
N1		1ª Aval.	139	183	154,61	154,0	12,35	10,24	
		2ª Aval.	128	167	150,20	149,0	11,91	6,74	
P2		1ª Aval.	176	239	203,25	200,0	19,56	10,82	
		2ª Aval.	170	238	198,11	193,0	21,13	12,41	
N2		1ª Aval.	203	281	248,57	258,5	24,36	11,98	
		2ª Aval.	220	280	249,90	250,5	22,05	10,78	
P3		1ª Aval.	279	431	346,07	347,0	44,10	21,56	
		2ª Aval.	272	391	318,40	318,0	29,52	17,73	

Legenda: 1ª Aval. = 1ª Avaliação; 2ª Aval. = 2ª Avaliação. Análise descritiva
 *p-valor com significância estatística; OD= Orelha Direita; OE= Orelha Esquerda

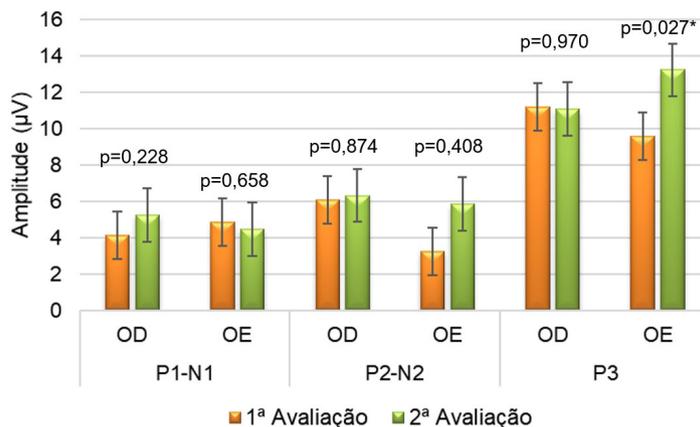


Figura 1. Comparação dos valores de amplitude em microVolts dos componentes P1-N1, P2-N2 e P3 dos PEALL para cada orelha entre as duas avaliações

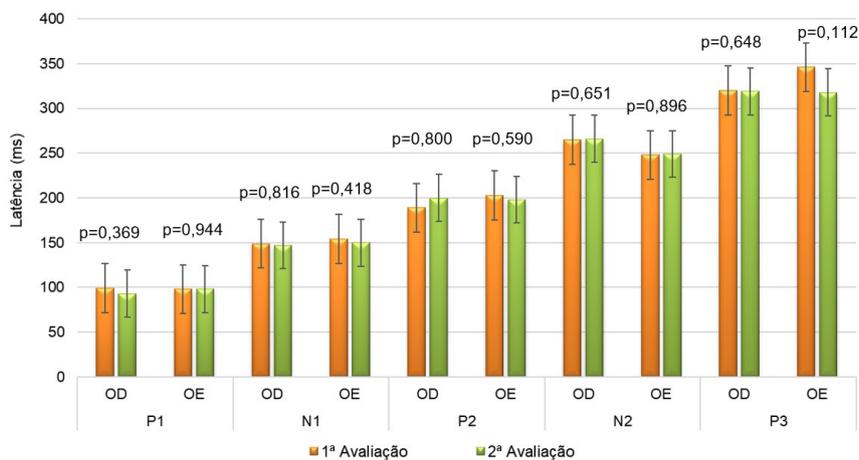


Figura 2. Comparação dos valores de latência dos componentes P1, N1, P2, N2 e P3 dos PEALL para cada orelha entre as duas avaliações

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar os achados dos PEALL em crianças com TSF após terapia fonoaudiológica, visto que este procedimento tem se mostrado um importante recurso clínico capaz de avaliar as condições funcionais, bem como a evolução e os limites da plasticidade neuronal após intervenção⁽¹⁷⁾.

A avaliação da fonologia no presente estudo sugeriu, tanto na prova de nomeação como de imitação do ABFW, que as crianças apresentaram melhor desempenho após estimulação. Embora a heterogeneidade entre os sujeitos em relação à gravidade do TSF foi observada nos valores mínimo e máximo do PCC, foi notável que as crianças apresentaram evolução, sendo alcançada pontuação máxima (100%) por algumas delas.

Da mesma forma que os resultados da fonologia demonstraram uma diminuição da gravidade do TSF após 12 sessões de intervenção, os resultados obtidos no PEALL também foram capazes de indicar melhora do processamento da informação sonora após o processo terapêutico.

Observou-se, no presente estudo, um aumento significativo da presença dos componentes dos PEALL com estímulo de fala, nas orelhas direita e esquerda, após intervenção fonoaudiológica. Não foram encontrados artigos na literatura consultada que avaliassem a plasticidade neuronal analisando o surgimento dos componentes observados nos PEALL em crianças com TSF.

Sabe-se que a estimulação terapêutica propicia maturação no SNAC, por meio da plasticidade neuronal, ocasionando uma reorganização estrutural e/ou no funcionamento do SNAC, o que permite o aparecimento gradual dos componentes dos PEALL^(11,28,29). Desta forma, o surgimento de novos componentes nos traçados dos PEALL após intervenção fonoaudiológica demonstra, de forma objetiva, as modificações das estruturas corticais após intervenção terapêutica.

Além disso, no presente estudo, verificou-se aumento significativo da amplitude do componente P3 após três meses de terapia fonoaudiológica. Tal achado está de acordo com o obtido em outro estudo que analisou também os PEALL após três meses de terapia fonoaudiológica em crianças com TSF, sendo que a única diferença encontrada foi o aumento na amplitude do componente P3⁽¹⁰⁾.

Este componente também tem se mostrado como um importante marcador da evolução terapêutica em outras populações, sendo que aumento na amplitude e diminuição da latência do componente P3 tem sido observado após sessões de treinamento auditivo, sugerindo que este componente parece ser sensível a mudanças clínicas após intervenção terapêutica⁽³⁰⁾.

Sabe-se que o componente P3 é um componente endógeno, ou seja, depende da resposta ativa do indivíduo, refletindo processos corticais referentes à discriminação auditiva e processamento auditivo temporal⁴. Sendo assim, a modificação visualizada pelo aumento da amplitude do componente P3, sugere uma maior facilidade nas tarefas de discriminação auditiva, que é uma habilidade comumente trabalhada no início do processo terapêutico, pois é imprescindível para diferenciar traços fonêmicos discretos e que por sua vez, está frequentemente prejudicada em crianças com transtorno fonológico.

Tem-se bem estabelecido na literatura que, após intervenção terapêutica, modificações morfológicas e funcionais ocorrem, tal como aumento do neurônios responsivos aos estímulos acústicos, aumento da ramificação dendrítica e da mielinização neuronal, bem como melhor efetividade nas conexões e sincronizações sinápticas⁽¹⁵⁾. Assim, um aumento na amplitude de um determinado componente indica que um maior número de fibras neuronais são ativadas nas regiões corticais do SNAC em resposta à estimulação sonora⁽⁸⁾.

No que diz respeito aos valores de latência, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos componentes após intervenção terapêutica. Tal resultado não concorda com outro estudo que observou diminuição na latência do componente P3 após três meses de terapia fonoaudiológica. Esta diferença pode ter ocorrido pelo tipo de estímulo acústico empregado para registro do PEALL que foi diferente do utilizado no presente estudo (*fala x tone burst*)⁽¹¹⁾.

Sabe-se que o estímulo de fala tem um espectro acústico mais complexo, e assim, necessita de maior sincronização neural no processo de detecção, codificação e decodificação. Além disso, envolve a atividade de outras regiões corticais de associação auditiva para o processamento da informação verbal. Desta forma, a maturação das vias auditivas centrais para o processamento de informações verbais, necessita de um tempo maior de estimulação para demonstrar mudanças significativas⁽¹⁹⁾.

No presente estudo ocorreu uma diminuição nos valores de latência para a maioria dos componentes, embora esta diferença não tenha alcançado o valor de significância estabelecido. Desta forma, fazem-se necessários estudos com maior número amostral para melhor esclarecer os achados dos PEALL nesta população.

Diversos são os estudos na literatura que têm descrito alterações nos PEALL em crianças com distúrbio específico de linguagem, enfatizando que este potencial é capaz de refletir características específicas de processamento neural dos sons nesses indivíduos⁽¹⁶⁾. Poucos estudos compararam os resultados dos PEALL em crianças com TSF com os obtidos em crianças com desenvolvimento típico, visando observar diferenças específicas no processamento do estímulo sonoro nesta população.

Dentre estes estudos, observou-se menor amplitude dos componentes N2⁽¹²⁾ e P3⁽¹⁰⁾, e maiores latências dos componentes P2 e P3⁽¹¹⁾, em comparação ao desenvolvimento típico. Ainda, outro estudo observou que crianças com TSF apresentavam valores de latência dos componentes N1 e P2 maiores do que a normalidade proposta na literatura⁽¹³⁾. Isto sugere que crianças com TSF apresentam comprometimento no processamento atencional e não atencional de detecção, codificação e decodificação dos estímulos sonoros.

O presente estudo foi limitado no sentido de não ter um grupo controle para comparar os resultados. No entanto, o fato de ser um estudo longitudinal ressalta a importância da análise dos PEALL como uma ferramenta clínica para complementar a avaliação comportamental de crianças com TSF após terapia fonoaudiológica, afim de mensurar os benefícios do processo terapêutico.

CONCLUSÃO

Após terapia fonoaudiológica, foram observadas modificações na via auditiva central por meio do aumento no número de

componentes presentes nos PEALL, bem como pelo aumento na amplitude do componente P3, demonstrando a plasticidade neuronal ocorrida na via auditiva ao longo das 12 sessões de intervenção terapêutica.

REFERÊNCIAS

1. Wertzner HF, Pagan-Neves LO. Avaliação e diagnóstico do distúrbio fonológico. In: Marchesan IQ, Silva HJ, Tomé MC, editores. Tratado das especialidades em Fonoaudiologia. São Paulo: Rocca; 2014. p. 593-9.
2. Shriberg LD, Fourakis M, Hall SD, Karlsson HB, Lohmeier HL, McSweeney JL, et al. Extensions to the Speech Disorders Classification System (SDCS). Clin Linguist Phon. 2010;24(10):795-824. <http://dx.doi.org/10.3109/0269206.2010.503006>. PMID:20831378.
3. Wertzner HF, Papp ACCS, Amaro L, Galea DES. Relação entre processos fonológicos e classificação perceptiva de inteligibilidade de fala no transtorno fonológico. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2005;10(4):193-200.
4. Guenther FH. Cortical interactions underlying the production of speech sounds. J Commun Disord. 2006;39(5):350-65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.013>. PMID:16887139.
5. Barrozo TF, Pagan-Neves LO, Vilela N, Carvallo RM, Wertzner HF. The influence of (central) auditory processing disorder in speech sound disorders. Rev Bras Otorrinolaringol. 2016;82(1):56-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.01.008>. PMID:26612604.
6. Schirmer CR, Fontoura DR, Nunes ML. Distúrbios da aquisição da linguagem e da aprendizagem. J Pediatr. 2004;80(2):95-103. <http://dx.doi.org/10.1590/S0021-75572004000300012>.
7. Schochat E. Respostas de longa latência. In: Carvalho RMM, editor. Fonoaudiologia: informação para a formação: procedimentos em audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
8. McPherson DL. Late potentials of the auditory system. London: Singular Publishing Group; 1996.
9. Hall JW. P3 response. In: Hall JW, editor. New handbook of auditory evoked responses. 2nd ed. Florida: Allyn & Bacon; 2006. Cap. 13, p. 518-47.
10. 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://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872010000400034>. PMID:21271117.
11. Leite RA, Wertzner HF, Gonçalves IC, Magliari FCL, Matas CG. Auditory evoked potentials: predicting speech therapy outcomes in children with phonological disorders. Clinics (São Paulo). 2014;69(3):212-8. [http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2014\(03\)12](http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2014(03)12). PMID:24626949.
12. Advincula KP, Griz SMS, Frizzo ACF, Pessoa ACRG, Leite-Barros PMA, Gurgel E. Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com desvio fonológico. Distúrb Comun. 2008;20(2):171-81.
13. Barrozo TF. Relação entre medidas fonológicas, de produção de fala e os potenciais evocados auditivos [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2018.
14. Musiek FE, Shinn J, Hare C. Plasticity, auditory training and auditory processing disorders. Semin Hear. 2002;23(4):263-75. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2002-35862>.
15. Sharma A, Tobey E, Dorman MF, Bharadwaj S, Martin K, Gilley P, et al. Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2004;130(5):511-6. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.130.5.511>. PMID:15148169.
16. Bishop DV, Hardiman MJ, Barry JG. Auditory deficit as a consequence rather than endophenotype of specific language impairment: electrophysiological evidence. PLoS One. 2012;7(5):e35851. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0035851>. PMID:22662112.
17. Ponton CW, Eggermont JJ. Electrophysiological measures of human auditory system maturation. In: Burkard RF, Don M, Eggermont JJ, editores. Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 385-402.
18. Rvachew S, Brosseau-Laprè FA. Randomized Trial of 12-week interventions for the treatment of developmental phonological disorder in francophone children. Am J Speech Lang Pathol. 2015;24(4):637-58. http://dx.doi.org/10.1044/2015_AJSLP-14-0056. PMID:26381229.
19. Kraus N, Nicol T. Aggregate neural responses to speech sounds in the central auditory system. Speech Commun. 2003;41(1):35-47. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6393\(02\)00091-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6393(02)00091-2).
20. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. Arch Otolaryngol. 1970;92(4):311-24. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.1970.04310040005002>. PMID:5455571.
21. Northen J, Downs MP. Audição na infância. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 3-27.
22. Menegotto IH. Logaudiometria básica. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S, editores. Tratado de Audiologia. São Paulo: Santos; 2013. p. 81-100.
23. Wertzner HF. Fonologia. In: Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF, editores. ABFW - teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática, Carapicuíba: Pró-Fono; 2004.
24. Shriberg LD, Kwiatkowski J. Phonological disorders I: a diagnostic classification system. J Speech Hear Disord. 1982;47(3):226-41. <http://dx.doi.org/10.1044/jshd.4703.226>. PMID:7186559.
25. Jasper HH. The ten-twenty electrode system of the International Federation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1958;10:371-5.
26. Silva ZT. Programa de estimulação fonológica em crianças com transtorno fonológico [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2015.
27. Hodson BW, Paden EP. Targeting intelligible speech: a phonological approach to remediation. 2nd ed. Austin: Pro-ed; 1991.
28. Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: evidence from multi-channel evoked potentials. Clin Neurophysiol. 2000;111(2):220-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00236-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00236-9). PMID:10680557.
29. Wunderlich JL, Cone-Wesson BK, Shepherd R. Maturation of the cortical auditory evoked potential in infants and young children. Hear Res. 2006;212(1-2):185-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2005.11.010>. PMID:16459037.
30. Jirsa RE. The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. J Speech Hear Res. 1992;35(4):903-12. <http://dx.doi.org/10.1044/jshr.3504.903>. PMID:1405545.

Contribuição dos autores

ACL e RAL: foram responsáveis pela coleta, tabulação e análise dos dados, bem como, elaboração do manuscrito; LAFS e TFB: foram responsáveis pela tabulação e análise dos dados, bem como, elaboração do manuscrito; HFW e CGM: foram responsáveis pelo delineamento do estudo e orientação geral das etapas de execução e elaboração do manuscrito.