

# Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com transtorno fonológico\*\*\*\*

## Long latency auditory evoked potentials in children with phonological disorder

Renata Aparecida Leite\*  
Haydé Fiszbein Wertzner\*\*  
Carla Gentile Matas\*\*\*

\*Fonoaudióloga. Doutora em Ciências pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). Endereço para correspondência: R. Franklin Magalhães, 720 - Apto 62 - Bloco A - São Paulo - SP - CEP: 04374-000 (realeite@yahoo.com.br).

\*\*Fonoaudióloga. Livre Docente. Professora Associada do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP.

\*\*\*Fonoaudióloga. Doutora em Ciências dos Distúrbios da Comunicação Humana: Campo Fonoaudiológico, pela Universidade Federal de São Paulo. Professora Assistente Doutora do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP.

\*\*\*\*Trabalho Realizado nos Laboratórios de Investigação Fonoaudiológica em Potenciais Evocados Auditivos e de Investigação Fonoaudiológica da Aquisição Fonológica e do Distúrbio Fonológico do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP. Pesquisa desenvolvida com Bolsa de Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Artigo Original de Pesquisa

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 01.07.2009.  
Revisado em 20.10.2010; 22.11.2010.  
Aceito para Publicação em 30.11.2010.

### Abstract

**Background:** auditory evoked potentials in children with phonological disorder. **Aim:** to characterize the long latency auditory evoked potentials (LLAEP) results N1, P2, N2 and P300 of children with phonological disorder and to verify the improvement of such potentials with speech therapy. **Method:** 25 children without phonological disorder (control group) and 41 with phonological disorder (study group) underwent a basic audiological evaluation and LLAEP. The study group was divided into two subgroups: subgroup A composed by 22 children, underwent 12 sessions of speech therapy and were submitted to audiological retesting after this period, and subgroup B composed by 19 children, who were also reassessed three months after the initial testing. **Results:** statistically significant differences between groups for the P2 and P300 latencies and P300 amplitude were observed. Comparison between the first and the second audiological assessments indicated no significant statistical differences between both subgroups regarding wave latencies. However, a significant statistical difference was verified for the P300 (study subgroup A) and P2/N2 (study subgroup B) wave amplitudes. The study group presented higher percentage of altered results in the P300; wave latency increase was the most frequent type of alteration. After speech therapy, the results of all components improved, however, there was no association between the improvement of LLAEP results with the background of otitis, as well as with the Percentage of Consonants Correct-Revised. **Conclusion:** children with phonological disorder present altered P300 suggesting involvement of the central auditory pathway, probably due to alterations in the auditory processing, presenting improvement in all components of LLAEP results after speech therapy.

**Key Words:** Auditory Evoked Potentials; Articulation Disorders; Language Therapy; Neuronal Plasticity.

### Resumo

**Tema:** potenciais evocados auditivos em crianças com transtorno fonológico. **Objetivo:** caracterizar os resultados dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) N1, P2, N2 e P300 obtidos em crianças com transtorno fonológico, e verificar a evolução dos resultados destes potenciais frente à terapia fonoaudiológica. **Método:** foram avaliadas, por meio da avaliação audiológica básica e dos PEALL, 25 crianças sem transtorno fonológico (grupo controle) e 41 com transtorno fonológico (grupo estudo), estas divididas em dois subgrupos: 22 formaram o subgrupo estudo A, que foram submetidas a 12 sessões de terapia fonoaudiológica e reavaliadas audiologicamente após este período e 19 o subgrupo estudo B, que foram reavaliadas após três meses da avaliação inicial. **Resultados:** observaram-se diferenças estatisticamente significantes entre os grupos controle e estudo para as latências de P2 e P300 e amplitude do P300. Na comparação entre as duas avaliações audiológicas, não foram observadas diferenças significantes para as latências em ambos os subgrupos, e verificou-se diferença significativa para as amplitudes do P300 (subgrupo estudo A) e do P2/N2 (subgrupo estudo B). O P300 apresentou maior porcentagem de resultados alterados no grupo estudo, com predomínio do aumento de latência. Após terapia, observou-se melhora nos resultados para todos os componentes. Não existiu associação entre a evolução dos resultados dos PEALL e o histórico de otite, bem como correlação com o *Percentage of Consonants Correct-Revised*. **Conclusão:** crianças com transtorno fonológico apresentam alterações no P300, sugerindo alteração no processamento auditivo, apresentando melhora nos resultados de todos os componentes dos PEALL frente à terapia fonoaudiológica.

**Palavras-Chave:** Potenciais Evocados Auditivos; Transtornos da Articulação; Terapia da Linguagem; Plasticidade Neuronal.

Referenciar este material como:



Leite RA, Wertzner HF, Matas CG. Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com transtorno fonológico. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2010 out-dez;22(4):561-6.

## Introdução

O transtorno fonológico é uma dificuldade na fala, caracterizada pelo uso inadequado dos sons, possuindo graus variados de gravidade e inteligibilidade de fala<sup>1</sup>.

Na literatura, a investigação dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) em crianças com transtorno fonológico demonstra que tais crianças não apresentam alteração no *Mismatch Negativity* (MMN), porém, apresentam alterações nos testes comportamentais, sugerindo a existência de déficits no processamento temporal ou decorrentes de fatores não auditivos, como a atenção<sup>2</sup>. Ressalta-se que estas crianças podem apresentar alterações nos valores de latência e amplitude do componente N2<sup>3</sup>, bem como nos valores de latência do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) e P300, sendo verificado neste último uma maior ocorrência de alterações. Enfatiza-se também, que a terapia fonoaudiológica pode melhorar o resultado destes potenciais<sup>4</sup>.

Diante deste panorama, o objetivo deste estudo foi caracterizar os resultados dos PEALL obtidos em crianças com transtorno fonológico, além de verificar a evolução dos resultados destes potenciais após terapia fonoaudiológica, correlacionando a evolução dos resultados dos potenciais e o histórico de otite e o grau de gravidade deste transtorno.

## Método

Esta pesquisa foi aprovada pela Cappesq HC FMUSP, com o protocolo de pesquisa número 1360/06.

Participaram desta pesquisa 66 crianças entre oito e 11 anos de idade, sendo 25 sem transtorno fonológico que compuseram o grupo controle - GC (média de idade = 8 anos e 11 meses, desvio padrão = 11 meses) e 41 com diagnóstico de transtorno fonológico que compuseram o grupo estudo - GE (média de idade = 9 anos, desvio padrão = 1 ano e 1 mês). As crianças do GE foram divididas em dois subgrupos: 22 submetidas à terapia fonoaudiológica (subgrupo estudo A - SEA) e 19 não submetidas à terapia fonoaudiológica, que encontravam-se em lista de espera para o início do tratamento (subgrupo estudo B - SEB).

Para a seleção das crianças utilizou-se o ABFW Teste de Linguagem Infantil<sup>5</sup>. O grau de gravidade deste transtorno foi determinado por meio do *Percentage of Consonants Correct-Revised* (PCC-R)<sup>6</sup>.

Para garantir limiares de audibilidade entre zero e 15dB NA em todas as frequências avaliadas, foram realizados os seguintes procedimentos: medidas de imitância acústica, com o analisador de orelha média GSI-33; *Grason-Stadler, Inc., Milford NH - USA*; audiometria tonal, realizada nas frequências de 250 a 8000Hz e audiometria vocal, com audiômetro da marca *Grason-Stadler*, modelo GSI-68, e fones supra aurais modelo TDH-50; *Telephonics Corp., Farmingdale, NY - USA*.

Os PEALL (N1, P2, N2 e P300) foram registrados por meio do Equipamento Portátil de dois canais, modelo *Traveler Express*, marca *Bio-logic Systems Corp., Mundelein, IL - USA*, com o programa EP317. Os eletrodos foram posicionados nas mastóides: direita e esquerda (M2 e M1), no vértex (Cz) e na frente (Fpz), sendo considerado como eletrodo ativo, o fixado na mastóide da orelha testada; referência, o fixado no vértex e eletrodo terra, o fixado na frente. O estímulo acústico utilizado foi o *tone burst* a 75dB NA, nas frequências de 1000Hz (estímulo frequente) e 1500Hz (estímulo raro), apresentados monoauralmente de forma randômica pelo computador, com velocidade de apresentação de 1,1 estímulos por segundo, com janela de análise de 512ms, filtros passa-alto de 30.00Hz e passa-baixo de 1.00Hz, e ganho de 15000. O estímulo raro representou 20% do total de 300 estímulos, sendo a criança orientada a prestar a atenção e identificá-lo, contando em voz alta o número de vezes que o evento raro ocorria.

A análise dos componentes dos PEALL foi realizada pela pesquisadora e por um juiz, em momentos diferentes, com o objetivo de garantir a fidedignidade dos dados.

Para a análise das latências dos dados qualitativos foram utilizados como referência os valores de latência propostos pela literatura<sup>7</sup> em milissegundos (ms): N1 = 83-135; P2 = 137-194; N2 = 200-280; P300 = 241-396. Os resultados foram classificados em normal e alterado para cada indivíduo, sendo considerado alterado quando pelo menos uma orelha estivesse comprometida. As alterações foram classificadas em: aumento de latência, ausência de resposta e ambas (aumento de latência e ausência de resposta ocorrendo concomitantemente, no mesmo indivíduo).

Para análise dos dados quantitativos, nos casos em que os componentes citados anteriormente encontravam-se ausentes, estabeleceu-se como valor de latência o valor máximo obtido na amostra para este parâmetro, acrescido de 25% da variação de normalidade<sup>8</sup>. Sendo assim, os valores de latência estipulados (em ms) foram: N1 = 195 e P2 = 270. O N2 e o P300 estiveram presentes em todas as crianças

avaliadas. Com relação à amplitude, adotou-se como valor mínimo de amplitude zero  $\mu V^8$ . Nos casos de ausência do componente, pelo fato de não existir valores normativos para a amplitude dos componentes analisados, não foi possível classificar os resultados em normal e alterado.

As crianças do GC foram submetidas a somente uma avaliação audiológica (convencional e eletrofisiológica da audição), enquanto que as do GE foram submetidas à avaliação e reavaliação.

Após a primeira avaliação audiológica, o SEA iniciou terapia fonoaudiológica semanal, com duração de 45 minutos, e retornaram para reavaliação audiológica após 12 sessões (intervalo estabelecido por caracterizar um melhor aproveitamento devido ao menor número de faltas em terapia). O modelo terapêutico utilizado foi adaptado do modelo de ciclos, proposto pela literatura<sup>9</sup>. As crianças do SEB foram submetidas à reavaliação audiológica, após três meses da avaliação inicial, para garantir que possíveis melhoras nos PEALL do SEA não estivessem relacionadas ao aspecto maturacional.

Ressalta-se que na reavaliação audiológica dos SEA e SEB foram mantidas as mesmas condições de testagem estabelecidas para a primeira avaliação, como período do dia, sequência e parâmetros dos procedimentos.

As diferenças entre os valores de latência e amplitude da primeira e segunda avaliações audiológicas foram calculadas para ambos os subgrupos. A partir disso, a evolução dos resultados dos PEALL no SEA foi classificada em melhora e não

melhora, sendo utilizadas como parâmetro de variação normal (referência), as médias das diferenças das latências e das amplitudes dos componentes dos PEALL do SEB. Os critérios adotados para esta classificação são descritos a seguir:

- . melhora: quando a diferença obtida para o SEA encontrou-se maior que a média da diferença dos resultados obtida no SEB, em pelo menos uma orelha;
- . não melhora: quando a diferença, obtida para o SEA, encontrou-se igual ou menor que a média da diferença obtida no SEB, em ambas as orelhas.

Estes resultados também foram utilizados para o estudo da associação entre a evolução dos PEALL e histórico de otite e para o estudo da correlação entre a evolução dos PEALL e PCC-R nas crianças do SEA.

Nas análises estatísticas foram utilizados os seguintes testes: *Mann-Whitney*, *Wilcoxon*, *Igualdade de Duas Proporções*, *Qui-Quadrado para Independência e Correlação de Spearman*. Adotou-se como nível de significância o valor de  $p \leq 0,05$  (5%) para todos os testes utilizados.

## Resultados

No estudo das latências e amplitudes dos PEALL entre GC e GE (análise dos dados quantitativos), observou-se diferença estatisticamente significativa entre os grupos para a latência dos componentes P2 e P300 e amplitude do P300 (Tabela 1).

TABELA 1. Comparação das latências e das amplitudes dos componentes N1, P2, N2 e P300 entre crianças sem e com transtorno fonológico (grupos controle e estudo).

PEALL		Média	Mediana	DP	Q1	Q3	N	IC	P-Valor	
latência (ms)	N1	GC	119,7	105	32,7	96	144	50	9,1	0,955
		GE	113,5	109	24,3	100	122	82	5,3	
	P2	GC	175,4	176	36,9	159	194	50	10,2	0,012*
		GE	159,5	156	27,3	144	178	82	5,9	
	N2	GC	244,3	244	26,7	225	264	50	7,4	0,071
		GE	233,2	239	30,3	220	252	82	6,6	
P300	GC	326,8	326	40,1	309	340	50	11,1	0,008*	
	GE	353,2	344	58,6	311	392	82	12,7		
amplitude ( $\mu V$ )	N1/P2	GC	4,94	4,47	3,47	2,09	7,02	50	0,96	0,148
		GE	4,07	3,40	3,03	1,60	5,67	82	0,66	
	P2/N2	GC	6,32	5,77	3,41	3,87	8,92	50	0,94	0,063
		GE	7,82	7,37	4,18	4,62	10,76	82	0,90	
	P300	GC	16,66	16,28	7,98	10,55	21,69	50	2,21	0,027
		GE	13,48	12,91	5,58	9,48	17,34	82	1,21	

Legenda: GC = grupo controle; GE = grupo estudo; DP = desvio padrão; Q1 = primeiro quartil; Q3 = terceiro quartil; N = número de orelhas testadas; IC = intervalo de confiança; \* p-valor = considerado estatisticamente significativo.

Na classificação dos resultados em normal e alterado (análise dos dados qualitativos) verificou-se uma ocorrência significativamente maior de resultados alterados no GE para o P300 quando comparado ao GC, sendo que o mesmo não foi observado para os demais componentes (Tabela 2).

Em todos os componentes estudados, a alteração mais frequentemente encontrada em ambos os grupos foi o aumento de latência.

Na comparação dos resultados obtidos entre a avaliação e reavaliação audiológica no SEA, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para os valores de latência dos componentes estudados. Verificou-se diferença estatisticamente significativa somente para a amplitude do P300 (p-valor = 0,039), cujo valor de média esteve menor na segunda avaliação audiológica (primeira avaliação = 17,97 $\mu$ V e segunda avaliação = 13,83 $\mu$ V). Por sua vez no SEB, verificou-se diferença estatisticamente significativa somente para a amplitude do P2/N2 (p-valor = 0,008), cujo valor de média esteve maior na segunda avaliação audiológica (primeira avaliação = 6,90 $\mu$ V e segunda avaliação = 8,13 $\mu$ V).

No estudo da evolução dos resultados dos componentes dos PEALL no SEA, tanto para os valores de latência como de amplitude, foi observada diferença estatisticamente significativa entre os resultados classificados em melhora e não melhora, havendo uma maior porcentagem de melhora para todos os componentes estudados (Tabela 3).

Na comparação das latências e amplitudes dos componentes dos PEALL de crianças com transtorno fonológico sem e com histórico de otite, verificou-se diferença estatisticamente significativa somente para a latência do componente N1 (p-valor = 0,040).

Não houve associação entre a evolução dos resultados dos componentes N1, P2, N2 e P300 (latência e amplitude) de crianças do SEA e o histórico de otite, bem como uma correlação entre a evolução dos resultados dos componentes do PEALL (latência e amplitude) e o PCC-R de crianças do SEA.

## Discussão

Embora a literatura relate a presença de alterações nos componentes N1, P2 e N2 do PEALL em crianças com alterações de linguagem<sup>10-11</sup> e no componente N2 em crianças com transtorno fonológico<sup>3</sup>, no presente estudo não foram observados tais resultados (Tabela 1).

TABELA 2. Distribuição da ocorrência de resultados normais e alterados para os componente N1, P2, N2 e P300 nos grupos controle e estudo.

		Grupo Controle		Grupo Estudo		P-Valor
		N	%	N	%	
N1	normal	15	60	31	75,6	0,181
	alterado	10	40	10	24,4	
	p-valor	0,157		< 0,001*		
P2	normal	16	64	35	85,4	0,045*
	alterado	9	36	6	14,6	
	p-valor	0,048*		< 0,001*		
N2	normal	21	84	37	90,2	0,451
	alterado	4	16	4	9,8	
	p-valor	< 0,001*		< 0,001*		
P300	normal	22	88	27	65,9	0,046*
	alterado	3	12	14	34,1	
	p-valor	< 0,001*		0,004*		

Legenda: N = número de indivíduos testados; \* p-valor = considerado estatisticamente significativo.

TABELA 3. Estudo da evolução da latência e amplitude dos componentes N1, P2, N2 e P300 em crianças com transtorno fonológico submetidas à terapia fonoaudiológica (subgrupo estudo A).

Evolução (SEA)		Melhora		Não Melhora		P-Valor
		N	%	N	%	
latência	N1	20	90,9%	2	9,1%	< 0,001*
	P2	19	86,4%	3	13,6%	< 0,001*
	N2	19	86,4%	3	13,6%	< 0,001*
	P300	15	68,2%	7	31,8%	0,016*
amplitude	N1/P2	15	68,2%	7	31,8%	0,016*
	P2/N2	20	90,9%	2	9,1%	< 0,001*
	P300	17	77,3%	5	22,7%	< 0,001*

Legenda: SEA = subgrupo estudo A; N = número de indivíduos testados; \* p-valor = considerado estatisticamente significativo.

Alguns autores relataram que crianças com distúrbio específico de linguagem (DEL) apresentam um comprometimento na morfologia dos componentes N1, P2 e N2, demonstrando uma imaturidade no córtex auditivo<sup>12</sup>. Neste estudo foi encontrada maior porcentagem de resultados normais para a latência destes componentes no GE, sugerindo que este parâmetro de medida não seja o mais adequado para a análise dos resultados, tornando-se importante o estudo da morfologia destes

componentes nesta população em pesquisas futuras. Além disso, estes achados podem ter ocorrido pelo fato do transtorno fonológico apresentar diversas causas correlatas<sup>6</sup>.

Os achados observados no P300 (Tabelas 1 e 2) corroboraram aqueles descritos em outros estudos que referem que crianças com transtorno fonológico apresentam valores médios de latência maiores, maior porcentagem de resultados alterados e o aumento de latência como tipo de alteração mais freqüentemente observado<sup>4</sup>. Não foram encontradas na literatura consultada pesquisas que tenham estudado a amplitude deste potencial nesta população.

A maior ocorrência de melhora nos PEALL no SEA (Tabela 3), permite que se levante a hipótese de que tenham ocorrido modificações na organização estrutural e/ou no funcionamento do sistema nervoso central frente a terapia fonoaudiológica, em crianças com transtorno fonológico. Alguns autores demonstraram que crianças submetidas à terapia fonoaudiológica apresentam melhora nos parâmetros do componente P300<sup>4,13</sup>. Outros estudos também evidenciaram melhora em diversos potenciais de longa latência, após algum tipo de treinamento auditivo<sup>14-16</sup>. Por fim, as modificações observadas nos componentes do PEALL após terapia fonoaudiológica sugerem que a prática de determinadas habilidades ou a exposição frequente a um estímulo durante o processo terapêutico favorecem a ocorrência de plasticidade neuronal<sup>17</sup>.

Estudos na literatura relatam que a otite pode ocasionar alterações na via auditiva central<sup>18-20</sup>, porém, evidências desta relação não foram observadas no presente estudo (na comparação dos PEALL de crianças com transtorno fonológico com e sem histórico de otite). Este achado pode ter ocorrido devido ao histórico de otite ter sido obtido por meio de relato do responsável, e não comprovado por meio de avaliação audiológica específica<sup>19,21</sup>.

Tal fato também pode ter contribuído para a inexistência de associação entre a evolução dos componentes do PEALL e o histórico de otite, além da hipótese de que a via auditiva central sofra modificações frente à estimulação auditiva,

independentemente da presença ou não de histórico de otite.

Da mesma maneira, não foram observadas correlações significantes entre a evolução da latência e da amplitude dos componentes do PEALL e o PCC-R de crianças com transtorno fonológico submetidas à terapia fonoaudiológica. No entanto, observou-se que a evolução da latência do P300 e o PCC-R comportam-se de forma inversamente proporcional. Este achado mostra-se importante, pois a diminuição da latência do P300 indica uma melhor resposta da via auditiva<sup>22</sup> e, uma maior porcentagem no PCC-R indica um melhor desempenho no sistema fonológico<sup>6</sup>. Com relação à amplitude, os resultados demonstraram que a evolução da amplitude N1/P2 e o PCC-R comportam-se de forma diretamente proporcional. O aumento do valor deste parâmetro indica uma melhor resposta da via auditiva<sup>22</sup> e o aumento da porcentagem do PCC-R, indica um melhor desempenho no sistema fonológico<sup>6</sup>.

Os achados da presente pesquisa sugerem que as vias auditivas centrais sofreram uma reorganização estrutural após terapia fonoaudiológica, influenciando diretamente o processamento da informação acústica. Desta forma, pode-se inferir que a diminuição observada na latência da onda P300 indica que o estímulo foi decodificado mais rapidamente devido à prontidão dos neurônios para resposta, e o aumento na amplitude N1/P2 ocorreu devido à ativação de um maior número de fibras neuronais.

## Conclusão

O presente estudo verificou que crianças com transtorno fonológico apresentam alterações no P300, sugerindo comprometimento da via auditiva central, provavelmente decorrente de alteração no processamento auditivo, apresentando melhora nos resultados de todos os componentes dos PEALL após terapia fonoaudiológica. Não houve associação entre a evolução dos resultados e histórico de otite, bem como correlação entre a evolução dos resultados dos PEALL e PCC-R.

## Referências Bibliográficas

1. Wertzner HF. Fonologia: Desenvolvimento e alterações. In: Ferreira LP, Béfi-Lopes DM, Limongi SCO. Tratado de Fonoaudiologia. São Paulo: Roca; 2004. p. 772-86.
2. Roggia SM. O processamento temporal em crianças com distúrbio fonológico [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2003.
3. Advíncula KP, Frizzo ACF, Costa EG, Santos PAG, Griz S. Estudo dos potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com desvios fonológicos. In: 20º Encontro Internacional de Audiologia; 2005; São Paulo. Anais. São Paulo; 2005.
4. Leite RA. Avaliação eletrofisiológica da audição em crianças com distúrbio fonológico pré e pós terapia fonoaudiológica [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2006.
5. Andrade CRF, Béfi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF. ABFW teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática. Carapicuíba: Pró-Fono; 2000.
6. Shriberg LD, Austin D, Lewis BA et al. The percentage of consonants corrects (PCC) metric: extensions and reability data. *J Speech Lang Hear Res.* 1997;40:708-22.
7. McPherson DL. Late potenciales of the auditory system (evoked potenciales). San Diego: Singular Press; 1996.
8. Alonso R, Schochat E. A eficácia do treinamento auditivo formal em crianças com transtorno de processamento auditivo (central): avaliação comportamental e eletrofisiológica. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2009;75(5):726-32.
9. Hodson BW, Paden EP. Targeting intelligible speech: a phonological approach to remediation. 2ª ed. Texas: Austin; 1991. p. 190.
10. Tonnquist-Uhlen I. Topography of auditory evoked long-latency potentials in children with severe language impairment: the P2 and N2 components. *Ear Hear.* 1996;17:314-26.
11. Bishop DVM, McArthur GM. Individual differences in auditory processing in specific language impairment: a follow-up study using event-related potentials and behavioural thresholds. *Cortex.* 2005;41:327-41.
12. McArthur GM, Bishop DVM. Which people with Specific Language Impairment have auditory processing deficits. *Cogn Neuropsychol.* 2004;21(1):79-94.
13. Jirsa RE. The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. *J Speech Hear Res.* 1992;35:903-12.
14. Tremblay K, Kraus N, Carrell TD, McGee T. Central auditory system plasticity: generalization to novel stimuli following listening training. *J Acoust Soc Am.* 1997;102:3762-73.
15. Tremblay K, Kraus N, McGee T, Ponton C, Otis B. Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training. *Ear Hear.* 2001;22:79-90.
16. Nicol T, Kraus N. How can neural encoding and perception of speech be improved?. In: Syka J, Merzenich MM (eds), *Plasticity and signal representation in the auditory system.* Kluwer Plenum, New York; 2005. p. 259-70.
17. Grafman J. Conceptualizing functional neuroplasticity. *J Commun Disord.* 2000;33:346-56.
18. Hall JW, Grose JH, Buss E, Dev MB, Drake AF, Pillsbury. The effect of otitis media with effusion on perceptual masking. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2003;129:1056-62.
19. Gravel JS, Roberts JE, Roush J, Grose J, Besing J, Burchinal M, et al. Early otitis media with effusion, hearing loss, and auditory processes at school age. *Ear Hear.* 2006;27:353-68.
20. Moore DR. Auditory processing disorders: acquisition and treatment. *J Commun Disord.* 2007;40:295-304.
21. Shriberg LD, Friel-Patti S, Flipsen Jr P, Brown RL. Otitis media, fluctuant hearing loss, and speech-language outcomes: a preliminary structural equation model. *J Speech Lang Hear Res.* 2000;43:100-20.
22. Hall III JW. Overview of auditory neurophysiology past, present, and future. In: Hall III JW. *New handbook of auditory evoked responses;* 2007. Pearson. Boston. p. 1-34.