

potenciais evocados auditivos de longa latência

auditory evoked potentials

Luzia Maria Pozzobom Ventura ¹, Kátia de Freitas
Alvarenga ², Orozimbo Alves Costa Filho ³

Palavras-chave: audição, potenciais evocados auditivos,
protocolos.

Keywords: protocols, evoked potentials, auditory.

Resumo / Summary

Os potenciais evocados auditivos de longa latência (PEALLs) se referem a uma série de mudanças elétricas, ocorridas no sistema nervoso central, resultante da estimulação da via sensorial auditiva. Muitos estudos abordam o uso destes potenciais, controlando o artefato gerado pelo movimento ocular com a utilização de equipamentos com grande número de canais. Porém, na prática clínica nacional, a realidade é diferente, havendo disponibilidade de equipamentos com número reduzido de canais. **Objetivo:** Comparar dois métodos de controle do artefato gerado pelo movimento ocular durante a captação dos PEALLs usando dois canais de registro. **Material e Método:** Estudo prospectivo pela aplicação de dois métodos de captação dos PEALLs (subtração do artefato ocular e controle do limite de rejeição) em 10 adultos ouvintes normais. **Resultados:** Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os valores de latência obtidos com o uso dos dois métodos, apenas entre os valores de amplitude. **Conclusão:** Os dois métodos foram eficientes para a captação dos PEALLs e para o controle do artefato do movimento ocular. O método do controle do limite de rejeição promoveu maiores valores de amplitude.

Long Latency Auditory Evoked Potentials (LLAEP) represents a number of electrical changes occurring in the central nervous system, resulting from stimulation of the auditory sensorial pathways. Many studies approach the use of these potentials controlling the artifact created by eye movement with the use of equipment with a large number of channels. However, what happens is very different in Brazilian clinical practice, where the equipment used has a very limited number of channels. **Aim:** to compare the two methods used to control the artifacts created by eye movements during LLAEP capture using two recording channels. **Materials and Methods:** this is a prospective study with the application of two LLAEP capturing methods (eye artifact subtraction and rejection limit control) in 10 normal hearing individuals. **Results:** we did not observe statistically significant differences concerning the latency values obtained with the use of both methods, only concerning amplitude values. **Conclusion:** both methods were efficient to capture the LLAEP and to control the eye movement artifact. The rejection limit control method produced greater amplitude values.

¹ Mestre em Fonoaudiologia pela Faculdade de Odontologia de Bauru - USP., Fonoaudióloga do Centro de Pesquisas Audiológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo.

² Pós-doutora em Eletrofisiologia pela University of Michigan e em Avaliação Audiológica Infantil pela University of Manchester, Professora Associada do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP.

³ Doutor em Ciências em Otolgia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Professor Titular do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP.

Este artigo foi submetido no SGP, Sistema de Gestão de Publicações, da BJORL em 21 de outubro de 2008. cod. 6085.

Artigo aceito em 19 de maio de 2009.

INTRODUÇÃO

Os potenciais evocados auditivos de longa latência (PEALLs) possuem múltiplos sistemas geradores, envolvendo principalmente as vias auditivas tálamo-cortical e córtico-corticais, córtex auditivo primário e áreas corticais associativas¹. Os PEALLs são representados no traçado do eletroencefalograma por uma série de picos, incluindo os componentes P1, N1 e P2.

Na literatura nacional, apenas dois estudos utilizaram como metodologia a pesquisa dos potenciais evocados auditivos de longa latência para caracterizar o processo maturacional do sistema auditivo^{2,3}, os quais demonstraram que o processo maturacional se reflete nas variações dos valores de amplitude e de latência dos componentes P1, N1 e P2, considerando-se a idade.

Durante o registro dos PEALLs, uma das variáveis a ser controlada é o estado de sono e sedação, que pode levar a pouca reprodutibilidade e atenuação da amplitude dos potenciais⁴. Assim, o que representaria uma vantagem na avaliação, principalmente de crianças, uma vez que para a captação dos potenciais de curta latência nesta faixa etária é necessário que a criança esteja em sono natural ou induzido por meio de sedação, acaba introduzindo uma variável adicional, visto que a presença de movimentos oculares gera artefatos que contaminam os traçados dos potenciais.

Desta forma, na pesquisa dos PEALLs é determinante o controle dos artefatos gerados pelo movimento ocular. Na literatura internacional, são encontrados muitos estudos abordando o controle deste artefato⁵⁻²⁷; porém, na literatura nacional, apenas um estudo realizou este controle³. O arranjo dos eletrodos é uma variável a ser considerada para o registro da movimentação ocular, sendo as posições supra e infraorbitais, preferencialmente, adotadas^{3,5-14}. Além disso, alguns estudos apontam o uso conjunto de eletrodos posicionados no canto externo dos olhos¹¹⁻¹⁴. Dentre as técnicas citadas estão o controle automático do artefato, que consiste na exclusão automática de potenciais auditivos registrados durante o movimento ocular^{6,13,15-18}, a fixação visual, como método para minimizar o movimento ocular^{8,19} e a rejeição de registros com amplitude que englobe o movimento ocular^{5,20-21}; porém, não há explicação detalhada de como essas técnicas são realizadas. Em nossa realidade, o uso dos métodos apresentados na literatura internacional em sua integralidade se torna inexecutável, visto que são utilizados vários canais de registro para o controle do artefato ocular e, na maioria das vezes, os equipamentos que dispomos apresentam apenas dois canais de registro. Assim, é necessário um protocolo de avaliação voltado para os recursos disponíveis no contexto clínico nacional. Desse modo, o objetivo deste trabalho é o de comparar dois métodos de controle do artefato ocular na captação dos PEALLs, utilizando o sistema de registro dos potenciais de dois canais.

MÉTODO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição em que foi realizado, sob processo nº 99/2006, e os participantes consentiram a realização da pesquisa e divulgação dos resultados conforme Resolução 196/96, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido.

A casuística foi composta por 10 adultos, com idades de 20 a 31 anos, idade média de 25 anos e 10 meses ($\pm 3,36$ anos), sendo cinco do sexo masculino e cinco do feminino, com ausência de queixas audiológicas e de histórico neurológico. Todos com integridade auditiva, comprovada por meio de audiometria tonal liminar realizada com o aparelho Midimate 622 da Madsen Electronics, em cabina acústica, e por meio da medida da imitância acústica realizada com o aparelho GSI Grason-Stadler.

A pesquisa dos PEALLs foi realizada com o aparelho Smart EP USB Jr da Intelligent Hearing Systems, de dois canais, o qual foi calibrado em nível de audição (dBNA) previamente ao início do estudo. Os parâmetros de estimulação e captação da resposta foram:

- Estímulo clique, polaridade condensação, com 100 μ s de duração e 526ms de intervalo interestímulo, apresentado por meio de fone de inserção posicionado na orelha direita, em intensidade 70dBNA e taxa de apresentação de 1,9 estímulo por segundo.

- Filtro passa-banda de 1 a 30Hz, ganho de 100.0K nos dois canais e janela de análise da resposta de -100ms pré estímulo a 500ms pós estímulo. Foram utilizados 512 estímulos promediados por duas vezes, a fim de verificar a duplicação dos registros.

- Eletrodos descartáveis para ECG da marca MEDITRACETM 200 e pasta condutiva para EEG da marca Tem 20TM, colocados após a limpeza da pele do indivíduo com Gel Abrasivo para ECG/EEG da marca NUPREP. O nível de impedância foi mantido entre 1-3Kohms.

Com a disponibilidade de dois canais de registro, um destinou-se para o registro dos potenciais evocados auditivos (Canal A) e o outro, para o registro dos movimentos oculares e piscada (Canal B). No canal A, o eletrodo ativo foi posicionado em Cz, conectado na entrada (+) do pré-amplificador e o eletrodo de referência, posicionado no lóbulo da orelha direita (A2), conectado na entrada (-). O eletrodo terra foi posicionado no lóbulo da orelha esquerda (A1), conectado na posição ground. No canal B, o eletrodo ativo foi posicionado em posição supraorbital esquerda, conectado na entrada (+) do pré-amplificador e o eletrodo de referência, na posição infra-orbital esquerda, conectado na entrada (-).

O nível de rejeição dos artefatos foi ajustado no canal B, de modo a abranger a amplitude do movimento ocular e da piscada de cada indivíduo, e transposto para o canal A, a fim de se manter um nível de 30% de estímulos

rejeitados, o qual permitiu o registro dos potenciais com morfologia que possibilitasse a análise precisa do registro em tempo viável para a prática clínica, visto que níveis inferiores a este aumentaram o tempo de exame, inviabilizando sua utilização.

Identificado o potencial evocado auditivo, a variável amplitude foi determinada como a diferença entre o ponto correspondente a 0,0 μ V (linha de base do registro) e o valor máximo positivo, no caso dos componentes P1 e P2, e negativo, especificamente para o componente N1, mensurado em μ V. Os componentes P1, N1 e P2, bem como os valores de latência foram, então, marcados considerando-se os pontos de máxima amplitude.

Todos os exames foram realizados em sala acusticamente e eletricamente tratada, com o indivíduo sentado confortavelmente em uma cadeira reclinável, assistindo a um vídeo mudo.

Foram testados dois métodos visando o cancelamento do artefato gerado pelo movimento ocular observado durante o registro, como descrito a seguir:

Controle do limite de rejeição

No canal B, foi realizado o registro prévio da movimentação ocular e piscada, a fim de verificar sua amplitude e delimitar o nível de rejeição a ser utilizado em cada exame para que estes movimentos não fossem captados pelo canal A e, conseqüentemente, interferissem no registro do PEALL. Desta forma, foi obtido o registro do potencial evocado auditivo minimizando a interferência do artefato do movimento ocular (Figura 1).

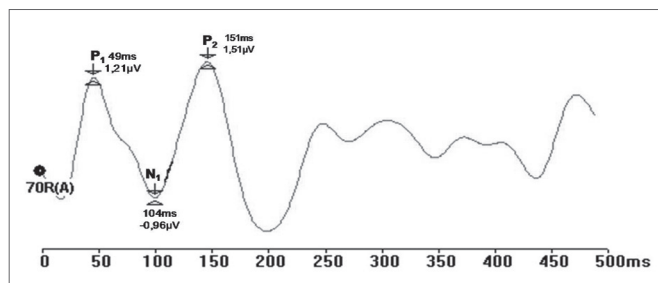


Figura 1. Registro dos potenciais evocados auditivos de longa latência pelo método de Controle do Limite de Rejeição - (ms - milissegundos, μ V - microvolt).

Subtração do artefato ocular

No canal A, foram registrados os PEALLs e no canal B, foi realizado o registro simultâneo da movimentação ocular e piscada. Após sua captação, o registro da movimentação ocular foi multiplicado pelo fator de correção de 0,1, o qual foi extraído de pesquisa anteriormente realizada²⁸; visando minimizar a diferença entre a amplitude do movimento ocular e piscada captados nos canais A e B.

O processo de subtração foi aplicado, sendo re-

alizada a subtração do registro do movimento ocular do registro do potencial auditivo (resposta A -B). Desta forma, foi obtido o registro do potencial evocado auditivo eliminando a interferência do artefato do movimento ocular, sendo observada correspondência de fase entre os potenciais (Figura 2).

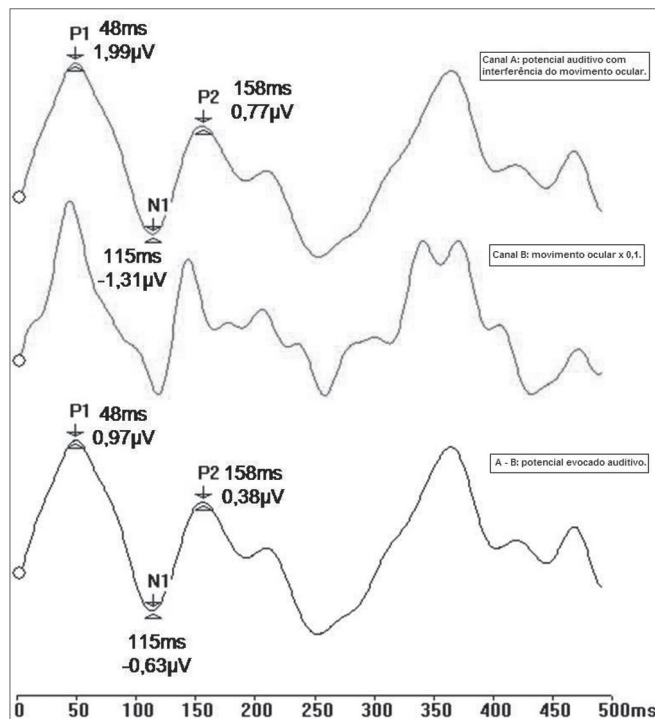


Figura 2. Registro dos potenciais evocados auditivos de longa latência pelo método de Subtração do Artefato Ocular - (ms - milissegundos, μ V - microvolt).

Cada indivíduo da casuística foi submetido à pesquisa dos PEALLs pelos dois métodos, os quais foram aplicados por duas vezes (1ª e 2ª pesquisas) em uma mesma sessão, a fim de verificar a confiabilidade teste-reteste dos potenciais registrados. O método a ser utilizado primeiramente foi alternado e aleatório entre os indivíduos, controlando assim a variável ordem de aplicação.

O estudo estatístico foi realizado por meio do teste t pareado para a análise dos valores de latência e amplitude entre os métodos utilizados em cada pesquisa, com nível de significância $p=0,05$.

RESULTADOS

Os resultados foram analisados quanto aos valores de latência e amplitude dos PEALLs e computados em tabelas, contendo a estatística descritiva (média, desvio padrão e nível de significância - p). A Tabela 1 apresenta

Tabela 1. Comparação entre os valores de latência e amplitude dos componentes P1, N1 e P2 entre cada pesquisa realizada (1ª e 2ª pesquisas) em cada método.

Método	Medida	1ª Pesquisa		2ª Pesquisa		p
		Média	dP	Média	dP	
Subtração	LP ₁	51,22	16,75	49,44	10,19	0,631
	AP ₁	0,36	0,27	0,26	0,17	0,361
	LN ₁	84,25	17,49	81,63	14,07	0,317
	AN ₁	-0,37	0,15	-0,36	0,21	0,903
	LP ₂	140,89	17,69	139,11	19,54	0,775
	AP ₂	0,35	0,12	0,30	0,18	0,407
Rejeição	LP ₁	50,14	10,9	44,17	10,82	0,433
	AP ₁	0,67	0,32	0,81	0,19	0,169
	LN ₁	84,56	21,1	84,78	19,36	0,977
	AN ₁	-0,88	0,32	-0,72	0,53	0,393
	LP ₂	139,6	20,57	140,6	23,83	0,906
	AP ₂	0,80	0,39	0,63	0,37	0,298

(L - latência de cada componente medida em ms, A - amplitude de cada componente medida em μV , dP - desvio padrão, p - nível de significância).

Tabela 2. Comparação entre os valores de latência e amplitude dos componentes P1, N1 e P2 entre os métodos avaliados.

Medida	Subtração		Rejeição		p
	Média	dP	Média	dP	
LP ₁	54,75	13,88	51,63	10,93	0,264
AP ₁	0,34	0,28	0,62	0,34	0,019
LN ₁	84,25	17,49	81,38	20,11	0,482
AN ₁	-0,37	0,15	-0,95	0,27	0,000
LP ₂	140,89	17,69	143,11	18,37	0,350
AP ₂	0,35	0,12	0,81	0,41	0,004

(L - latência de cada componente medida em ms, A - amplitude de cada componente medida em μV , dP - desvio padrão, p - nível de significância).

a análise estatística realizada para comparar os resultados obtidos na 1ª e 2ª pesquisas de um mesmo método, para os métodos subtração do artefato ocular e controle do limite de rejeição.

Por outro lado, na Tabela 2 encontra-se a análise estatística realizada para comparar os métodos utilizados para o controle do artefato ocular.

DISCUSSÃO

O uso dos PEALLs na prática clínica fornece uma avaliação direta e não invasiva da fisiologia cortical auditiva; além disso, estes potenciais têm sido utilizados em muitas pesquisas, abordando a topografia de captação do registro e investigando a maturação das estruturas auditivas centrais.

A maioria dos estudos encontrados é internacional, realizados com múltiplos eletrodos, em equipamentos com diversos canais de registro, dos quais geralmente não dispomos na prática clínica. Como o estado de alerta influencia o registro dos PEALLs⁴, muitos autores recomendam o controle do artefato gerado pelo movimento ocular durante sua pesquisa, constituindo-se em um grande aliado à obtenção de registros confiáveis, eliminando a subjetividade da análise; porém, não foi encontrada a descrição detalhada de como realizá-lo⁵⁻²⁷.

Na literatura nacional, foram encontrados apenas dois estudos^{2,3} abordando o uso destes potenciais para investigar a maturação auditiva central, com o uso de dois canais de registro, os quais mostraram que com o processo maturacional do sistema auditivo são observadas mudanças nos valores de latência e de amplitude dos PEALLs; entretanto, apenas um deles³ realizou o controle do artefato gerado pelo movimento ocular. Diante disso, verifica-se a necessidade de um método aplicado a realidade nacional que promova o controle deste artefato.

Este estudo não visou uma normatização de valores de latência e amplitude dos componentes dos PEALLs para a faixa etária adulta, mas uma descrição de métodos de registro desses potenciais, comparando-os quanto ao controle do artefato gerado pelo movimento ocular durante o exame, utilizando os parâmetros adotados por estudos internacionais; porém, adequando-os ao número reduzido de canais disponíveis nos equipamentos utilizados no contexto nacional. Desta forma, o tamanho da casuística foi suficiente para este propósito.

O posicionamento dos eletrodos no canal B em posições supra e infraorbitais mostrou-se eficaz no registro

do movimento ocular e piscada, o que também foi apontado por muitos autores⁵⁻¹⁴. O uso conjunto de eletrodos posicionados no canto externo dos olhos, bilateralmente, apesar de ser referido por alguns autores¹¹⁻¹⁴, não foi utilizado neste estudo pela ausência de um eletrodo para um canto externo ocular, devido ao número restrito de canais disponíveis; o que, por sua vez, não afetou a qualidade do registro do movimento ocular.

Os dois métodos apresentados, controle do limite de rejeição e subtração do artefato ocular, promoveram a captação dos PEALLs e foram de fácil aplicabilidade, com redução da interferência do movimento ocular.

A Tabela 1 apresenta os valores médios de latência e de amplitude para cada componente dos PEALLs (P1, N1 e P2), não sendo observada diferença estatisticamente significativa entre a 1ª e 2ª pesquisas para os dois métodos utilizados ($p>0,05$), o que indica a confiabilidade teste-reteste em ambos os métodos.

Ao se analisar a Tabela 2, a qual incorpora os valores médios de latência e de amplitude dos componentes P1, N1 e P2, bem como a comparação entre os métodos (p), pode-se verificar a ausência de diferença estatisticamente significativa entre os mesmos quanto aos valores de latência, porém há presença de diferença estatisticamente significativa ($p=0,05$) entre os valores de amplitude, as quais se mostraram maiores com o uso do método do controle do limite de rejeição para todos os componentes. O fato de a amplitude ser maior com o método controle do limite de rejeição pode justificar a escolha do mesmo para a utilização na prática clínica, visto que uma maior amplitude, muitas vezes, significa melhor definição do componente, possibilitando a determinação correta do potencial e, conseqüentemente, maior exatidão na mensuração dos valores de latência e de amplitude destes potenciais.

CONCLUSÃO

Ambos os métodos avaliados se mostraram eficientes para a captação dos potenciais evocados auditivos de longa latência e para o controle do artefato gerado pelo movimento ocular durante o exame. Porém, o método do controle do limite de rejeição foi o que proporcionou melhor visualização dos potenciais, pelos maiores valores de amplitude mensurados para os componentes P1, N1 e P2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ponton CW, Eggermont JJ, Khosla D, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: separating auditory evoked potentials by dipole source modeling. *Clin Neurophysiol.* 2002;113:407-20.
2. Frizzo ACF, Junqueira CA de O, Fellipe ACN de, Colafêmina JF. Potenciais evocados auditivos de longa latência no processo maturacional. *ACTA AWHO.* 2001;20(2):74-80.
3. Ventura LMP, Costa Filho OA, Alvarenga KF. Maturação do sistema auditivo central em crianças ouvintes normais. *Pró-fono* In press.
4. Rapin I, Schimmel H, Cohen M. Reliability in detecting the auditory evoked response (AEP) for audiometry in sleep subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1972;32:335-44.
5. Martin L, Barajas JJ, Fernandez R, Torres E. Auditory event-related potentials in well-characterized groups of children. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1988;71:375-81.
6. Johnson Jr R. Developmental evidence for modality-dependent P300 generators: a normative study. *In J Psychophysiol.* 1989 Nov;26(6): 651-67.
7. Fuchigami T, Okubo O, Fujita Y, Okuni M, Noguchi Y, Yamada T. Auditory event-related potentials and reaction time in children: evaluation of cognitive development. *Dev Med Child Neurol.* 1993;35:230-7.
8. Johnstone ST, Barry RJ, Anderson JW, Coyle SF. Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory oddball task. *Int J Psychophysiol.* 1996;24:223-38.
9. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A. Maturation of human cortical auditory function: differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. *Ear Hear.* 1996 Oct;17(5): 430-7.
10. Bruneau N, Roux S, Guérin P, Barthélémy C, Lelord G. Temporal prominence of auditory evoked potentials (N1 wave) in 4-8-year-old children. *In J Psychophysiol.* 1997;34:32-8.
11. Ceponiene R, Rinne T, Näätänen R. Maturation of cortical sound processing as indexed by event-related potentials. *Clin Neurophysiol.* 2002;113:870-82.
12. Takeshita K, Nagamine T, Thuy DHD, Satow T, Matsushashi M, Yamamoto J, et al. Maturation changes of parallel auditory processing in school-aged children revealed by simultaneous recording of magnetic and electric cortical responses. *Clin Neurophysiol.* 2002;113:1470-84.
13. Gilley PM, Sharma A, Dorman M, Martin K. Developmental changes in refractoriness of the cortical auditory evoked potential. *Clin Neurophysiol.* 2005;116:648-57.
14. Bender S, Oelkers-Ax R, Resch F, Weisbrod M. Frontal lobe involvement in the processing of meaningful auditory stimuli develops during childhood and adolescence. *Neuroimage.* 2006;33:759-73.
15. Satterfield JH, Braley BW. Evoked potentials and brain maturation in hyperactive and normal children. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1977;43:43-51.
16. Satterfield JH, Schell AM, Barks RW, Hidaka KC. A cross-sectional and longitudinal study of age effects of electrophysiological measures in hyperactive and normal children. *Biol Psychiatr.* 1984;19(7):973-90.
17. Kraus N, McGee T, Carrell T, Sharma A, Micco A, Nicol T. Speech-evoked cortical potentials in children. *J Am Acad Audiol.* 1993;4:238-48.
18. Sharma A, Kraus N, McGee TJ, Nicol TG. Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1997;104:540-5.
19. Surwillo WW. Recovery of the cortical evoked potential from auditory stimulation in children and adults. *Dev Psychobiol.* 1981;14(1):1-12.
20. Bernal J, Harmony T, Rodríguez M, Reyes A, Yáñez G, Fernández T, et al. Auditory event-related potentials in poor readers. *Int J Psychophysiol.* 2000;36:11-23.
21. Epsy KA, Molfese DL, Molfese VJ, Modglin A. Development of auditory event-related potentials in young children and relations to word-level reading abilities at age 8 years. *Ann Dyslexia.* 2004;54(1):9-38.
22. Ohlrich ES, Barnet AB. Auditory evoked responses during the first year of life. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1972;32:161-9.
23. Barnet AB, Ohlrich ES, Weiss IP, Shanks B. Auditory evoked potentials during sleep in normal children from ten days to three years of age. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1975;39:29-41.
24. Goodin DS, Squires KC, Henderson BH, Starr A. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1978;44:447-58.
25. Liasis A, Bamiou DE, Campbell P, Sirimanna T, Boyd S, Towell A. Auditory event-related potentials in the assessment of auditory processing disorders: a pilot study. *Neuropediatrics.* 2003;34:23-9.
26. Coch D, Skendzel W, Neville HJ. Auditory and visual refractory period effects in children and adults: an ERP study. *Clin Neurophysiol.* 2005;116:2184-203.
27. Mueller V, Brehmer Y, Oertzen TV, Li S, Lindenberger U. Electrophysiological correlates of selective attention: a lifespan comparison. *Neuroscience.* 2008;9(18).
28. Lins OG. Ocular Artifacts in Recording EEGs and Event-Related Potentials. *Canadá: University of Ottawa;* 1993.