



ELETROFISIOLOGIA: PERSPECTIVAS ATUAIS DE SUA APLICAÇÃO CLÍNICA EM FONOAUDIOLOGIA

Simone Fiuza Regaçone¹
Ana Claudia Bianco Gução²
Ana Claudia Figueiredo Frizzo³

1. Introdução

A audição tem papel fundamental no desenvolvimento da fala, linguagem e aprendizagem. Daí a importância de métodos de avaliação, como as medidas eletrofisiológicas para que a detecção de alterações auditivas e a intervenção sejam iniciadas o mais precocemente possível para garantir a essas crianças um desenvolvimento compatível com crianças de mesma faixa etária. É durante os primeiros anos de vida que a criança necessita receber o maior número de estímulos auditivos possíveis, para o desenvolvimento da oralidade, pois precisa ouvir e compreender o que ouve para então desenvolver

¹ Fonoaudióloga Bolsista Treinamento Técnico – Projeto Auxílio Regular FAPESP (Processo 2012/07985-0) desenvolvido na Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FFC/UNESP- Marília – SP. simoneregacone@gmail.com

² Fonoaudióloga Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FFC/UNESP-Marília – SP. Bolsista CAPES. anac_fono@hotmail.com

³ Fonoaudióloga Professor Assistente Doutor do Departamento de Fonoaudiologia e Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FFC/UNESP- Marília - SP. anafizzo@marilia.unesp.br



a fala. Diante disso, qualquer prejuízo na função auditiva, pode ser um fator de risco para o desenvolvimento da linguagem, da fala, da leitura e da escrita, além de dificultar sua interação com o meio social.

Hoje, é evidente o interesse e investimentos de fonoaudiólogos em pesquisas acerca dos procedimentos eletrofisiológicos, o que tem contribuído para avaliação, diagnóstico, caracterização de quadro clínico, ou seja, para compreensão das condições patológicas que são fundamentais para o estabelecimento de programas de intervenção adequados, de prevenção e de tratamento de distúrbios nos âmbitos da linguagem falada ou escrita.

Atualmente, a associação das medidas eletrofisiológicas com neuroimagem mudou a realidade do fonoaudiólogo diante da possibilidade de avaliação funcional em diversas patologias e da correlação de aspectos do comportamento a fenômenos fisiológicos observáveis ao nível do sistema nervoso.

A utilização de técnicas não-invasivas que extraem representações mensuráveis do funcionamento cerebral humano é uma das mais promissoras abordagens atualmente empregadas no estudo da função auditiva e do desenvolvimento cognitivo (NUNEZ & SRINIVASAN, 2006).

A audiologia no decorrer de sua história evoluiu juntamente com a tecnologia eletrônica, cada vez mais técnicas sofisticadas em eletrofisiologia tem sido utilizada para captação e somação da atividade elétrica neural humana do sistema auditivo tornando possível o estudo do funcionamento auditivo cortical a serviço de outras áreas como a neurologia e psiquiatria.

Além disso, por recomendação internacional da Asha (1996), foram incluídas na bateria mínima de testes de avaliação do processamento auditivo as medidas eletrofisiológicas, o que tornou essa medida de diagnóstico consensual.

Os potenciais evocados auditivos (PEA) referem-se às mudanças elétricas ocorridas nas vias auditivas periféricas e centrais, decorrentes de estimulações acústicas. Esses potenciais podem ser classificados de acordo



com a latência ou tempo em que a via auditiva leva para reagir ao estímulo (HALL, 2006). Os PEA de Curta Latência ou Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) aparecem num intervalo de 10 ms após o estímulo auditivo; os Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência (PEAML) são identificados num intervalo entre 10 e 70 ms pós estímulo; os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL): Potencial Cognitivo ou Endógeno (P300) e Mismatch Negativity – MMN, são observados num intervalo entre 100 e 700 ms seguidos do estímulo auditivo (Fig.).

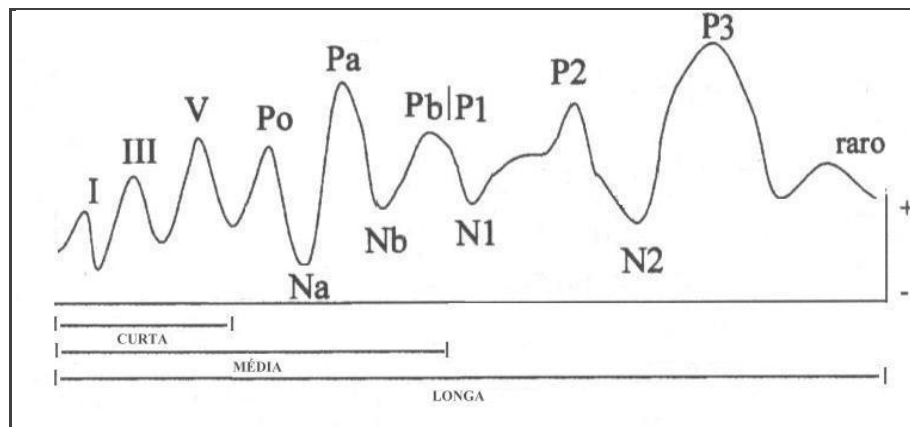


Figura: Figura representativa dos Potenciais Evocados Auditivos de Curta Latência (PEATE), de Média Latência (PEAML) e Longa Latência (P300).

Os PEA podem ser resultado de fatores exógenos ou endógenos. Os potenciais produzidos por eventos externos relacionados às características dos estímulos que os provocaram são considerados exógenos (PEATE, PEAML e complexo P1-N1-P2 do PEALL) e os potenciais relacionados a eventos corticais (ERP), tal como P300, envolvem a realização de uma tarefa cognitiva e representa fenômenos fisiológicos associados à atenção, discriminação e memória, por isso são considerados endógenos (MCPHERSON, 1996; MARTIN, TREMBLAY & STAPPELLS, 2007; MCPHERSON, BALLACHANDA & KAF, 2008).

O estudo da amplitude e da latência das ondas permite a mensuração da atividade neuroelétrica em cada sítio da via auditiva central e a observação



precisa do processamento da informação auditiva no tempo, em milissegundos (PRATT, 2007).

Segundo Hall & Mueller (1998) o PEA é o resultado da ativação sequencial de vários tratos e núcleos que constituem as vias auditivas centrais ascendentes; a captação das respostas de curta latência nos permite investigar a atividade elétrica ao nível do nervo auditivo, tronco encefálico e lemnisco lateral; o registro dos potenciais evocados de média latência garante a visualização da atividade elétrica do córtex auditivo primário e das vias tálamo-corticais auditivas; e a medida das respostas auditivas relacionadas a eventos possibilita a observação da atividade elétrica do córtex auditivo primário e secundário, de regiões auditivas do hipotálamo.

Os Potenciais evocados Auditivos de Curta Latência incluem medidas de Eletrococleografia, Respostas Auditivas de Estado Estável e dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE), representadas por potenciais neuroelétricos de curto tempo de surgimento após a apresentação do estímulo, em geral, entre 0 e 15 ms.

Vale destacar que o uso das Respostas Auditivas de Estado Estável em bebês e crianças, da clínica fonoaudiológica, pode ser promissor como instrumento de diagnóstico na avaliação audiológica infantil, devido à possibilidade de avaliação simultânea de orelhas e de frequências e diminuição do tempo de teste (DUARTE et al., 2008). No entanto, na atualidade, o uso desta medida ainda é restrito e não incluído na rotina clínica, usado apenas em grandes centros de diagnóstico ligados à pesquisa científica.

O PEATE é composto por uma série de 5 a 7 picos, de voltagem positiva, representados por algarismos romanos, de I a VII, que ocorrem nos primeiros 10 ms após a apresentação do estímulo, captados por eletrodos de superfície posicionados na superfície craniana (HALL & MUELLER, 1998). As ondas I, III e V são mais frequentemente observadas.



Na avaliação da integridade da via auditiva através da identificação das ondas I, III e V em alta intensidade (entre 80 e 90 dBNA), o PEATE permite a comparação da velocidade de progressão do estímulo (latências) em ambas as orelhas e a investigação da presença de lesões retro-cocleares das vias auditivas (assimetria de traçados, aumento dos intervalos interpicos) em crianças e adultos (HALL & MUELLER, 1998; SOUSA et al., 2007; KÄLLSTRAND et al., 2010),

Já os PEAML são respostas bioelétricas evocadas após o estímulo sonoro, e compõem uma série de ondas, negativas (N) e positivas (P), num intervalo entre 10 e 80 ms. A sequência de ondas é simbolizada alfabeticamente em letras minúsculas, que incluem os componentes Po, Na, Pa, Nb, Pb. As ondas mais frequentemente analisadas são Na, Pa, Nb, maiores em amplitude e mais consistentes. Em condições de normalidade, a onda Na apresenta primeiro maior pico negativo entre 12 e 27ms; Pa é o maior pico positivo após Na, entre 25 e 40ms, mais proeminente dentre as ondas; Nb é o pico negativo logo após Pa, entre 30 e 55ms (HALL, 2006).

A onda Pa é, usualmente, a onda mais robusta e, neste sentido, pode ser comparada à onda V do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico - PEATE, sendo a forma de onda Na-Pa a mais frequentemente utilizada e pesquisada (MUSIEK, LEE, 2001). A onda Pb é altamente variável e pode não aparecer em indivíduos normais, especialmente em crianças (HALL, 2006).

De acordo com Lee et al (1984) a captação desse potencial reflete a atividade cortical auditiva primária, envolvida nas habilidades de reconhecimento, discriminação e figura-fundo, e a não primária, responsável pela atenção seletiva, sequência auditiva e integração auditiva-visual, com colaboração das vias tálamo-corticais auditivas, do colículo inferior e formação reticular.

Simões, Souza & Schochat (2009) sugerem que a amplitude da onda Na-Pa do PEAML em sujeitos normais é simétrica, ou seja, eletrodos colocados



no lobo temporal direito e esquerdo devem obter respostas similares. A análise das ondas deve ser realizada em uma observação comparativa entre as orelhas e os hemisférios para a determinação de normalidade.

Quanto à contribuição deste potencial para a prática clínica, a pesquisa dos PEAMLs é um método diagnóstico útil na investigação da via auditiva em pacientes com problemas de aprendizagem e do processamento auditivo e na pesquisa da sensibilidade auditiva, tanto para crianças quanto para adultos.

Por fim, McPherson (1996) e Hall (2006) referem que os potenciais evocados auditivos de longa latência são respostas bioelétricas da atividade do tálamo e do córtex, que ocorrem num intervalo entre 100 e 700 ms. O registro do PEALL são caracterizados por uma sequência de picos com polaridade negativa-positiva-negativa-positiva (N1-P2-N2-P3) acima e abaixo da linha de base, respectivamente, ou seja, o N1 ocorre ao redor de 100ms; o P2 em torno de 160 ms; o N2 próximo a 200 ms; e o P3 ao redor de 300 ms.

Segundo Hall (2006) a análise dos registros em termos de latência de onda é o parâmetro mais importante na análise do PEALL. A amplitude é outro parâmetro importante na interpretação dos resultados, relativa ao evento ou tarefa envolvida na resposta. É a medição do tamanho da atividade elétrica, medida em microvolts (μV), preferencialmente, da linha de base do registro até o pico da onda, e analisada individualmente (MCPHERSON, 1996).

O MMN, Mismatch Negativity é um potencial evocado auditivo tardio, associado ao processo pré-atencional passivo relacionado à análise das características acústicas relativas à discriminação do estímulo sonoro. Suas medidas não são afetadas pelo estado de sono e nem pela atenção (NÄÄTÄNEN, 2007).

O presente estudo apresenta uma revisão crítica dos estudos empregando os PEA desenvolvidos em universidades e centros de pesquisa brasileiros, enfatizando especialmente seus objetivos principais e aplicação clínica em fonoaudiologia.



2. Aplicação clínica das medidas eletrofisiológicas na Fonoaudiologia

Um estudo de revisão bibliográfica sobre os métodos utilizados na avaliação do caminho neural auditivo concluiu que medidas eletrofisiológicas são mais sensíveis, objetivas e menos variáveis na avaliação dos transtornos neurais que medidas comportamentais tradicionais, como audiometria usando fala e tom puro (HOOD, 1999).

Atualmente o potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE) é o exame mais empregado na prática clínica dentre os potenciais evocados auditivos. Sendo considerado uma importante medida da audição nas populações infantis, devido a identificação precoce de perdas auditivas nessa população, permitindo investigar a audição em recém-nascidos e acompanhar o desenvolvimento auditivo nos primeiros anos de vida. Tornou-se um instrumento de avaliação de grande utilidade em virtude da não-interferência do sono e da sedação e da possibilidade de avaliação objetiva em bebês e em crianças não colaboradoras na avaliação audiológica comportamental (HALL, 2006; KRAUS & NICOL, 2009).

Vale ressaltar que é imprescindível levar em consideração que a maturação do sistema auditivo influencia as respostas do potencial evocado auditivo de tronco encefálico em neonatos e lactentes. Portanto, para evitar a interpretação equivocada dos resultados deve-se considerar a idade gestacional na análise desse teste nessa população (CASALI & SANTOS, 2010).

Um estudo experimental, realizado por Gatto (2008) que promoveu a implantação de um programa de Triagem Auditiva Neonatal Opcional (TANO) para avaliar a função auditiva dos recém-nascidos, mostrou que as alterações auditivas triadas num primeiro momento pela realização das emissões otoacústicas (EOA) foram confirmadas pelo Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE).



Os resultados da triagem auditiva neonatal universal em uma maternidade pública do estado do Acre, onde era utilizado PEATE como segundo instrumento de triagem, quando as emissões otoacústicas falhavam, concluíram que houve maior sensibilidade do PEATE enquanto instrumento de triagem (BORGES et al., 2006).

Berger et al (2012) concluíram que a introdução de Triagem Auditiva Neonatal (TANU), ocasiona no diagnóstico precoce da deficiência auditiva infantil, o que permite uma reabilitação precoce, proporcionando melhor desenvolvimento das crianças.

Estudos internacionais têm mostrado a importância dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico na população infantil, utilizando esse procedimento para investigar o quanto patologias como enterocolite necrosante e diabetes mellitus afetam negativamente o sistema auditivo (JIANG et al, 2012; ACAR et al, 2012).

No estudo conduzido por Mittal et al. (2012) realizado em um hospital da Índia utilizou o PEATE como um dos procedimentos para detectar a neuropatia auditiva, sugerindo que a presença de microfonia coclear e ausência de resposta no potencial auditivo de tronco encefálico podem ser critérios confiáveis para o diagnóstico.

Jeong & Kim (2012) concluíram em estudo através de medidas eletrofisiológicas com potenciais auditivos de curta latência que os limiares auditivos da orelha implantada melhorou para 25 dBNA e as crianças apresentaram habilidade de percepção de fala em conjunto aberto.

O potencial auditivo de tronco encefálico tem sido utilizado também na investigação da audição em crianças com distúrbios neurológicos e psiquiátricos, principalmente em crianças do espectro do autismo (WONG & WONG, 1991; KLIN, 1993; ROSENHALL et al, 1999). A literatura tem mostrado que a aplicação do PEATE nessa população tem contribuído para a precisão no diagnóstico e intervenção adequada, uma vez que estudos têm observado tempo de condução do estímulo alterado, com respostas neurais alongadas,



indicando anormalidades no neurodesenvolvimento do cérebro desses indivíduos (WONG & WONG, 1991; ROSENHALL et al., 2003; FUJIKAWA-BROOKS et al., 2010; ROTH, 2012).

Para o diagnóstico diferencial entre patologias coclear versus retrococleares e possibilidade de se determinar os limiares de audibilidade, bem como inferir sobre o tipo de perda auditiva é necessário a realização da pesquisa do PEATE por frequência específica, utilizando tom burst e estimulador por via óssea (PURDY & KELLY, 2008).

Almeida, Rodrigues & Lewis (2011), em estudo sobre potenciais evocados auditivos por frequências específica (PEATE-FE) em lactentes com audição normal e sem indicadores de risco para deficiência auditiva mostrou que esse procedimento pode ser utilizado como parâmetros de normalidade na interpretação clínica dos PEATE-FE em lactentes.

Como já mencionado anteriormente, o PEAML é um método diagnóstico útil na investigação do funcionamento da via auditiva, indicado para avaliar lesões e disfunções auditivas de etiologias diversas que afetem a via auditiva ao longo do córtex (PRATT, 2007). Utilizado também de modo eficiente no monitoramento da intervenção terapêutica de pacientes com transtorno do processamento auditivo submetidos a treinamento auditivo (SCHOCHAT et al., 2010).

A pesquisa do PEAML é o método mais apropriado para avaliar crianças com distúrbios de aprendizado, já que, neste caso, se trata de origens neurais mais superiores. Estudos comprovam aumento da latência de Pa em crianças com distúrbio de aprendizagem (AREHOLE, AUGUSTINE & SIMHADRI, 1995). Estudos do PEAMLs em crianças com distúrbio de aprendizado registraram latência mais longa para onda Na e amplitude menor da onda Nb (PURDY, KELLY & DAVIES, 2002).

Pacientes com Síndrome de Landau-Kleffner (ASHA, 1996) foram avaliados pelo PEAML e todos mostraram algum tipo de alteração, confirmando



a eficiência deste procedimento na avaliação da função auditiva (MATAS et al., 2007).

Pacientes afásicos avaliados por medidas eletrofisiológicas mostraram diferença hemisférica estatisticamente significativa ao comparar o componente Pa na pesquisa do PEAML registrado em C3 (hemisfério esquerdo) e C4 (hemisfério direito) no grupo experimental, e concluíram que o PEAML demonstrou ser instrumento útil para avaliação de indivíduos afásicos (ALVARENGA et al., 2005).

Além disso, o PEAML tem sido empregado no estabelecimento do prognóstico em pacientes pré-implantados, numa abordagem pré-cirúrgica, por meio da estimulação elétrica direta do sistema auditivo, para investigar o funcionamento do córtex auditivo dos futuros pacientes implantados (PRATT, 2007).

Chang et al (2012) estudou os potenciais evocados auditivos corticais com o intuito de avaliar a audibilidade de bebês e crianças com perda auditiva, obtendo um resultado significativo na detecção cortical de crianças usuárias de dispositivos de amplificação sonora.

Estudo com crianças com queixa escolar e alteração no processamento auditivo (PA), a fim de verificar se apresentavam os PEALL diferentes das crianças normais da mesma faixa etária, demonstraram retardo na latência das crianças com alterações no processamento auditivo, quando comparados aos resultados encontrados nas crianças do grupo controle, fortalecendo a aplicação clínica dos PEALL para um diagnóstico mais preciso do distúrbio do processamento auditivo central (DINIZ JÚNIOR, 1996).

Crianças normais e com dificuldades escolares foram avaliadas pelo PEALL e por testes comportamentais do processamento auditivo. Os resultados dessa pesquisa revelaram que a associação entre os dois métodos permitiu um diagnóstico mais preciso de distúrbios de memória curta, atenção,



presentes nos três indivíduos com problemas de aprendizado escolar que mostraram P300 mais longo (AQUINO et al., 2000).

A avaliação em crianças com bom e mau rendimento escolar mostrou média de latência do P300 em 336 ms para crianças com bom rendimento escolar e 382 ms para crianças com mau rendimento escolar (VISIOLI-MELO & ROTTA, 2000).

Estudos com crianças disfásicas examinaram a maturação da via auditiva central e observaram grande variabilidade das latências P2 e P3, com prolongamento de P3, em comparação com crianças saudáveis, mostrando alterações na função auditiva central, que foram relacionadas a déficit temporal subjacente a disfasia (DLOUHÁ, 2008).

Vários pesquisadores têm estudado os potenciais de longa latência em indivíduos com transtorno do espectro do autismo (TEA) a fim de confirmarem as alterações de linguagem, de interação social, do uso da comunicação e das funções executivas (KUJALA et al., 2005; MATAS, GONÇALVES & MAGLIARO, 2009)

Estudos que realizaram exame de PEALL em indivíduos com TEA verificaram grande ocorrência de resultados alterados no P300, sendo as alterações mais comuns o aumento da latência e a diminuição da amplitude, indicando anormalidades no armazenamento e processamento da informação nessa população (NOVICK et al., 1979; LOTSPEICH & CIARANELLO, 1993; KUJALA et al., 2005; MAGLIARO et al., 2010).

A investigação de alterações no processamento auditivo central se torna importante quando se considera a existência de dificuldades na discriminação e reconhecimento do som, na atenção e tomada de decisões, além de distúrbios e atrasos de linguagem. Observadas essas características junto às respostas do PEALL, o diagnóstico e a reabilitação das perturbações psiquiátricas infantis se tornam mais precisos.



Sharma, Dorman e Spahr (2002) concluíram que o desenvolvimento cortical auditivo de crianças implantadas segue mais rápido que crianças com audição normal da mesma idade, mostrando um alto grau de plasticidade da via auditiva durante a desenvolvimento precoce e a sensibilidade do procedimento no acompanhamento da maturação auditiva durante o primeiro ano de vida.

Alvarenga et al (2012) em estudo com crianças com o espectro da neuropatia auditiva implantadas e sugere que o componente P1 pode servir como marcador do centro de desenvolvimento auditivo cortical, além de ser um preditor no desempenho da percepção da fala na criança implantada.

Enfim, os potenciais evocados auditivos de longa latência também podem ser utilizados com ferramenta clínica para monitorar resultados de reabilitação auditiva e para guiar as escolhas de intervenção em crianças com deficiência auditiva (THABET, SAID, 2012) e em crianças com implante coclear (SHARMA, DORMAN & SPAHR, 2002; ALVARENGA et al, 2012; HE et al, 2012).

3. Análise crítica

A partir dos resultados da revisão da literatura aqui apresentada observa-se que informações atuais da literatura nacional e internacional evidenciam os Potenciais Evocados Auditivos (PEA) como instrumento diagnóstico promissor. Tais instrumentos diagnósticos permitem investigar o caminho do som da orelha até o córtex auditivo e contribuem significativamente para o diagnóstico diferencial entre as patologias do sistema auditivo periférico e central e suas relações com a linguagem humana.

Seu emprego enquanto método de investigação objetiva das habilidades auditivas ao nível do córtex tem contribuição inestimável às



ciências da saúde e educação e é uma das opções viáveis dentro do estudo da cognição humana. Permitir que a atividade cerebral humana seja monitorada em tempo real durante tarefas psicológicas, proporciona informações extremamente valiosas (JAEGER; PARENTE, 2010).

Na clínica fonoaudiológica, a contribuição atual do PEATE tem sido seu maior foco na avaliação em bebês, e na possibilidade de diagnóstico e intervenção precoce e a perspectiva de aquisição normal da linguagem e do desenvolvimento sócio-emocional da criança.

O potencial evocado auditivo de média latência tem tido uma aplicação clínica um pouco mais restrita em âmbito nacional. Na literatura da área, observa-se um maior número de estudos relativos à padronização de resposta em pacientes de diferentes faixas etárias e diagnósticos clínicos, como as afasias, bem como à variação de técnica de registro e estimulação.

O potencial evocado auditivo de longa latência tem sido empregado em populações fonoaudiológicas com disfasia, distúrbio na aprendizagem escolar, usuários de implante cocleares e aparelhos auditivos, quadros neurológicos, sindrômicos e neuropsiquiátricos maiores como a Esclerose Múltipla, Alzheimer, Doença de Parkinson, Síndrome de Down, Síndrome de Asperger e Autismo, para o estudo das funções cognitivas correlatas à linguagem.

A aprendizagem da linguagem falada e escrita implica a incorporação de elementos acústicos e a representação de suas características fonéticas de uma língua, o que faz do PEALL um potente instrumento de avaliação de pacientes com problemas de linguagem, e neste sentido, de grande utilidade à clínica fonoaudiológica.

Por outro lado, questões de pesquisa relativas aos efeitos do desenvolvimento e envelhecimento, influência de diagnósticos clínicos na resposta, conseqüências de variações nos métodos de estimulação, aquisição e registro, são foco de estudo e os resultados proporcionados por esses estudos são de grande relevância com o objetivo de reafirmar a utilidade dos PEA e para a investigação de correlatos eletrofisiológicos de variados



fenômenos físicos, clínicos e psicológicos (POLICH, 2007) e uso clínico efetivo e seguro destes procedimentos.

4. Considerações finais

As medidas eletrofisiológicas aqui apresentadas não são específicas para diagnóstico etiológico de patologias, mas fornecem informações importantes sobre o funcionamento do sistema auditivo e podem ser utilizadas no estudo do processamento de estímulos sonoros e da compreensão da fala, ligados a diversas patologias que afetam a linguagem e a cognição.

Na fonoaudiologia, as medidas eletrofisiológicas garantirão a possibilidade de associação dos aspectos comportamentais à resposta funcional cortical em diversas patologias e a correlação destes aos fenômenos fisiológicos observáveis em tempo real ao nível do sistema nervoso.

Nos últimos anos, a produção científica nacional e internacional relativa aos potenciais evocados auditivos evoluiu muito e grande esforço tem sido dispensado entre os pesquisadores da área. No entanto, sua indicação e aplicação ainda exigirão maior empenho na busca de investigações adaptadas à nossa realidade para a indicação e uso seguro dos métodos eletrofisiológicos em populações da clínica fonoaudiológica.

Referências bibliográficas

ACAR, M.; AYCAN, Z.; ACAR, B.; ERTAN, U.; PELTEK, H.N.; KARASEN, R.M. Audiologic evaluation in pediatric patients with type 1 diabetes mellitus. *Journal of pediatric endocrinology & metabolism : JPEM*. v. 25, p. 503-508, 2012.

ALMEIDA, M.G.; RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D.R. Potenciais evocados auditivos por frequência específica em lactentes com audição normal. *Revista CEFAC*, São Paulo, 2011.

ALVARENGA, K.F.; AMORIM, R.B.; AGOSTINHO-PESSE, R.S.; COSTA, O.A.; NASCIMENTO, L.T.; BEVILACQUA, M.C. Speech perception and cortical



auditory evoked potentials in cochlear implant users with auditory neuropathy spectrum disorders. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, v.76, p. 1332–1338, 2012.

ALVARENGA, K.F.; LAMÔNICA, D.C.; COSTA FILHO, O. A.; BANHARA, M.R. Estudo eletrofisiológico do sistema auditivo periférico e central em indivíduos afásicos. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, v. 63, n.1, p. 104-9, 2005.

AQUINO, A.M.; BARDÃO, R.; COLAFEMINA, J.F.; GONÇALES, A.S.; CASAGRANDE-SOUZA, M.R. O potencial endógeno nos distúrbios de atenção e memória auditiva. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, v. 66, p. 225-30, 2000.

AREHOLE, S.; AUGUSTINE, L.; SIMHADRI, R. Middle latency responses in children with learning disabilities: pre-liminary findings. *Journal of Communication Disorders*, v. 28, p. 21-38, 1995.

ASHA MEMBERS. Task Force on Central Auditory Processing Concensus. *American Journal of Audiology*, v. 5, p. 80-4, 1996.

BERGER, R. ; GOEZE, A. ; MÜLLER - MAZZOTTA, J. ; HANSCHMANN, H.; KADAIFCIU, B. ; EROGLU, E. Early Diagnosis of Infant Hearing Impairment after Introduction of Newborn Hearing Screening (UNHS). *Laryngorhinootologie*, v. 91, n. 10, p. 637-40, 2012.

BORGES, C.A.B.; MOREIRA, L.M.O.; PENA, G.M; FERNANDES, F.R.; BORGES, B.C.B.; OTANI, B.H. Triagem Auditiva Neonatal Universal. *International Archives of Otorhinolaryngology*, v.10, p. 28-34, 2006.

CASALI, R. L.; SANTOS, M.F.C. Auditory Brainstem Evoked Response: response patterns of full-term and premature infants. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, v. 76, n. 6, 2010.

CHANG, H.-W.; DILLON, H.; CARTER, L.; VAN DUN, B.; YOUNG, S.-T. The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility in infants with sensorineural hearing loss. *International Journal of Audiology*, v. 51, n. 9, p. 663-70, 2012.

DINIZ JÚNIOR, J. *Contribuição ao estudo do potencial evocado auditivo de longa latência em crianças [Dissertação]*. São Paulo: UNIFESP – Escola Paulista de Medicina de São Paulo; 1996.



DLOUHÁ, O. Cortical auditory evoked potentials in children with developmental dysphasia. *Prague Medical Report*, v.109, n. 4, p. 305-14, 2008.

DUARTE, J. L.; ALVARENGA, K. F.; GARCIA, T. M.; COSTA FILHO, O. A.; LINS, O. G. A resposta auditiva de estado estável na avaliação auditiva: aplicação clínica. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, v. 20, n. 2, p. 105-10, 2008.

FUJIKAWA-BROOKS, S.; ISENBERG, A. L.; OSANN, K.; SPENCE, M. A.; GAGE, N. M. The effect of rate stress on the auditory brainstem response in autism: a preliminary report. *International Journal of Audiology*, v. 49, p. 129–40, 2010.

GATTO, C.I. *Triagem auditiva: um programa experimental. [dissertação]*. Santa Maria: Universidade de Santa Maria; 2008.

HALL, J.W.; MUELLER, G. *Cortical auditory evoked response*. In: Audiologists' desk reference: diagnostic audiology principles and procedures. San Diego: Singular Publishing Group; p.319-87, 1998.

HALL, J.W. *Handbook of auditory evoked responses*. Boston: Allyn & Bacon, 2006.

HE, S.; GROSE, J.; HANG, A.X.; BUCHMAN, C.A. Cochlear implant-evoked cortical activation in children with cochlear nerve deficiency. *Otology and Neurotology*, v. 33, p. 1188-1196, 2012.

HOOD, L. A review of objective methods of evaluating auditory neural pathways. *Laryngoscope*, v. 109, n. 11, p. 1745-8, 1999.

JEONG, S.-W.; KIM, L.-S. Cochlear implantation in children with cochlear aplasia. *Acta Oto-Laryngologica*, v. 132, p. 910-915, 2012.

JIANG, Z.D.; PING, L.L.; CHEN, C.; WILKINSON, A.R. Brainstem auditory response findings in preterm infants after necrotizing enterocolitis. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 2012.

KÄLLSTRAND, J.; OLSSON, O.; NEHLSTEDT, S. F.; SKÖLD, M. L.; NIELZÉN, S. Abnormal auditory forward masking pattern in the brainstem response of individuals with Asperger syndrome. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, v. 24, n. 6, p. 289-96, 2010.

KLIN, A. Auditory Brainstem Responses in Autism: Brainstem Dysfunction or Peripheral Hearing Loss. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 23, p. 15–35, 1993.



KRAUS, N.; NICOL, T. Auditory evoked potentials. In: Binder, M. D.; HIROKAWA, N.; WINDHORST, U. (editors). *Encyclopedia of Neuroscience*. Berlin: Springer, p. 214-218, 2009.

KUJALA, T.; LEPISTO, T.; NIEMINEM-VON WENDT T.; NAATANEN, P.; NAATANEN, R. Neurophysiological evidence for cortical discrimination impairment of prosody in Asperger syndrome. *Neuroscience Letters*, v. 383, n. 3, p. 260-5, 2005.

LEE, Y.S.; LUEDERS, H.; DINNER, D.S.; LESSER, R.P.; HAHN, J.; KLEM, G. Recording of auditory evoked potentials in man using chronic subdural electrodes. *Brain*, v. 107, p.115-31, 1984.

MAGLIARO, F. C. L.; SCHEUER, C. I.; ASSUMPÇÃO JÚNIOR, F. B.; MATAS, C. G. Estudo dos potenciais evocados auditivos em autismo. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, Barueri, v. 22, n. 1, 2010.

MARTIN, D.A.; TREMBLAY, K.L.; STAPPELLS, D.R. *Principles and applications of cortical auditory Evoked Potentials*. In: Burkard, R.F.; DON, M.; EGGERMONT, J.J. Auditory Evoked Potentials: basic principles and clinical application. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, p. 482-507, 2007.

MATAS, C. G.; GONÇALVES, I. C.; MAGLIARO, F. C. L.; LEITE, R. A.; GUILHOTO, L. M. F. F. Avaliação audiológica e eletrofisiológica da audição na síndrome de Landau-Kleffner. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, v. 12, n. 2, p. 79-85, 2007.

MATAS, C. G.; GONÇALVES, I. C.; MAGLIARO, F. C. L. Avaliação audiológica e eletrofisiológica em crianças com transtornos psiquiátricos. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 2009.

MCPHERSON, D.L. *Late potentials of the auditory system*. San Diego: Singular Publishing Group, 1996.

MITTAL, R. ; RAMESH, A.V. ; PANWAR, S.S. ; NILKANTHAN, A. ; NAIR, S. ; MEHRA, P.R. Auditory neuropathy spectrum disorder: Its prevalence and audiological characteristics in an Indian tertiary care hospital. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, v. 76, n. 9, p. 1351-1354, 2012.

MUSIEK, F.E.; LEE, W.W. *Potenciais evocados auditivos de média e longa latência*. In: MUSIEK, F.E.; RINTELMANN, W.F. Perspectivas atuais em avaliação auditiva. Barueri: Manole, p. 239-267, 2001.



MCPHERSON, D.L.; BALLACHANDA, B.B.; KAF, W. *Middle and Longa Latency evoked potentials*. In: ROESER, R.J.; VALENTE, M.; DUNN, H.H. *Audiology: diagnosis*. New York: Thieme, p. 443-477, 2008.

NÄÄTÄNEN, R.; PAAVILAINEN, P.; RINNE, T.; ALHO, K. The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. *Clinical Neurophysiology*, v. 118, n. 12, p. 2544-90, 2007.

NUNEZ, P. L.; SRINIVASAN, R. *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

PRATT, H. Middle-Latency Response. In: BURKARD, R.F.; DON, M.; EGGERMONT, J.J. *Auditory Evoked Potentials: basic principles and clinical application*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, p. 463-481, 2007.

POLICH, J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, v. 118, n.10, p. 2128-2148, 2007.

PURDY, S.C.; KELLY, A.S.; DAVIES, M.G. Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities. *Journal of the American Academy Audiology*, v. 13, n. 7, p. 367-82, 2002.

PURDY, S.C.; KELLY, A.S. *Auditory evoked response testing in infants and children* In: MADELL, J.R.; FLEXER, C. *Pediatric Audiology: diagnosis, technology and management*. New York: Thieme, p. 132-44, 2008.

ROSENHALL, U.; NORDIN, V.; SANDSTROM, M.; AHLSEN, G.; GILLBERG, C. Autism and Hearing Loss. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1999.

ROSENHALL, U.; NORDIN, V.; BRANTBERG, K.; GILLBERG, C. Autism and auditory brainstem responses. *Ear and Hearing*, vol. 24, p. 206–14, 2003.

ROTH, D. A.; MUCHNIK, C.; SHABTAI, E.; HILDESHEIMER, M.; HENKIN, Y. Evidence for atypical auditory brainstem responses in young children with suspected autism spectrum disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 54, p. 23-9, 2012.

SCHOCHAT, E.; MUSIEK, F.E.; ALONSO, R.; OGATA, J. Effect of auditory training on the middle latency response in children with (central) auditory processing disorder. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 43, n. 8, p.777-85, 2010.



SHARMA, A.; DORMAN, M.F.; SPAHR, A.J. Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *Neuroreport*, v. 13, n.10, p.1365-8, 2002.

SIMÕES, M.B.; SOUZA, R.R.; SCHOCHAT, E. Efeito da supressão nas vias auditivas: um estudo com os potenciais de média e longa latência. *Revista CEFAC*, v. 11, p. 150-7, 2009.

SOUSA, L.C.A.; RODRIGUES, L.S.; PIZA, M.R.T.; FERREIRA, D.R.; RUIZ, D.B. Achado ocasional de doenças neurológicas durante a pesquisa da surdez infantil através do BERA. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, v. 73, n.3, p. 424-8, 2007.

THABET, M.T.; SAID, N.M. Cortical auditory evoked potential (P1): A potential objective indicator for auditory rehabilitation outcome. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2012.

VISIOLI-MELO, J.F.; ROTTA, N.T. Avaliação pelo P300 de crianças com e sem epilepsia e rendimento escolar. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, v.58, n. 2B, p.476-84, 2000.

WONG, V.; WONG, S. N. Brainstem auditory evoked potential study in children with autistic disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 21, p. 329–340, 1991.

RESUMO

Este capítulo sintetiza as principais técnicas de captação e análise dos potenciais evocados auditivos de curta, média e longa latência, enfatizando a contribuição de cada medida eletrofisiológica para o diagnóstico fonoaudiológico. A produção científica nacional e internacional relativa aos potenciais evocados auditivos esteve em expansão nos últimos anos. Mas ainda é necessário maior esforço entre os pesquisadores da área, especialmente em relação ao controle das variáveis da estimulação, dos parâmetros de registro e da análise do exame, na busca de investigações adaptadas à nossa realidade para a indicação e aplicação segura dos métodos eletrofisiológicos em populações da clínica fonoaudiológica.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrofisiologia; Potenciais evocados auditivos; Audição; Linguagem.



ABSTRACT

This article summarizes the main techniques used to capture and analyze auditory evoked potentials of short, medium and long latency, emphasizing the contribution of each electrophysiological measure for diagnosing speech. The national and international scientific production on auditory evoked potentials has been expanding in recent years. But more effort is still needed among researchers, especially in relation to the control variables of stimulation parameters and log analysis survey, seeking investigations adapted to our reality for the nomination and safe application of electrophysiological methods in populations of speech pathology and hearing clinical.

KEYWORDS: Electrophysiology; Auditory evoked potentials, Hearing; Language.

Endereço para correspondência

1º Autor: Simone Fiuza Regaçone

Fonoaudióloga Bolsista Treinamento Técnico – Projeto Auxílio Regular FAPESP (Processo 2012/07985-0) desenvolvido na Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FFC/UNESP- Marília – SP. simoneregacone@gmail.com

Endereço: Av. Vicente Ferreira, 1278, Bairro Cascata

Marília – SP. CEP: 17515-901 Caixa Postal 181

Fone: (14) 97289479

2º Autor: Ana Cláudia Bianco Gução

Fonoaudióloga Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FFC / UNESP – Marília – SP. Bolsista CAPES.

anac_fono@hotmail.com

Endereço: Endereço: Av. Vicente Ferreira, 1278, Bairro Cascata

Marília – SP. CEP: 17515-901 Caixa Postal 181

Fone: (14) 96753339

3º Autor: Ana Cláudia Figueiredo Frizzo

Fonoaudióloga Professor Assistente Doutor do Departamento de Fonoaudiologia e Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho -FFC/UNESP-Marília SP. anafrizzo@marilia.unesp.br

Endereço: Endereço: Av. Vicente Ferreira, 1278, Bairro Cascata

Marília – SP. CEP: 17515-901 Caixa Postal 181

Fone: (14) 91938663