UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

Natalia de Lima Leone

**Aplicabilidade do estímulo *chirp* na avaliação das perdas auditivas de grau
severo e profundo**

BAURU

2014

Natalia de Lima Leone

Aplicabilidade do estímulo *chirp* na avaliação das perdas auditivas de grau severo e profundo

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Fonoaudiologia.

Orientador: Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho

Versão corrigida

BAURU

2014

L553a de Lima Leone, Natalia

Aplicabilidade do estímulo *chirp* na avaliação das perdas auditivas de grau severo e profundo / Natalia de Lima Leone. – Bauru, 2014.

104 p.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho

Nota: A versão original desta dissertação/tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP

Protocolo nº:

DEDICATÓRIA

Às pessoas mais importantes da minha vida: Marco, Carla, Gabriela e Amanda.
Vocês que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado me dando o incentivo necessário em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, minha gratidão à Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida, iluminando minhas decisões, meus pensamentos e minhas atitudes, sendo minha fortaleza e meu refúgio nos momentos de dificuldade. Ter a Sua presença em minha vida vale muito a pena!

Aos meus pais, Marco e Carla, meus exemplos de caráter, decência, honestidade, educação e família. A minha formação só foi possível graças aos sacrifícios que fizeram e as muitas situações em que abriram mão de si mesmos por mim. Sem vocês, que me deram todo o apoio e força pra seguir minha caminhada, me dando os melhores conselhos, nada disso seria possível. Vocês me ensinaram as lições de vida mais importante e estarão pra sempre em meu coração. Amo vocês!

Às minhas irmãs, Gabriela e Amanda, que sempre estiveram presentes, seja por telefone, por internet, ou até mesmo dividindo o mesmo teto. Compreenderam os meus estresses, minhas loucuras e meus “chororos” e até mesmo fizeram parte deles. Sempre me dispensaram muito amor e companheirismo. Não tenho palavras para descrever o quanto vocês são importantes para mim!

Ao meu namorado Vinícius, sempre paciente e me estimulando a continuar nos momentos de desânimos e dificuldades. Obrigada por tudo!

Ao meu orientador Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho, inicialmente por ter me aceito como sua orientanda, por acreditar na possibilidade da execução deste trabalho e pelos grandes ensinamentos que me proporcionou.

À co-orientadora Pofa. Dra. Kátia de Freitas Alvarenga que despertou em mim o amor pela Audiologia. Agradeço pela acolhida, orientação e dedicação que dispensou à mim durante os anos do mestrado e também na Prática Profissionalizante. Sempre será meu referencial de ética e profissionalismo.

Ao Dr. Carlos Henrique Ferreira Martins, pelas contribuições dadas durante o exame de qualificação.

À toda equipe do CPA (Centro de Pesquisas Audiológicas), especialmente a Bete e Eliene que estavam sempre me socorrendo quando o equipamento resolvia parar de funcionar ou no processo de seleção de pacientes para participarem do meu estudo.

Às amigas da CAI (Clinica de Audiologia Infantil) que sempre estiveram dispostas a ajudar e compartilhar todo o conhecimento que tinham, além de sempre estarem

me incentivando a não desistir do caminho das pesquisas. Aprendi muitas coisas com vocês que levarei pra sempre comigo. Obrigada pela amizade.

Às amigas da XVIII turma de Fonoaudiologia da FOB/USP, algumas ainda em Bauru, outras já distantes, em outras cidades, mas sempre acompanhando os meus passos e ficando na torcida. Vocês fizeram parte de uma das melhores fases da minha vida e estarão guardadas pra sempre na minha memória e coração.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida.

“Entregue o seu caminho ao Senhor; confie nele, e o mais ele fará”

Salmo 37:5

RESUMO

Com a obrigatoriedade da triagem auditiva neonatal universal a partir do ano de 2010 em todo território brasileiro, maior número de crianças estão sendo submetidas ao diagnóstico audiológico logo nos primeiros meses de idade. O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico e o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável são amplamente utilizados para fechamento do diagnóstico audiológico nesta idade, já que auxiliam na caracterização da perda auditiva quanto ao grau, tipo e configuração. Os estímulos utilizados nestes procedimentos apresentam limitações inerentes às características acústicas de cada uma e devem ser consideradas pelo profissional no momento de analisar os resultados obtidos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar comparativamente a aplicabilidade do estímulo Narrow Band CE-*Chirp*® para prever os limiares psicoacústicos nas perdas auditivas sensorineurais de graus severo e profundo. Trata-se de um estudo prospectivo transversal, na qual foram avaliadas 28 crianças com perda auditiva neurossensorial com limiares superiores a 61 dBNA, idade entre 6 e 37 meses, sendo 15 do sexo feminino e 13 do sexo masculino. Os procedimentos utilizados foram: Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com os estímulos *tone burst* e Narrow Band CE-*Chirp*®, Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável e Audiometria com Reforço Visual ou Audiometria Lúdica Condicionada. Os resultados mostraram que os limiares eletrofisiológicos no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico foram mais próximos dos limiares psicoacústicos obtidos na Audiometria com Reforço Visual ou Audiometria Lúdica Condicionada quando utilizado o estímulo Narrow Band CE-*Chirp*® ao invés do *tone burst*. Na ausência de resposta no Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com ambos os estímulos, observou-se que o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável realizado em intensidades fortes apresentou boa correlação com os limiares psicoacústicos, contudo, a utilização de forte intensidade deve ser cuidadosa nas frequências de 2000 e 4000 Hz para não se obter limiares eletrofisiológicos que não são reais. Conclui-se então, que, clinicamente, a utilização do PEATE com o estímulo Narrow Band CE-*Chirp*® mostrou limiares eletrofisiológicos mais próximos dos limiares psicoacústicos da Audiometria com Reforço Visual/ Audiometria Lúdica Condicionada do que quando o estímulo utilizado foi o *tone burst*. Ainda assim, mais estudos devem ser realizados para verificar os benefícios deste estímulo na população infantil e com alguma alteração auditiva. O Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável, por utilizar estímulos em intensidades mais fortes, caracterizou a audição residual com precisão nas frequências de 500 e 1000 Hz.

Palavra chave: Audiometria de Resposta Evocada. Audiometria. Criança.

ABSTRACT

Applicability of *chirp* stimulus in severe and profound hearing loss assessment

With the requirement of universal newborn hearing screening from the year 2010, throughout the Brazilian territory, more children are undergoing audiologic diagnosis in their first months. The Brainstem Auditory Evoked Potential and the Steady State Evoked Potential are widely used for closing the audiologic diagnosis at this age, since they assist in the characterization of hearing loss as to the degree, type and configuration. The stimuli used in these procedures pose limitations inherent to the acoustic characteristics of each subject and should be taken into account by the professional analyzing the results. Therefore, this study aimed to compare the applicability of the Narrow Band CE-*Chirp*® stimulus to predict the psychoacoustic thresholds in severe and profound sensorineural hearing loss. This was a cross-sectional prospective study in which 28 children, being 15 females and 13 males, aged 6 to 37 months, presented with sensorineural hearing loss and with thresholds above 61 dBNA, were assessed. The used procedures were Brainstem Auditory Evoked Potential with *tone burst* stimuli and Narrow Band CE-*Chirp*®, Steady-state auditory evoked potential and audiometry with visual reinforcement or conditioned ludic audiometry. The results showed that the electrophysiological thresholds in the Brainstem Auditory Evoked Potential were closer to the psychoacoustic thresholds obtained in the visually reinforced audiometry or conditioned ludic audiometry when using the Narrow Band CE-*Chirp*® stimulus in lieu of the *tone burst*. In the absence of response in the Brainstem Auditory Evoked Potential with both stimuli, it was observed that the Steady State Auditory Evoked Potential performed at high intensities presented good correlation with the psychoacoustic thresholds, nevertheless, high intensity should be used with caution in the frequencies 2000 and 4000 Hz, for unreal electrophysiological thresholds not to be obtained. It was concluded that, clinically, the use of Brainstem Auditory Evoked Potential with the Narrow Band CE-*Chirp*® stimulus showed electrophysiological thresholds closer to psychoacoustic ones of the audiometry with visual reinforcement/conditioned ludic audiometry than when using the *tone burst*. Nevertheless, further studies should be performed to verify the benefits of this stimulus in children and with some hearing impairment. For using stimuli in higher intensities, the Steady-state auditory evoked potential characterized the residual hearing, accurately, at frequencies of 500 and 1000 Hz.

Key words:Audiometry, Evoked Response. Audiometry. Child.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

-FIGURAS

FIGURA 1 – Representação do espectro acústico do estímulo de banda larga CE- <i>Chirp</i> ® e do estímulo NB CE- <i>Chirp</i> ® nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	33
FIGURA 2 – Espectro acústico do estímulo NB CE- <i>Chirp</i> ® comparado com o estímulo <i>tone burst</i>	34

- GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústicos do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo <i>tone burst</i> e NB CE- <i>Chirp</i> ® e PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 500 Hz.....	66
GRÁFICO 2 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústicos do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo <i>tone burst</i> e NB CE- <i>Chirp</i> ® e PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 1000 Hz.....	67
GRÁFICO 3 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústicos do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo <i>tone burst</i> e NB CE- <i>Chirp</i> ® e PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 2000 Hz.....	68
GRÁFICO 4 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústicos do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo <i>tone burst</i> e NB CE- <i>Chirp</i> ® e PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 4000 Hz.....	69
GRÁFICO 5 – Comparação entre os limiares psicoacústicos do VRA/ALC e os limiares eletrofisiológicos do PEATE com os estímulos <i>tone burst</i> e/ou NB CE- <i>Chirp</i> ® nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	72
GRÁFICO 6 – Comparação entre os limiares eletrofisiológicos do PEAE (presente) e do PEATE com os estímulos <i>tone burst</i> e/ou NB CE- <i>Chirp</i> ® nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	73

GRÁFICO 7 – Comparação entre o limiar psicoacústico do VRA/ALC (presente) e os limiares eletrofisiológicos do PEAE (presente) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, nas orelhas com ausência de limiar eletrofisiológico no PEATE com os estímulos <i>tone burst</i> e NB CE-Chirp®.....	74
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mediana, percentil 25% e 75% da diferença entre os limiares eletrofisiológicos do PEATE com os estímulos <i>tone burst</i> e NB CE-Chirp®; do PEATE com ambos os estímulos com o PEAE e dos limiares psicoacústicos do VRA ou ALC com o PEATE e PEAE.....	70
Tabela 2 – Ocorrência da presença ou ausência dos limiares eletrofisiológicos do PEATE com estímulo <i>tone burst</i> e com estímulo NB CE-Chirp® e do PEAE, de acordo com o resultado do procedimento VRA/ALC.....	71

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PEAEE	Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável
ARV	Audiometria de Reforço Visual
VRA	Visual Reinforcement Audiometry
ALC	Audiometria Lúdica Condicionada
AASI	Aparelho de Amplificação Sonora Individual
IC	Implante Coclear
NB CE- <i>Chirp</i>	Narrow Band CE- <i>Chirp</i>
LS- <i>Chirp</i>	Level Specific <i>Chirp</i>
LSY- <i>Chirp</i>	Level Specific <i>Chirp</i> com espectro de amplitude modificado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	POTENCIAL EVOCADO AUDITIVA DE TRONCO ENCEFÁLICO	25
2.1.1	Estímulo <i>Tone Burst</i>	25
2.1.2	Estímulo <i>Chirp</i>	30
2.2	POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE ESTADO ESTÁVEL	41
3	PROPOSIÇÃO	51
4	MATERIAL E MÉTODOS	55
4.1	SELEÇÃO DA CASUÍSTICA	57
4.2	CASUÍSTICA	57
4.3	PROCEDIMENTOS	58
4.3.1	Audiometria de Reforço Visual – ARV	58
4.3.2	Audiometria Lúdica Condicionada – ALC	59
4.3.3	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico – PEATE	59
4.3.4	Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável – PEAAE	60
4.4	FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
5	RESULTADOS	63
6	DISCUSSÃO	75
7	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	85
	ANEXOS	99

1 Introdução

1 Introdução

1. INTRODUÇÃO

Com a implantação de programas de triagem auditiva neonatal e a discussão científica em torno dos benefícios do diagnóstico e intervenção da deficiência auditiva nos primeiros anos de idade, bem como o impacto da privação sensorial no processo maturacional do sistema auditivo, os serviços de saúde auditiva têm recebido crianças cada vez mais jovens para a realização do diagnóstico audiológico.

O processo do diagnóstico audiológico se completa quando é possível determinar a ausência ou a presença da perda auditiva e nestes casos identificar de forma objetiva e precisa o tipo, o grau e a configuração da alteração encontrada. Para tanto, na avaliação, recomenda-se a utilização de procedimentos comportamentais, eletroacústicos e eletrofisiológicos (JOINT COMMITTEE, 2007).

Na população infantil, o diagnóstico é fundamentado nos procedimentos eletrofisiológicos, que independem da resposta da criança frente à estimulação acústica, já que, devido às condições linguísticas, motoras e cognitivas pode ser difícil obter respostas precisas e confiáveis para os métodos comportamentais. Ainda assim, há a necessidade de confrontar a compatibilidade dos exames objetivos com as observações comportamentais.

O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) e o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE) são procedimentos eletrofisiológicos que permitem a avaliação da audição por frequência específica, além de predizer os limiares psicoacústicos.

Por volta de cinco, seis meses de idade, para crianças com desenvolvimento neuropsicomotor dentro dos padrões de normalidade, há a possibilidade de introduzir procedimentos comportamentais como a Audiometria de Reforço Visual (ARV), em inglês, conhecido como Visual Reinforcement Audiometry (VRA). É uma técnica na qual a criança deve responder aos estímulos auditivos com o reflexo de orientação, virando a cabeça em direção ao estímulo visual, que estará localizado lateralmente à ela, que vem como reforço positivo frente ao seu comportamento (LIDÉN; KANKKUNEN, 1969; WIDEN, 1993; WIDEN et al., 2000). O procedimento VRA pode ser realizado em campo livre, com fones convencionais ou com fone de inserção, sendo as últimas duas opções a mais indicada por permitir a avaliação das orelhas separadamente. Esta técnica deve ser realizada até os dois anos e meio, já que a partir desta idade, a criança parece não ter mais interesse pelo estímulo

1 Introdução

visual reforçador (MOORE; THOMPSON; THOMPSON, 1975; SUZUKI; OGIBA, 1961). Por isto, a partir desta idade, utiliza-se a Audiometria Lúdica Condicionada (ALC), na qual a criança deverá realizar uma tarefa motora (encaixar brinquedos, colocar objetos dentro de recipientes) frente à estimulação auditiva.

A conduta de intervenção mais comum para perdas auditivas sensorineurais é a indicação de aparelho de amplificação sonora individual (AASI), o qual permite a amplificação dos sons trabalhados na terapia fonoaudiológica, durante o processo terapêutico de reabilitação auditiva. A adaptação do AASI ocorre de forma individual de acordo com as necessidades auditivas, baseada nos resultados da avaliação audiológica.

Contudo, crianças com perdas auditivas sensorineurais de graus severo e profundo, podem não apresentar benefícios com este tipo de dispositivo, e nestes casos, as mesmas tornam-se candidatas para o uso de implante coclear (IC) (COSTA FILHO; BEVILACQUA; MORET, 1996; MORAES et al., 2001). Ao considerar a importância da precisão dos limiares auditivos por frequência específica, que auxiliará no processo de regulação do AASI para que se obtenha o melhor benefício possível e, nos casos de pouco resultado no processo terapêutico, se tenha segurança de concluir que o resultado é consequência do grau da perda auditiva e não de uma adaptação inadequada, faz-se necessário estudar estímulos disponíveis nos sistemas de potenciais evocados a fim de determinar aquele que possibilita resultados mais fidedignos para estimar limiares psicoacústicos.

O estímulo *tone burst*, comumente utilizado para registrar o PEATE por frequência específica, é um estímulo de breve duração, incluindo platô e rise/fall, sendo os dois últimos com duração muito reduzida, visando o disparo mais sincrônico das fibras auditivas. É caracterizado por um espectro de frequência com energia centrada nas frequências de estimulação, geralmente 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. As suas características acústicas geram uma diminuição na sincronia neural para as frequências graves, principalmente 500 Hz, já que ocorre a dispersão da energia da onda sonora ao longo da membrana basilar até chegar no feixe de fibras correspondente a esta frequência, o que reflete na morfologia do registro e consequentemente dificuldade na detecção das respostas.

Diante deste fato, pesquisadores estão estudando aspectos que poderiam ser modificados na construção de um novo estímulo, conhecido como *chirp*, visando melhorar a detecção das respostas. Inicialmente, os *chirps* desenvolvidos correspondiam a estímulos de banda larga e compensavam o tempo gasto pela onda de deslocamento progressivo na cóclea,

1 Introdução

atrasando a apresentação dos componentes das frequências agudas em relação as frequências graves para que as diferentes regiões ao longo da membrana basilar fossem estimuladas e despolarizadas simultaneamente, gerando respostas com melhor sincronia (LÜTKENHÖNER et al., 1990; DAU et al., 2000; FOBEL; DAU, 2004; ELBERLING et al., 2007). Posteriormente *chirps* correspondentes a estímulos de frequência específica foram desenvolvidos (BELL; ALLEN; LUTMAN, 2002; STÜRZEBECKER et al. 2006, ELBERLING; DON, 2010) Atualmente, observa-se um aumento gradativo de estudos com o estímulo *chirp* na literatura da área, apresentando resultados promissores em indivíduos nas diversas faixas etárias, com audição normal ou perda auditiva. Ao considerar estes resultados, surgiu o interesse em analisar de maneira comparativa aos estímulos já existentes nos sistemas de potenciais evocados, qual a contribuição do estímulo *chirp* na precisão do diagnóstico audiológico infantil.

1 Introdução

2 Revisão de Literatura

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE TRONCO ENCEFÁLICO

O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico corresponde a atividade elétrica que ocorre no sistema auditivo frente à estimulação acústica. Além de avaliar a integridade funcional das vias do sistema auditivo periférico e central, permite predizer o limiar psicoacústico (HALL, 1992; HOOD, 1998; WEBER, 1999; BELL; ALLEN; LUTMAN, 2002; RODRIGUES; ALMEIDA; LEWIS, 2009; MATAS; NEVES, 2009), ou seja, apesar de não ser um teste de audição, é possível fazer inferências sobre a sensibilidade auditiva baseada na presença ou ausência das respostas.

2.1.1. ESTÍMULO *TONE BURST*

Davis et al. (1985) sugeriram que a avaliação de crianças com PEATE com o estímulo *tone burst* é confiável clinicamente, permitindo inferências sobre o sistema auditivo periférico, além de fornecer dados importantes para a adaptação de dispositivos eletrônicos em crianças com perda auditiva, bem como a necessidade do fator de correção entre os limiares eletrofisiológicos e psicoacústicos.

Sininger e Abdala (1996) compararam dados de diversos estudos de recém-nascidos a termo e adultos com audição normal, que foram avaliados com PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1500, 4000 e 8000 Hz. Todos os estudos concluíram que os limiares eletrofisiológicos encontrados para neonatos são mais elevados do que para adultos cerca de 5 a 25 dBNA, sendo a imaturidade do sistema auditivo o fator mais provável para este aumento.

Sininger, Abdala e Cone-Wesson (1997) avaliaram 84 recém-nascidos e 22 adultos, todos com audição normal, por meio do PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1500, 4000 e 8000 Hz para comparação dos limiares obtidos em ambas as populações. Concluíram que os limiares em neonatos para todas as frequências são maiores do que para os adultos cerca de 3 a 25 dBNA, sendo essa diferença maior para as frequências altas, o que foi explicado pela imaturidade neural do sistema auditivo para as frequências mais altas nas crianças.

2 Revisão de Literatura

Sininger, Cone-Wesson e Abdala (1998) avaliaram 72 recém-nascidos com audição normal com PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1500, 4000 e 8000 Hz a fim de comparar as resposta quanto ao sexo e orelha. Quanto ao sexo, os autores concluíram que os limiares e a amplitude da onda V foram menores e a latência maior para o sexo masculino do que para o sexo feminino. Em relação à orelha, não observaram diferença quanto à latência, já em relação à amplitude foi maior para a orelha direita, com consequente limiar eletrofisiológico menor para a orelha direita.

Stapells (2000a) correlacionou 32 estudos que pesquisaram o limiar eletrofisiológico com PEATE por frequência específica em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, totalizando 1203 indivíduos, sendo 524 adultos e 679 crianças e destes 815 apresentavam audição normal e 815 apresentavam perda auditiva sensorineural. Os resultados demonstraram que para as crianças com audição normal, a média dos limiares eletrofisiológicos nas frequências de 500, 1000 e 2000, 4000 Hz foram 16,9; 17,4; 13,6 e 15,5 e são semelhantes aos dos adultos para as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, enquanto que para a frequência de 4000 Hz são ligeiramente mais elevados para as crianças. Nas crianças com perda auditiva sensorineural os limiares eletrofisiológicos foram em média 5,5; 4,9; 0,6 dB mais elevados que os limiares comportamentais para as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, respectivamente. Para a frequência de 4000 Hz o limiar eletrofisiológico foi em média 8,1 dB abaixo do limiar comportamental. O autor concluiu que esta avaliação fornece informações precisas sobre a configuração audiométrica bem como auxilia no processo de adaptação de amplificação sonora.

Ribeiro (2002) realizou um estudo com 30 recém-nascidos pré-termo e 20 a termo com o PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1500 e 4000 Hz, no qual constatou que a latência da onda V para o grupo de recém-nascidas a termo é mais curta do que para o outro grupo em todas as frequências. Concluiu que este procedimento pode ser útil tanto para triagem auditiva neonatal como para o diagnóstico audiológico.

Araújo (2004) estudou PEATE com estímulo *tone burst* na frequência de 1000 Hz em 10 recém-nascidos ouvintes sem indicadores de risco para perda auditiva, estabelecendo dados normativos quanto à latência e limiar eletrofisiológico que foi de 35 dBNA. Concluiu que a realização do PEATE com este estímulo é viável nesta população e que os resultados obtidos podem ser considerados compatíveis com audição normal.

2 Revisão de Literatura

Hurley, Hurley e Berlin (2005) desenvolveram um estudo com 305 crianças com pelo menos um fator de risco para deficiência auditiva com idades entre 33 e 74 meses. Aplicou PEATE *tone burst* na frequência de 500 Hz e estabeleceu valores de latência absoluta para as intensidades de 55, 35 e 25 dBNA. Concluíram que a latência tem uma diminuição progressiva com o aumento da idade, mas não se estabiliza por volta da 70ª semana.

Gorga et al. (2006) registraram PEATE *tone burst* na frequência de 250 Hz em 77 indivíduos com audição normal, sendo que 71 deles tinham menos que cinco anos. Como resultado, observaram forte correlação entre o limiar eletrofisiológico e comportamental, indicando que este procedimento pode trazer informações clínicas importantes sobre o limiar auditivo.

Rance, Tomlin e Rickards (2006) desenvolveram um estudo longitudinal com 17 recém-nascidos a termo entre zero e seis semanas de idade. Foi realizado PEATE *tone burst* e PEAEF nas frequências de 500 e 4000 Hz. Os resultados mostraram que os limiares eletrofisiológicos para o PEATE variou entre 36,8 e 36,2 para a frequência de 500 Hz e entre 16,5 e 15,9 para a frequência de 4000 Hz. Já para o PEAEF a variação foi de 39,7 a 44,4 para a frequência de 500 Hz e de 37,9 a 32,1 para 4000 Hz. Concluíram que o PEATE *tone burst* pode oferecer uma base mais confiável na predição dos níveis de audição de lactentes nas primeiras semanas de idade do que o PEAEF, já que o último é mais afetado pelo desenvolvimento maturacional do que o PEATE.

Külekçi et al. (2007) registraram PEATE *tone burst* na frequência de 500 Hz e nas intensidades de 70, 55 e 30 dBNA em 77 crianças, com idade entre 40 semanas e dois anos de idade e 20 adultos, ambos grupos com audição normal. A amostra de crianças foi dividida em seis grupos e os resultados da latência absoluta da onda V foi comparada com a do grupo de adultos. Concluíram que a latência diminui com o aumento da intensidade e não se mostrou madura até os dois anos de idade.

Lee et al. (2007) registraram PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em 94 crianças com audição normal. Quanto à latência absoluta da onda V, observaram que é maior para as frequências graves e em menores intensidades. Definiram como padrão de normalidade as intensidades de 30 dBNA para as frequências de 500 e 1000 Hz e 25 dBNA para as frequências de 2000 e 4000 Hz.

Ribeiro e Carvalho (2008) estudaram 50 recém-nascidos, sendo 20 deles nascidos a termo e os outros 30 nascidos pré - termo. Foi aplicado PEATE *tone burst* nas frequências

2 Revisão de Literatura

de 500, 1500 e 4000 Hz nas intensidades de 70, 50, 30 e 20 dBNA. Foi possível observar claras respostas em 30 dBNA para ambos os grupos. O grupo a termo obteve menores latências do que o grupo pré-termo e isto pode ser justificado pelo fator maturação. Concluíram que é uma técnica confiável para a realização do diagnóstico precoce da deficiência auditiva.

Lee et al. (2008) correlacionaram os limiares eletrofisiológicos obtidos por PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com os limiares comportamentais obtido pela audiometria comportamental a fim de verificar a interferência dos efeitos da idade e do grau da perda auditiva. Participaram do estudo 1281 crianças com idade entre três meses e três anos de vida. Observaram que com relação à perda auditiva, quanto maior o grau maior a correlação entre os limiares. Quanto à audição normal, a maior correlação entre os limiares foram observadas nas frequências de 2000 e 4000 Hz, sendo que para todas as frequências a diferença média entre eles foi menor que 10 dBNA.

Almeida (2009) realizou um estudo com 23 recém-nascidos com audição normal e sem nenhum risco para a deficiência auditiva. Registrou PEATE com *tone burst* nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Os resultados mostraram que os limiares eletrofisiológicos de 35 dBNA para a frequência de 500 Hz, de 25 dBNA para a frequência de 1000 Hz e de 20 dBNA para as frequências de 2000 e 4000 Hz podem ser utilizados como parâmetros na interpretação clínica. Concluiu que este procedimento auxilia no diagnóstico audiológico para estimar a sensibilidade auditiva nestas frequências, podendo ser utilizado na prática clínica para crianças que não respondem de forma fidedigna a avaliação comportamental.

Rodrigues, Almeida e Lewis (2009) realizaram um estudo de caso com uma lactente de três meses de idade com perda auditiva sensorioneural avaliada com PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Concluíram que esta técnica é eficiente para estimar os limiares auditivos, confirmando o diagnóstico de perda auditiva.

Werf, Prieve e Georgantas (2009) tiveram o objetivo de estabelecer dados normativos para limiares eletrofisiológicos de PEATE *tone burst* por condução aérea e óssea nas frequências de 500, 2000 e 4000 Hz. Foram estudadas 70 lactentes com idade de até três meses de idade com audição normal, com ou sem alterações condutivas. Obtiveram como média dos limiares eletrofisiológicos para as frequências de 500, 2000 e 4000 Hz

2 Revisão de Literatura

respectivamente 26,8; 14,3 e 11,8 dBNA. Concluíram que este procedimento pode ser realizado em sono natural, além de ser um confiável protocolo de avaliação audiológica.

Cavalcante (2010) submeteu 61 recém-nascidos, sendo 30 deles pré-termo e 31 a termo a avaliação com PEATE *tone burst* nas frequências de 500, 2000 e 4000 Hz. Concluiu que nem sempre foi possível observar a onda I e III, mesmo em intensidades mais fortes, que a latência absoluta da onda V é maior para frequências mais baixas e para recém-nascidos pré-termo e que a intensidade de 30 dBNA pode ser utilizada para predição da sensibilidade auditiva normal nessa faixa etária.

Almeida, Rodrigues e Lewis (2011) submeteram 23 lactentes com audição normal ao PEATE com *tone burst* nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Os resultados mostraram que a média dos limiares encontrados nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foram respectivamente 34,2; 25,4; 19 e 17,5 dBNA. Concluíram que há um aumento da latência com a diminuição da intensidade, assim como com a diminuição da frequência, sendo este último justificado pelo tonotopismo coclear.

Porto, Azevedo e Gil (2011) avaliaram PEATE *tone burst* e PEAAE na frequência de 2000 Hz em 36 lactantes, sendo 17 deles nascidos pré - termo e 19 nascidos a termo com o objetivo de investigar a aplicabilidade clínica destes procedimentos. Concluíram que ambas as técnicas podem ser utilizadas na prática clínica para estas populações e que as respostas mínimas obtidas para o PEATE foi de 32,2 dBNA enquanto que pra o PEAAE foi 13,8 dBNA.

A pesquisa do PEATE com estímulo *tone burst* fornece informações valiosas sobre a sensibilidade auditiva e configuração audiométrica por frequência específica, com boa concordância entre os limiares eletrofisiológicos e comportamentais, embora haja a necessidade de fator de correção, principalmente para as frequências mais baixas já que podem ser difíceis de serem visualizadas em decorrência da menor amplitude das respostas (GORGA et al., 1984; TAKAGI; SUZUKI; KOBAYASHI, 1985; LAUKLI; MAIR, 1986; GORGA et al., 1988; FJERMEDAL; LAUKLI, 1989; GORGA et al., 1992; GORGA et al., 1993; BEATIE; GARCIA; JHONSON, 1996; HURLEY; MOREHOUSE; SELLS, 1997; BEATIE; TORRE, 1997; STAPELLS, 2000(b); MOBLEY; GIBSON, 2000; NAGÃO; MATAS, 2001; PURDY; ABBAS, 2002; JHONSON; BROWN, 2005; PINTO; MATAS, 2007; ALMEIDA et al., 2010; CANALE et al., 2012). A diminuição da amplitude e o aumento da latência das respostas para as frequências graves podem ser explicados pelas

2 Revisão de Literatura

características do estímulo e pelo processo da onda de deslocamento progressivo na cóclea, o qual ocorre da base para o ápice.

Nesta perspectiva, nos últimos anos, novo estímulo vem sendo estudado, conhecido como *chirp*, que será descrito abaixo.

2.1.2. ESTÍMULO *CHIRP*

De acordo com a literatura da área, a primeira tentativa de inserir o *chirp* na eletrofisiologia ocorreu quando Shore e Nuttall (1985) tentaram compensar o atraso da onda de deslocamento progressivo na cóclea utilizando *tone burst* de frequência exponencialmente crescente a partir de gravações de potenciais de ação composto em cobaias, baseados nas propriedades mecânicas da cóclea. Concluíram que um estímulo que ativasse simultaneamente todas as fibras do nervo auditivo ao longo da membrana basilar aumentaria a sincronia neural e consequentemente a amplitude das respostas.

Lutkenhöner et al (1990) desenvolveram um estímulo *chirp* baseado no atraso da onda de deslocamento progressivo na cóclea e registraram o PEATE em quatro adultos com audição normal e em quatro diferentes níveis de intensidade. Os autores observaram que este estímulo resultou em respostas com maiores amplitudes da onda V do que o *click*, fazendo-os concluir que o *chirp* provocou melhora da sincronia neural, principalmente nas intensidades moderadas e próximas dos limiares auditivos.

Dau et al. (2000) criaram um estímulo *chirp* baseado no modelo coclear de Boer (1980), onde os componentes das frequências agudas são atrasadas em relação aos componentes das frequências graves, gerando deslocamentos máximos na membrana basilar de todos os componentes de frequências, aumentando a sincronia neural, posteriormente designado M-*chirp* por Fobel e Dau (2004). Este *chirp* foi calculado a partir do inverso do atraso da onda de deslocamento progressivo na cóclea e foi utilizado na gravação do PEATE em 10 indivíduos adultos com audição normal. Quando comparado com o estímulo *click*, obtiveram respostas com maiores amplitudes da onda V e permite a inclusão da atividade de regiões de baixas frequências, podendo ser de uso clínico para avaliação da integridade de todo órgão periférico e não somente da porção basal da cóclea. Também desenvolveram um *chirp* com características opostas a este *chirp*, porém a amplitude das respostas foi menor do

2 Revisão de Literatura

que para o *click*, o que os levou a concluir que a sincronia neural pode ser afetada com mudança nas características do estímulo.

Hekimoglu, Özcan e Delgado (2001) estudaram PEATE com estímulo *chirp* criado por Dau et al. (2000) e com o estímulo *click*. Foram analisadas 11 orelhas de adultos com audição normal. Os autores observaram que o estímulo *chirp* evocou respostas com maiores amplitudes que o estímulo *click*, com consequente melhor relação sinal-ruído e detecção das respostas. Associaram os melhores resultados à maior sincronia neural propiciada pelo estímulo *chirp*.

Bell, Allen e Lutman (2002) desenvolveram quatro estímulos *chirp* de frequência específica correspondente a gama de frequência de 375-750, 750-1500, 1500-3000 e 3000-6000 Hz, com as mesmas especificações do desenvolvido por Dau et al (2000). Avaliaram o PEATE com estes estímulos em 10 adultos ouvintes normais, variando entre as intensidades de 10 e 50 dBNA. Os limiares eletrofisiológicos obtidos foram mais próximos dos limiares comportamentais, quando comparado com o estímulo *tone burst*, sendo a diferença média entre eles de 16 dB para as frequências altas e 25 dB para as frequências baixas. As latências médias para as frequências altas e intensidade de 50 dBNA e 10 dBNA foram respectivamente 7 e 9 ms, já para as frequências baixas, foram elas 10 e 13 ms, ou seja, a latência aumenta com a diminuição da intensidade contrariamente a amplitude que diminui com o aumento da intensidade. Porém, estes estímulos desencadearam respostas de frequências indesejadas na membrana basilar, estimulando uma região mais ampla na cóclea, o que pode gerar uma utilidade clínica limitada. Caso os resultados de mais estudos com este estímulo em indivíduos com audição normal sejam promissores, os autores sugeriram também que estudos em indivíduos com deficiência auditiva sejam realizados para verificar se nesta população também traz benefícios.

Wegner e Dau (2002) com base no estímulo *chirp* criado por Dau et al (2000), pesquisaram PEATE com estímulo *chirp* de banda larga semelhante ao *click* com estímulo *chirp* de baixa frequência em nove adultos com audição normal e puderam observar maior amplitude da onda V para o *chirp* quando comparado com o estímulo *click* e com o estímulo de frequência específica de 250 Hz. Também observaram latências das respostas da onda V menores para o *chirp* de baixa frequência do que para o estímulo de frequência específica de 250 Hz. Concluíram que o *chirp* pode ser de grande interesse para obtenção de informações de baixas frequências.

2 Revisão de Literatura

Fobel e Dau (2004) desenvolveram dois estímulos *chirps* diferentes, sendo um deles baseado no atraso da onda sonora estimado pela latência das emissões otoacústica (O-*chirp*) e o outro no tempo estimado de deslocamento do som pela cóclea na latência do PEATE com estímulo *tone burst* (A-*chirp*). Ambos os estímulos foram avaliados com PEATE em nove adultos com audição normal, nas intensidades entre 10 e 60 dBNPS. As respostas foram comparadas com o M-*chirp* que é um estímulo baseado nas características mecânicas da cóclea descritas por Boer (1980) e também com o *click*. Todos os estímulos *chirps* geraram respostas da onda V com amplitudes maiores que as do *click*, porém o A-*chirp* resultou em amplitudes de respostas três vezes maiores, especialmente em intensidade mais fracas, o que os levou a concluir que este modelo poderia ser usado para aplicações clínicas.

Stürzebecher et al. (2006) desenvolveram estímulos *chirps* de frequência específica baseados no modelo coclear de Boer (1980) com o objetivo de compensar o atraso da onda de deslocamento progressivo na membrana basilar e também melhorar a detecção das respostas na frequência de 500 Hz, já que a amplitude das respostas para esta frequência são menores em decorrência da intervenção de artefatos elétricos. Estes estímulos de frequências específicas (500, 1000, 2000 e 4000 Hz) tem um novo design que combina a compensação do atraso da onda de deslocamento progressivo na membrana basilar com um método de detecção que utiliza vários harmônicos (q sample test). Estudaram PEATE em 70 adultos com audição normal e concluíram que este estímulo é capaz de gerar maior sincronia neural, eliciando respostas com amplitudes maiores bem como relação sinal – ruído melhor. Quanto à frequência de 500 Hz, observaram a diminuição dos riscos de detecção de artefatos.

Elberling et al. (2007) desenvolveram três novos modelos de estímulo *chirp* e avaliaram resposta de RAEE em dois níveis de estimulação (30 e 50 dBNA) em 49 adultos com audição normal. O primeiro dos estímulos foi denominado “Don *chirp*” e foi baseado nas latências de bandas derivadas do PEATE, o segundo denominado “Neely *chirp*” foi baseado nas latências do PEATE a *tone burst* e o terceiro denominado “de Boer *chirp*” baseado nas propriedades mecânicas da cóclea. Concluíram que para todos os níveis de estimulação os *chirps* eliciaram respostas com maiores amplitudes quando comparados com o *click* e que na intensidade de 50 dBNA o “Don *chirp*” foi significativamente melhor que os outros dois *chirps* e foi denominado CE-*Chirp*®.

Elberling, Cebulla e Stürzebecher (2007) estudaram estímulos *chirp* de frequência específica para o diagnóstico audiológico com PEATE. Avaliaram 10 adultos com

2 Revisão de Literatura

audição normal com o estímulo *chirp* de frequência específica que foi criado tendo como base o modelo de atraso do estímulo banda larga CE-*Chirp*®, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz e posteriormente foi denominado como Narrow Band CE-*Chirp*® (NB CE-*Chirp*®), como pode ser visto na Figura 1. Os resultados mostraram que as diferenças entre os limiares eletrofisiológicos do PEAAE com os limiares psicoacústicos da audiometria foram em média 11 dBNA para a frequência de 500 Hz, 10,3 dBNA para a frequência de 1000 Hz, 6 dBNA para a frequência de 2000 Hz e 12,8 para a frequência de 4000 Hz. Concluíram que este estímulo é eficiente para o diagnóstico audiológico com o PEAAE, porém, é necessário estudos com indivíduos adultos com deficiência auditiva e crianças pequenas.

Fonte: Adaptado de Interacoustics. Disponível em: www.interacoustics.com

Figura 1 – Representação do espectro acústico do estímulo de banda larga CE-*Chirp*® e do estímulo NB CE-*Chirp*® nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz

A Figura 2 mostra a diferença entre o espectro acústico do estímulo NB CE-*Chirp*® e do estímulo *tone burst*, sendo possível observar que o tempo de apresentação do estímulo NB CE-*Chirp*® nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz acontece antes do tempo de apresentação do estímulo *tone burst*.

2 Revisão de Literatura

Fonte: Adaptado de Interacoustics. Disponível em: www.interacoustics.com

Figura 2 – Espectro acústico do estímulo NB CE-Chirp® comparado com o estímulo *tone burst*.

Elberling e Don (2008) estudaram PEATE com o estímulo *chirp* baseado nas latências de bandas derivadas do PEATE em 10 adultos com audição normal em dois níveis de intensidade (50 e 60 dB nHL). Encontraram amplitudes de respostas maiores para o *chirp* do que para o *click* e observaram que quanto menor a intensidade maior a amplitude para o *chirp*, além também de a latência das respostas serem menores para o *chirp* do que para o clique. Observaram também que em intensidades mais fortes o *chirp* pode gerar respostas de uma região mais ampla na cóclea, gerando um efeito de dessincronia, o que geraria um *chirp* menos eficaz do que o clique em indivíduos com audição normal.

Chertoff, Lichtenhan e Willis (2010) estudaram as latências e amplitude do Potencial de Ação Composto em 16 adultos ouvintes normais, comparando as respostas com o estímulo *click* e com o estímulo *chirp*. Os resultados mostraram que as respostas evocadas por *chirp* eram melhores do que por *click*, visto que a amplitude era maior e a latência menor, o que sugere que as fibras do nervo auditivo respondem com mais sincronia para este estímulo. Concluíram que este estímulo pode ser útil na prática clínica, principalmente em indivíduos com perda auditiva sensorioneural que apresentam respostas com morfologia ruim, latências aumentadas e amplitudes diminuídas.

Petoe, Bradley e Wilson (2010a) avaliaram 32 adultos com audição normal com PEATE com o estímulo *click* e com o estímulo *chirp* (M-*chirp* e A-*chirp*) na intensidade de 40 dBNA a fim de verificar a sincronia neural gerada por ambos estímulos. Observaram

2 Revisão de Literatura

que com o estímulo *chirp* a amplitude da onda V é maior que para o *click*, em decorrência do maior número de recrutamento neural e não exclusivamente da maior sincronia neural. Também observaram a diminuição da amplitude ou ausência das ondas anteriores à V na maioria dos indivíduos e maior variabilidade da latência, o que dificulta a normatização do valor da latência. Também relataram que a variedade da cóclea nos indivíduos deve ser levada em conta no momento de compensar o atraso da onda de deslocamento progressivo.

Elberling, Callø e Don (2010) estudaram PEATE com estímulo *chirp* com cinco diferentes durações (taxa de varredura), denominados *chirp* 1, *chirp* 2, *chirp* 3, *chirp* 4 e *chirp* 5 e em três intensidades diferentes, sendo elas 60, 40 e 20 dBNA, em 10 adultos com audição normal. Concluíram que as respostas para o *chirp* geraram respostas com maiores amplitudes e que os *chirps* mais curtos são mais eficientes em intensidades mais altas, enquanto que os mais longos são mais eficientes em intensidades mais baixas. Sugerem que estudos com indivíduos com deficiência auditiva sejam realizados, em decorrência de não se conhecer se este estímulo trará resultados semelhantes aos dos indivíduos com audição normal.

Cebulla e Elberling (2010) construíram cinco *chirps* de diferentes durações baseados em diferentes versões de modelos de atraso, denominando-os *chirp* 1, *chirp* 2, *chirp* 3, *chirp* 4 e *chirp* 5. Compararam-no com o estímulo *click* na avaliação do PEATE em 50 adultos com audição normal nas intensidades de 50 e 30 dBNA. Observaram as ondas III e o complexo IV-V claramente em 30 dBNA, porém na intensidade de 50 dBNA estes detalhes tornam-se menos claros, principalmente para *chirps* mais longos. Obtiveram respostas com amplitudes maiores e latências menores para o *chirp* do que para o estímulo *click*. Concluíram que para a intensidade de 50 dBNA o *chirp* mais curto foi mais eficiente enquanto que para a intensidade de 30 dBNA o *chirp* mais longo é que foi mais eficiente. O *chirp* parece oferecer maior vantagem que o *click* nas intensidades mais baixas. Sugerem a avaliação deste estímulo em indivíduos com deficiência auditiva de diferentes tipos e graus para verificar se os resultados seriam os mesmos.

Petoe, Bradley e Wilson (2010b) tinham como objetivo examinar a sincronia neural evocada pelo estímulo *chirp* em intensidades baixas assim como a variação de duração do mesmo no PEATE. Avaliaram 32 adultos com audição normal com o estímulo A- *chirp* e mais três, derivados deste, com diferentes durações e o *click*, sendo todos apresentados em intensidades de 25 dBNPS. Os resultados sugerem que o estímulo *chirp* apresenta maior

2 Revisão de Literatura

sincronia do que o estímulo *click* evidenciado pela maior amplitude de resposta da onda V. Concluíram que, para a intensidade estudada, o estímulo *chirp* evocou respostas mais sincrônicas do que o estímulo *click*, além de terem encontrado diferenças nas respostas entre os sexos. Puderam observar que o *chirp* mais curto evocou respostas menos sincrônicas nos homens, enquanto que o *chirp* mais longo evocou respostas menos sincrônicas nas mulheres. Sugeriram que a adaptação dos parâmetros do estímulo *chirp* em relação ao sexo pode ser benéfica e que o A-*chirp* é apropriado para o trabalho clínico.

Elberling e Don (2010) sugeriram que os estímulos *chirp* anteriormente desenvolvidos são difíceis de aplicar de forma adequada já que dependem da influência de diferentes mecanismos. Criaram então um modelo baseado a partir das latências do PEATE obtidas em resposta a uma série de estímulos de frequência específica que são formados por decomposição do estímulo *chirp* de banda larga, levando em consideração o atraso da onda de deslocamento progressivo na cóclea, bem como as diferenças de intensidade. Este novo modelo fornece estimativas do atraso de cada frequência que o *chirp* deve compensar. Compararam as respostas de PEATE com o estímulo CE-*Chirp*® com o estímulo *chirp* de frequência específica nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em 25 adultos com audição normal e em seis níveis de estimulação (10, 20, 30, 40, 60, 80 dBNA) Concluíram que este estímulo *chirp* seria o mais eficiente para a gravação do PEATE e posteriormente ficou conhecido como Level Specific *Chirp* (LS-*Chirp*).

Rodrigues e Lewis (2010a) submeteram sete adultos com audição normal ao PEATE com estímulo *click* e CE-*chirp* ® e compararam os resultados obtidos. As autoras puderam concluir que para as intensidades mais elevadas, a latência absoluta da onda V para o estímulo *chirp* é maior que para o *click*, já em intensidades menores o inverso ocorre. A amplitude foi maior para o estímulo *chirp* do que para o *click* em todas as intensidades.

RØnne e GØtsche-Rasmussen (2011) tiveram o objetivo de verificar se tanto as frequências baixas como as frequências altas contribuem para o aumento da amplitude da onda V no PEATE, com uma intensidade de 40 dBNA, em 10 adultos com audição normal. Observaram que, ambas as frequências contribuem para o aumento da amplitude da onda V, o que demonstra que a sincronia das fibras nervosas ocorre em toda faixa de frequência para o *chirp*, apesar de o maior aumento ser observado nas frequências mais baixas.

Kristensen (2011) avaliou 20 orelhas de adultos com audição normal utilizando o PEATE com os estímulos *click*, CE-*Chirp*® e LS-*Chirp* nas intensidades de 20, 40, 60 e 80

2 Revisão de Literatura

dBNA. Observou que para a intensidade de 80 dBNA o estímulo *click* gerou respostas com maiores amplitudes do que para o CE-*Chirp*®, mas não maiores do que o LS-*Chirp*. Já em intensidades iguais e inferiores a 60 dBNA, ambos os *chirps* resultaram em respostas com maiores amplitudes do que o clique. Desta forma, concluiu que o CE-*Chirp*® é adequado para em intensidades mais baixas de estimulação, enquanto o LS-*Chirp* é adequado para intensidades maiores.

Elberling, Kristensen e Don (2012) relataram que em muitos estudos anteriores com o estímulo *chirp* foi demonstrado claramente que existem diversos fatores que afetam sua utilidade, sendo um destes fatores os diferentes tipos de fones que apresentam o estímulo ao ouvido. Avaliaram assim, o PEATE com *click*, CE-*Chirp*® e LS-*Chirp* nas intensidades entre 20 e 80 dBNA em 22 adultos com audição normal, com o objetivo de verificar as respostas a partir de dois transdutores: ER-2 e ER-3A. Concluíram que o ER-2 é uma escolha melhor do que o ER-3A, já que ele é capaz de gerar respostas maiores em níveis de intensidades inferiores a 60 dBNA.

Elberling, Don e Kristensen (2012), tendo como base o estudo de Elberling, Kristensen e Don (2012), realizaram um estudo com PEATE com fone transdutor do estímulo ER-3A em 20 indivíduos adultos com audição normal. Os estímulos utilizados foram o clique, LS-*Chirp* e Level Specific *Chirp* com espectro de amplitude modificado (LSY-*Chirp*) para sanar as alterações por ele causadas nas respostas. Observaram que, os parâmetros das respostas ao LSY-*Chirp* pelo fone ER-3A são semelhantes aos do LS-*Chirp* pelo fone ER-2. Quando comparado ao transdutor ER-3A, o LSY-*Chirp* gerou respostas significativamente maiores quando comparados com o LS-*Chirp* em níveis abaixo de 60 dBNA.

Kristensen e Elberling (2012) avaliaram o PEATE com os estímulos CE-*Chirp*® e LS-*Chirp* em 10 indivíduos adultos com audição normal, a fim de verificar qual dos estímulos geram respostas com maiores amplitudes da onda V e se o LS-*Chirp* gera amplitudes mais elevadas que o CE-*Chirp*® em intensidades de estimulação maiores. Observaram que ambos *chirps* geram maiores amplitudes que o *click* nas intensidades menores de 60 dBNA e na intensidade de 80 dBNA somente o LS-*Chirp* é que gerou amplitude maior que o *click* e confirmaram a hipótese que em intensidades mais elevadas gerou amplitudes de respostas significativamente mais elevadas.

Hyvärinen (2012) avaliou o PEATE com estímulo *click*, *tone burst* na frequência de 500 e 4000 Hz e seus correspondentes *chirp* de banda larga, NB CE-*Chirp*® nas

2 Revisão de Literatura

frequências de 500 e 4000 Hz em seis adultos com audição normal e cinco com diferentes tipos de deficiência auditiva. As intensidades para os adultos com audição normal foram 10, 20, 40 e 60 dBNA, enquanto que para aqueles com deficiência auditiva foi selecionada a partir do audiograma. Não observou diferenças significativas entre a amplitude das respostas com todos os estímulos, que pode ser explicado pela utilização dos fones ER-3A que tem amplitude de resposta mais limitada. Quanto à latência observou-se semelhante ou menor do que quando comparada com o *click*. Sugeriu que mais estudos sejam realizados com o estímulo *chirp* também em indivíduos com perda auditiva, em vista que poucos estudos abordam esta população.

Rodrigues e Lewis (2012) compararam as latências, amplitudes e presença das respostas do PEATE com o estímulo *click* e CE-*Chirp*® em 12 adultos com audição normal, nas intensidades de 20, 40, 60 e 80 dBNA. Observaram para ambos os estímulos que conforme a intensidade diminuía as latências aumentavam, porém para o estímulo CE-*Chirp*® foi observado latências menores nas intensidades maiores do que o *click*. Quanto a amplitude, com exceção da intensidade de 80 dBNA, observaram-na maior para o estímulo CE-*Chirp*®. Já a presença das ondas I, III e V, observaram que as ondas I e III tendem a desaparecer quando o estímulo utilizado é o CE-*Chirp*®.

Os estudos anteriores nos mostram que o estímulo *chirp* têm apresentado resultados promissores em adultos com audição normal e com perda auditiva, achado condizente com os resultados obtidos em estudos com neonatos e crianças.

Elberling, Cebulla e Stützebecher (2007) realizaram a triagem auditiva com o PEATE em 70 neonatos com audição normal com o estímulo *chirp* de frequência baixa (150-1500 Hz) e de frequência alta (1500 – 8000 Hz), baseados no modelo de atraso do CE-*Chirp*®. Concluíram que estes estímulos de frequência baixa e alta podem ser utilizados no PEATE para triagem auditiva.

Wang et al. (2009) investigaram a correlação entre os limiares psicoacústicos obtidos com o PEATE com o estímulo *chirp* e os limiares comportamentais obtidos pela audiometria comportamental em 22 crianças com audição normal e com perda auditiva de diferentes graus. Concluíram que a correlação entre estes limiares é alta, embora ainda sejam necessários mais estudos.

Rodrigues e Lewis (2009), com o objetivo de investigar a correlação entre os limiares psicoacústicos obtidos por PEATE com estímulo NB CE-*Chirp*® com os limiares da

2 Revisão de Literatura

audiometria comportamental, estudaram 12 crianças com diagnóstico de perda auditiva coclear. Observaram forte correlação entre as duas técnicas e concluíram que o PEATE com o estímulo NB CE-*Chirp*® pode fornecer informações importantes para que se inicie o processo de intervenção audiológica, embora recomendem mais estudos com maior amostra para mais informações da utilização clínica.

Ramos et al. (2011) com o objetivo de comparar os estímulos CE-*chirp*® e o *click*, avaliaram o PEATE em 20 neonatos com audição normal. Puderam concluir que as latências absolutas da onda V foram maiores para o *chirp* em intensidades mais altas enquanto nas intensidades mais fracas o oposto ocorreu. Em relação à amplitude, notaram que para todas as intensidades foi maior para o estímulo *chirp* do que para o estímulo *click*.

Rodrigues et al. (2011) registraram PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE-*Chirp*® em 12 lactantes com audição normal. Obtiveram que as latências absolutas da onda V, nas diversas intensidades foram sempre menores para o estímulo *chirp* e a amplitude das respostas foram maiores, exceto na intensidade de 80 dBNA.

Rodrigues (2012) teve como objetivo investigar o uso dos estímulos CE-*Chirp*® e NB CE-*Chirp*® na avaliação eletrofisiológica com o PEATE e PEATE em crianças com audição normal e com perda auditiva e o subdividiu em 5 estudos.

No primeiro estudo comparou os parâmetros latência absoluta e amplitude das respostas obtidas no PEATE com estímulo *click* e com o estímulo CE-*Chirp*® em 20 recém-nascidos com audição normal nas intensidades de 20, 40, 60 e 80 dBNA. Os resultados mostraram que para o estímulo CE-*Chirp*® a latência absoluta da onda V foi menor para as intensidades mais altas (60 e 80 dBNA) e a amplitude das respostas foi maior, além também de as ondas I e III tenderem a desaparecer. Quando comparou os mesmos parâmetros no estudo 2 com os estímulos *tone burst* e NB CE-*Chirp*® em 40 lactentes com audição normal, encontrou que a latência absoluta da onda V é menor para o estímulo *chirp* nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz enquanto que na de 4000 Hz é semelhante a do estímulo *tone burst*. Já a amplitude, nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz na intensidade de 80 dBNA não obteve diferenças entre os estímulos, embora nas intensidades menores, para o estímulo NB CE-*Chirp*® foram maiores. Na frequência de 500 Hz a amplitude só não foi maior para a intensidade de 60 dBNA.

No estudo 3, avaliou o nível mínimo de respostas ao PEATE para 30 recém-nascidos com audição normal e com algum indicador de risco para a deficiência auditiva e 10

2 Revisão de Literatura

adultos com audição normal com o estímulo NB CE-*Chirp*®. Encontrou como resultado que os níveis mínimos de resposta auditiva para os recém-nascidos nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foram respectivamente 25,5; 17,8; 15,3 e 16,3 dBNA. Já para os adultos foram 17,8; 15,8; 16,3 e 14,5 respectivamente. Conclui que os níveis mínimos de resposta não apresentaram diferenças nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz, somente na de 500 Hz que foi pior para os recém-nascidos.

No estudo 4 registrou o PEATE e o PEAAE em seis recém-nascidos da primeira a sexta semana de idade a fim de verificar a maturação das respostas para o estímulo NB CE-*Chirp*® nas frequências de 500 e 2000 Hz. Observaram diminuição dos níveis mínimos de resposta com o passar do tempo. Concluiu que há uma melhora significativa de aproximadamente 10 dB entre a semana 0 e a semana 6.

No estudo 5, quando comparou o PEATE e o PEAAE em 59 crianças diagnosticadas com perda auditiva sensorineural nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com o estímulo NB CE-*Chirp*® encontraram fortes correlações entre os níveis mínimos de respostas obtidos com os procedimentos eletrofisiológicos com os obtidos na avaliação auditiva comportamental.

Rodrigues, Ramos e Lewis (2013) tiveram como objetivo analisar se o NB CE-*Chirp*® era capaz de eliciar respostas da onda V no PEATE com melhores amplitudes do que quando o estímulo utilizado era o *tone burst*, em 40 lactentes com audição normal, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Observaram que amplitude das respostas da onda V foram maiores para o NB CE-*Chirp*®, exceto na intensidade de 80 dBNA, e que a latência das respostas aumentam com a diminuição da intensidade e que para o estímulo *tone burst* a latência diminui com o aumento da frequência. Contrariamente ao que ocorre com o NB CE-*Chirp*®, que conforme a frequência diminui a latência também diminui. Concluíram que este estímulo pode ser utilizado clinicamente em recém-nascidos, porém ainda há a necessidade de parâmetros de normalidade para esta população.

Ferm, Lightfood e Stevens (2013) estudaram o PEATE com o estímulo *tone pip* e NB CE-*Chirp*® em 30 lactentes com audição normal. Foram utilizados as frequências de 1000 Hz e 4000 Hz na intensidade máxima de 50 dBNA. Sugerem que mais estudos sejam realizados para verificar se o NB CE-*Chirp*® tem o mesmo grau de especificidade de frequência do estímulo *tone pip* tanto em crianças com audição normal como as com perda

2 Revisão de Literatura

auditiva, embora os resultados indiquem que o estímulo é viável para avaliação do diagnóstico audiológico.

Cebulla e Stürzebecher (2013) tiveram o objetivo de avaliar o PEATE com o estímulo *chirp* com diferentes taxas de duração, a fim de encontrar a taxa de apresentação ideal do estímulo *chirp* para facilitar o tempo de detecção das respostas no domínio da frequência. Avaliaram 116 recém-nascidos com audição normal. O estímulo *chirp* foi projetado de acordo com o descrito por Stürzebecher et al. (2006) e a função da fase calculada a partir das latência do PEATE de banda estreita. As taxas de apresentação foram 20/s, 40/s, 60/s, 80/s, 90/s e 100/s. Concluíram que a taxa que seria ideal para a realização da triagem auditiva com o estímulo *chirp* seria 60/s, visto que produz melhor relação sinal ruído, um tempo de duração do exame mais curto e melhor especificidade da triagem.

Mühler, Rahne e Verhey (2013) avaliaram com o PEATE 46 crianças sob efeito de sedativos com o estímulo *chirp* e *click*. Tinham o objetivo verificar se o estímulo *chirp* evoca respostas com maiores amplitudes do que o estímulo *click* como ocorre na população adulta e também analisar a influencia do fator maturacional nas respostas do PEATE. Como resultado obtiveram amplitudes de resposta da onda V com maiores amplitudes para o *chirp*, e após os 18 meses de idade elas se assemelham as do adulto, recomendando para esta população a utilização deste estímulo para estimar limiares auditivos. Destacam também a importância da avaliação do PEATE por frequência específica que são importantes para posterior adaptação de aparelho de amplificação sonora individual.

Os estudos com estímulo *chirp* em crianças com audição normal e com perda auditiva têm demonstrado vantagens em relação ao uso de outros estímulos e podem ser de grande importância para a aplicação clínica.

2.2. POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE ESTADO ESTÁVEL

O Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável é uma atividade elétrica gerada no sistema auditivo frente à apresentação de um estímulo acústico contínuo e modulado em amplitude e/ou frequência. Pode ser obtido com uma taxa de apresentação do estímulo muito rápida, fazendo com que a resposta se sobreponha àquela do estímulo subsequente, sendo que

2 Revisão de Literatura

o sistema nervoso não tem tempo de voltar a condição inicial. Essa sobreposição irá gerar um potencial na frequência que o estímulo é apresentado.

O estímulo apresentado é produzido a partir de uma frequência portadora (500, 1000, 2000 e 4000 Hz) que sofre a modulação de frequência, sendo o espectro do estímulo constituído da frequência portadora, frequência portadora menos a frequência de modulação e frequência portadora mais a frequência de modulação.

Diversos estudos já foram realizados com o PEAE e observaram que as respostas aos estímulos sonoros com frequência de modulação de 80 a 100 Hz geravam potenciais provenientes do tronco encefálico (COHEN; RICKARDS; CLARCK, 1991; LEVI; FOLSOM; DOBIE, 1993; RANCE et al., 1995; SÁVIO et al., 2001; LINS, 2002; HERDIMAN et al. 2002; TAPIA TOCA; SAVIO LÓPEZ, 2005) e sofriam menos interferência do estado de vigília do indivíduo e da maturação do sistema auditivo do que quando a modulação era de 40 Hz (STAPELLS et al. 1988; COHEN; RICKARDS; CLARCK, 1991; AOYAGI et al., 1993; RICKARDS et al., 1994; LINS et al., 1996; JHON et al., 1998; CALIL; LEWIS; FIORINI, 2006). Desta forma, é recomendado o seu uso para avaliação auditiva de crianças (HERDMAN, STAPELSS, 2001; PEREZ-ABALO et al., 2001).

Algumas vantagens que este procedimento apresenta em relação ao PEATE é a possibilidade de avaliar as duas orelhas e várias frequências de forma simultânea, o que reduz o tempo da avaliação (RICKARDS et al., 1994; LINS, 1996; JHON et al., 1998; FERRAZ; FREITAS; MORAES, 2002; LINS, 2002, JHON et al., 2002; CALIL; LEWIS; FIORINI, 2006, PICCIOTTI et al., 2012), possibilidade de detecção automática da resposta que ocorre no domínio da frequência e é realizada por meio de testes estatísticos diminuindo a interferência da análise subjetiva do avaliador (RICKARDS et al., 1994; FERRAZ; FREIRAS; MORAES, 2002), o que garante a confiabilidade do teste e possibilidade de pesquisar os limiares eletrofisiológicos em intensidades mais fortes, o que permite que eles sejam obtidos mais próximos aos limiares comportamentais e a avaliação da audição residual nas perdas profundas (LINS, PICTON; 1995; LINS et al. 1996; JHON et al., 2002; RANCE; RICKARDS, 2002; CONE-WESSON et al., 2002; SWANEPOEL; HUGO; ROODE, 2004).

Aoyagi et al. (1994) estudaram PEAE em 20 adultos com audição normal, oito lactentes com audição normal e 37 crianças com perda auditiva de diferentes graus e compararam com os resultados do PEATE por frequência específica. Concluíram que o

2 Revisão de Literatura

PEAEE é um procedimento melhor que o PEATE para estimar os limiares auditivos já que, na maioria dos casos, os limiares eletrofisiológicos encontrados com o PEAEE foram menores do que no PEATE e quando comparados com os limiares comportamentais o coeficiente de correlação foi maior para o PEAEE, porém não foi estatisticamente significante.

Rance et al. (1998) fizeram um estudo comparativo entre os limiares eletrofisiológicos do PEAEE com os limiares comportamentais do VRA em 108 crianças com PEATE com estímulo *click* ausente em 100 dBNA. Os resultados mostraram que a ausência do PEATE não exclui a presença de audição residual e foi observado forte correlação entre os limiares eletrofisiológicos do PEAEE com os limiares comportamentais do VRA. Concluíram que o PEAEE foi capaz de identificar perdas auditivas com quantidade mínima de audição residual e que permite avaliação por frequência específica em altos níveis de estimulação auditiva.

Perez-Abalo et al. (2001) avaliaram PEAEE em 43 indivíduos de seis a 15 anos de idade com perda auditiva sensorineural de graus moderado e severo e 40 indivíduos com idade entre 18 e 25 anos com audição normal. Tiveram como objetivo avaliar a efetividade do PEAEE em caracterizar a curva audiométrica. Observaram que os limiares do PEAEE foram sempre piores que os limiares comportamentais, sendo a média das diferenças entre os procedimentos para os indivíduos com perda auditiva foram 13,2 para a frequência de 500 Hz, 7,4 para 1000 Hz, 4,6 para 2000 e 4000 Hz. Concluíram que há forte correlação entre os limiares e que o PEAEE é confiável para estimar um audiograma tanto em indivíduos com perda auditiva como em indivíduos com audição normal.

Lins (2002) avaliaram PEAEE em 182 indivíduos, sendo 121 adultos, 10 adolescentes e 51 lactentes com audição normal ou perda auditiva moderada. Para todos eles, os limiares eletrofisiológicos foram maiores do que os limiares comportamentais, sendo pior na frequência de 500 Hz. Nos adolescentes com perda auditiva os limiares eletrofisiológicos foram em média 11 dB maiores do que os limiares comportamentais. Concluiu que tanto para os indivíduos com audição normal como para os indivíduos com perda auditiva o PEAEE caracteriza a configuração auditiva e que o exame pode ser realizado em sono natural.

Rance e Briggs (2002) tiveram como objetivo avaliar a aplicabilidade do PEAEE em 184 lactantes com perda auditiva sensorineural e 16 lactentes com Neuropatia Auditiva. Nas perdas auditivas sensorineurais observaram forte correlação entre os limiares eletrofisiológicos do PEAEE e os limiares comportamentais, sendo a diferença entre eles

2 Revisão de Literatura

maior para as frequências graves e menor grau da perda auditiva. A ausência do PEAEÉ ocorreu em 93% dos indivíduos que tinham limiares comportamentais maiores ou igual a 115 dBNA. Concluíram então, que o PEAEÉ é um bom procedimento para quantificar os limiares auditivos na perda sensorineural.

Rance e Rickards (2002) realizaram um estudo com 211 lactentes com audição normal e com perda auditiva sensorineural a fim de investigar o grau de correlação entre os limiares obtidos com o PEAEÉ com os limiares obtidos no VRA. Os resultados mostraram que os limiares eletrofisiológicos e comportamentais são altamente correlacionados. Nos lactentes com perda auditiva entre 0 e 55 dBNA os limiares do PEAEÉ forma sempre maiores do que o VRA em torno de 10 a 15 dBNA, apresentando diferenças estatísticas. Nos lactentes com perda auditiva maior que 60 dBNA não foi observada diferença estatística entre os limiares e na ausência do PEAEÉ na máxima intensidade testada, houve concordância com o grau de perda auditiva profunda. Os autores relataram que os limiares obtidos no PEAEÉ podem ser usados como base para o processo de intervenção em lactentes com perda auditiva sensorineural.

Werf et al (2002) com o objetivo de investigar a relação entre os limiares eletrofisiológicos obtidos no PEAEÉ e no PEATE avaliaram 32 crianças portadoras de perda auditiva de diferentes graus. Observaram forte correlação entre os limiares eletrofisiológicos, melhor para as frequências altas do que para a de 500 Hz e em diversas crianças que apresentaram ausência de limiar eletrofisiológico no PEATE obtiveram respostas no PEAEÉ. Os autores concluíram que o PEAEÉ é uma alternativa para estimar os limiares audiométricos em crianças melhor que o PEATE.

Roberson, O'rourke e Stidhan (2003) tiveram como objetivo avaliar o PEAEÉ para determinar a perda auditiva por frequência específica e compara-lo com o PEATE. Avaliaram 28 crianças com perda auditiva severa e profunda. Os resultados mostraram que em 20 orelhas que apresentaram ausência do PEATE no nível máximo de apresentação do estímulo (90 dBNA), 13 orelhas apresentaram presença de resposta no PEAEÉ. Concluíram que o PEAEÉ fornece informações precisas sobre os limiares auditivos por frequência específica em crianças, o que auxiliará no processo de intervenção e também que possui vantagem em relação ao PEATE já que é possível gravações com intensidade máxima de 127 dBNA.

2 Revisão de Literatura

Stueve e O'rourke (2003) compararam os limiares eletrofisiológicos obtidos com o PEAE e com os limiares eletrofisiológicos do PEATE e os limiares psicoacústicos em 76 crianças com idade entre 0 e 125 meses de idade. Obtiveram forte correlação entre os limiares o que os levou a concluir que o PEAE fornece informações essenciais para o processo de intervenção em crianças com perda auditiva severa e profunda.

Firszt et al. (2004) tiveram como objetivo determinar a eficácia do PEAE para avaliar a sensibilidade auditiva em 52 crianças com suspeita de perda auditiva. Os resultados mostraram que 48 orelhas avaliadas apresentaram ausência de resposta no PEATE e presença de resposta no PEAE e houve forte correlação entre os limiares do PEATE *click* e as frequências de 2000 e 4000 Hz do PEAE. Concluíram que o PEAE pode fornecer informações adicionais nas perdas auditivas severas e profundas e podem auxiliar no processo de definição da melhor orelha para intervenção com implante coclear.

Luts et al. (2004) avaliaram com PEAE, PEATE e VRA em 10 crianças entre três e 14 meses de idade com suspeita de perda auditiva. Os resultados obtidos demonstraram que houve forte correlação entre os três exames e em oito orelhas que tiveram ausência de resposta no PEATE foi possível obter respostas no PEAE nas frequências de 1000 e 2000 Hz. Este estudo indicou que o PEAE se mostrou preciso para estimar os limiares auditivos por frequência específica de forma dicótica e eficiente em relação ao tempo, podendo ser inserido na rotina clínica da avaliação da perda auditiva.

Swanepoel e Hugo (2004) apresentaram os achados preliminares do estudo de 15 crianças com idades entre 10 e 60 meses de idade com perda auditiva de grau severo e profundo candidatas ao implante coclear comparando o uso do PEAE com o PEATE e audiometria comportamental. Os resultados preliminares indicam que a ausência de respostas no PEATE não impede a possibilidade de audição residual, e pode ser medida pelo PEAE, fazendo com que ele seja a principal fonte de informações sobre perda auditiva profunda.

Perez-Abalo et al. (2005) avaliaram 513 recém-nascidos com indicadores de risco para a deficiência auditiva com o PEAE e o PEATE. Como resultados obtiveram que ambos os procedimentos foram eficientes para detectar a perda auditiva e que ao comparar os limiares eletrofisiológicos com os comportamentais, a correlação foi mais forte para o PEAE do que para o PEATE. Concluíram que o PEAE mostrou-se mais efetivo que o PEATE para caracterizar a audição residual, o que traz informações importantes para a seleção da intervenção.

2 Revisão de Literatura

Ballay et al. (2005) realizaram um estudo com 29 crianças com perda auditiva sensorioneural e compararam as respostas do PEAE com as respostas da audiometria comportamental. Os resultados mostram que não houve diferença entre os resultados do PEAE da audiometria comportamental para todas as frequências pesquisadas e concluíram que o PEAE pode prever de forma confiável a configuração audiométrica e que a exatidão das medidas é melhor na frequência de 500 Hz, contrariamente a outros estudos.

Rance et al. (2005) compararam os resultados obtidos com o PEAE com a audiometria comportamental em 575 lactentes com audição normal, com deficiência auditiva sensorioneural e com Neuropatia Auditiva. Observaram como resultados que o limiar do PEAE sempre foi maior que os limiares comportamentais e que houve forte correlação entre os dois procedimentos nas crianças com audição normal e com perda auditiva sensorioneural, sendo que quanto maior a perda auditiva, maior a correlação. Já nos casos Neuropatia Auditiva os resultados apontaram fraca correlação. Os autores concluíram que o PEAE é útil para pesquisar o grau e a configuração da perda auditiva no processo de avaliação, auxiliando nos processos de intervenção, embora não seja possível diferenciar a perda auditiva entre periférica e central.

Santiago-Rodrigues et al. (2005) realizaram um estudo com o PEAE e o PEATE para detectar a perda auditiva em 53 lactentes com fatores de risco para a deficiência auditiva. Os resultados mostraram que 37,7% dos lactentes avaliados tiveram a perda auditiva detectada pelo PEATE, enquanto que 67,92% foram detectadas com o PEAE. Nas perdas auditivas moderadas e severas o PEATE e o PEAE tiveram boa concordância. Concluíram que o PEAE possui alta sensibilidade para detectar perda auditiva.

Calil (2006) teve como objetivo de seu estudo, descrever os achados do PEAE em 14 crianças ouvintes e sete crianças portadoras de deficiência auditiva. Os achados demonstraram que há forte correlação entre os resultados do PEAE com os limiares do VRA, e que na frequência de 500 Hz a correlação é pior e a diferença entre os limiares foi maior. Também observou que mesmo quando no PEATE tem ausência de resposta, pode haver resposta para o PEAE. A autora conclui que o PEAE deve ser incluído na rotina clínica da avaliação audiológica infantil e traz informações importantes sobre a configuração auditiva que ajudará na determinação da intervenção necessária.

2 Revisão de Literatura

Attias et al. (2006) utilizaram o PEAE para avaliar 76 indivíduos com idades que variaram de um a 61 anos, sendo 29 com perda auditiva sensorioneural de diferentes graus, 18 candidatos ao implante coclear, 11 com diagnóstico de Neuropatia Auditiva e 18 com audição normal. Naqueles com perda auditiva sensorioneural os limiares do PEAE foram semelhantes aos limiares comportamentais e não mostraram diferença estatisticamente significativa, contrariamente aos casos de Neuropatia Auditiva, que as diferenças foram estatisticamente significantes. Na audição normal os limiares do PEAE sempre maiores que os limiares comportamentais. Concluíram o PEAE pode prever de forma confiável os limiares psicoacústicos por frequência específica em indivíduos com perda auditiva sensorioneural.

Hand et al. (2006) compararam os limiares obtidos com o PEAE com os limiares comportamentais. Avaliaram 40 crianças com vários graus de deficiência auditiva sensorioneural. Observaram forte correlação entre os limiares e que os limiares do PEAE foram maiores que os limiares comportamentais em todas as frequências, com diferença média de 8 a 15 dBNA. Concluíram que é um procedimento eficaz na predição de limiares comportamentais com apresentação múltipla e simultânea dos estímulos.

Luts, Leuven e Wouters (2006) avaliaram 53 crianças com audição normal e com perda auditiva de diferentes graus e compararam os resultados obtidos com o PEAE com os resultados obtidos com o PEATE e com a avaliação comportamental. Os resultados mostraram que a diferença entre os limiares do PEAE e da audiometria foi de 10 a 12 dB. Os autores concluíram que o PEAE com estimulação dicótica e múltipla pode ser utilizado na prática clínica e fornece boa estimativa sobre os limiares auditivos além de completar o PEATE e ambos fazerem parte dos procedimentos de testes clínicos que permitem um diagnóstico preciso sobre a perda auditiva.

Swanepoel e Ebrahim (2009) compararam as respostas do PEAE com o PEATE em 48 crianças com perda auditiva de diferentes tipos e graus. Na perda auditiva sensorioneural a média dos limiares do PEAE nas frequências de 1000-4000 Hz se correlacionou melhor com os limiares do PEATE com estímulo *click*. Os achados demonstraram que o PEAE é fidedigno nas frequências altas principalmente na avaliação de crianças que não realizam a audiometria condicionada.

Rodrigues e Lewis (2010b) investigaram o nível de concordância entre os limiares do PEAE com os limiares do VRA em 14 crianças com perda auditiva coclear. Os resultados

2 Revisão de Literatura

obtidos revelaram forte concordância entre as respostas de PEAAE e VRA o que levou as autoras a concluir que o PEAAE tem boa aplicabilidade clínica e traz informações precisas para que o processo de intervenção possa ser iniciado. Concluíram que o PEAAE fornece informações precisas para que se inicie o processo de intervenção.

Rodrigues, Lewis e Fichino (2010) avaliaram 15 crianças com diagnóstico de perda auditiva sensorineural para investigar a concordância entre os resultados do PEAAE e do PEATE. Os resultados mostraram que houve boa concordância entre os dois procedimentos e que o PEAAE fornece informações adicionais sobre a perda auditiva severa e profunda. Concluíram que o conjunto de dados obtidos com o PEAAE e com o PEATE acrescentam dados importantes na avaliação audiológica infantil proporcionando de forma mais precisa a intervenção.

Linares, Costa Filho e Martinez (2010) tiveram como objetivo correlacionar os achados do PEAAE com os resultados do PEATE e da audiometria (VRA ou ALC) em 23 crianças com perda auditiva sensorineural de diferentes graus. Os resultados mostraram correlação estatisticamente significativa entre os limiares do PEAAE com o VRA, com o PEATE *click* nas frequências de 2000 e 4000 Hz e no PEATE *tone burst* para todas as frequências.

Pauletti e Sleifer (2011) avaliaram 14 lactentes com perda auditiva sensorineural com o PEAAE e correlacionaram com os resultados do PEATE. Os resultados mostraram correlação estatisticamente significativa entre as duas técnicas, porém, as autoras concluíram que outros estudos comparativos na mesma faixa etária devem ser realizados com amostras maiores.

Panahi, Jafari e Hasani (2013) investigaram a relação entre os limiares obtidos pelo PEAAE com a audiometria tonal em 26 pré-escolares e crianças com histórico de icterícia neonatal com audição normal e com perda auditiva sensorineural de diferentes graus. Os resultados não mostraram diferença estatisticamente significativa entre os limiares eletrofisiológicos do PEAAE e os limiares comportamentais e mostraram correlação entre os mesmos, sendo que a melhor correlação foi observada na frequência de 2000 Hz. Concluíram que o PEAAE fornece estimativas confiáveis dos limiares auditivos comportamentais nesta população.

Kandogan e Dalgic (2013) avaliaram PEATE e PEAAE em 20 crianças com perda auditiva e compararam as vantagens e desvantagens de ambos os procedimentos. Os

2 Revisão de Literatura

resultados mostraram correlação entre os limiares obtidos com o PEATE e com o PEAE e que, em alguns casos, onde teve ausência de resposta para o PEATE houve presença de resposta para o PEAE. Com base nos resultados, concluíram que o PEATE e o PEAE podem fornecer estimativas da sensibilidade auditiva em crianças, mas o PEAE é melhor do que o PEATE principalmente para os candidatos ao implante coclear.

O PEAE está sendo utilizado como parte da avaliação do diagnóstico audiológico e fornece informações sobre a sensibilidade auditiva e caracteriza a audição residual em perdas profundas. Porém, para a frequência de 500 Hz, diversos estudos demonstraram que a diferença entre os limiares eletrofisiológicos e comportamentais são maiores do que para as outras frequências e apresentou limiares significativamente mais elevados que nas outras frequências, apresentando respostas difíceis de serem visualizadas (LINS, 1996; DIMITRIJEVIC et al., 2002; SWANEPOEL; HUGO; ROODE, 2004; . PICTON et al., 2005; WERF; BROWN, 2005; CALIL; LEWIS; FIORINI, 2006; AGOSTINHO, 2006).

2 Revisão de Literatura

3 PROPOSIÇÃO

3. Proposição

3. PROPOSIÇÃO

Analisar comparativamente a aplicabilidade do estímulo de frequência específica Narrow Band CE-*Chirp*® para prever os limiares psicoacústicos nas perdas auditivas sensorineurais de graus severo e profundo.

3. *Proposição*

4 MATERIAL E MÉTODO

4. MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo foi inserido na linha de pesquisa Processos e Distúrbios da Audição do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos HRAC/USP (Anexo 1).

4.1. SELEÇÃO DA CASUÍSTICA

A seleção da casuística foi realizada junto ao Centro de Pesquisas Auditológicas do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo. Os critérios de inclusão para participação do estudo foram:

- Aceitação dos pais/responsáveis das crianças participantes, assinando voluntariamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual contém a explicação dos procedimentos e objetivos do estudo.
- Apresentar deficiência auditiva sensorineural bilateral severa e profunda com média dos limiares tonais em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz acima de 61 dBNA.
- Ausência de alterações associadas à deficiência auditiva que impeçam o desenvolvimento global, assim como alteração condutiva associada.
- Apresentar idade superior a seis meses, o que permite a realização da audiometria com reforço visual.

4.2. CASUÍSTICA

Foram avaliados 28 indivíduos com perda auditiva sensorineural com limiares superiores a 61 dBNA e idade entre 6 e 37 meses, sendo 15 do sexo feminino e 13 do sexo masculino.

4 Material e Métodos

4.3. PROCEDIMENTOS

4.3.1. AUDIOMETRIA DE REFORÇO VISUAL - ARV

A audiometria de reforço visual (ARV) ou Visual Reinforcement Audiometry (VRA) foi realizada em cabina acústica, com o audiômetro da marca *Interacoustics*, modelo AD27. A criança foi posicionada confortavelmente no colo da mãe ou responsável dentro da cabina acústica, sendo segurada apenas pelo tronco, evitando movimentos de desequilíbrio e sua cabeça ficou a 45° azimuth da fonte sonora no momento da apresentação do estímulo auditivo. A mãe ou responsável foi orientado a não apresentar nenhuma reação frente à estimulação acústica que podia servir como pista para a criança.

A fonoaudióloga permaneceu do lado externo da cabina acústica e foi responsável por operar o audiômetro e o sistema de reforço visual, além de observar as respostas da criança. A técnica de distração foi utilizada sempre que necessária.

Na fase de condicionamento do VRA, o estímulo auditivo tom puro modulado warble foi apresentado por meio do fone de inserção juntamente com o estímulo visual composto de quatro diferentes objetos de personagens infantis, os quais foram iluminados e se tornaram visíveis para reforçar o comportamento de resposta correta da criança. Como resposta esperou-se que a criança se virasse naturalmente em direção ao estímulo visual, ou seja, ocorresse o reflexo de orientação ao som. O condicionamento com estimulação tátil também foi considerado em casos de perda profunda.

Após a confirmação do condicionamento, o estímulo auditivo foi dado em um primeiro momento e o estímulo visual veio para reforçar o comportamento. A intensidade inicial dependeu da entrevista fonoaudiológica, e a pesquisa foi realizada nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, intercalando as orelhas, ora iniciando pela direita e ora pela esquerda.

Para identificação do limiar auditivo psicoacústico a intensidade do estímulo foi diminuída de 20 em 20 dB e na ausência de resposta a intensidade foi aumentada de 5 em 5 dB, até a intensidade mínima em que a criança detectou 50% dos estímulos apresentados. A intensidade máxima permitida pelo equipamento foi de 110 dBNA para a frequência de 500 Hz e 120 dBNA para as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz.

4 Material e Métodos

4.3.2. AUDIOMETRIA LÚDICA CONDICIONADA - ALC

A audiometria lúdica condicionada (ALC) foi realizada em cabina acústica, com o audiômetro da marca *Interacoustics*, modelo AD27. A criança foi posicionada confortavelmente no colo da mãe ou responsável dentro da cabina acústica, sendo segurada apenas pelo tronco. A mãe ou responsável foi orientado a não apresentar nenhuma reação frente à estimulação acústica que podia servir como pista para a criança.

Na fase de condicionamento do ALC, o fonoaudiólogo auxiliou a criança na execução de uma ação motora, como por exemplo, encaixar uma argola em um pino, frente ao estímulo auditivo tom puro modulado *warble*, que foi apresentado por meio do fone de inserção. A intensidade para o condicionamento foi de acordo com a entrevista fonoaudiológica, sendo utilizado o reforço social frente à resposta correta da criança. O condicionamento com estimulação tátil também foi considerado em casos de perda profunda.

Após confirmado o condicionamento, a pesquisa foi realizada nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, intercalando as orelhas, ora iniciando pela direita e ora pela esquerda. Para identificação do limiar auditivo psicoacústico a intensidade do estímulo foi diminuída de 20 em 20 dB e quando não havia resposta a intensidade era aumentada de 5 em 5 dB, até a intensidade mínima em que a criança detectasse 50% dos estímulos apresentados. A intensidade máxima permitida pelo equipamento foi de 110 dBNA para a frequência de 500 Hz e 120 dBNA para as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz.

4.3.3. POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE TRONCO ENCEFÁLICO - PEATE

O registro do PEATE foi realizado com a criança acomodada confortavelmente no colo do responsável e estava dormindo em sono natural com o objetivo de diminuir ao máximo a atividade muscular. Os locais de fixação dos eletrodos foram limpos com pasta abrasiva e os eletrodos fixados à pele com pasta eletrolítica, sendo o eletrodo ativo posicionado em Fz, os eletrodos referências em M1 e M2, o que permitiu os registros ipsilateral e contralateral da resposta, com o eletrodo terra na frente. Foi considerada adequada impedância individual de $5K\Omega$ e diferencial intereletrodos $2K\Omega$.

4 Material e Métodos

Para o registro do PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE - *Chirps*®, o equipamento utilizado foi o Eclipse EP25, acoplado ao pré – amplificador EPA 25. A estimulação foi por meio de fones de inserção ER-3A nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, polaridade alternada, taxa de apresentação de 27,1 estímulos/s, filtro passa banda de 100 a 3000 Hz, janela de 20 ms. Para o estímulo *tone burst* a duração foi de 4, 2, 1 e ½ ms para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz respectivamente e janela *blackman*. Para cada registro foram apresentados 2000 estímulos que foram repetidos para a verificação da reprodutibilidade das ondas nas intensidades pesquisadas.

A pesquisa foi iniciada na intensidade máxima do equipamento (100 dBNA). Para identificação do limiar eletrofisiológico, esta intensidade foi diminuída em 20 dBNA até o desaparecimento da onda V e com aumentos de 5 dBNA para determinar a última intensidade onde foi possível identificar e reproduzir a onda V.

Na realização do procedimento foi intercalado os estímulos e as orelhas, ora iniciando pelo estímulo *tone burst* ora pelo *chirp*, ora pela orelha direita ora pela esquerda. O registro das ondas foi feito pela identificação visual por parte de um mesmo avaliador experiente.

A intensidade máxima permitida pelo equipamento foi de 100 dBNA para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com ambos os estímulos.

4.3.4. POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE ESTADO ESTÁVEL - PEAE

O registro do PEAE aconteceu com a criança em sono natural acomodada confortavelmente no colo dos pais e/ou responsáveis. Após a limpeza da pele com pasta abrasiva, os eletrodos foram posicionados com pasta eletrolítica em Fz, (eletrodo ativo), Oz (referência) e Fpz frente (terra), considerando adequada a impedância individual até cinco K Ω e a diferença intereletrodos igual ou inferior a 2 K Ω .

O PEAE foi registrado com o estímulo de tom puro modulado em 100% de amplitude e 20% de frequência, nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com o equipamento Bio-Logic Systems Corp. A estimulação aconteceu por meio do fone de inserção ER-3A, com ganho de 50000, filtro passa banda de 1-300Hz, 6 dB/oitava e velocidade de conversão analógica digital (AD) de 1000 Hz. Cada varredura conteve 16

4 Material e Métodos

períodos com 1024 pontos cada, que foram constantemente analisados e rejeitados quando o valor de amplitude excedeu $\pm 40 \mu\text{V}$.

A intensidade inicial para a pesquisa do limiar eletrofisiológico dependeu das informações obtidas na entrevista fonoaudiológica. Considerou-se presença de resposta quando houve resultado significativo ($p \leq 0,05$). A apresentação dos estímulos aconteceu de forma simultânea nas duas orelhas, para cada frequência separadamente.

A intensidade máxima permitida pelo equipamento foi de 117, 120, 119 e 118 dBNA para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente.

4.4. FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva, mediana, percentis 25% e 75% dos limiares auditivos psicoacústicos e eletrofisiológicos para cada frequência testada, de acordo com os procedimentos realizados. Os resultados foram apresentados em forma de gráficos e tabelas.

4 Material e Métodos

5 RESULTADOS

5 Resultados

5. RESULTADOS

Participaram do estudo 28 crianças com idade entre seis e 37 meses no momento da avaliação e com perda auditiva sensorioneural com limiares superiores a 61 dBNA.

O total de orelhas avaliadas variou conforme a frequência, já que não foi possível realizar o PEATE com os estímulos *tone burst* e NB CE-*Chirp*® nas duas orelhas e em todas as frequências de todas as crianças, Devido a necessidade da mesma estar em sono natural durante o exame. Nas frequências de 500 e 1000 Hz foram avaliadas 43 orelhas, sendo 24 orelhas direitas e 19 orelhas esquerdas. Na frequência de 2000 Hz foram avaliadas 46 orelhas, sendo 25 orelhas direitas e 21 orelhas esquerdas e na frequência de 4000 Hz também foram avaliadas 46 orelhas, sendo 24 orelhas direitas e 22 orelhas esquerdas.

Nos gráficos 1, 2, 3 e 4 estão apresentados os dados da presença ou ausência dos limiares psicoacústicos obtidos nos procedimentos VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos obtidos no PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE- *Chirp*® e, no PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

5 Resultados

Gráfico 1 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústico do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE- *Chirp*® e PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 500 Hz.

5 Resultados

Gráfico 2 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústico do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE- *Chirp*® e PEATE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 1000 Hz.

5 Resultados

Gráfico 3 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústico do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE- *Chirp*® e PEAAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 2000 Hz.

5 Resultados

Gráfico 4 – Presença e/ou ausência dos limiares psicoacústico do VRA/ALC e dos limiares eletrofisiológicos no PEATE com estímulo *tone burst* e NB CE- *Chirp*® e PEAE de acordo com as orelhas pesquisadas na frequência de 4000 Hz.

A análise descritiva (mediana, percentil 25 e 75%) da diferença, identificada com o sinal de menos (-), entre os limiares eletrofisiológicos do PEATE com os estímulos *tone burst* e NB CE- *Chirp*® do PEATE com ambos os estímulos e o PEAE e dos limiares psicoacústicos do VRA ou ALC com o PEATE e PEAE, está apresentada na Tabela 1.

5 Resultados

Tabela 1 – Mediana, percentil 25% e 75% da diferença entre os limiares eletrofisiológicos do PEATE com os estímulos *tone burst* e NB CE- *Chirp*®; do PEATE com ambos os estímulos com o PEAE e dos limiares psicoacústicos do VRA ou ALC com o PEATE e PEAE.

Frequência	Estatística	TB- VRA/ALC	NB CE <i>Chirp</i> ® – VRA/ALC	PEAE – VRA/ALC	TB – NB CE <i>Chirp</i> ®	PEAE - TB	PEAE – NB CE <i>Chirp</i> ®
500 Hz	Mediana	15	5	10	5	5	5
	Percentil 25	5	5	5	0	0	0
	Percentil 75	20	20	15	10	10	5
1000 Hz	Mediana	10	7,5	5	5	-2,5	0
	Percentil 25	-5	-5	5	0	-5	0
	Percentil 75	10	10	10	0	0	0
2000 Hz	Mediana	10	10	5	5	5	5
	Percentil 25	0	0	-5	0	0	0
	Percentil 75	20	10	10	5	10	15
4000 Hz	Mediana	15	10	16,5	5	15	10
	Percentil 25	7,5	0	13	0	10	7,5
	Percentil 75	17,5	15	20	5	20	15

A Tabela 2 apresenta a ocorrência da presença ou ausência dos limiares eletrofisiológicos do PEATE com os estímulos *tone burst* e NB CE-*Chirp*® e do PEAE, de acordo com o resultado do procedimento VRA ou ALC.

5 Resultados

Tabela 2 – Ocorrência da presença ou ausência dos limiares eletrofisiológicos do PEATE com estímulo *tone burst* e com estímulo NB CE-*Chirp*® e do PEAE, de acordo com o resultado do procedimento VRA/ALC

PROCEDIMENTO		VRA/ALC							
		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
		Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
PEATE <i>tone burst</i>	Presença	5	0	8	0	10	0	8	1
	Ausência	37	1	33	2	30	5	27	10
PEATE NB CE- <i>Chirp</i> ®	Presença	9	0	10	0	15	2	12	1
	Ausência	33	1	31	2	26	3	23	10
PEAE	Presença	20	0	25	0	27	3	14	1
	Ausência	12	1	9	2	7	1	13	9

No gráfico 5 estão apresentadas as orelhas em que foi obtido limiar psicoacústico nos procedimentos VRA ou ALC e limiar eletrofisiológico com o estímulo *tone burst* e/ou NB CE-*Chirp*®, sendo que, pode ter sido obtido limiar eletrofisiológico com ambos os estímulos, limiar eletrofisiológico para o estímulo *tone burst* ou somente para o estímulo NB CE-*Chirp*®.

5 Resultados

Gráfico 5 – Comparação entre os limiares psicoacústicos do VRA/ALC e os limiares eletrofisiológicos do PEATE com os estímulos *tone burst* e/ou NB CE-Chirp® nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

No gráfico 6 estão apresentadas as orelhas em que foi obtido limiar eletrofisiológico no PEAE e no PEATE com o estímulo *tone burst* e/ou NB CE-Chirp®, sendo que, pode ter sido obtido limiar eletrofisiológico com ambos os estímulos, somente com o estímulo *tone burst* ou somente com o estímulo NB CE-Chirp®.

5 Resultados

Gráfico 6 – Comparação entre os limiares eletrofisiológicos do PEAE (presente) e do PEATE com os estímulos *tone burst* e/ou NB CE-Chirp® nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.

No gráfico 7 estão as orelhas nas quais foram obtidos os limiares psicoacústicos nos procedimentos VRA/ALC e ausência de limiares eletrofisiológicos do PEATE com ambos os estímulos, e presença no PEAE.

5 Resultados

Gráfico 7 – Comparação entre o limiar psicoacústico do VRA/ALC (presente) e os limiares eletrofisiológicos do PEAE (presente) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, nas orelhas com ausência de limiar eletrofisiológico no PEATE com os estímulos *tone burst* e NB CE-Chirp®.

Com relação ao artefato elétrico, o mesmo foi observado apenas na frequência de 500 Hz para ambos os estímulos, com ocorrência significativamente menor para o estímulo *chirp* (uma orelha) quando comparado ao *tone burst* (12 orelhas).

6 DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

A triagem auditiva neonatal tem sido apontada como o principal meio para o diagnóstico da deficiência auditiva logo nos primeiros meses de idade, o que possibilita a intervenção precoce e que a reabilitação auditiva possa gerar melhores resultados, aumentando o potencial de desenvolvimento da fala e linguagem. Dessa forma, a população que tem sido submetida ao diagnóstico audiológico apresenta idade cada vez menor, o que aumenta a necessidade do uso de procedimentos objetivos com estímulos que permitam informações precisas e abrangentes quanto ao tipo, grau e configuração da perda auditiva.

A pesquisa dos potenciais evocados auditivos com o estímulo *chirp* têm mostrado que este estímulo possui vantagens sobre os outros estímulos já existentes, podendo ser observado respostas com maiores amplitudes da onda V, latências reduzidas e melhor relação sinal/ruído (SHORE; NUTTALL, 1985; LUTKENHÖNER et al, 1990; DAU et al., 2000; HEKIMOGLU; ÖZCAN; DELGADO, 2001; WEGNER; DAU, 2002; FOBEL; DAU, 2004; STÜZEBECHER et al, 2006; ELBERLING et al., 2007; ELBERLING; DON, 2008; CHERTOFF; LICHTEBHAN; WILLIS, 2010; PETOE; BRADLEY; WILSON, 2010; ELBERLING; CALLØ; DON, 2010; CEBULLA; ELBERLING, 2010; ELBERLING et al., 2010). Porém, ainda são poucos os estudos, comparativamente aos demais estímulos consagrados na literatura (*click* e *tone burst*), que analisaram a aplicabilidade clínica deste estímulo em neonatos, lactentes e crianças normais ou com alguma deficiência auditiva (WANG et al., 2009; RODRIGUES; LEWIS, 2009; RAMOS et al., 2011; RODRIGUES et al., 2011; RODRIGUES, 2012; RODRIGUES; LEWIS, 2012; RODRIGUES; RAMOS; LEWIS, 2013; FERM; LIGHTFOOD; STEVENS, 2013; MÜHLER; RAHNE; VERHEY, 2013), fazendo-se necessário mais estudos.

No presente estudo, o registro do PEATE com o estímulo de frequência específica NB CE-*Chirp*® na população infantil com perda auditiva de grau severo e profundo foi comparado com o registro do PEATE com o estímulo *tone burst*, com o PEAE e com o VRA/ALC.

Inicialmente, é importante salientar a diferença existente entre as intensidades máximas permitidas para cada procedimento realizado neste estudo, de acordo com o estímulo utilizado. Como o PEATE utiliza-se do *tone burst* e *chirp*, ou seja, estímulos transientes, o equipamento disponibiliza a intensidade máxima de 100 dBNA para todas as frequências. Por

6 Discussão

outro lado, nos procedimentos VRA, ALC e PEAE, como o estímulo utilizado é o tom puro, as intensidades máximas variam de acordo com a frequência, podendo chegar a 120 dBNA. Desta forma, o tipo de estímulo utilizado é a variável que justifica os achados obtidos no presente estudo quanto à capacidade de caracterizar a audição residual, e não propriamente o procedimento utilizado VRA/ALC, PEATE ou PEAE.

Este fato pode ser observado nos gráficos 1, 2, 3 e 4 que apresentam uma maior obtenção de resposta para os procedimentos VRA/ALC e PEAE do que para o PEATE com ambos os estímulos. Contudo, a possibilidade de utilizar forte intensidade também fez com que no PEAE ocorresse a determinação de limiar eletrofisiológico, mesmo na ausência de limiar psicoacústico, achado a princípio, incoerente e injustificável.

Adicionalmente, a tabela 1 que apresenta a diferença entre os limiares eletrofisiológicos obtidos em cada procedimento e estímulo e, o limiar psicoacústico, reforça o descrito na literatura de que o limiar eletrofisiológico é maior que o limiar psicoacústico, uma vez que a atividade elétrica em resposta à estimulação (sinal) deve ser extraída de um ruído de fundo, que corresponde as outras atividades elétricas captadas pelos eletrodos, que apresenta amplitude significativamente maior.

A análise comparativa dos resultados obtidos nos diversos procedimentos realizadas no presente estudo forneceram informações que permitiram reflexões que serão pormenorizadas a seguir:

Na tabela 2, constata-se que a presença de atividade elétrica determinando o limiar eletrofisiológico na ausência de resposta comportamental (limiares psicoacústicos) foi em pequena ocorrência, situação observada apenas nas frequências de 2000 e 4000 Hz. Este achado reforça o posicionamento de que os limiares eletrofisiológicos devem ser utilizados cuidadosamente na determinação do grau da perda auditiva e consequentemente no ajuste do aparelho de amplificação sonora. Contudo, trás uma importante informação para a prática clínica, pois demonstra que o PEAE em fortes intensidades caracteriza com precisão os limiares psicoacústicos nas frequências de 500 e 1000 Hz, região de frequência geralmente mais preservada nas perdas auditivas de grau profundo, porém com menor correlação entre os limiares psicoacústicos e eletrofisiológicos obtidos com PEATE com *tone burst* (LEE et al., 2007). Assim, a presença de limiares eletrofisiológicos na ausência dos limiares psicoacústicos ocorreu em poucas orelhas e somente nas frequências de 2000 e 4000 Hz, o

6 Discussão

que não inviabiliza a realização dos procedimentos em fortes intensidades, assim como mostraram os estudos de Firszt et al., 2004; Swanepoell; Hugo, 2004 e Linares, 2009.

Outro dado relevante, observado na tabela 2, foi a ausência de resposta eletrofisiológica na presença de limiar psicoacústico, com maior ocorrência na frequência de 500 Hz e para o estímulo *tone burst*. A explicação para este achado baseia-se na relação sinal-ruído, critério de análise da resposta obtida na pesquisa dos potenciais evocados. Inicialmente, para a frequência de 500 Hz ocorre uma maior dispersão de energia do estímulo na cóclea, levando à uma menor sincronia neural e consequentemente menor amplitude da resposta, prejudicando a relação sinal-ruído. Por outro lado, os estudos têm demonstrado que o *tone burst* propicia menor sincronia neural que o estímulo *chirp*, e consequentemente resposta neural de menor amplitude, com o mesmo prejuízo na relação sinal-ruído.

No gráfico 5 observa-se que os limiares eletrofisiológicos no PEATE com o estímulo NB CE-*Chirp*® são mais próximos dos limiares psicoacústicos do VRA/ALC do que quando o estímulo usado é o *tone burst*, achado semelhante ao de Bell, Allen e Lutman (2002). A mediana da diferença entre os limiares eletrofisiológicos com estímulo NB CE-*Chirp*® e os limiares psicoacústicos para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foram respectivamente: 5; 7,5; 10 e 10 dBNA. Como explicado anteriormente, as características do estímulo NB CE- *Chirp*® permitem a obtenção de amplitudes de respostas da onda V maiores e latências menores, permitindo que a resposta possa ser observada mais próxima aos limiares psicoacústicos (RODRIGUES; LEWIS, 2009; RODRIGUES et al., 2012; RODRIGUES; RAMOS; LEWIS, 2013).

Na literatura os poucos estudos que compararam os resultados do PEAE com o PEATE demonstraram que há forte correlação entre os procedimentos (RODRIGUES; LEWIS, 2010; LINARES, 2009; LINARES; COSTA FILHO, MARTINEZ, 2010). No presente estudo, analisando os limiares eletrofisiológicos obtidos no PEAE e os comparando com os limiares eletrofisiológicos do PEATE com o estímulo *tone burst* e NB CE-*Chirp*® (no gráfico 6) foi observado que os limiares do PEAE foram mais próximos dos limiares com o estímulo NB CE-*Chirp*® do que com o estímulo *tone burst*. Ao comparar os limiares eletrofisiológicos do PEAE com os obtidos no PEATE com o estímulo NB CE-*Chirp*® observa-se que os mesmos são semelhantes iguais ou piores, ou seja, definidos em maior intensidade. Por outro lado, quando analisado o PEATE *tone burst* observa-se que o resultado depende da frequência, pois para 500 Hz o limiar eletrofisiológico neste procedimento foi

6 Discussão

sempre maior quando comparado ao limiar obtido no PEAAE e na frequência de 4000 Hz, este resultado divergiu para algumas orelhas (gráfico 6). Achado contrário foi descrito por Rance, Tomlin e Rickards (2006) que mostrou que a média dos limiares eletrofisiológicos do PEATE com o estímulo *tone burst* nas frequências de 500 e 4000 Hz foram menores que a média dos limiares do PEAAE.

Como considerado anteriormente, a máxima intensidade no PEATE com ambos os estímulos foi de 100 dBNA, de acordo com a calibração do equipamento, enquanto que no PEAAE a intensidade máxima variou de 117 a 120 dBNA de acordo com a frequência. Assim, o PEAAE forneceu informações sobre a audição residual que nem sempre foi possível obter com o PEATE como observado no gráfico 7, principalmente nas perdas profundas, achado semelhante o descrito por Rance et al. (1998); Stueve e Orouke (2003); Firszt et al. (2004); Rodrigues, Lewis e Fichino (2010). Os estudos de Rance e Briggs (2002), Rance e Rickards (2002), Stueve e Orouke (2003), Luts et al. (2004), Calil (2005), Rance et al. (2005) e Hand et al. (2006) observaram fortes correlações entre os limiares do VRA/ALC e os limiares do PEAAE na perda auditiva sensorineural.

Uma das preocupações na criação do estímulo NB CE-*Chirp*® foi propiciar melhor detecção de respostas para a frequência de 500 Hz (STÜZEBECHER et al., 2006), o que pode ter refletido na menor ocorrência de artefato elétrico na frequência de 500 Hz para o estímulo NB CE-*Chirp*® do que para o estímulo *tone burst*.

7 CONCLUSÃO

7 Conclusões

7. CONCLUSÃO

Clinicamente, a utilização do PEATE com o estímulo NB CE-*Chirp*® mostrou limiares eletrofisiológicos mais próximos dos limiares psicoacústicos do VRA/ALC do que quando o estímulo utilizado foi o *tone burst*. Ainda assim, mais estudos devem ser realizados para verificar os benefícios deste estímulo na população infantil e com alguma alteração auditiva. O PEATE, por utilizar estímulos em mais fortes intensidades, caracterizou a audição residual com precisão nas frequências de 500 e 1000 Hz.

7 Conclusões

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, C.V. **Potencial evocado auditivo de estado estável: avaliação em neonatos a termo, sem risco para perda auditiva**. 2006. Dissertação (Mestrado em fonoaudiologia) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo. 2006.

ALMEIDA, M.G. **Potencial evocado auditivo de tronco encefálico por frequência específica em lactentes do nascimento aos 3 meses de idade**. 2009. 97 p. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2009.

ALMEIDA, M.G. et al. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico por frequência específica: estimando limiares auditivos em adultos ouvintes. **Distúrb Comun**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 7 – 14, abr. 2010.

ALMEIDA, M.G.; RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D.R. Potencial evocado auditivo por frequência específica em lactentes com audição normal. **Rev CEFAC**, São Paulo, v.13, n.3, p.489 – 495, maio/jun. 2011.

AOYAGI, M. et al. Frequency specificity of amplitude-modulation-following response detected by phase spectral analysis. **Audiology**, Switzerland, v. 32, n. 5, p. 293-301, Sept.-oct. 1993.

AOYAGI, M. et al. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. *Acta Otolaryngol Suppl*, Normay, v. 511, p. 7-14, 1994.

ARAÚJO, F.C.M. **Interpretação clínica do potencial evocado auditivo de tronco encefálico na frequência específica de 1000 Hz em recém-nascidos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2004.

ATTIAS, J. et al. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss, or auditorybneuropathy. **Ann Otol Rhinol Laryngol**, Saint Louis, v. 115, n. 4, p. 268-276, Apr. 2006.

BALLAY, C.M.D. et al. Steady-state response audiometry in a group of patients with steeply sloping sensorineural hearing loss. *Laryngoscope*, 115, July, 2005.

BEATTIE, R.C.; GARCIA, E.; JOHNSON, A. frequency-specific auditory brainstem responses in adults with sensorineural hearing loss. **Audiology**, Switzerland, v. 35, n. 4, p. 194 – 203, Jul – Aug 1996.

BEATTIE, R.C.; TORRE, P. Effects of rise-fall time and repetition rate on the auditory brainstem response to 0.5 and 1 KHz tone bursts using normal-hearing and hearing-impaired subjects. **Scand Audiol**, Copenhagen, v.26, n. 1, p. 23 – 32, 1997.

Referências

BELL, S. L.; ALLEN, R.; LUTMAN, M. E. An investigation of the use of band-limited chirp stimuli to obtain the auditory brainstem response. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 41, n. 5, p. 271 – 278, Jul. 2002.

CALIL, D.B. **Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial**. 2006. 78f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Univeridade Católica, São Paulo, 2006.

CALIL, D.B.; LEWIS, D.R.; FIORINI, A.C. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes. **Rev Dist Com**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 391-401, dez. 2006.

CANALE, A. et al. Relationship between pure tone audiometry and tone burst auditory brainstem response at low frequencies gated with blackman window. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, v. 269, n. 3, p. 781 – 785, Mar. 2012.

CAVALCANTE, J.M.S. **Registro dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico por estímulos click e tone burst em recém-nascidos a termo e pré-termo**. 153 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2010.

CEBULLA, M.; ELBERLING, C. Auditory brain stem responses evoked by different chirps based on different delay models. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v.21, n. 7, p. 452-460, June/Aug. 2010.

CEBULLA, M.; STÜRZEBECHER, E. Detectability of newborn chirp-evoked ABR in the frequency domain at different stimulus rates. **Int J Audiol**, v. 52, n. 10, p. 698-705, Oct. 2013.

CHERTOFF, M.; LICHTENHAN, J.; WILLIS, M. Click and chirp evoked human compound action potentials. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 127, n. 5, v. 2992 – 2996, May 2010.

COHEN, L.T.; RICKARDS, F.W.; CLARK, G.M. A comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. **J Acoust Soc Am**, Parkville, v.90, n. 5, p. 2467-2479, Nov. 1991

CONE-WESSION, B. et al. The auditory steady-state response: clinical observations and applications in infants and children. **J Am Acad Audiol**, Tucson, v. 13, n. 5, p. 270-282, May 2002.

COSTA FILHO, O.A.; BEVILACQUA, M.C.; MORET, A. L. M. Criteria for Cochlear Implanting Selection in Children at Hospital de Pesquisa e Reabilitação de Lesões Lábio-Palatais – USP. **Braz J Otorhinolaryngol**, v. 62, n. 4, p. 306 – 313, jul./ago. 1996.

Referências

- DAU, T. et al. Auditory brainstem responses with optimized chirp signals compensating basilar – membrane dispersion. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 107, n. 3, p. 1530 – 1540, Mar. 2000.
- DAVIS, H. et al. Threshold sensitivity and frequency specificity in auditory brainstem response audiometry. **Audiology**, Switzerland, v. 24, n. 1, p. 54 – 70, Jan./Fev. 1985.
- DIMITRIJEVIC, A. et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state response. **J Am Acad of Audiol**, Ontario, v.13, n. 4, p. 205-224, Apr. 2002.
- ELBERLING, C.; CALLØ, J.; DON, M. Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation. **J Acoust Soc Am**, Lancaster v. 128, n. 1, p. 215 – 223, July 2010.
- ELBERLING, C.; CEBULLA, M.; STÜRZEBECKER, E. Simultaneous multiple stimulation of the auditory steady-state response (ASSR). In: International Symposium on Auditory and Audiological Research, 1., 2007. p. 201-210.
- ELBERLING, C.; DON, M. A direct approach for the design stimuli used for the recording of auditory brainstem responses. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 128, n. 5, p. 2955 – 2964, Nov. 2010.
- ELBERLING, C.; DON, M. Auditory brainstem response to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 124, n. 5, p. 3022 – 3037, Nov. 2008.
- ELBERLING, C.; DON, M.; KRISTENSEN, S.G.B. Auditory brainstem responses to chirps delivered by an insert earphone with equalized frequency response. **J. Acoust. Soc. Am.**, v. 132, n. 2, p. 149 – 154, Aug. 2012.
- ELBERLING, C. et al. Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 122, n. 5, p. 2772 – 2785, Nov. 2007.
- ELBERLING, C.; KRISTENSEN, S.G.B.; DON, M. Auditory brainstem responses to chirps delivered by different insert earphones. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 131, n. 3, p. 2091 – 2100, Mar. 2012.
- FERRAZ, O.B; FREITAS, S.V; MORAES, L.L. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivo de estado estável em indivíduos normais., *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, v. 68, n. 4, p. 480-486, Jul-Aug. 2002.
- FERM, I.; LIGHTFOOT, G.; STEVENS, J. Comparison of ABR response amplitude, test time, and estimation of hearing threshold using frequency specific chirp and tone pip stimuli in newborns. **Int J Audiol**, v. 52, n. 6, p. 419-423, Jun. 2013.
- FIRSZT, J.B. et al. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**, Chicago, v. 130, n. 5, p. 536-540, May 2004.

Referências

FJERMEDAL, O.; LAUKLI, E. Low-level 0.5 and 1 KHz auditory brainstem responses. A search for the low – frequency point in the two-point ABR audiogram. **Scand Audiol**, Copenhagen, v. 18, n. 3, p. 177 – 183, Maio/Jun. 1989.

FOBEL, O.; DAU, T. Searching for the optimal stimulus eliciting auditory brainstem responses in humans. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 116, n. 4, p. 2213 – 2222, Oct. 2004.

GORGA, M.P. et al. Auditory brainstem responses to tone bursts in normally hearing subjects. **J Speech Hear Res**, v. 32, p. 87 – 97, Mar. 1988.

GORGA, M.P. et al. Auditory brainstem response elicited by 1000-Hz tone bursts in patients with sensorineural hearing loss. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 3, n.3 , p. 159 – 165, May. 1992.

GORGA, M.P. et al. A comparison of auditory brain stem response thresholds and latencies elicited by air-and bone-conducted stimuli. **Ear Hear**, Baltimore, v.14, n. 2, p. 85 – 94, 1993

GORGA, M.P. et al. The effects of stimulus duration on ABR and behavioral thresholds. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 76, n. 2, p. 616 – 619, Aug. 1984.

GORGA, M.P. et al. Using a combination of click and tone burst – evoked auditory brain stem response measurements to estimate pure-tone thresholds. **Ear Hear**., Baltimore, v. 27, n.1, p. 60 – 74, Jan. 2006.

HALL, J.W. **Handbook of Auditory Evoked Responses**. 3rd ed. Massachusetts: Allyn and Bacon, 1992. 871 p.

HAND, D. et al. Threshold estimation in children using auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli, **ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec**, Basel, v. 68, n. 2, p. 64-68, Jan. 2006.

HEKIMOGLU, Y.; ÖZDAMAR, Ö.; DELGADO, R.E. Chirp and Click Evoked Steady State Response. Engineering in Medicine and Biology Society: Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, 2001, v. 2, p. 2084-2087.

HERDMAN, A.T. et al. Intracerebral sources of human auditory steady-state response. **Brain Topogr**, New York, v. 15, n.2, p. 69-86, 2002.

HERDMAN, A.T.; STAPELLS, D.R. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. **Scan Audiol**, Copenhagen, v. 30, n.1, p. 41-49, 2001.

HOOD, L.J. **Clinical Applications of the Auditory Brainstem Response**. 1 ed. Los Angeles: Singular, 1998. 285 p.

HURLEY, M.L.; HURLEY, A.; BERLIM, C.I. Development of low - frequency tone burst versus click auditory brainstem response. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v.16, n. 2, p. 114 – 121, Feb. 2005.

Referências

HURLEY, R.M.; MOREHOUSE, C.R.; SELLS, J.P. Tone Burst Auditory Brainstem Response (ABR) Testing. **Focus**, v.7, n.2, 1997.

HYVÄRINEN, P. **Utilization of the chirp stimulus in auditory brainstem response measurements**. 2012. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia) - School of Electrical Engineering, Otaniemi. 2012.

JHON, M.S. et al. Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **J Am Acad Audiol**, v. 13, n.5, p. 246-259. 2002.

JHON, M.S., et al. Multiple auditory steady-state response: stimulus and recording parameters. **Audiology**, v. 37, n. 2., p.59-82, Mar/Apr. 1998.

JHONSON, T. A.; BROWN, C. J. Threshold prediction using the auditory steady-state response and the tone burst auditory brain stem response: a within – subject comparison. **Ear Hear**, Baltimore, v. 26, n. 6, p. 559 – 576, Dec. 2005.

JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING. Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. **Pediatrics**, v. 120, n. 4, p. 898 – 921, Oct. 2007.

KANDOGAN, T.; DALGIC, A. Reliability of Auditory Steady-State Response (ASSR): comparing thresholds of auditory steady-state response (ASSR) with auditory brainstem response (ABR) in children with severe hearing loss. **Indian J Otolaryngol Head Neck Surg**, v. 65, suppl 3, p. 604-607, Dec. 2013.

KRISTENSEM, S.G. Comparing three broad-band stimuli: click, CE-chirp, LS-chirp. Setembro, 2011. Disponível em: www.dtas.info/Sinnet_G_B_Kristensen.pdf. Acesso em 16 dez. 2013.

KRISTENSEN, S.G.; ELBERLING. C. Auditory brainstem response to level-specific chirps in normal-hearing adults. **J Am Acad Audiol** Burlington, v.23, n. 9, p. 712 – 721, Oct. 2012.

KULEKÇI, S. et al. 500 Hz Logon versus click ABR maturation. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, Amsterdam, v.71, n. 5, p. 775 – 779, May 2007.

LAUKLI, E.; MAIR, I. W. S. Frequency specificity of the auditory brainstem responses. **Scan Audiol**, Copenhagen, v. 15, n.3, p. 141 – 146, Jan. 1986.

LEE, C.Y. et al. Threshold of tone burst auditory brainstem responses for infants and young children with normal hearing in Taiwan. **J Formos Med Assoc**, Taiwan v. 106, n. 10, p. 847 – 853, Oct. 2007.

LEE, C. Y. et al. Effects of age and degree of hearing loss on the agreement and correlation between sound field audiometric thresholds and tone burst auditory brainstem response thresholds in infants and young children. **J Formos Med Assoc**, Taiwan, v. 107, n. 11, p. 869 – 875, Nov. 2008

Referências

LEVI, E.C.; FOLSOM, R.C.; DOBIE, R.A. Amplitude-modulation following response (AMFR): effects of modulation rate, carrier frequency, age, and state. **Hear Res**, Seattle, v. 68, n. 1, p. 42-52, Jun. 1993.

LÍDEN, D.R.; KANKKUNEN, A. A visual reinforcement audiometry. **Acta Otolaryngol**, v.67, n. 2-6, p. 281-291, 1969.

LINARES, A.E. Correlação do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável com outros achados em audiologia pediátrica. 2009. 111p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LINARES, A.E.; COSTA FILHO, O.; MARTINEZ, M.A.N.S. Auditory steady state response in pediatric audiology. **Braz J Otorhinolaryngol**, São Paulo, v. 76, n. 6, p. 723-728, Nov.-Dez 2010.

LINS, O.G. **Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas de tronco cerebral**. 2002. Tese (Doutorado em Medicina) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.

LINS, O. G. et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear Hear**, Toronto, v. 17, n. 2, p. 81-96, Apr. 1996.

LINS, O.G.; PICTON, T.W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, Toronto, v. 96, n. 5, p.420-432, Sep.1995.

LÜTKENHOÖNER, B et al. Improving the synchronization of auditory brainstem evoked potentials through the use of a stimulus that compensates for cochlear delays. **Arch Otolaryngol Supp 2**, Chicago, p. 157 – 159, 1990.

LUTS, H. et al. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, Amsterdam, v. 68, n. 7, p. 915-926, July 2004.

LUTS, H.; LEUVEN, K.U.; WOUTERS, J. Clinical applications of dichotic multiple-stimulus auditory steady-state responses in high-risk newborns and young children. **Audiol Neurotol**, v. 11, n.1, p.24-37, 2006.

MATAS, C.G.; NEVES, I.F. Potenciais Evocados Auditivos de Curta Latência. In: FERNANDES, F.D.M.; MENDES, B.C.A.; NAVAS, A.L.P.G.P. **Tratado de Fonoaudiologia**. 2 ed: Roca, São Paulo, 2009. 85 – 98 p.

MOBLEY, K. J.; GIBSON, E. Tone Burst Evoked Potentials: Clinical Applications. Available from: http://www.audiologyonline.com/articles/pf_article_detail.asp?article_id=234#totop. Acesso em: 09/08/2012.

MOELLER, M.P. Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. **Pediatrics**, v. 106, n.3, p. 1 – 9, 2000.

Referências

- MOORE, J.M.; THOMPSON, G; THOMPSON, M.. Auditory localization of infants as a function of reinforcement conditions. **J Speech Hear Disord**, v. 40, p. 29-34, 1975.
- MORAES, T.V. et al. Indicação de implante coclear: tendências atuais. **Acta AWHO**, v.20, n. 4, p. 229 – 237, out./dez. 2001.
- MÜHLER, R.; RAHNE, T.; VERHEY, J.L. Auditory brainstem responses to broad-band chirps: amplitude growth functions in sedated and anaesthetised infants. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, v. 77, n. 1, p. 49-53, Jan. 2013.
- NAGÃO, D.E.; MATAS, C.G. Audiometria de tronco encefálico: utilização de “toneburst” em jovens adultos audiológicamente normais. **Acta AWHO**, v. 20, n. 4, p. 206 – 210. out/dez. 2001.
- PANAHI, R.; JAFARI, Z.; HASANI, S. Relationship between behavioral hearing thresholds and estimated auditory steady-state response thresholds in children with a history of neonatal hyperbilirubinemia. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, 2013 [epub].
- PAULETTI, L.F.; SLEIFER, P. **Estudo comparativo entre potenciais evocados auditivos de estado estável e potenciais evocados auditivos de tronco encefálico por frequência específica em lactentes com perda auditiva**. 2011. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.
- PEREZ-ABDALO, M.C. et al. Diagnóstico e intervención temprana de los trastornos de la audición: una experiencia cubana de 20 años. **Rev Neurol**, Barcelona, v. 41, n.9, p. 556-563, Nov. 2005
- PEREZ-ABALO, M.C. et al. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects. **Ear Hear**, Baltimore, v. 22, n. 3, p. 200-211, June 2001.
- PETOE, M.A.; BRADKEY, A.P.; WILSON, W.J. On chirp and neural synchrony in the suprathreshold auditory brainstem response. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 128, n. 1, p. 235 – 246, July 2010 (a).
- PETOE, M.A.; BRADLEY, A.P.; WILSON, W.J. Spectral and synchrony differences in auditory brainstem responses evoked by chirps of varying durations. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v. 128, n. 4, p. 1896 – 1907, Oct. 2010 (b).
- PICCIOTI, P.N. et al. Steady state auditory evoked potentials in normal hearing subjects: evaluation of threshold and testing time. **ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec**, v. 74, n.6, p. 310-314, 2012.
- PICTON, T.W. et al. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Toronto, v. 16, n. 3, p. 140 – 156, Mar. 2005.
- PINTO, F.R.; MATAS, C.G. Comparação entre limiares de audibilidade e eletrofisiológico por estímulo tone burst. **Rev Bras Otorrinolaringol**, São Paulo, v.73, n.4, p. 513 – 522, jul./ago. 2007.

Referências

- PORTO, M.A.A.; AZEVEDO, M.F.; GIL, D. Auditory evoked potentials in premature and full-term infants. **Braz J Otorhinolaryngol**, v. 77, n.5, p.622 – 627, set./out. 2011.
- PURDY, S. C.; ABBAS, P. J. ABR Thresholds to tonebursts gated with blackman and linear windows in adults with high – frequency sensorineural hearing loss. **Ear Hear**, Baltimore v.23, n. 4, p. 358 –368, Aug. 2002.
- RAMOS, N. et al. Comparação dos estímulos click e CE-chirp no registro do PEATE em neonates. In: Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, 19., 2011, São Paulo. **Anais...**2011. p. 840.
- RANCE, G.; BRIGGS, R.J.S. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment: the Melbourne experience with auditory steady-state evoked potential testing. **Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl**, Saint Louis, v. 182, p. 22-28, May 2002.
- RANCE, G. et al. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Melbourne, v. 16, n.5, p. 291-300, May 2005.
- RANCE, G. et al. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent clique-evoked auditory brain stem response. **Ear Hear**, Baltimore, v.19, n. 1, p. 48-61, Feb. 1998.
- RANCE, G. et al. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. **Ear Hear**, Baltimore, v. 16, n. 5, p. 499-507, 1995.
- RANCE, G.; RICKARDS, F.W. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. **J Am Acad Audiol**, Melbourne, v. 13, n. 5, p. 236-245, 2002.
- RANCE, G.; TOMLIN, D.; RICKARDS, F.W. Comparison of auditory steady-state responses and tone – burst auditory brainstem responses in normal babies. **Ear Hear**, Baltimore, v.27, n. 6, p. 751 – 762, Dec. 2006.
- RIBEIRO, F.G.S.M. **Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por frequência específica em recém-nascidos a termo e pré-termo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) - Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, 2002.
- RIBEIRO, F.G.S.M.; CARVALHO, R.M. Tone evoked ABR in full term and preterm neonates with normal hearing. **Int J Audiol**, Hamilton, v.47, n. 1, p. 21 – 29, Jan. 2008.
- RICKARDS, F. W. et al. Auditory steady-state evoked potentials in newborns. **Br J Audiol**, Melbourne, v. 28, n. 6, p. 327-337, Dec. 1994.
- ROBERSON JR, J.B.; O'ROURKE, C.O.; STIDHAM, K.R. Auditory steady-state response testing in children: evaluation of a new technology. **Otolaryngol Head Neck Surg**, Rochester, v. 129, n. 1, p. 107-113, July 2003.

Referências

- RODRIGUES, G.R.I. **Estímulos CE-chirp® e narrow band CE-chirp® na avaliação eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em neonates, lactentes e crianças.** 2012. 89 p. Dissertação (Doutorado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012.
- RODRIGUES, G.R.I; ALMEIDA, M.G.; LEWIS, D.R. Potenciais evocados auditivos de tronco encefálico por frequência específica e de estado estável na audiolgia pediátrica: estudo de caso. **Rev Soc Bras Fonoaudiol**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 534 – 538, 2009.
- RODRIGUES, G. R. I. et al. Comparação dos Estímulos NB CE-chirp e Toneburst no Registro do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica. In: Encontro Internacional de Audiologia, 28., 2011, Maceió. **Anais...**2011. p. 2919.
- RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D.R. Comparação dos estímulos clique e CE -chirp® no registro do potencial evocado auditivo de tronco encefálico. **Rev Soc Bras Fonoaudiol**, São Paulo, v. 17, n.4, p.412 – 416, dez. 2012.
- RODRIGUES, G. R. I, LEWIS, D. R. Potenciais auditivos de estado estável evocados por chirps de frequência específica. In: Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia, 18., 2010, Curitiba. **Anais...**2010a. p. 3040.
- RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D. R. Potenciais evocados auditivos de estado estável a narrow band chirps: resultados preliminares em crianças com perdas auditivas cocleares. **Rev. Soc. Bras. Fonoaudiol.**, v. 4, 2009. Suplemento.
- RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D.R. Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perdas auditivas cocleares. **Pró-Fono**, v. 22, n. 1, p. 37-42, Jan-Mar 2010b.
- RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D.R.; FICHINO, S.N. Potenciais evocados auditivos de estado estável no diagnóstico audiológico infantil: uma comparação com os potenciais evocados auditivos de tronco encefálico. **Braz J Otorhinolaryngol**, v. 76, n. 1, p. 96-101, Jan-fev 2010.
- RODRIGUES, G.R.I.; RAMOS, N.; LEWIS, D.R. Comparing auditory brainstem responses (ABRs) to toneburst and narrow band CE-chirp® in Young infants. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, v. 77, n. 9, p. 1555-1560, Sept. 2013.
- RØNNE, F.M.; GØTSCHIE-RASMUSSEN, K. Low-frequency versus high-frequency synchronisation in chirp-evoked auditory brainstem responses. In: International Symposium on Auditory and Audiological Research, 3., 2011. **Speech Perception and Auditory Disorders Proceedings**, Nyborg, 2011, p. 1-8.
- SANTIAGO-RODRIGUES, E. et al. Auditory steady-state responses in infants with perinatal brain injury. **Pediatr Neurol**, Chippewa Falls, v. 32, n.4, p. 236-240, Apr. 2005.
- SÁVIO, G. et al. The low and high frequency auditory steady state response mature at different rates. **Audiol Neurotol**, Habana, v.6, n.5, p. 279-287, Sep-Oct. 2001.

Referências

SHORE, S.E.; NUTTALL, A.L. Hygh synchrony cochlear compound action potentials evoked by rising frequency – swept tone bursts. **J Acoust Soc Am**, Lancaster, v.78, n. 4, p. 1286 – 1295, Oct. 1985.

SININGER, Y.S.; ABDALA, C. Hearing threshold as measured by auditory brain stem response in human neonates. **Ear Hear**, Baltimore, v.17, n. 5, p. 395 – 401, Oct. 1996.

SININGER, Y.S.; ABDALA, C.; CONE-WESSON, B. Auditory threshold sensitivity of the human neonate as measured by the auditory brainstem response. **Hear Res**, Amsterdam, v.104, n. 1-2, p. 27 – 38, Feb. 1997.

SININGER, Y. S.; CONE-WESSON, B.; ABDALA, C. Gender distinctions and lateral asymmetry in the low-level auditory brainstem response of the human neonate. **Hear Res**, Amsterdam, v. 126, n. 1-2, p. 58 – 66, Dec. 1998.

STAPELLS, D.R. et al. Inconsistency of auditory middle latency and steady-state responses in infants. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 71, n.4, p. 289-295, July-Aug. 1988.

STAPELLS, D.R. Frequency – specific Evoked Potential Auditory in Infants. In: SEEWALD, R.C. In: SEEWALD, R.C.; BAMFORD, J.M. **A Sound Foundation Through Early Amplification: Proceedings of the Fourth International Conference**. Canadá: Phonak, 2000 (b), p 13 – 31.

STAPELLS, D.R. Threshold estimation by the tone- evoked auditory brainstem response: a literature meta-analysis. **J Speech Lang Path Audiol**, v.24, n.2, p. 74 – 83, June 2000 (a).

STUEVE, M.P.; O'ROURKE, C. Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response and behavioral test methods. **Am J Audiol**, Rockville, v. 12, n.2, p. 125-136, Dec. 2003.

STÜRZEBECHER, E. et al. New efficient stimuli for evoking frequency-specific auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Burlington, v. 17, n. 6, p. 448 – 461, Jun. 2006.

SUZUKI, T.; OGIBA, Y. Conditioned orientation audiometry. **Arch Otolaryngol**, v. 74, p.192-198, 1961.

SWANEPOEL, D.; EBRAHIM, S. Auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, v. 267, n. 7, p. 213-219, 2009.

SWANEPOEL, D.; HUGO, R. Estimations of auditory sensitivity for young cochlear implant candidates using the ASSR: preliminary results. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 43, n. 7, p. 377-382, July-Aug. 2004.

SWANEPOEL, D.; HUGO, R.; ROODE, R. Auditory steady-state response for children with severe to profound hearing loss. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**, Pretoria, v. 130, n. 5, p. 531-535, May 2004.

Referências

- TAKAGI, N.; SUZUKI, T.; KOBAYASHI, K. Effect of tone-burst frequency on fast and slow components of auditory brain-stem response. **Scand Audiol**, Copenhagen, v. 14, n. 2, p. 75 – 79, 1985.
- TAPIA TOCA, M.C. SÁVIO LOPES, G. Potenciales evocados auditivos de estado estable em el studio de dos pacientes com Neuropatia Auditiva. *Acta Otorrinolaringol Esp*, Madrid, v. 56, n. 6, p. 240-245, June/July 2005.
- WANG, X. Y. et al. Correlation between chirp auditory brainstem response and behavioral hearing threshold in children. **Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi**. n. 44, v. 3, p. 188 - 191, Mar 2009.
- WEBER, B. A. Audiometria de tronco encefálico (ABR): estimativa do limiar e triagem auditiva. In: KATZ, J. **Tratado de Audiologia Clínica**. 4. ed. São Paulo: Manole, 1999. p. 372 – 383.
- WEGNER, O.; DAU, T. Frequency specificity of chirp-evoked auditory brainstem responses. **J Acoust Soc Am**, Burling, v. 111, n. 3, p. 1318 – 1329, Mar. 2002.
- WERFF, K.R.V.; BROWN, C.J. Effect of audiometric configuration on threshold and suprathreshold auditory steady-state responses. **Ear Hear**, Baltimore, v. 26, n. 3, p. 310-326, June 2005.
- WERFF, K.R.V. et al. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *J Am Acad Audiol*, v. 13, n. 5, p. 227-235, 2002.
- WERFF, K. R. V.; PRIEVE, B. A.; GEORGANTAS, L. M. Infant air and bone conduction tone burst auditory brain stem responses for classification of hearing loss and the relationship to behavioral thresholds. **Ear Hear**, Baltimore, v. 30, n. 3, p. 350 – 368, Jun. 2009.
- WIDEN, J.E. Adding objectivity to infant behavioral audiometry. *Ear Hear*, Baltimore, v. 14, p. 49-57, 1993.
- WIDEN, J.F. et al. Identification of neonatal hearing impairment: hearing status at 8 to 12 months corrected age using a visual reinforcement a audiometry protocol. **Ear Hear**, Baltimore, v. 21, p. 471-487, 2000.

Referências

ANEXOS

Anexos

Anexo 1 – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo chirp e tone burst na predição da perda auditiva sensorial de graus severo e profundo.

Pesquisador: Natalia de Lima Leone

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 15212913.2.0000.5441

Instituição Proponente: Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da USP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 351.917

Data da Relatoria: 30/07/2013

Apresentação do Projeto:

Projeto apresentado em sua terceira versão.

Estudo fundamentado no fato da obrigatoriedade da triagem auditiva neonatal universal, a partir do ano de 2010 em todo território brasileiro, na qual um maior número de crianças está sendo submetido ao diagnóstico audiológico logo nos primeiros meses de vida, idade em que o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico é amplamente utilizado para fechamento do diagnóstico, já que permite a caracterização da alteração encontrada quanto ao grau, tipo e configuração das perdas auditivas. Geralmente, os estímulos utilizados para este procedimento são o clique ou tone burst, que ao estimularem a cóclea, não desencadeiam um disparo sincrônico das fibras do nervo auditivo. Para isto, vem sendo estudado um novo estímulo, conhecido como chirp, que visa compensar o atraso da onda de deslocamento progressivo na cóclea, possibilitando o disparo sincrônico das fibras do nervo auditivo e consequentemente o aumento da amplitude das respostas, possibilitando que os limiares eletroacústicos encontrados sejam mais próximos dos limiares psicoacústicos. Isto irá permitir melhores condutas de intervenção e prognóstico.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar comparativamente a aplicabilidade dos potenciais auditivos de tronco encefálico com

Endereço: SILVIO MARCHIONE 3-20
Bairro: VILA NOVA CIDADE UNIVERSITARIA **CEP:** 17.012-900
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3235-8421 **Fax:** (14)3234-7818 **E-mail:** uep_projeto@centrinho.usp.br

Anexos

Continuação do Parecer: 351.917

estímulo tone burst e tone chirp na predição dos limiares psicoacústicos nas perdas auditivas sensoriais de graus severo e profundo.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Autores informam que não é esperado nenhum risco durante a realização do PEATE adicional. Afirmam, entretanto, que haverá necessidade da criança ter que dormir um tempo maior que o normalmente solicitado. Assim, o exame será realizado durante o sono natural da criança, não sendo utilizado nenhum medicamento.

Quanto aos benefícios, espera-se que este estudo contribua para avaliação audiológica infantil, trazendo maior caracterização da alteração auditiva encontrada nos indivíduos e consequentemente melhor intervenção e reabilitação auditiva para esta população.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Não se aplica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termo sobre Manuseio de Informações foi incluído ao processo.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Autores atenderam a todas as solicitações de forma satisfatória.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado acatou o parecer do relator em seus aspectos éticos e metodológicos de acordo com as Diretrizes estabelecidas na Resolução 466/12 e complementares do Conselho Nacional de Saúde. Ressaltamos que, conforme a Resolução CNS 466/12, o pesquisador é responsável por "desenvolver o projeto conforme delineado" e por informar ao CEP as emendas, ou seja, "todos os fatos relevantes que alterem o curso normal dos estudos por ele aprovados e, especificamente, nas pesquisas na área da saúde, dos efeitos adversos e da superioridade significativa de uma intervenção sobre outra ou outras comparativas" (alterações que envolva métodos, critérios éticos, mudança de pesquisadores/entrevistadores e instrumental), tais emendas devem ser entregues na

Endereço: SILVIO MARCHIONE 3-20
 Bairro: VILA NOVA CIDADE UNIVERSITÁRIA CEP: 17.012-900
 UF: SP Município: BAURUR
 Telefone: (14)3235-8421 Fax: (14)3234-7818 E-mail: uep_projeto@centrinho.usp.br

Anexos

Continuação do Parecer: 951.917

Seção de Apoio a Pesquisa do SVAPEPE, bem como anexadas na Plataforma Brasil. O CEP avaliará e emitirá o parecer das emendas.

O pesquisador também fica responsável pela entrega dos relatórios semestrais e final, bem como notifica-los pela Plataforma Brasil.

Informamos que após o recebimento do trabalho concluído, este Comitê enviará o parecer final para publicação do trabalho.

BAURU, 07 de Agosto de 2013

Assinador por:
Marcia Ribeiro Gomide
(Coordenador)

Endereço: SILVIO MARCHIONE 3-20
Bairro: VILA NOVA CIDADE UNIVERSITARIA CEP: 17.012-900
UF: SP Município: BAURU
Telefone: (14)3235-8421 Fax: (14)3234-7818 E-mail: uep_projeto@centrinho.usp.br

Anexos