

# Avaliação da perda auditiva na infância - Atualização

## Evaluation of hearing loss in childhood - An update

Signe Schuster Grasel • Henrique Faria Ramos • Roberto Miquelino de Oliveira Beck • Edigar Rezende de Almeida • Tânia Sih

### RESUMO

**Objetivos:** apresentar avanços recentes dos diversos métodos eletrofisiológicos de avaliação auditiva na infância, ressaltando indicações, aplicação e interpretação.

**Desenho do estudo:** artigo de revisão

**Material e método:** revisão bibliográfica realizada na base de dados Medline, utilizando as palavras-chave: "hearing loss", "hearing disorders", "diagnosis", "evoked potentials, auditory", "childhood" e "otoacoustic emissions", nos últimos 20 anos. À partir destas palavras-chave, utilizamos o mecanismo de busca avançada do Medline para cruzamento destas e chegamos a um total de 41 artigos. Foram excluídos os estudos em animais. Das referências dos artigos selecionados nos reportamos a publicações anteriores.

**Resultados:** A avaliação auditiva por medidas comportamentais apresenta limitações, principalmente quando realizada em campo livre. A bateria inicial de testes audiológicos deve incluir medidas eletrofisiológicas objetivas, como emissões otoacústicas, timpanometria, reflexo estapediano, potenciais evocados auditivos de tronco encefálico, eletrococleografia e respostas auditivas de estado estável. Tais exames avaliam diversos segmentos das vias auditivas.

**Conclusões:** Os métodos eletrofisiológicos de avaliação auditiva podem estimar a sensibilidade auditiva, embora não sejam medidas diretas da audição. É necessária a comparação entre os resultados obtidos por métodos eletrofisiológicos e medidas comportamentais.

**Palavras-chave:** perda auditiva, diagnóstico, potenciais evocados auditivos

### ABSTRACT

**Aim:** to report the recent advances of electrophysiological methods of hearing evaluation in childhood, and to highlight their indications, clinical application and interpretation.

**Study design:** review article

**Material and method:** we reviewed the Medline database using the keywords "hearing loss", "hearing disorders", "childhood", "diagnosis", "evoked potentials, auditory" and "otoacoustic emissions" in the last 20 years. Using the Medline advanced search tool, we crossed these key words and selected 41 articles. Animal studies were excluded. From these references we referred to older publications.

**Results:** Behavioral estimates of hearing sensitivity are limited in very young children. The initial battery of audiological tests should include objective electrophysiological measures, such as otoacoustic emissions, tympanometry, stapedial reflex, auditory brainstem responses, electrocochleography and auditory steady state responses. These tests evaluate several segments of the auditory pathways.

**Conclusion:** Physiologic methods of auditory evaluation can estimate hearing sensitivity, although they are no direct measures of hearing. Therefore the results should be "cross-checked" with behavioral tests.

**Key-words:** hearing loss, diagnosis, auditory evoked potentials

### 1. INTRODUÇÃO

A perda auditiva não identificada na infância, congênita ou adquirida, pode ocasionar deficiências nas habilidades da fala e linguagem ao longo da vida<sup>1</sup> que, por sua vez, trazem grande impacto sobre a comunicação, cognição, desempenho escolar, desenvolvimento emocional e bem-estar psicossocial<sup>2</sup>. Tais atrasos podem resultar em menores níveis de escolaridade e oportunidades de emprego na idade adulta<sup>3</sup>. Mesmo crianças com perdas auditivas leves ou unilaterais podem apresentar menor desempenho acadêmico<sup>4</sup>.

A detecção e a intervenção precoce da perda auditiva dentro do período crítico de desenvolvimento da fala, linguagem e cognição melhoram o desempenho individual<sup>1</sup> independente da magnitude da perda auditiva<sup>5</sup>.

Dados de estudos prévios mostram que pais de crianças sem fatores de risco suspeitaram inicialmente da perda auditiva aos 15 meses de idade, sendo confirmada por volta de 22 meses de idade<sup>6</sup>. Desde a introdução da triagem auditiva neonatal universal, a idade média de detecção da perda auditiva diminuiu para dois a três meses de idade<sup>7</sup>.

#### Signe Schuster Grasel

Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

#### Henrique Faria Ramos

Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

#### Roberto Miquelino de Oliveira Beck

Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

#### Edigar Rezende de Almeida

Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

#### Tânia Sih

Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

#### Correspondência:

Signe Schuster Grasel

Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar 255, 6º andar sala 6173

São Paulo / SP 05403-030

Brasil

Telefone/Fax:(55)11-30880299

ssgrasel@gmail.com

A maioria das crianças com perda auditiva congênita é identificada pela triagem auditiva. No entanto, a perda auditiva em crianças pode ser de início tardio, progressiva ou adquirida. Por essa razão, a presença de um ou mais indicadores de risco demanda uma avaliação audiológica completa entre 24 e 30 meses ou até antes – como, por exemplo, em crianças com citomegalovírus congênito, independente dos resultados da triagem

neonatal<sup>8</sup>. Além disso, também se recomenda pelo menos uma avaliação auditiva em todas as crianças antes do ingresso na escola<sup>9</sup>.

Todas as crianças devem receber um acompanhamento contínuo das habilidades auditivas e de comunicação (Tabelas 1, 2 e 3) conforme a idade, bem como dos marcos de desenvolvimento, independente dos indicadores de risco, segundo *Joint Comitee on Infant*

**TABELA 1**  
Desenvolvimento Auditivo Normal na Infância

Idade (Meses)	Desenvolvimento Normal
0–4	Deve reagir a sons altos, acalma-se à voz da mãe, interromper atividades momentaneamente durante a apresentação de som em níveis de conversação.
5–6	Deve localizar corretamente o som apresentado em um plano horizontal, iniciar a imitar sons em repertório próprio da fala ou pelo menos vocalizar reciprocamente com um adulto.
7–12	Deve localizar corretamente o som apresentado em qualquer plano, deve responder ao nome, mesmo quando falado baixo.
13–15	Deve apontar em direção a um som inesperado ou objetos familiares ou pessoas quando solicitado.
16–18	Deve seguir instruções simples, sem gestos ou indicações visuais; pode ser treinado para alcançar um brinquedo interessante, quando um som é apresentado.
19–24	Deve apontar para partes do corpo quando solicitado; com cerca de 21 meses podem ser treinados para realizar audiometria condicionada.

Fonte: Matkin ND. *Pediatr Rev*1984;6:151.

**TABELA 2**  
Recomendações para Crianças com Desenvolvimento Anormal da Fala

Idade (Meses)	Crítérios para Investigação de Crianças com Atraso da Fala
12	Não balbucia ou imita voz
18	Não fala palavras isoladas
24	Vocabulário de palavras únicas ≤ 10 palavras
30	Menos que 100 palavras; sem evidência de combinação de 2 palavras; ininteligível
36	Menos que 200 palavras; não utiliza frases telegráficas; clareza <50%
48	Menos que 600 palavras; não utiliza frases simples; clareza ≤80%

Fonte: Matkin ND. *Pediatr Rev*1984;6:151.

**TABELA 3**  
Marcos de Desenvolvimento para Comunicação e Linguagem

Etapa	Idade Média de Aquisição (Meses)	Implicações Evolutivas
Sorri em resposta a rostos e vozes	1.5	Criança socialmente mais participante
Balbucia monossilábicos	6	Experimenta sons e sensações táteis
Inibe-se com “não”	7	Responde a sons
Segue uma ordem com gestos	7	Comunicação não verbal
Segue uma ordem sem gesticular	10	Receptiva à linguagem oral
Fala a primeira palavra com significado	12	Início da fala
Fala 4–6 palavras	15	Aquisição de nomes pessoais e de objetos
Fala 10–15 palavras	18	Aquisição de nomes pessoais e de objetos
Fala frases de 2 palavras	19	Início da gramatização, corresponde a um vocabulário com mais de 50 palavras

Modificado de: Behrman RE, Jenson HB, Kliegman R, eds. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 16th ed. Philadelphia, PA: Saunders; 2003

*Hearing* de 2007<sup>8</sup> ou resultados da triagem auditiva. Qualquer preocupação dos pais sobre a audição ou atraso na comunicação deve ser valorizada. A observação regular dos marcos de desenvolvimento e habilidades auditivas, assim como da condição da orelha média deve ser realizada periodicamente. A fala e a linguagem apresentam evolução rápida nos primeiros três anos de idade, desta forma, não é apropriado esperar mais do que três meses para obter uma avaliação audiológica para afastar a perda auditiva.

A avaliação audiológica formal é a única forma de certificar-se da audição normal. A avaliação da audição na infância pode ser obtida através dos seguintes métodos:

#### A) Medidas comportamentais:

- Audiometria de observação comportamental: observação das reações de bebês perante estímulos sonoros de diversas características tais como tambores, pratos, sinos e chocalhos, entre outros. Indicada em neonatos e lactentes até seis meses de idade.

- Audiometria com reforço visual: localização da fonte sonora em um alto-falante ou fones de ouvido, reforçada por um estímulo visual atraente. Indicada para lactentes jovens com idade entre seis meses e 3 anos. Também pode ser utilizada em crianças com distúrbios neurológicos ou psiquiátricos.

- Audiometria condicionada: observação de um comportamento voluntário após a apresentação de um estímulo auditivo, devendo esse comportamento ser reforçado positivamente para que se mantenha e/ou

repita. A partir de dois a três anos de idade.

- Audiometria tonal e vocal completa: indicada para crianças a partir de 6 anos de idade, em função da complexidade de comandos.

No entanto, as estimativas comportamentais da sensibilidade auditiva nem sempre podem ser obtidas em crianças pequenas e, além disso, quando aplicadas em campo livre, não avaliam cada orelha separadamente. Desta forma, a bateria inicial de testes audiológicos para confirmar a perda auditiva em crianças deve incluir medidas eletrofisiológicas/objetivas, seguido por métodos comportamentais de acordo com a idade da criança.

#### B) Medidas eletrofisiológicas/objetivas

- Emissões Otoacústicas

- Timpanometria

- Reflexo Estapediano

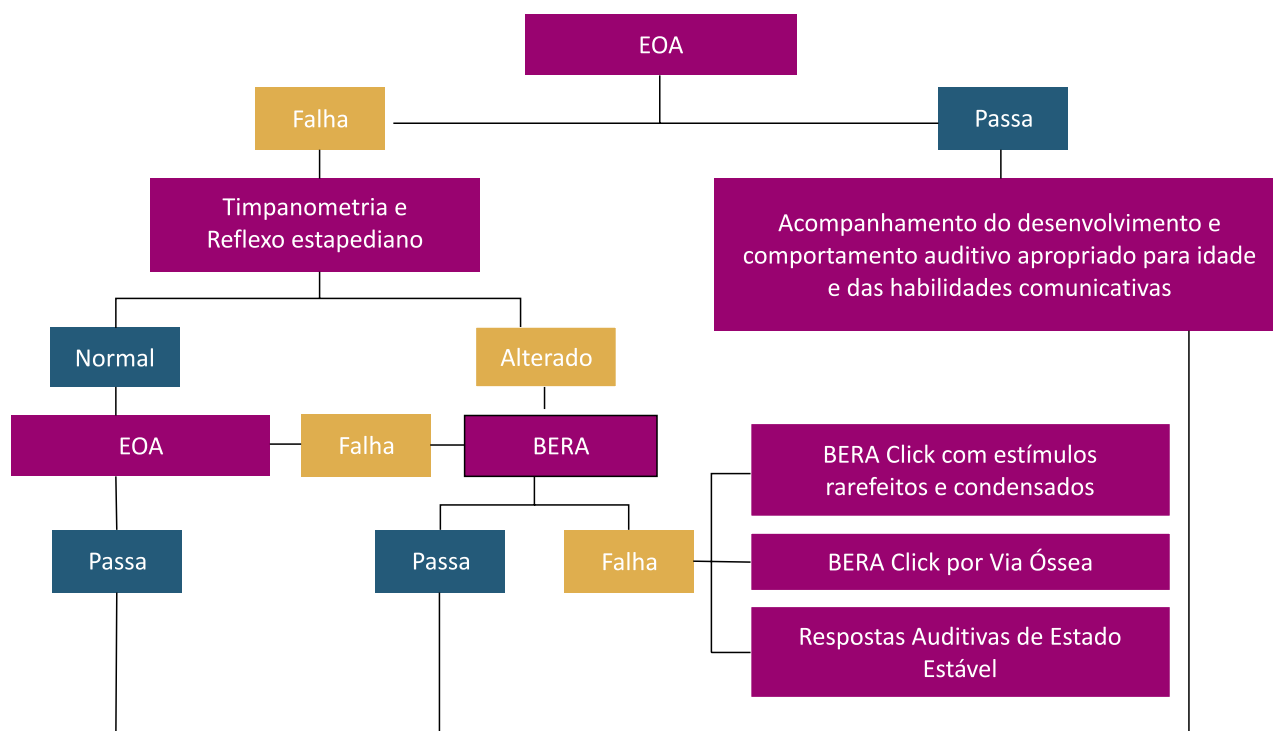
- Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico

- Eletrococleografia (ECoG)

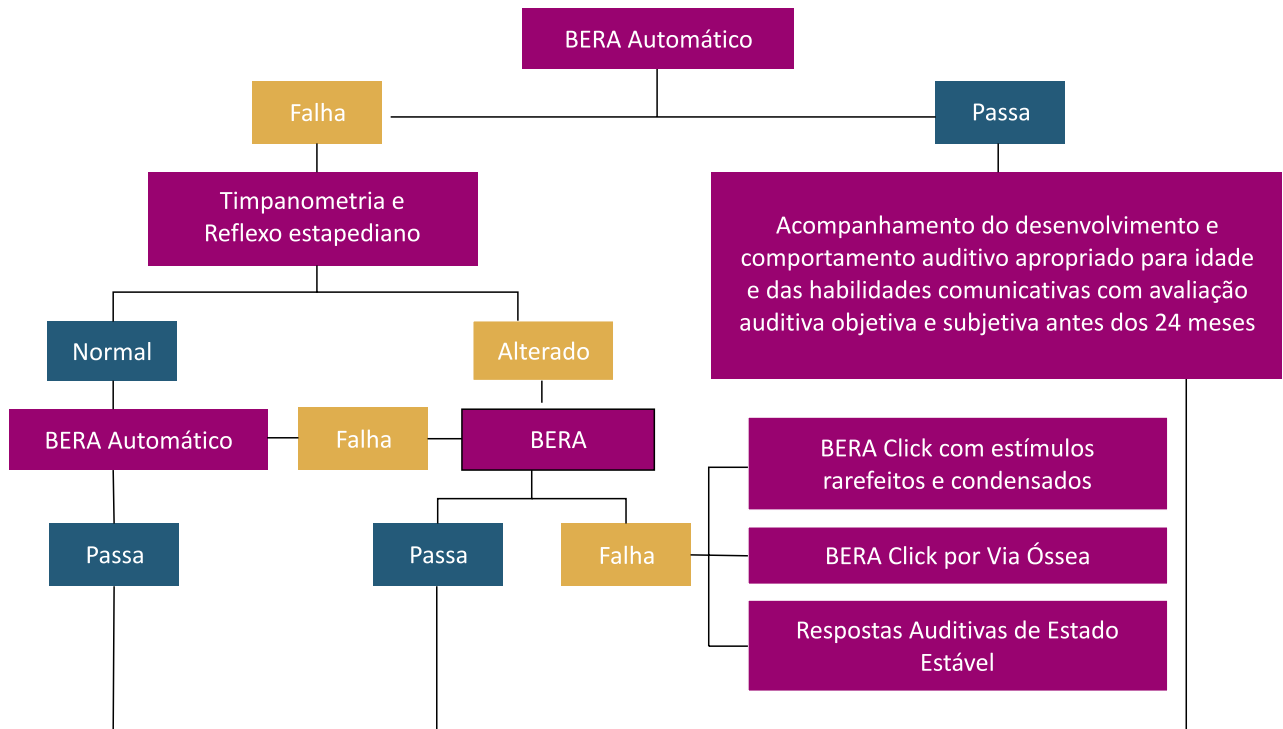
- Respostas Auditivas de Estado Estável (RAEE)

Para auxiliar na triagem e diagnóstico da perda auditiva em crianças com e sem fatores de risco, desenvolvemos um algoritmo (Figura 1.1 e 1.2) com a avaliação sugerida<sup>10</sup>, baseado na experiência clínica de décadas com potenciais evocados auditivos e eletrococleografia. Com o surgimento de novas técnicas (emissões otoacústicas e respostas auditivas de estado estável), essas foram incorporadas aos nossos protocolos clínicos. Utilizamos as respostas auditivas de estado

**FIGURA 1.1**  
Crianças sem fatores de risco



**FIGURA 1.2**  
Crianças com fatores de risco



estável há cerca de quatro anos. Em nosso serviço se realizam anualmente cerca de 1200 exames entre potenciais evocados auditivos de tronco encefálico (click e tone burst), ECoG, emissões otoacústicas e respostas auditivas de estado estável, tanto em adultos como em crianças.

## 2. Emissões Otoacústicas

Emissões otoacústicas (EOA) são sinais acústicos de baixa intensidade registrados no conduto auditivo externo<sup>11</sup>, gerados pela atividade mecânica não-linear das células ciliadas externas do órgão de Corti, espontaneamente ou na presença de estimulação acústica. As EOA evocadas são classificadas de acordo com o tipo de estímulo utilizado durante a medida: frequência-dependente, transiente ou produtos de distorção.

### 2.1. Emissões Otoacústicas Evocadas Transientes (EOAET)

As EOAET são respostas captadas alguns milissegundos após a apresentação de um estímulo acústico. As emissões podem ser evocadas da cóclea normal na maioria das frequências, dependendo da amplitude do espectro do estímulo<sup>12</sup>. Calcula-se a média das respostas a diversos estímulos com o intuito de distinguir a resposta do ruído de fundo, desta forma, a análise depende da reprodutibilidade das respostas e da relação sinal-ruído.

O teste das EOAET é o método de EOA mais amplamente utilizado para a triagem auditiva neonatal, uma vez

que pode ser registrado em quase todos os indivíduos com audição normal e está ausente nas orelhas com limiar auditivo de 30 dB NA (nível de audição) ou pior. Ademais, este teste é rápido, não invasivo, objetivo e mais tolerante ao ruído e à movimentação. No entanto, as EOAET têm limitações. A ausência de respostas não fornece informações a respeito dos limiares auditivos ou tipo de perda auditiva (condutiva ou neurossensorial).

### 2.2. Emissões Otoacústicas Produtos de Distorção (EOAPD)

As EOAPD são evocadas pela apresentação simultânea de dois tons puros, que são oferecidos simultaneamente para a cóclea, gerando tons diferentes que podem ser medidos como respostas no conduto auditivo externo. Assim como ocorre com as EOAET, as medidas da EOAPD são analisadas por meio da relação sinal-ruído. O nível da EOAPD registrada deve ser pelo menos 6 dB acima do nível de ruído.

As EOAPD podem ser registradas em quase todas as orelhas com audição normal e também podem ser medidas em orelhas com perda auditiva neurossensorial leve a moderada<sup>13</sup>. Embora a EOAPD não seja uma medida direta da sensibilidade auditiva, existe uma correlação quantitativa com o grau assim como a configuração da perda auditiva, quando leve a moderada. Outra vantagem deste método é a especificidade de frequência dos estímulos de tom puro utilizados. O produto de distorção, bem como as EOAET, depende de transmissão ideal através da orelha média, por isso é importante determinar a condição da orelha

média antes de interpretar os achados. A otoscopia, melhor ainda a otomicroscopia é de grande auxílio, principalmente quando realizada antes do exame. Ela permite a remoção de descamação, cerúmen, secreção do conduto auditivo externo e a avaliação da membrana timpânica que pode inferir sobre eventuais alterações da orelha média.

Durante a execução do teste os examinadores devem ficar atentos a eventuais ruídos fisiológicos da criança, como ruído respiratório (pex. ronco, secreção, malformações das vias aéreas ou vasculares) que pode comprometer o resultado.

### 2.3. Interpretação das EOA

A presença de EOA evocadas denota integridade e funcionamento adequado das células ciliadas externas, desta forma, sua ausência pode indicar função coclear anormal, consistente com perda auditiva. No entanto, sua ausência não significa apenas alteração da função coclear; as EOA são transmitidas através da orelha média e registradas no conduto auditivo externo, deste modo, doenças da orelha média ou oclusão do conduto auditivo externo podem levar a respostas alteradas. Portanto, as EOA refletem as condições do sistema auditivo periférico desde o conduto auditivo externo até as células ciliadas externas cocleares.

Em relação à orelha externa, mesmo pequenas quantidades de cerúmen ou descamação no conduto auditivo externo podem obstruir os canais da sonda, com consequente estimulação inadequada. Em recém-nascidos, especialmente durante os primeiros dias de vida, a taxa de falha no teste das EOA é maior devido à presença de vérnix caseoso no conduto auditivo externo, líquido amniótico na orelha média e/ou pressão negativa em uma orelha média sem ventilação adequada<sup>14</sup>.

A função adequada da orelha média é um fator determinante na análise das EOA e várias condições, como disfunção da tuba auditiva, otite média com efusão, perfuração da membrana timpânica ou alterações na cadeia ossicular, podem interferir na sua medida<sup>15</sup>. O resultado do teste das EOA por si só não é capaz de diferenciar entre as anormalidades da orelha externa, orelha média, ou células ciliadas externas. Em caso de resultado alterado, outros testes audiológicos devem ser realizados para avaliar a condição da orelha média (timpanometria, pesquisa do reflexo estapediano) ou orelha interna e vias auditivas (BERA). Devemos ter em mente que as EOA também não avaliam a integridade das vias auditivas a partir do oitavo nervo ao tronco cerebral e, portanto, não vão identificar neuropatia/ dessincronia auditiva e outras anormalidades neurais.

### 3. Timpanometria

A timpanometria avalia as variações na transmissão de energia sonora secundária a alterações de pressão no conduto auditivo externo. Através deste teste, é possível verificar se a membrana timpânica apresenta movimentação normal e se a pressão atmosférica é semelhante na orelha média e conduto auditivo externo, indicando funcionamento adequado da tuba auditiva, estruturas da orelha média e integridade da cadeia ossicular.

A timpanometria costuma ser classificada como tipo A, B e C<sup>16</sup>. Deve se ressaltar que em neonatos e crianças até 6 meses, o uso da sonda convencional de 226Hz é desaconselhado. Nessa faixa etária, a imitanciometria de alta frequência ou múltipla frequência é cada vez mais utilizada, pois diferencia melhor entre orelha média normal e presença de efusão. De acordo com o National Institute for Health and Clinical Excellence do Reino Unido, recomenda-se o uso da sonda de 1000Hz para crianças com idade abaixo de 6 meses<sup>17</sup>.

Uma vez que este teste é rápido e de fácil execução, não exige respostas comportamentais, e mantém-se inalterado durante o sono ou sedação, é uma ferramenta importante para avaliação auditiva de recém-nascidos, especialmente quando são encaminhados para avaliação audiológica diagnóstica após a triagem auditiva neonatal. Portanto, é recomendado em recém-nascidos que falharam no teste de emissões otoacústicas, pois ajuda no diagnóstico diferencial entre perda auditiva neurosensorial e comprometimento da orelha média, frequente na infância.

### 4. Reflexo Estapediano

O reflexo estapediano corresponde à contração involuntária do músculo do estapédio em resposta à estimulação sonora de alta intensidade, resultando em uma mudança na complacência do sistema tímpano-ossicular que pode ser detectado por uma sonda no conduto auditivo externo. A contração ocorre bilateralmente, mesmo quando o som é apresentado unilateralmente. Desta forma, o reflexo pode ser obtido na orelha ipsilateral ou contralateral.

A via do reflexo acústico é composta pela membrana timpânica, orelha média, cóclea, nervo coclear, tronco encefálico e nervo facial. O teste de reflexo estapediano permite a obtenção de informações não só da orelha média, mas também das vias auditivas do tronco encefálico. Assim, tanto as vias auditivas aferente e eferente, bem como o nervo facial devem estar com a função preservada a fim de observar o reflexo. Além de complementar as informações obtidas a partir da timpanometria, o teste do reflexo estapediano permite a avaliação da integridade global das vias auditivas periféricas e centrais.

Os indivíduos com audição normal apresentam reflexo estapediano cerca de 70-95 dB acima do limiar auditivo. Reflexos estapedianos alterados são encontrados na:

1) perda auditiva neurosensorial ou condutiva, 2) doença da orelha média ou paralisia facial periférica, 3) lesão de tronco encefálico; 4) neuropatia/dessincronia auditiva. O limiar do reflexo estapediano pode também prever limiares auditivos em crianças com orelha média normal, que são incapazes de serem submetidas à avaliação comportamental<sup>18</sup>.

## 5. Respostas Auditivas de Tronco Encefálico

As respostas auditivas de tronco encefálico (BERA) são potenciais elétricos captados entre 1,0 e 20 milissegundos após a apresentação de estímulo acústico, em cada orelha separadamente. As respostas são geradas pelo nervo coclear e pelo tronco encefálico e são representados por ondas enumeradas por números romanos.

### 5.1. Potenciais Evocados Auditivos por Clicks

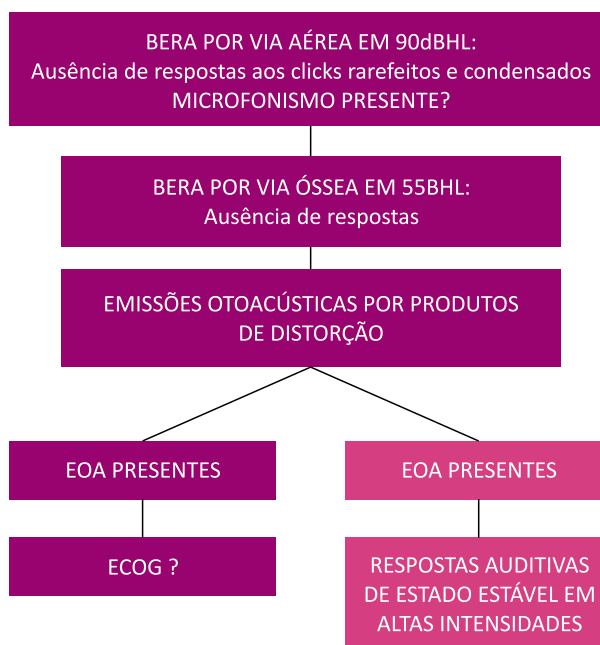
As respostas auditivas de tronco encefálico são geradas por estímulos curtos de descarga instantânea (clicks), proporcionando estimulação sincrônica de numerosos neurônios auditivos. A principal aplicação do potencial evocado auditivo por click é a avaliação da função neural, integridade do tronco encefálico e maturidade das vias auditivas, além de definição do tipo de perda auditiva (condutiva, sensorial ou neural). O exame também é usado em sistemas automáticos para triagem auditiva neonatal.

As ondas I e II representam a atividade do nervo coclear, a onda III corresponde ao núcleo coclear e as ondas IV e V representam a atividade de tronco encefálico do lemnisco lateral até o colículo inferior<sup>19</sup>.

As latências das ondas e os intervalos interpícos são dependentes da idade e estão aumentados em recém-nascidos e crianças até aproximadamente 2 anos de idade. A cóclea está funcionalmente formada ao redor de 35 semanas de idade concepcional, mas as ondas do BERA ainda não estão completas ao nascimento, principalmente nos prematuros. Por isso, a estimativa da idade concepcional é fundamental para a interpretação adequada das ondas e suas latências. O intervalo I-V está aumentado e diminui durante os primeiros meses. Essas alterações podem ser explicadas por imaturidade das sinapses, diâmetro reduzido dos axônios e mielinização incompleta das fibras nervosas. O desenvolvimento das vias auditivas do tronco encefálico se completará entre 18 e 24 meses. Mesmo após os dois anos ainda podem ser observados sinais de atraso de maturidade, que se manifestam como disfunções retrococleares transitórias (amplitude de onda I maior que onda V, morfologia pobre e aumento dos intervalos I-V, I-III ou III-V).

Em indivíduos com audição normal, na estimulação em intensidades altas entre 75 e 90 dBNA, a latência da onda V é de 5,5 a 6,0ms e aumenta aproximadamente 2,0ms até o limiar, que é definido pela menor intensidade em que a onda V pode ser replicada (Figura 2). A latência da onda I é de 1,5ms, da onda III por volta de 3,5ms e os

FIGURA 2



intervalos interpícos são de aproximadamente 2,0ms. A estimulação em altas intensidades é imprescindível para obtenção confiável de latências absolutas e intervalos interpícos. No limiar, muitas frequências contribuem para a resposta, mas normalmente, a melhor correlação ocorre entre as frequências auditivas de 2 e 4 KHz.

Nas perdas auditivas condutivas, todas as latências estão aumentadas, mas o intervalo I-V é normal. A morfologia pode ser pobre e o limiar elevado. Por outro lado, aumento da latência da onda V e do intervalo I-V são as principais alterações encontradas nas disfunções retrococleares ou de tronco encefálico, associados ou não à perda auditiva neurosensorial. Nesses casos, a latência da onda I costuma ser normal. Perdas auditivas sensoriais com função neural preservada, normalmente apresentam latências normais com limiares aumentados.

### 5.2. Potenciais Evocados Auditivos por Frequência-específica

A avaliação por frequência específica é essencial na avaliação diagnóstica. Diversas ferramentas estão disponíveis, sendo o BERA por *tone burst* um dos mais populares.

Basicamente, este teste é usado para determinar limiar eletrofisiológico frequência-específico nas frequências centrais (0,5, 1, 2 e 4 KHz). Para isso, a onda V é acompanhada da maior para a menor intensidade em cada frequência e o limiar é obtido pela menor intensidade em que a onda V é reprodutível.

A maior restrição ao potencial evocado por *tone burst* é o tempo de duração do exame, entre 1 ou 2 horas para adquirir respostas nas quatro principais frequências



e nos dois lados. Em crianças pequenas em sono natural pode ser necessária uma segunda sessão para completar o exame frequência-específico. Para crianças maiores, a sedação com hidrato de cloral ou midazolam R pode não ser suficiente para obtenção de condições ideais para o exame devido ao tempo prolongado. Anestesia inalatória superficial é nossa primeira escolha para crianças maiores que seis meses. Na maioria dos casos, isto nos permite adquirir respostas confiáveis nas frequências específicas em uma única sessão.

### 5.3. Potencial Evocado Auditivo por Via Óssea

O estímulo é oferecido através de vibrador ósseo locado na mastóide, da mesma forma que na audiometria. As principais indicações são atresia ou estenose de conduto auditivo externo, malformações de estruturas da orelha externa ou média e, às vezes, na otite média com efusão persistente. É útil para estimar o gap aéreo-ósseo na perda auditiva condutiva ou mista, especialmente quando o BAH (Bone-Anchored Hearing Aid) é indicado. Nestes casos, convém estimar os limiares frequência específicos por via óssea para facilitar a adaptação do BAH. Nunca deve ser realizado sozinho, mas como complemento à avaliação por via aérea no potencial auditivo convencional.

#### 5.4 CE-Chirp®

O estímulo CE-Chirp® foi concebido para compensar pelo atraso da ativação das frequências baixas no giro apical da cóclea. Com o CE-Chirp®, apesar de ser um estímulo de banda larga, todas as frequências são ativadas simultaneamente.

Na prática clínica, o CE-Chirp® poderia otimizar a pesquisa de limiar em pacientes que apresentam onda V de baixa amplitude na estimulação com click. Para facilitar a avaliação frequência específica foi desenvolvido o NB CE-Chirp® (Narrow-band) para ocupar o lugar do tradicional tone burst. Entretanto, até o presente momento não há estudos suficientes que comprovem a maior eficácia do NB CE-Chirp® para essa finalidade e faltam ainda estudos comparativos entre esse novo estímulo e o tone burst<sup>20,21</sup>.

### 6. Eletrococleografia

A eletrococleografia (ECoG) permite aquisição de atividades elétricas da cóclea e nervo coclear próximo do sítio gerador. Os maiores componentes cocleares são o microfonismo coclear (MC) e o potencial de somação (PS). O potencial de ação (PA) representa a atividade elétrica do nervo coclear e seria equivalente à onda I do BERA.

As respostas podem ser obtidas através de técnica invasiva com eletrodo transtimpânico locado no promontório, ou por técnica não invasiva com eletrodo posicionado na membrana timpânica ou no conduto auditivo externo. Quanto mais próximo da cóclea está o eletrodo, maior a amplitude das respostas. Nos casos em que a onda I do BERA não é evidente ou confiável, a

ECoG pode auxiliar mostrando o PA, ou seja, uma onda I bem definida, já que o sítio de captação deste potencial com eletrodo transtimpânico está bem próximo da fonte geradora do mesmo. Na suspeita das doenças do espectro da neuropatia auditiva, a ECoG é uma poderosa ferramenta para avaliação do local da lesão<sup>22</sup>, além de evidenciar o microfonismo coclear. Quando há indicação de implante coclear em casos selecionados de doença do espectro da neuropatia auditiva, a presença de resposta neural na ECoG é útil na escolha da orelha a ser implantada. A maior desvantagem da ECoG na criança é a necessidade da anestesia geral.

### 7. Respostas Auditivas de Estado Estável

As respostas auditivas de estado estável (RAEE) são potenciais evocados por tons contínuos sinusoidais modulados em amplitude e/ou frequência. As respostas geradas parecem refletir a atividade auditiva do tronco encefálico e podem ser usadas para estimar o limiar frequência-específico em recém-nascidos e crianças, com correlação significativa com o limiar psicoacústico<sup>23</sup>. A resposta é identificada como um pico que se sobrepõe ao Eletroencefalograma, sendo considerada presente ou ausente através de análise estatística.

A apresentação do estímulo binaural, quatro frequências simultaneamente, pode diminuir o tempo de exame para avaliação de limiar frequência-específico.

Diferentemente dos potenciais evocados auditivos por click, as RAEE podem fornecer informações em intensidades até 120 dBNA, permitindo a investigação de audição residual e a diferenciação entre perda auditiva severa e profunda em crianças pequenas, candidatas ao implante coclear<sup>24,25</sup>. Ainda, os resultados obtidos por RAEE em intensidades elevadas permitem adequada adaptação de próteses auditivas. A ausência de respostas é indicativa de surdez profunda<sup>10</sup>. Deste ponto de vista, as RAEE são uma ferramenta muito eficaz na avaliação de crianças pequenas antes da cirurgia de implante coclear.

Como desvantagens, existem diferenças entre os limiares obtidos por RAEE e audiometria tonal em indivíduos normais e principalmente nas doenças do espectro da neuropatia auditiva. Interferências elétricas e ruído eletroencefalográfico elevado podem produzir resultados inválidos ou subestimar a audição. O teste também pode ser afetado pelo estado de alerta do paciente.

As RAEE são uma ferramenta importante na avaliação auditiva na infância, mas as informações obtidas são complementares e devem ser analisadas em conjunto com os resultados do BERA.

Para auxiliar no diagnóstico da perda auditiva profunda em crianças, candidatos a implante coclear assim como crianças com perda condutiva ou mista, candidatos ao BAH, desenvolvemos algoritmo com a avaliação sugerida (figura 2).

## 8. Conclusão

Os métodos eletrofisiológicos de avaliação auditiva não são medidas diretas da audição, mas correlacionam-se com a sensibilidade auditiva, especialmente da função auditiva periférica. Todos os exames mencionados refletem as condições no momento do exame. Desta forma, é fundamental a realização de avaliação sequencial para observação de maturação e desenvolvimento das vias auditivas. Os novos exames, tais como as respostas auditivas de estado estável e o CE-Chirp®, são de grande auxílio, especialmente na avaliação do limiar frequência-específico.

A comparação entre os resultados obtidos por métodos “objetivos” /eletrofisiológicos e testes “subjetivos” / comportamentais confiáveis é imprescindível para a confirmação de limiares audiométricos e prever as condições auditivas, já que todos se complementam.

### Referências Bibliográficas

1. Yoshinaga-Itano C, Sedey AL, Coulter DK, Mehl AL. Language of early- and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics* 1998;102:1161–1171
2. U.S. Preventive Services Task Force. Universal screening for hearing loss in newborns: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *Pediatrics* 2008;122:143–148.
3. Holden-Pitt L, Diaz J. Thirty years of the annual survey of deaf and hard of hearing children and youth: a glance over the decades. *Am Ann Deaf* 1998;143:72–76
4. Tharpe A. Unilateral and mild bilateral hearing loss in children: Past and current perspectives. *Trends Amplif* 2008;12:7–15.
5. Yoshinaga-Itano C. Early intervention after universal neonatal hearing screening: Impact on outcomes. *Mental Retard Dev Disabil Res Rev* 2003;9:252–266.
6. Harrison M, Roush J. Age of suspicion, identification and intervention for infants and young children with hearing loss: A national study. *Ear Hear* 1996;17:55–62.
7. Harrison M, Roush J, Wallace J. Trends in age of identification and intervention in infants with hearing loss. *Ear Hear* 2003;24:89–95.
8. Joint Committee on Infant Hearing Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics* 2007;120:898–921
9. American Academy of Audiology. Identification of hearing loss & middle-ear dysfunction in preschool & school age children. *Audiology Today* 1997, 9(3), 18–20.
10. Grasel SS, Ramos HF, Beck RMO, Almeida ER. Evaluation of Hearing Loss in Childhood. In: Sih T, Chinski A, Eavey R, Godinho R. IX IAP0: Manual of Pediatric Otorhinolaryngology. São Paulo: Editora e Gráfica Vida& Consciência, 2010, p. 243-262.
11. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 1978;64(5):1386-1391.
12. Kemp DT, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear* 1990;11(2):93-105.
13. Moulin A, Bera C, Collet L. Distortion product otoacoustic emissions and sensorineural hearing loss. *Audiol* 1994;33:305-326.
14. Van Zanten GA, Collet L, van Haver, Kemp DT, et al. Otoacoustic emissions. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1995;32(Suppl):S213-216
15. Owens JJ, McCoy MJ, Lonsbury-Martin BL, et al. Otoacoustic emissions in children with normal ears, middle ear dysfunction, and ventilating tubes. *Am J Otol* 1993;14:34-40
16. Jerger, J. Clinical experience with acoustic impedance measures. *Arch Otolaryngol* 1970; 92: 311-24.
17. Tympanometry in babies under 6 month: a recommended test protocol. 23 set 2008 – Publisher NHS Newborn hearing screening programme – publication type: guidance –[HTTPS://www.evidence.nhs.uk/search?q=tympanometry+in+babies](https://www.evidence.nhs.uk/search?q=tympanometry+in+babies). Acesso em Junho-2012
18. Niemeyer W, Sesterhenn G. Calculating the hearing threshold from the stapedial reflex threshold for different sounds stimuli. *Audiol* 1974;3:421-427.
19. Moller A, Janetta P, Moller M. Neural generators of brainstem evoked potentials: results from human intracranial recordings. *Ann*

*Otol Rhinol Laryngol* 1981;90:591-596.

20. Elberling, C., Don, M. Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *J Acoust Soc Am* 2008;124(5):3022 – 3037

21. Elberling C, Don M. (2010). A direct approach for the design of chirp stimuli used for the recording of auditory brainstem responses. *J Acoust Soc Am* 2010;128(5): 2955 -2964.

22. Santarelli R, Starr A, Michalewski HJ, Arslan E. Neural receptor cochlear potentials obtained by transtympanic electrocochleography in auditory neuropathy. *Clin Neurophysiol* 2008;119(5): 1028-1041.

23. Rance G, Rickards FW. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. *J Am Acad Audiol* 2002;13:236-245.

24. Rance G, Briggs RJS. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002;111(Suppl 189):22-28.

25. Beck RMO, Ramos HF, Grasel SS, de Almeida ER, et al. Auditory steady-state responses (ASSR) in young cochlear implant candidates. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol* 2011; 75:97