

 Science **made** smarter

Um Guia para Emissões Otoacústicas



Interacoustics

Conteúdo

O que são EOAs?	4
O que são Emissões Otoacústicas (EOAs)?	4
Tipos de EOAs	5
EOAPDs	6
EOATES	7
EOA para Triagem x Diagnóstico	8
Triagem	8
Diagnóstico	9
Equipamentos de EOA	10
Hardware	10
<i>Calibração</i>	10
<i>Calibração de estímulo “na orelha” (Controle Automático de Ganho)</i>	11
<i>Distorção do sistema</i>	11
Sistema diário ou teste de integridade da sonda	12
<i>Teste de integridade de sonda</i>	12
<i>Resultados de teste</i>	13
<i>Medição em orelha real</i>	13
O ambiente de teste	14
Exames e instruções pré-teste	15
<i>Testes em pacientes com tubos PE (tubos de ventilação, ilhós)</i>	15
<i>Instruções ao paciente</i>	15
Selecionando o protocolo e as configurações corretas	16
EOATE ou EOAPD	16
Um protocolo de teste de triagem ou de diagnóstico?	17
Testes de EOA devem ser repetidos?	17
O que significam configurações de protocolo? E quando devo ajustá-las?....	18
<i>Exibição de resultados de teste - exibição básica, avançada ou FFT?</i>	18
<i>Gráficos do estímulo e verificação da sonda</i>	18
<i>Forma da onda de resposta de TE</i>	19
<i>Informações resumidas dos testes</i>	20
<i>Frequências ou pontos do teste</i>	20
<i>Janela de gravação (EOATE)</i>	20
<i>Clicks lineares ou não lineares</i>	21
<i>Níveis de estímulo</i>	21
<i>EOATE</i>	21
<i>Proporção f_2/f_1 (EOADP)</i>	22

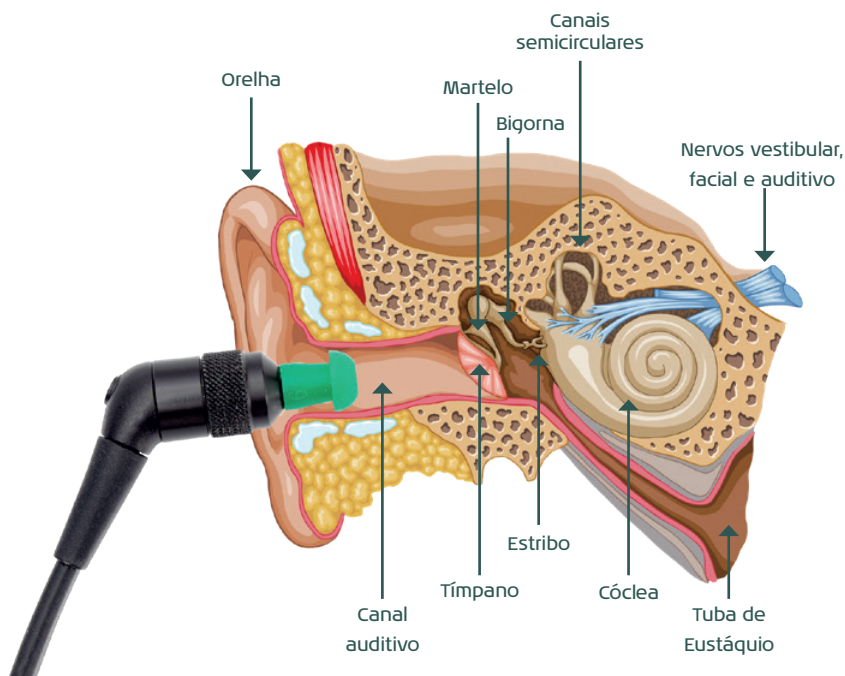
Tolerância do estímulo	22
Filtragem (EOATE).....	22
Níveis de rejeição de ruído	23
Medindo em pressão ambiente e em pressão timpânica máxima (EOA pressurizada).....	23
Critérios de detecção/parada	25
Antes e durante os testes de EOA.....	28
Seleção de olivas.....	28
Colocação da sonda.....	28
Gráfico de ajuste/verificação da sonda.....	29
Gráfico de estímulo	29
Tolerância/estabilidade.....	30
Nível de ruído aceitável (rejeição de ruído).....	30
Análise e interpretação dos resultados.....	32
Análise dos Resultados de Triagem por EOA.....	32
Passou	32
Falha	33
Incompleta	33
Análise em avaliações de diagnóstico	34
Gráfico de estímulo (EOATE).....	34
Gráfico de verificação da sonda	34
Ruído de fundo.....	35
Nível mínimo de EOA	35
Dados normativos	36
Reprodutibilidade de reposta (forma de onda).....	36
Estabilidade do estímulo em (EOATE).....	37
Confiabilidade (%) (DPOAE).....	38
EOA Total (EOATE).....	39
Média de A&B.....	39
Dif. A - B	39
Classificando EOAs: Presente e normal, presente e anormal ou ausente?.....	39
Relatando resultados.....	40
Outros textos	43
Sites	43
Livros	43
Artigos.....	43

O que são EOAs?

O guia fornece aos clínicos uma breve introdução aos testes de EOA, para ajudá-los na seleção do protocolo de testes mais adequados e na análise de resultados de testes de EOA.

O que são Emissões Otoacústicas (EOAs)?

Emissões Otoacústicas (EOAs) são sons gerados pelo movimento dos cílios externos de uma cóclea saudável em funcionamento, em resposta a estímulos externos.



A **Figura 1** mostra a anatomia da orelha, bem como o método de fornecimento de som e medição, usando-se uma sonda.

Quando um som externo é apresentado ao ouvido, os estereocílios (pelos) das células ciliadas externas são estimulados e mudam de formato para amplificar e propagar sons específicos ao longo da membrana basilar.

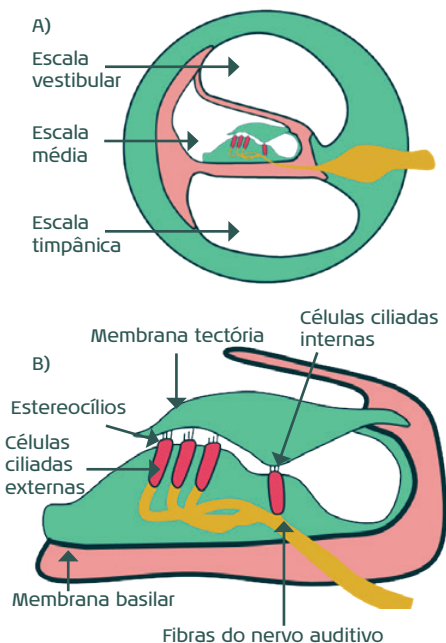


Figura 2 (A) mostra uma seção transversal das partições cocleares. A partição central (B) contém a membrana tectória e as células ciliadas internas e externas que se conectam ao nervo auditivo.

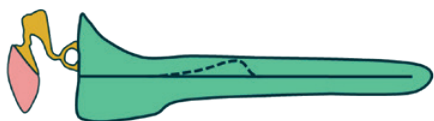


Figura 3 mostra a cóclea enrolada como um tubo longo, exibindo o envelope do movimento da membrana basilar em resposta a um estímulo de tom puro.

Esses sons ou emissões podem ser evocadas e medidas com uma sonda que contenha alto-falantes e um microfone no canal auditivo externo (canal auditivo) e fornece informações sobre a integridade ou funcionamento das células ciliadas externas na cóclea. Uma orelha externa e média saudáveis são também necessárias para que se registre com precisão esses sons de pequena amplitude, que podem variar de -10 dB SPL a + 30 dB SPL, em orelhas saudáveis e funcionais.

As EOAs não são um teste auditivo, e não podem avaliar o tipo ou grau de perda auditiva, que pode ser obtido com os testes de audiometria de puro tom ou potencial evocado auditivo de estado estável (ASSR), mas são uma ferramenta essencial, tanto na triagem auditiva neonatal como no diagnóstico audiológico para o diagnóstico diferencial de condições auditivas.

Tipos de EOAs

Emissões otoacústicas recaem em duas categorias: Espontâneas e Evocadas.

Emissões otoacústicas espontâneas (SOEAs) ocorrem naturalmente no ouvido sem um estímulo externo, enquanto as EOAs evocadas são medidas após a apresentação de um estímulo ao ouvido. As EOAs são evocadas usando um estímulo transiente, como um click ou tone burst (EOATE), usando um estímulo de puro tom (SFOAE) ou usando um par de estímulos de puro tom (EOAPD).

As EOAs mais comuns registradas na triagem e diagnóstico audiológico são as Emissões Otoacústicas por Produtos de Distorção (EOAPDs) e as Emissões Otoacústicas Evocadas Transientes (EOATES).

EOAPDs

As emissões otoacústicas por produto de distorção são evocadas pela apresentação simultânea de dois tons puros ou primários, denominados f_1 e f_2 . Por ser a cóclea não linear por natureza, ocorrem distorções em vários locais ao longo da cóclea durante a apresentação do estímulo. Durante um teste de EOAPD, diversos pares de estímulo são apresentados ao ouvido e o maior que corresponde ao produto de distorção é simultaneamente medido à frequência expressa matematicamente como $2f_1 - f_2$.

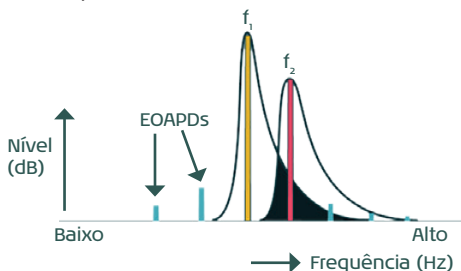


Figura 4 mostrando uma representação das ondas viajando associadas aos estímulos primários f_1 e f_2 . A área triangular sombreada é a região onde os produtos de distorção são gerados (perto do local da f_2). Embora sejam geradas aqui, as distorções também aparecem em outros locais na membrana basilar.

Em geral, a frequência de teste é a denominada f_2 . Por exemplo, se 2000 Hz for a frequência de teste de EOA desejada, $f_2 = 2000$ Hz e $f_1 = 1.640$ Hz (é usada uma proporção fixa para se determinar f_1). Usando a equação matemática $2f_1 - f_2$, o maior produto de distorção correspondente aparecerá a 1280 Hz ($2 \times 1640 - 2000$) em uma cóclea saudável e funcional.

O local na cóclea que gera produtos de distorção fica perto do local da amplitude máxima do estímulo f_2 . Assim, embora a frequência dos produtos de distorção seja consideravelmente inferior a f_2 , o nível

do produto de distorção é indicativo da integridade da saúde/atividade da cóclea no local da f_2 .

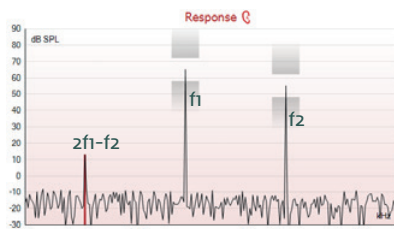


Figura 5 mostrando o gráfico da resposta do módulo de EOAPD do Titan. O gráfico mostra as duas frequências de teste, f_1 e f_2 , com seus respectivos níveis de estímulo em dB SPL, o ruído e o produto de distorção a $2f_1 - f_2$.

Em geral, as EOAPDs são gravadas entre 1 e 6 kHz, mas podem ser gravadas tão altas quanto de 10 a 12 kHz, dependendo dos recursos do equipamento.

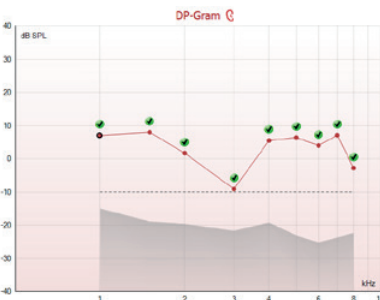


Figura 6 mostrando uma medição de EOAPD de 1 a 8 kHz em uma orelha com limiares normais de tom puro.

EOATES

Emissões otoacústicas evocadas transitentes são mais normalmente evocadas usando-se repetidos estímulos com clicks de banda larga. Elas são gravadas durante breves intervalos entre as apresentações dos estímulos que ativam uma ampla área da membrana basilar.

A gravação da resposta da EOATE ocorre durante a apresentação de uma série de clicks bifásicos. Mantendo-se breve o click do estímulo, o método de entrega do estímulo facilita a separação da resposta de estímulos muito mais altos.

Devido à resposta proveniente de uma orelha saudável conter as mesmas frequências que o estímulo, diversas técnicas devem ser empregadas para garantir que a resposta medida não seja, de fato, algumas das "sobras" de energia do estímulo click. Observe que isso se contrasta com as medições de EOAPD, em que a resposta está em uma frequência diferente daquela do estímulo e é, por isso, fácil de ser distinguida.

Em geral, equipamentos de EOATE usam uma combinação de janelas de tempo, filtragem e uma sequência de estímulos apresentados em diferentes níveis e polaridades, de modo a garantir que a resposta de EOATE seja gerada na cóclea. Devido à pequena dimensão da resposta de EOATE, são necessárias muitas repetições de estímulo e o processo de "cálculo da média" permite que a resposta possa ser observada acima do nível do ruído. Frequentemente, essas respostas de EOATE têm, em seguida, suas médias calculadas alternando-se entre dois pools de respostas (denominados buffers A e B), de modo que diversas correlações de domínio de tempo e frequência podem ser realizadas para caracterizar o desempenho da cóclea.

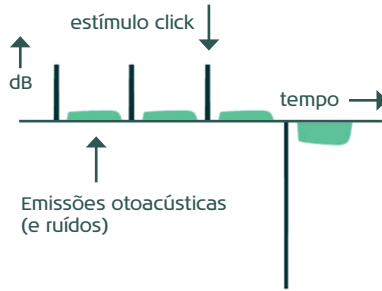


Figura 7 mostrando o método usado na produção e gravação do estímulo das EOATES.

Em geral, as latências de resposta de EOATE são gravadas no intervalo de 2 a 23 ms. As latências mais curtas representam a região de frequência mais alta da cóclea, enquanto as latências mais prolongadas refletem regiões de frequência mais baixa. Isso corresponde à anatomia e fisiologia da cóclea, uma vez que sons de alta frequência somente se propagam a uma curta distância ao longo da membrana basilar, enquanto frequências baixas viajam para mais longe em direção ao ápice e, assim, levam mais tempo para que sejam refletidas de volta à sonda.

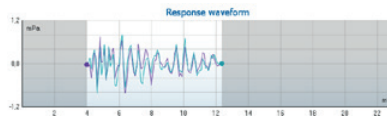


Figura 8 mostrando uma forma de onda de resposta de EOATE representada no domínio do tempo.

Em geral, é possível medir EOATES entre 1 e 4 kHz.

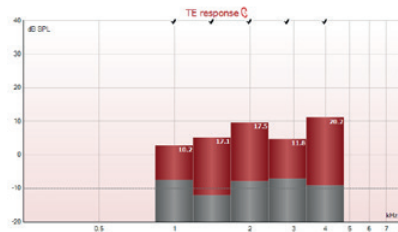


Figura 9 mostrando uma gravação de EOATE no domínio da frequência, exibindo bandas de 1/2 oitava centralizadas em torno das principais frequências audiométricas.

EOA para Triagem X Diagnóstico

A aplicação de EOAs é bem diferente daquela quando se usa com a finalidade de diagnóstico. É extremamente importante selecionar as configurações corretas de teste ou protocolo, dependendo do paciente ou uso esperado dos resultados de teste.

Triagem

Na triagem, o objetivo é separar pessoas com distúrbios auditivos que interferirão na comunicação, daquelas que não possuem distúrbios auditivos importantes de comunicação.

Enquanto as EOAs não testam todo o canal auditivo, elas desempenham um papel importante na triagem auditiva neonatal. Elas são mais sensíveis e mais dependentes do funcionamento das células auditivas externas, elas não precisam de resposta comportamental, e fornecem informações específicas da orelha, sendo um teste barato e rápido.

Na triagem, os resultados são exibidos tanto como PASSOU ou FALHA e os protocolos de teste em geral necessitam de que três de quatro bandas ou frequências (na faixa de frequência da fala) sejam detectadas para um resultado PASSOU. Quando o recém-nascido passa no teste de triagem auditiva, isso indica que há uma chance significativamente baixa de que ele tenha um distúrbio auditivo significativo que necessite de amplificação (p.ex., aparelho auditivo ou implante coclear).

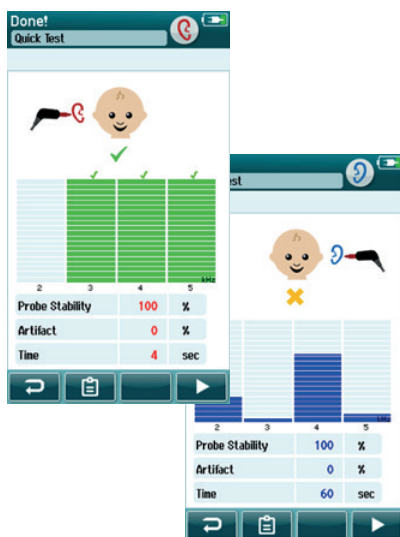


Figura 10 mostrando resultados passa e falha de um teste de triagem auditiva neonatal.

Um resultado FALHA indica somente que os critérios de detecção do protocolo de teste não foram atendidos. Isso pode ser devido a condições de teste (ou seja, ruídos demais), a uma perda auditiva (condutiva ou sensorineural) ou a técnicas de testagem precárias.

Crianças de colo que FALHAM em um teste de triagem podem passar novamente por uma triagem antes de serem encaminhadas a um departamento de Diagnóstico audiológico para uma testagem mais completa de modo a descartar uma perda auditiva permanente.

Diagnóstico

Uma abordagem por bateria de testes é em geral usada em diagnósticos audiológicos para que se tenha uma ideia mais ampla sobre a condição auditiva de um paciente. Enquanto um audiograma de tom puro, uma ferramenta comum em diagnósticos, nos dá o grau e o tipo de perda auditiva do paciente, ele não é sensível a muitos aspectos importantes da audição e capacidade de escuta, em especial quando o paciente está em uma situação de escuta desafiadora. Outros testes, como uma audiometria da fala, emissões otoacústicas e medições de impedância podem ajudar a completar esse cenário mais amplo sobre recursos de audição e capacidade de escuta, e quiar os profissionais na seleção da opção de reabilitação mais adequada. Em termos de diagnósticos, as medições de EOA fornecem informações valiosas na avaliação e diagnóstico:

- de pacientes onde testes comportamentais são difíceis (p. ex., crianças pequenas, pacientes com demência)
- em casos de perda auditiva não orgânica (simuladores)
- de perda auditiva induzida por ruído
- de distúrbio do espectro da neuropatia auditiva (DENA)
- de outros distúrbios cocleares x retrococleares (determinação do local da lesão)
- de efeitos de medicamentos ototóxicos

Em testes EOAs de diagnóstico, os resultados de EOAs não devem ser analisados como passou ou falha, e os protocolos que são adequados à triagem de recém-nascidos, em geral, não são adequados à testagem de crianças mais velhas ou adultos.

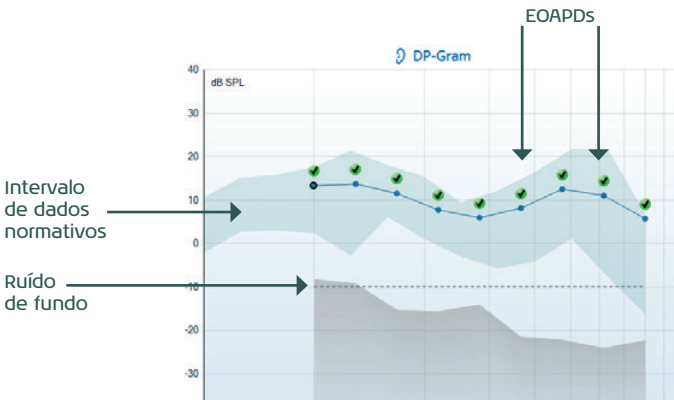


Figura 11 mostrando um teste de diagnóstico EOAPD que exhibe tanto amplitudes de EOA como de ruído, juntamente com a faixa de dados normativos sobreposta no gráfico.

Equipamentos de EOA

Equipamentos de EOA vêm em diversos formatos e tamanhos. Eles podem funcionar como um dispositivo portátil somente, ser acionados somente pelo PC ou ser capazes de funcionar em ambos os modos.



Figura 12. Uma variedade de dispositivos oferecem recursos de teste de EOA, tanto como dispositivos portáteis como controlados por PC.

Hardware

O hardware de EOA sempre consiste de uma sonda que contém um microfone e alto-falantes. Os alto-falantes da sonda geram os estímulos acústicos que são aplicados ao canal auditivo e o pequeno microfone grava a emissão otoacústica que é transferida de volta ao canal auditivo a partir da cóclea. O software ou firmware do dispositivo usa técnicas de cálculo de média, algoritmos e filtragem para extrair respostas das células ciliadas externas para transformá-las em algo clinicamente útil que seja exibido no dispositivo ou tela de monitor do computador.

De todo o sistema de EOA, a sonda é a que recebe o maior desgaste, pois cai com frequência e frequentemente encosta nos ouvidos preenchidos com cerume e outros detritos. Por isso, é extremamente importante que a sonda esteja em boas condições de funcionamento antes de realizar testes em pacientes.

Calibração

Equipamentos de EOA devem ser calibrados regularmente, em geral a cada 12 meses. Isso garante que sejam apresentados ao tímpano níveis de estímulo precisos e que as EOAs gravadas representem corretamente o sinal de pressão gravado no canal auditivo.

Os profissionais raramente se envolvem na calibração ativa de equipamentos de EOA, mas devem monitorar e ser capazes de detectar quando ocorre um possível erro de calibração.

Os clínicos devem por isso verificar:

1. Conexões malfeitas entre a sonda e o hardware
2. Problemas relacionados a detritos ou cera bloqueando as portas do alto-falante ou do microfone na ponta da sonda.

Realizar diariamente uma verificação em orelha real ou um teste de integridade da sonda ajudará na detecção desses erros.

Calibração de estímulo “na orelha” (Controle Automático de Ganho)

A maioria dos, se não todos, equipamentos de EOA realizam algum tipo de calibração ou ajuste do nível de estímulo na orelha antes de iniciar a gravação de EOA.

O nível do estímulo produzido no canal auditivo e medido pelo microfone da sonda é usado para reajustar o nível de apresentação do estímulo por meio de fatores de correção, para acomodar as variações de volume no canal auditivo.

Canais auditivos menores (em crianças de colo) requerem um nível de saída de estímulo menor na extremidade da sonda em comparação a adultos, de modo que o mesmo nível de estímulo seja recebido no tímpano.

Distorção do sistema

De vez em quando, o mau funcionamento de um hardware pode causar uma distorção que pode mascarar-se como uma resposta biológica e levar à má interpretação de resultados. Distorções do sistema ocorrem, em geral, em decorrência do mau funcionamento de um alto-falante de sonda ou de outros componentes de hardware.

Felizmente, é simples quantificar um nível de distorção de um sistema em cada sistema individual de EOA, bastando realizar um teste de EOA em uma cavidade válida ou em um simulador de orelha.

Os resultados do teste em uma cavidade mostrarão o ruído de fundo do instrumento. Como em todas as medições de EOA, ela deve ser realizada para garantir que seja atingido o ruído de fundo do instrumento. Isso permite que o teste de cavidade mostre potenciais sinais errôneos que podem ser mal interpretados como de EOAs. De preferência, não haverá tais EOAs falsas acima do ruído de fundo.

Caso sejam observadas EOAs, a sonda deve ser verificada observando-se se há detritos ou cera, e um técnico de manutenção deve ser consultado.

Sistema diário ou teste de integridade da sonda

Recomenda-se que seja realizada uma verificação diária de seu equipamento de EOA para garantir que ele esteja em boas condições de operação, antes de testá-lo em pacientes. Muitas clínicas ou programas de triagem têm seus próprios protocolos para isso, o que inclui verificações in situ ou em testes de cavidade por sonda, que eles realizam no início de cada dia de trabalho.

Ao realizar um teste diário em orelha real ou um teste de integridade de sonda, você pode ter certeza de que os resultados obtidos ao longo do dia são válidos.

Uma vez que a sonda e a ponta da sonda geralmente entram em contato com cerume ou outros detritos no canal auditivo, uma das causas comuns de falha que afeta os testes pode ser um tubo de sonda entupido ou parcialmente obstruído. Recomenda-se limpar regularmente a ponta da sonda de modo a reduzir a chance da cera ou outros detritos entrarem na ponta da sonda e no corpo da sonda.

Teste de integridade de sonda

O teste de integridade da sonda garante que as respostas de artefato (distorções do sistema) não estejam sendo geradas pela sonda ou pelo hardware. A ponta da sonda deve ser inspecionada quanto à presença de cera ou resíduos antes que o teste seja realizado.

Procedimento de teste:

1. Insira a sonda na cavidade de teste ou no simulador de orelha fornecido. É importante utilizar a cavidade de tamanho correto para obter resultados de teste válidos. Dependendo da cavidade de teste, pode ser necessário fixar primeiro uma oliva na ponta da sonda.
2. Selecione o protocolo de testes de EOA. Como a distorção do sistema depende do nível de saída de estímulos, selecione um protocolo que reflita o que é utilizado na prática clínica.
3. Inicie o teste e aguarde a sua execução até que o teste pare automaticamente. Não pare o teste manualmente.
- 4.

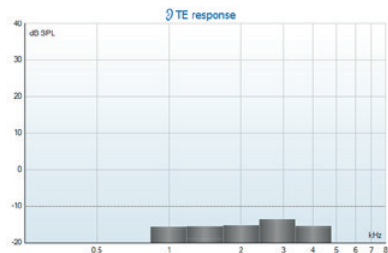


Figura 13. Sonda inserida em uma cavidade de teste para a realização de um teste de integridade de sonda.

Resultados de teste:

Se a sonda estiver funcionando corretamente, nenhuma das bandas de frequência ou pontos deverão ter marcas de seleção, ou seja, nenhuma interferência/EOA deverá ser detectada acima do ruído de fundo.

A)



B)

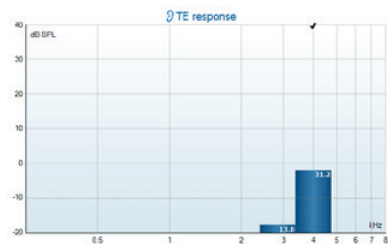


Figura 14 mostrando os resultados de um bom (A) e de um precário (B) desempenho de sonda.

Se surgir uma mensagem de erro durante o teste ou se uma ou mais bandas ou pontos de EOA tiverem uma marca de seleção (significando detecção), o teste de integridade de sonda apresentou falha. Isso pode indicar que:

1. Há presença de cera ou detritos na ponta da sonda, sendo necessário realizar uma limpeza.
2. A sonda não foi colocada corretamente na cavidade de teste ou no simulador de ouvido, ou
3. É necessário verificar a calibração da sonda.

Verifique e limpe a ponta da sonda e tente realizar o teste novamente. Se o teste da sonda apresentar falha uma segunda vez, a sonda não deve ser utilizada para testes em pacientes. Entre em contato com seu distribuidor local para assistência.

Medição em orelha real

Este teste pode ser realizado colocando-se a sonda no próprio ouvido e realizando um protocolo de teste normalmente utilizado.

Se os resultados de EOA não corresponderem ao resultado de EOA esperado pelo responsável pelo teste, isso pode ser uma indicação de que:

1. A sonda não está corretamente conectada ao dispositivo.
2. A oliva não está corretamente presa à ponta da sonda.
3. Há presença de cera ou detritos na ponta da sonda, sendo necessário realizar uma limpeza.
4. Há ruído em excesso no ambiente para a realização do teste.
5. A sonda não foi corretamente colocada no canal auditivo.
6. É necessário verificar a calibração da sonda.

O ambiente de teste

Os testes devem sempre ser realizados em uma sala tranquila sem ruídos excessivos (equipamentos, outros pacientes, etc). Testes realizados em um ambiente com ruídos podem prolongar o tempo de testagem e levar a resultados de teste ininteligíveis ou mal interpretados.



Exames e instruções pré-teste

Como o status da orelha externa e média pode afetar gravações de EOAs, recomenda-se realizar os seguintes testes antes dos testes de EOA.

Otoscopia deve ser realizada para inspecionar o canal auditivo verificando se cera/cerume ou outros detritos, ou quaisquer anomalias anatômicas. O tímpano deve ser inspecionado verificando-se uma possível perfuração. A orelha externa é onde as gravações de EOA começam e terminam, por isso é importante estar atento a condições patológicas ou não patológicas que podem afetar os testes.

Medições de impedância, como timpanometria, timpanometria de banda larga e medições do reflexo acústico ajudarão a fornecer informações sobre o status da orelha média. Distúrbios da orelha média, que incluem uma leve pressão negativa na mesma, podem reduzir significativamente ou eliminar respostas de EOA.

Testes em pacientes com tubos PE (tubos de ventilação, ilhós)

Não há contraindicações na medição de EOAs em pacientes com tubos PE. Medições de EOA em pacientes com tubos PE sem oclusão demonstram amplitude reduzida, especialmente em frequências mais baixas.

Amplitudes normais de EOA em orelhas com tubos PE fornecem evidências de que o tubo PE não está obstruído e foi eficaz na resolução de efusões da orelha média, de que não há disfunções auditivas significativas na orelha média e de que não há disfunção nas células ciliadas externas.

A principal dificuldade na medição de EOAs em pacientes com tubos PE está relacionada a algoritmos de verificação/ajuste de sonda do equipamento que não podem iniciar os testes quando são detectados grandes volumes no canal auditivo. Alguns equipamentos permitem ao usuário anular a detecção in-situ e prosseguir diretamente com os testes.

Instruções ao paciente

O paciente deve estar sentado confortavelmente e não deve estar mastigando ou sugando algo durante o teste. Um exemplo de uma instrução para o paciente pode ser:

"Vou inserir uma sonda em seu ouvido. A sonda emitirá um som alto e registrará uma resposta do seu ouvido. É importante que você fique tranquilamente sentado durante o teste, que pode durar até um minuto".

Selecionando o protocolo e as configurações corretas

Em geral, dispositivos de emissões otoacústicas incluem uma gama de protocolos de teste padrões para triagens e/ou diagnósticos. No entanto, é da responsabilidade dos profissionais selecionar ou criar protocolos de teste mais adequados a um paciente em particular.

Infelizmente, não há um único protocolo de teste que se ajuste a todos, e, às vezes, pode ser necessário ajustar um protocolo padrão a um paciente em particular. Por isso, é importante que o clínico compreenda as justificativas para determinadas configurações de parâmetro e como alterar determinados parâmetros pode afetar os resultados dos testes.

EOATE ou EOAPD

Há vários motivos para se escolher uma metodologia de teste de EOA em vez de outra.

Alguns preferem a metodologia EOATE, quando tentam realizar uma triagem rápida de EOA em uma criança, enquanto outros acham EOAPDs mais adequadas ao avaliar pacientes adultos.

Em ambos os casos, as tecnologias avaliam a função das células ciliadas

externas e fornecem importantes informações sobre o status da cóclea.

Tanto a metodologia TE quanto a PD são apropriadas na medição de EOAs entre 1,5 e 4 kHz. E ambas são de alguma forma precárias na medição a 500 Hz, devido a dificuldades na separação de ruídos e respostas de EOA durante o cálculo das médias.

EOATEs são melhores para gravações a 1.000 Hz, quando comparadas às EOAPDs, devido ao método de gravação. Observando-se o exemplo abaixo, quando medimos

1.000 Hz em EOATE, a largura de banda de $\frac{1}{2}$ oitava que abrange a frequência central (de 1.000 Hz) se estende de 840 a 1.189 Hz. Enquanto que na EOAPD, se f_2 for 1.000 Hz, isso faz com que f_1 seja 818 Hz, e, assim, a frequência que estamos analisando ou medindo é de 635 Hz ($2f_1 - f_2$). Nessa frequência, devido ao espectro de frequência normal do paciente e a ruídos do ambiente, é mais difícil atingir uma observação satisfatória do sinal de EOAPD acima do ruído de fundo.

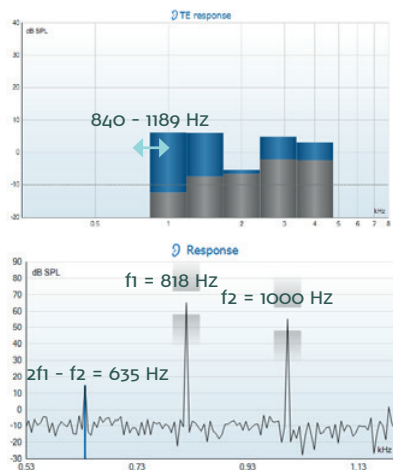


Figura 15. Os gráficos mostram as frequências medidas em testes de EOATE ou EOAPD.

Por outro lado, é mais difícil de medir EOATES em frequências mais altas do que 4 Hz. Isso se deve ao curto tempo deslocamento de sinais de alta frequência, pois eles são processados na extremidade basal da cóclea perto da janela oval. Em geral, a cerca de 5 kHz, a resposta da EOATE chega de volta à sonda após somente 2,5 ms. Uma vez que a resposta da EOATE é cerca de 1.000 vezes menor que o estímulo click, é difícil observar com segurança sinal tão pequeno, tão próximo a um pulso de estímulo de grande decaimento.

Um protocolo de teste de triagem ou de diagnóstico?

A escolha do protocolo depende muito mais do objetivo do teste e de que informações o clínico espera obter com a medição.

Protocolos de triagem que fornecem o resultado Passa ou Falha são excelentes quando se testam crianças de colo em uma configuração de triagem auditiva neonatal, mas não são aplicáveis ao uso em um paciente adulto que está passando por monitoramento de medicamentos ototóxicos. É da responsabilidade do clínico escolher o protocolo de teste mais adequado a cada paciente.

Testes de EOA devem ser repetidos?

Muitos testes audiológicos são repetidos para proporcionar certeza nos resultados. Profissionais podem até nem dar conta de que fazem isso ao realizar audiometrias. A bem aceita técnica de apresentação de estímulo Hughson-Westlake abaixo de 10 e acima de 5 dB para a obtenção de limiares audiométricos requer que o clínico aceite o limiar do paciente após duas confirmações serem fornecidas. Também é uma prática padrão quando são realizados testes de PEATE para reproduzir a forma da onda em determinadas intensidades próximas ao limiar para assegurar uma interpretação e uma determinação válidas desse limiar.

A repetição de testes EOA é uma boa prática e fornece garantias ao clínico de que a resposta mostrada na tela é verdadeira e válida. Embora repetir testes demande um tempo extra, isso proporciona certeza ao se analisar medições de EOA.

Uma função de sobreposição, se disponível, pode ser usada para mostrar a replicabilidade das respostas de EOA.

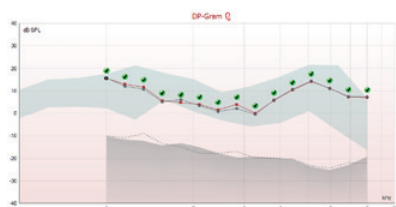


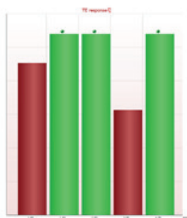
Figura 16. Uma função de sobreposição pode ser usada para mostrar a repetibilidade das respostas de EOAPD durante a mesma consulta. Pode também ser usada para comparar resultados da sessão atual com um teste anterior em busca de sinais de deteriorações.

O que significam configurações de protocolo? E quando devo ajustá-las?

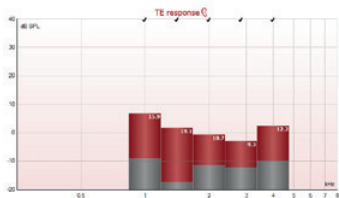
Exibição de resultados de teste – exibição básica, avançada ou FFT?

Se os resultados puderem ser exibidos em vários formatos, selecione o mais adequado ao tipo de teste sendo realizado.

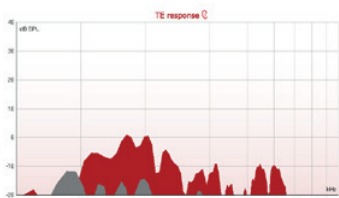
Alguns softwares permitem aos usuários selecionarem exibições mais básicas ou avançadas de resultados de testes. Um exibição básica é normalmente usada em programas de triagem para garantir que os examinadores/responsáveis pela triagem não exagerem nas interpretações de resultados de testes. Barras podem representar a presença ou a ausência de uma resposta mas não mostram os níveis de amplitude de EOA nem os níveis de ruído absolutos.



Exibição básica



Exibição avançada



Exibição de FFT (Transformada Rápida de Fourier)

Figura 17. Gráficos mostrando uma exibição básica, avançada e de FFT dos resultados de EOATE.

Exibições de medições avançadas mostram em geral tanto uma amplitude absoluta de resposta de EOA quanto o ruído para cada ponto de PD ou banda de TE, fornecendo mais informações para interpretações.

Alguns equipamentos de teste de diagnóstico podem exibir uma visualização de FFT dos resultados, que pode ser útil na observação de estruturas delicadas presentes na resposta.

Gráficos do estímulo e de verificação de sonda

Quando for possível, os gráficos de estímulo e de verificação de sonda devem ser exibidos. Eles são particularmente úteis para assegurar um bom ajuste da sonda antes e iniciar o teste de EOA e para solucionar problemas inesperados de resultados de testes, devido ao mau ajuste de sonda ou a um estímulo com som vibrante (no caso de EOATE)

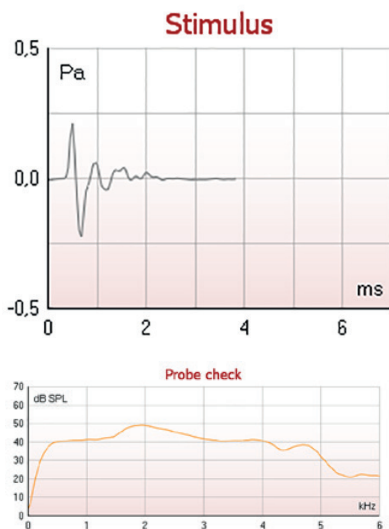


Figura 18. Gráficos de estímulo e de verificação de sonda podem ser usados para garantir um ajuste válido da sonda antes e durante os testes.

Forma da onda de resposta de TE

O gráfico da forma de onda da resposta de EOATE no domínio do tempo (como uma função da grandeza (mPa) ao longo do tempo (ms)). Ele mostra a resposta como duas formas de onda médias e sobrepostas dos buffers A e B. A reprodutibilidade da forma de onda deriva-se da correlação entre essas duas formas de onda sobrepostas.

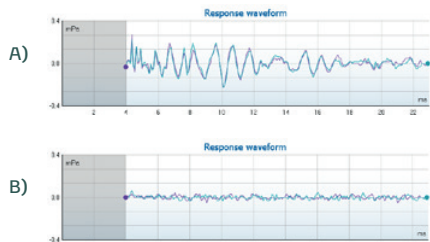


Figura 19. Duas formas de onda da resposta de EOATE mostrando as formas de onda médias (A e B). O gráfico superior é de uma orelha com uma grande resposta de EOATE. A gráfico da parte inferior mostra uma orelha com ausência de EOATES.

Em geral, os profissionais analisam EOATES no domínio de frequência, mas a exibição da forma de onda da resposta pode ser útil na detecção de artefatos. Esses tipos de erro podem se manifestar como uma resposta que contém somente sons vibrantes residuais do estímulo da sonda que aparecem no primeiro ou segundo milissegundo da resposta, ou talvez ruídos tonais do ambiente (como um assobio etc.), que por coincidência se correlacionam aos dois buffers. Isso tem o potencial de resultar em uma das bandas de meia oitava indicando um sinal de EOA válido.

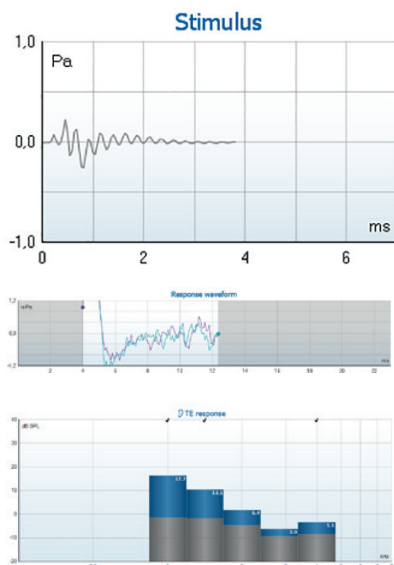


Figura 20. Um exemplo de estímulo com som vibrante e seu efeito. Uma interferência pode ser exibida na forma de onda da resposta de EOATE, junto com o gráfico de TE correspondente.

Informações resumidas de testes

A maioria dos softwares exibirão algum tipo de informação numérica de testes, como frequências testadas, RSRs, níveis de ruído etc. Essas informações serão importantes na interpretação dos resultados.

Point summary

f2 (Hz)	DP level (dB SPL)	Noise (dB SPL)	SNR	Reliab. (%)	Detected
1000	16.2	-12.3	28.5	100.0	✓
1500	13.3	-12.8	26.1	100.0	✓
2000	13.6	-17.9	31.5	100.0	✓
3000	0.5	-16.8	17.3	99.8	✓
4000	4.8	-20.3	25.1	100.0	✓
6000	13.6	-24.5	38.1	100.0	✓

Figura 21 mostrando uma tabela resumida de pontos de PD que fornece informações sobre as frequências testadas e seus correspondentes níveis de ruído, relações sinal/ruído, percentual de confiabilidade, e se cada frequência de teste atende ou não aos critérios de detecção.

Frequências ou pontos de teste

Selecione ou crie um protocolo de teste adequado que inclua a região coclear de interesse.

Em geral, para EOATES, são usadas bandas centralizadas em torno das principais frequências de teste – 1.000, 1.500, 2.000, 3.000 e 4.000 Hz. Os profissionais podem também testar outras bandas fora deste intervalo ou exibir o gráfico de resultados de FFT (Transformada Rápida de Fourier) para informações mais detalhadas.

Em geral, para EOAPDs, são testadas frequências entre 1 e 10 kHz. A frequência de teste normalmente é representada por f2 ou segundo tom primário.

Inúmeras frequências interoitavas podem também ser gravadas nos casos de monitoramento da ototoxicidade ou da avaliação de zumbido.

Janela de gravação (EOATE)

O intervalo da janela de gravação define o intervalo de tempo em que a EOA é analisada após a apresentação de cada estímulo de click.

A maioria dos equipamentos apresenta um tempo mínimo para início, algo entre 2 e 4 ms. Isso assegura que qualquer análise de EOA não seja realizada durante a apresentação do estímulo ou a potencial interferência que se segue.

Uma curta janela de gravação de aproximadamente 8 a 12 ms permite uma apresentação mais rápida do estímulo click, o que significa uma aquisição mais rápida de dados de EOA.

Os benefícios de uma janela de gravação curta são:

- Uma redução mais rápida do ruído na resposta final média.
- Um tempo de teste mais curto para atingir a relação sinal/ruído exigida.
- uma maior relação sinal/ruído no mesmo intervalo de tempo que um teste que utiliza uma janela de gravação mais longa.

Utilizar uma janela de gravação mais curta resulta em uma redução da porção de frequência inferior da resposta e não deve ser usada ao se tentar gravar EOATES abaixo de 1.000 Hz.

Uma janela de gravação maior, de aproximadamente 20 ms, deve ser utilizada ao se tentar avaliar a faixa mais ampla da função de células ciliadas cocleares. A apresentação do estímulo se torna mais lenta, o que significa tempos mais longos de teste para se coletar a mesma quantidade de varreduras, quando se compara ao uso de uma janela de gravação curta. Uma janela longa deve

ser sempre selecionada quando se deseja avaliar EOATES abaixo de 1.000 Hz.



Figura 22 mostrando a forma de onda da resposta de EOATE em uma janela de gravação longa de 4 a 23 ms. A área sombreada de cinza é o período de bloqueio que não é analisado, devido à potencial presença de estímulo de som vibrante (artefato).

Clicks lineares ou não lineares

Testes de EOATE de triagem e de diagnóstico são em geral realizados usando-se clicks não lineares. Deve-se ter cuidado ao selecionar estímulos clicks lineares, pois estes apresentam maior chance de produzir respostas com interferências. Ao se usar um estímulo linear, os níveis de estímulo não excedem em geral 70 – 75 dB SPL, o que é bem inferior aos típicos 80 – 84 dB SPL usados em estímulos click não lineares.

Níveis de estímulo

EOATE

Níveis de estímulo clicks não-lineares de EOATE são em geral definidos no intervalo de 80 – 84 dB SPL. Para um click linear, os níveis de estímulo em geral não excedem 70-75 dB SPL.

EOAPD

Dois níveis de estímulo diferentes, denominados L1 e L2, precisam ser definidos ao se realizar avaliações de

EOAPDs. O L1 é o nível de estímulo do primeiro tom primário (f1), enquanto o L2 define o nível de estímulo do segundo tom primário (f2). Selecionar os níveis de estímulo mais adequados a cada primário é essencial na gravação de EOAPDs válidos.

As possíveis relações de intensidade entre L1 e L2 são:

$L1 < L2$ – essa relação produz respostas de EOAPD abaixo do ideal e é raramente usada em práticas clínicas.

$L1 = L2$ – EOAPDs consistentemente robustas podem ser gravadas com esta relação que foi usada em muitas investigações passadas e clinicamente até os meados dos anos 90. Utilizar um nível L2 igual ou apenas um pouco inferior ao L1 é adequado ao utilizar níveis superiores de estímulo (ou seja, em torno de 75 dB de SPL).

$L1 > L2$ – essa relação de intensidade de estímulos consistentemente produz EOAPDs robustos e possui duas vantagens principais sobre a relação $L1 = L2$. Primeiramente, as amplitudes de EOAPD são em geral 3 dB maior e, em segundo lugar, há um aumento da sensibilidade da EOAPD em relação a uma série de disfunções cocleares.

A detecção de EOAPDs é mais provável quando é utilizado um nível de estímulo inferior, como 55 dB de SPL, em comparação com 75 dB de SPL. Protocolos em geral utilizam uma relação de 65/55 dB de SPL.

Proporção f₂/f₁ (EOAPD)

A proporção de f₂/f₁ define a relação entre as duas frequências de estímulo.

A relação de frequência é essencial para provocar uma resposta de EOAPD. Se o espaço entre os dois tons for demasiadamente grande ou pequeno, não será registrado um EOAPD.

As evidências sugerem que a proporção f₂/f₁ clinicamente mais eficaz para testar pacientes de todas as faixas etárias fica entre 1.20 e 1.23.

A EOAPD é maior quando a razão de f₁ para f₂ for de 1,22.

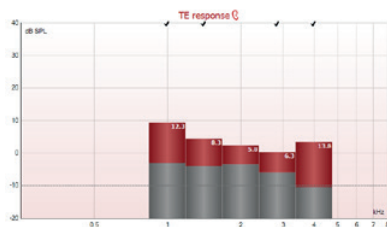
Tolerância do estímulo

A apresentação precisa de estímulos à orelha é importante para a produção de EOAs válidas. O valor de tolerância de estímulo (dB) define a diferença permitida de nível de apresentação de estímulo tanto em uma direção positiva quanto negativa. Quando a tolerância do estímulo é excedida, será apresentado um alerta ou o teste será interrompido. Por exemplo, se o nível de estímulo das EOATES foi definido em 80 dB SPL com uma tolerância de estímulo de 3 dB, o alerta apareceria ou o teste seria interrompido se o estímulo caísse para 77 dB SPL ou atingisse 83 dB SPL. Mudanças nos níveis de estímulo durante os testes geralmente ocorrem devido ao movimento da sonda no canal auditivo. O movimento da sonda pode ser reduzido garantindo-se um ajuste firme da sonda antes do teste e instruindo-se o paciente a permanecer imóvel durante o teste.

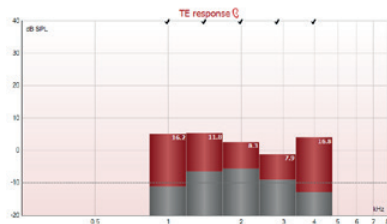
Filtragem (EOATE)

A aplicação de um filtro passa-alta auxilia na coleta de dados durante condições de ruído, ajudando a remover ruídos de baixa frequência. A filtragem deve ser utilizada com cuidado, pois esta não somente filtra o ruído, mas a resposta de EOAs.

Exemplo: Definir o filtro passa alta em 1200 Hz irá atenuar não apenas o ruído abaixo dessa frequência, mas também a resposta de EOA. Isso pode produzir uma redução na amplitude de EOAs abaixo de 1200 Hz (p. Ex.: na faixa de 1000 Hz).



Filtro 450 Hz



Filtro 1200 Hz

Figura 23. Observe a diferença de TE e níveis de amplitude de ruído quando diferentes filtros de passa-alta são utilizados nas bandas de 1 e 1,5 kHz.

Níveis de rejeição de ruído

Considerando que os níveis de ruídos fisiológicos (do paciente) e do ambiente têm um enorme efeito sobre os registros de EOA, é extremamente importante avaliar os níveis de ruído no ambiente de teste antes e durante o teste, em especial em ambientes que não são os ideais, como berçários.

A maior parte dos softwares de EOA apresentam informações sobre níveis de ruído ambiente: registrados pelo microfone sonda e só permitem o prosseguimento do teste se os níveis de ruído estiverem abaixo dos níveis aceitáveis.

Nos testes EOATE, uma configuração típica de rejeição de ruído é de 55 dB de SPL.

Nos testes EOAPD, uma configuração típica de rejeição de ruído é de 30 dB de SPL.

Se os níveis de ruído ultrapassarem o níveis de rejeição de ruído, as varreduras são rejeitadas, não sendo incluídas na média. A utilização de um nível de rejeição de ruído adequado garante que os resultados não sejam contaminados por excesso de ruído.

Medição em pressão timpânica ambiente ou máxima (EOA pressurizada)

As pesquisas publicadas mostram que a pressão negativa de orelha média tem o efeito de reduzir os níveis de amplitude de EOA, dificultando a avaliação da função das células ciliadas externas da cóclea.

Medir EOAs à pressão ambiente ou

o daPa significa que o status da orelha média não é levado em consideração durante o registro.

Por outro lado, medir à pressão timpânica máxima compensa qualquer pressão de ouvido médio negativa ou positiva, equalizando a pressão em ambos os lados da membrana timpânica e, na verdade, melhorando a detecção. Esse mesmo princípio foi utilizado por muitos anos ao se registrar medições de reflexo acústico.

Um teste de EOA pressurizada é realizado primeiramente realizando-se uma medição timpanométrica para obter o valor do pico de pressão timpanométrica (p. ex.: -167 daPa).

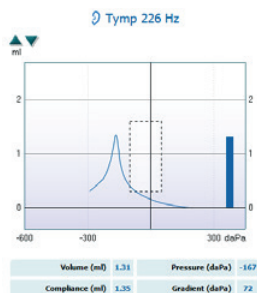


Figura 24. É realizada uma medição de timpanometria antes do teste de EOA pressurizada para obter o valor do pico de pressão.

A mensuração de EOA é então realizada, enquanto a sonda mantém a mesma pressão no canal auditivo. Como a bomba precisa manter uma pressão estável por um longo período de tempo para um teste de EOA, comparado a um teste rápido de timpanometria, é importante garantir a firmeza do ajuste da sonda antes de iniciar. Isso irá garantir que a pressão permaneça consistente e precisa ao longo de todo o teste, garantindo resultados excelentes.

O objetivo dos testes de EOA pressurizada é poder chegar a uma conclusão sobre o status das células ciliadas externas, mesmo na presença de um distúrbio negativo da orelha média. A Figura 26 mostra EOAs medidas tanto à pressão de pico (enquanto o paciente tinha uma pressão de orelha média negativa de -167 daPa) quanto à pressão ambiente (após problemas com a orelha média terem sido resolvidos) para a mesma orelha, com apenas um mínimo desvio.

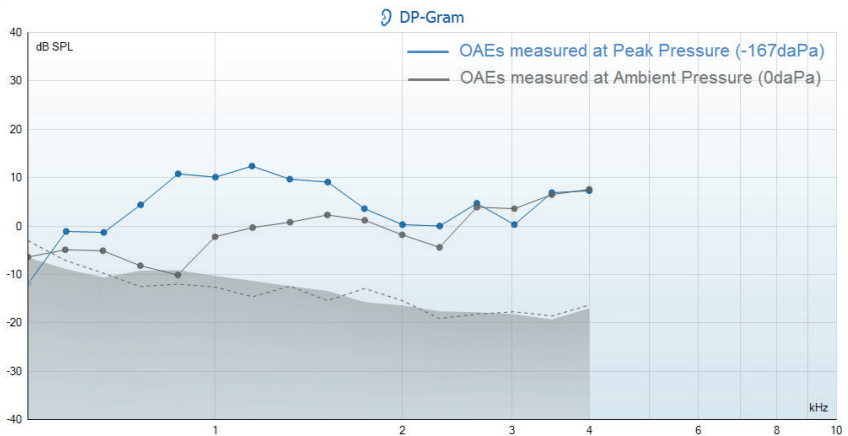


Figura 25. EOAPDs gravadas entre 500-4000 Hz utilizando o Interacoustics Titan em pressão ambiente (0 daPa) e em pressão de pico (-167 daPa).

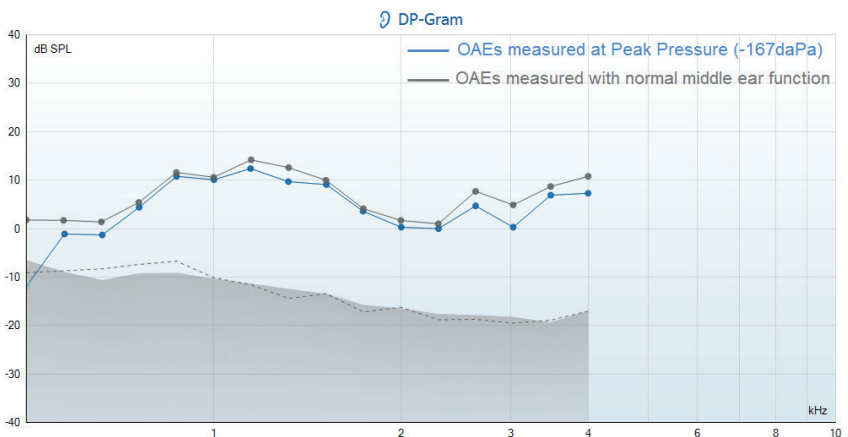


Figura 26. O gráfico acima mostra as EOAPDs gravadas em pressão de pico (pressurizadas) durante a presença de pressão de orelha média negativa (-167 daPa) e à pressão ambiente (0 daPa) quando a função da orelha média do paciente havia voltado ao normal.

Critérios de detecção/interrupção de EOA

A presença ou ausência de uma resposta de OAE é determinada por uma combinação de algoritmos matemáticos, técnicas de cálculo de média e critérios de interrupção/detecção.

Técnicas de cálculo de média, como a ponderação Bayesiana, pode fazer uma diferença positiva importante em termos de tempo de teste comparado com técnicas de cálculo de média.

Diversos critérios de interrupção, como uma relação sinal/ruído, nível mínimo de EOA, números mínimos de varreduras são avaliados antes de uma banda ou ponto de EOA ser rotulado como detectado.

SNR- Relação Sinal/ Ruído

A relação sinal/ruído (SNR) refere-se à diferença, em dB, entre o nível de resposta de EOA e o ruído de fundo.

A SNR pode ser considerada como uma estimativa de confiabilidade com a qual o nível de resposta de EOA foi estimado. Quando as SNRs forem altas, a contribuição do ruído na gravação é baixa e há mais certeza de que a resposta de EOA exibida é verdadeira. A SNR é calculada a partir de duas variáveis - a resposta (ou sinal) de EOA gerada pela cóclea e o ruído, uma variável aleatória não relacionada ao status da cóclea. O sinal (resposta de EOA) deve permanecer constante durante o cálculo da média, enquanto que o nível de ruído deve diminuir à medida que o tempo de teste aumenta.

A maior parte da literatura recomenda uma SNR mínima de 6 dB, além de outros critérios para determinar a presença de uma resposta de EOA. Os fabricantes também podem fornecer recomendações específicas para o equipamento, bom base em estudos de sensibilidade.

A consulta ao manual do usuário relevante deve fornecer tais informações.

Ruído residual

O ruído residual é o ruído remanescente ou restante ou na gravação após cálculo de média continuado (coleta de dados).

Alguns equipamentos permitem a utilização de um valor de ruído residual como um critério de interrupção ao invés de tempo de teste absoluto. Sua vantagem é que é possível poupar tempo de teste desnecessário nos casos em que as EOAs estão ausentes.

Por exemplo, cada dispositivo de EOA específico possui um ruído de fundo de hardware abaixo do qual o ruído médio nunca ficará. Isso pode ser medido colocando a sonda em uma cavidade de teste e executando um protocolo que dura alguns minutos.

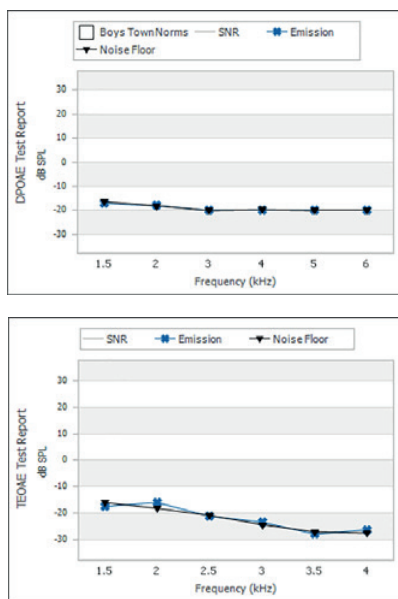


Figura 27. Os ruídos de fundo da EOAPD e EOATE do OtoRead

Se soubéssemos que o ruído de fundo seria de -20 dB de SPL, então, se fizéssemos uma média por tempo suficiente para alcançar o ruído de fundo e nenhuma resposta de EOA fosse detectada, não haveria sentido continuar a execução do teste. Outra maneira de análise é que a medição na frequência específica é considerada como tão silenciosa que uma EOA teria sido detectada, se estivesse presente.

Tempo de teste

Um tempo de teste adequado deve ser selecionado para garantir que possa ser gasto tempo suficiente para extrair a resposta de EOA do ruído ambiente na gravação.

Para testes EOATE, isso em geral pode ser definido como um tempo de teste absoluto (p. ex.: 1 a 6 minutos) ou como um número máximo de varreduras (p. ex.: 2000 varreduras). Os testes normalmente continuam até que seja atingido o tempo de teste máximo ou que todas as bandas de EOATE sejam detectadas, aquele que ocorrer primeiro (a menos, é claro, que tenha sido selecionado ruído residual como um critério de interrupção).

Para testes de EOAPD, um tempo de teste absoluto (p. ex.: 1 a 6 minutos) pode ser definido quando o teste de cada frequência de PD continuar em ciclos até que todas as frequências PD sejam detectadas ou que o tempo termine. Como alternativa, cada frequência PD pode ser testada para um período máximo de tempo especificado (p. ex.: 4 segundos) ou até que a frequência de PD seja detectada, o que ocorrer primeiro.

Número mínimo de varreduras (EOATE)

Esta definição define o número mínimo de varreduras que devem ser gravadas antes que o teste atenda aos critérios

de detecção. Geralmente recomenda-se coletar um mínimo de 80 varreduras para garantir que uma quantidade suficiente de dados adequados possa ser analisada para formar uma conclusão.

EOA total mínima

O valor total de EOA é o nível total de energia das formas de onda de resposta A e B correlacionadas. É obtido a partir da resposta de FFT geral, não apenas das bandas de frequência de meia oitava de interesse. Em outras palavras, oferece uma indicação da amplitude da resposta total de EOA obtida.

Alguns protocolos de triagem auditiva neonatal estipulam um uma EOA total mínima de 0 dB como parte dos critérios de interrupção.

Nível mínimo de EOA

As amplitudes de EOA geralmente ficam na faixa de -10 dB de SPL a +30 dB de SPL em orelhas que funcionam adequadamente. Portanto, definir um nível mínimo de EOA garante que as respostas de interferências de nível inferior não sejam aceitas como uma resposta de EOA verdadeira.

Níveis mínimos de EOA não devem ser definidos a um valor inferior aos níveis de distorção do sistema específicos do dispositivo.

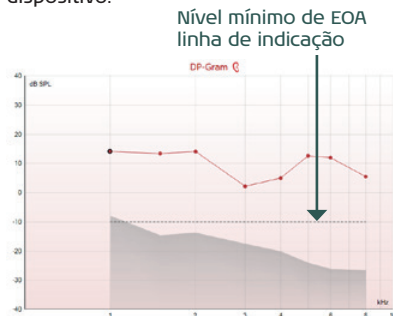


Figura 28. A EOA mínima aceitável é representada por uma linha pontilhada no gráfico.

Tolerância de PD

Um nível de tolerância de PD pode ser definido para definir quão estável o nível de EOA deve permanecer para atender aos critérios de detecção de uma resposta verdadeira. Um valor rígido de tolerância de PD de ± 2 dB irá aumentar o tempo de teste de cada frequência de teste, mas fornecerá mais certeza de que se trata de uma resposta de EOA válida.

Confiabilidade de PD

A confiabilidade de PD é outro critério que pode ser usado em conjunto com a configuração de SNR e a configuração de tolerância de PD para garantir certeza da resposta de frequência de PD.

EOAPDs são tradicionalmente interpretadas como presentes quando a diferença entre a EOA e o nível de ruído é significativo, ou seja, uma SNR de 6 dB é obtida. É necessário ter cuidado por duas razões:

Primeiramente, o nível de ruído é um nível médio. Embora o nível de EOA seja relativamente estável, o ruído flutua. Se as flutuações em torno da frequência medida forem grandes, uma relação sinal/ruído de 6 dB não implica que a EOA apareça significativamente fora do espectro de ruído. A EOA pode na verdade ser um pico acidental do ruído.

Em segundo lugar, os critério frequentemente utilizado de uma SRN de 6 dB encontra sua origem em triagem auditiva neonatal. Os protocolos de teste nessa arena exigem valores de sensibilidade elevados de cerca de 99,9%. Como mais de uma frequência, em geral 3 a cada 4, são necessárias para um Passou, uma SNR de 6 dB em 3 a cada 4 frequências fornece certeza de que o resultado Passou reflete a medição de EOAs reais. Como o número

de frequências necessário para passar é reduzido (para, digamos, 2 a cada 4), é necessário uma SNR maior para as demais frequências a fim de manter uma sensibilidade geral de teste de 99,9%. Em outras palavras, ao avaliar cada frequência individualmente, conforme é necessário em avaliações diagnósticas, um corte de SNR de 6 dB pode não ser suficiente ou confiável o bastante para ter certeza de que o ponto de PD reflita uma resposta verdadeira de EOA da cóclea. Dessa forma, ao utilizar uma configuração de confiabilidade de 99,9%, o clínico pode estar certo de que há menos de 0,1% de chances de que a EOA detectada seja parte do ruído.

Utilizar a confiabilidade no lugar da (ou além da) relação sinal/ruído possibilita maior confiança no resultado da EOA. O tempo gasto na medição normalmente não aumentará. Nesses poucos casos em que é necessário um maior tempo de medição, o clínico poderá chegar a uma conclusão de diagnóstico na qual poderá confiar.

Número de bandas/pontos para um Passou

Protocolos de triagem normalmente utilizam critérios de 2 ou 3 de 4 bandas ou pontos para um resultado Passa.

Bandas/Pontos de teste obrigatórios

Uma banda ou ponto obrigatório pode ser definido para inclusão nos protocolos de triagem. Por exemplo, se 2 a cada 4 bandas para um protocolo Passou foi utilizada, o clínico pode definir 1000 Hz como a banda obrigatória para inclusão. Assim, se durante o teste, fossem detectados 2000 e 4000 Hz, o teste continuaria até que fosse detectado 1000 Hz ou até o tempo de teste terminasse.

Antes e durante o teste de EOA

Seleção de olivas

A oliva é fixada à ponta da sonda e prende a sonda ao ouvido. A oliva selecionada deve ser grande o suficiente para preencher o canal auditivo, mas pequena o suficiente para permitir uma inserção profunda. Diversos tamanhos estão disponíveis para bebês, adultos e crianças, sendo que, em todas as vezes, a prática fundamental na seleção do tamanho adequado.

Colocação da sonda

Uma colocação adequada da sonda é fundamental para medições válidas de EOAs. A colocação incorreta da sonda pode levar a um ruído excessivo na gravação ou a apresentação de um nível incorreto de estímulo.

Uma colocação adequada da sonda pode ser obtida endireitando-se o canal auditivo antes da inserção. No caso de adultos, isso é possível puxando a hélice da orelha firmemente para cima e para fora (afastando-a da cabeça). No caso de bebês e crianças pequenas, puxe a hélice para baixo e para fora.

A inserção profunda da sonda ajudará a reduzir os efeitos do ruído ambiente na gravação das EOA.

Nunca se deve segurar a sonda ou o cabo da sonda durante o teste, pois isso pode aumentar os níveis de ruído durante a medição.

O clínico deve verificar periodicamente se a colocação da sonda permaneceu estável durante o teste.



Figura 29. Uma variedade de tamanhos de olivas encontra-se disponível.

Gráfico de ajuste/verificação da sonda

O gráfico de verificação da sonda ou indicador de detecção da orelha fornece um feedback visual sobre a qualidade do ajuste da sonda na mesma. O ajuste da sonda é geralmente avaliado usando um estímulo de banda larga, como um click, e o gráfico de verificação da sonda correspondente pode ajudar a indicar algum vazamento ou bloqueio da sonda.

Um bom ajuste da sonda foi obtido quando o gráfico de verificação da sonda mostrar uma curva de resposta relativamente achatada em uma ampla área de frequência.

Se o ruído aparecer na extremidade inferior de frequência do gráfico de verificação da sonda, isso indica que a sonda está saindo do ouvido ou que está começando a ocorrer um vazamento.

Alguns sistemas fornecem uma porcentagem de correlação do ajuste da sonda no início e no final do teste. Isso fornece uma boa indicação do ajuste da sonda durante todo o teste.

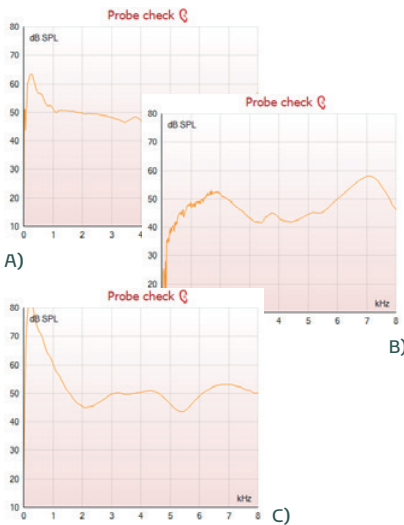


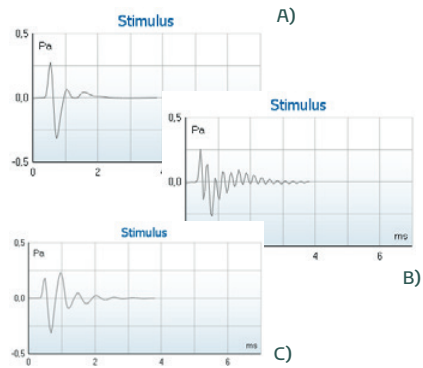
Figura 30. Gráficos de verificação da sonda mostrando um ajuste adequado (A), um vazamento (B) e um bloqueio da sonda (C).

O gráfico de ajuste/verificação da sonda deve ser monitorado em busca de qualquer indicação de movimento da sonda no canal auditivo durante o teste.

Gráfico de estímulo

Antes da medição de EOATE, a morfologia (forma) do estímulo click deve ser verificada de modo a garantir que o nível de estímulo que será entregue ao canal auditivo esteja correto e que haja bem pouca variação vibrante.

Se o estímulo não parecer adequado, tente remover e substituir a sonda no canal auditivo para obter um ajuste melhor.



A **Figura 31** mostra A) um bom estímulo B) um estímulo com variação vibrante C) um estímulo ruim, indicando uma colocação inadequada da sonda.

O gráfico de estímulo deve ser monitorado em busca de qualquer indicação de movimento da sonda no canal auditivo durante o teste.

Tolerância/estabilidade do estímulo

A intensidade dos estímulos é monitorada durante o teste e a maioria dos dispositivos fornece algum tipo de feedback ou alerta visual quando as tolerâncias do estímulo são excedidas. A principal razão para que os níveis de estímulo excedam a tolerância definida é o movimento da sonda no canal auditivo ou seu deslocamento para fora durante o teste. Recomenda-se interromper o teste nessas circunstâncias, remover e substituir a sonda, garantindo um melhor ajuste e, em seguida, iniciar um novo teste.

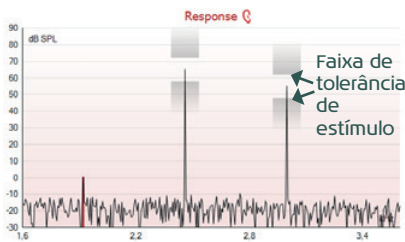


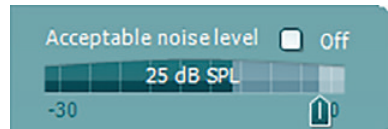
Figura 32. O gráfico de resposta PD exibe a faixa de tolerância de estímulo para monitoramento durante o teste.

Nível aceitável de ruído (rejeição de ruído)

Os níveis de ruído devem ser monitorados antes e durante o teste. Se as condições de ruído mudarem ao longo do teste, as causas mais prováveis são:

1. Um aumento no ruído de fundo no ambiente - veja o que mudou no ambiente de teste? Mude para um local mais silencioso para teste, se necessário, ou aguarde até que os ruídos intermitentes tenham parado.
2. O paciente está produzindo ruído - instrua o paciente a permanecer silencioso e imóvel durante o teste (não sugar, mastigar, respirar profundamente, tossir etc.).
3. Colocação inadequada da sonda - verifique se a sonda está ajustada com segurança no canal auditivo.

O teste pode precisar ser pausado ou interrompido para detectar e corrigir o problema antes de continuar os testes.



A **Figura 33** mostra o gráfico de ruído aceitável. Ele mostra o nível de rejeição de ruído e os níveis de ruído durante o teste.



Análise e interpretação dos resultados

A análise de resultados de teste de EOA difere muito, dependendo se o teste foi realizado para fins de triagem ou diagnóstico.

Análise de resultados de EOA de triagem

Na triagem, os resultados são em geral exibidos como PASSOU ou FALHA. Em alguns dispositivos, o resultado pode mostrar INCOMPLETO.

Passou

Os protocolos utilizados em triagem normalmente exigem que 2 ou 3 a cada 4 bandas ou pontos de EOA sejam detectados para o que o resultado geral indique Passou.

Quando o teste é rotulado como PASSOU, isso significa que 2 ou 3 de 4 bandas de teste (dependendo do protocolo) foram detectadas. Em triagem auditiva neonatal, isso indicaria que há uma baixa probabilidade do bebê ter um distúrbio auditivo significativo que interfira com a comunicação. Isso normalmente excluiria uma deficiência auditiva grave ou profunda, mas não pode detectar distúrbios como o espectro da neuropatia auditiva (ENA).

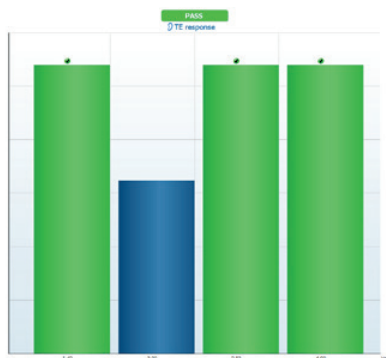


Figura 34. Um resultado Passou no teste EOATE exige 3 de 4 bandas como um critério de Passou.

Falha

Uma FALHA em um teste de triagem indica que o critério de detecção do protocolo de teste não foi atendido. Isso pode ser devido às seguintes razões:

- O ambiente de teste tinha muito ruído para a realização do teste
- O paciente estava produzindo muito ruído durante o teste (sugando, chorando, se movimentando)
- O paciente tem uma perda auditiva (condutiva ou sensorial)
- O paciente possui líquido no canal auditivo ou na orelha média
- Falha no equipamento
- Examinador inexperiente

Infelizmente, é impossível saber a razão e, portanto, não podemos interpretar ou extrapolar nada a partir do resultado Falha.

Na triagem auditiva neonatal, os bebês que FALHAM em um teste de EOA são geralmente submetidos a nova triagem utilizando EOA ou teste de PEATE automatizado antes de serem encaminhados a um departamento de diagnóstico para testes mais completos de modo a excluir uma perda auditiva permanente.

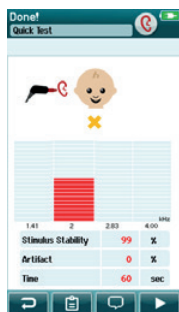


Figura 35. Um resultado Falha no teste EOATE exigindo 3 de 4 bandas para um critério Passou.

Incompleto

Alguns dispositivos mostram um resultado INCOMPLETO se o teste for interrompido manualmente pelo operador durante o teste. Um rótulo de teste incompleto nos diz somente que o teste foi interrompido por alguma razão (p. Ex.: o bebê acordou durante o teste, um problema técnico). Com resultados incompletos, não é possível determinar se o teste seria um PASSOU ou FALHA. Nesse caso, o teste deve ser repetido.

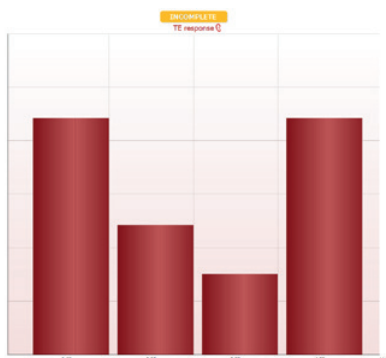


Figura 36. Resultado incompleto do teste. O teste foi interrompido antes que pudesse ser determinado um PASSOU ou FALHA pelo algoritmo de detecção.

Análise em avaliações de diagnóstico

Quando EOAs são medidas como parte da abordagem da bateria de testes, os resultados devem ser analisados e interpretados como mais do que apenas um PASSOU ou FALHA. Protocolos de teste de diagnóstico normalmente testam mais do que 4 - 5 frequências de teste e há muitos fatores a serem considerados ao fazer uma interpretação.

Gráfico de estímulo (EOATE)

Se ao longo de todo o teste for obtido e mantido um bom ajuste da sonda, o gráfico de estímulo exibe um estímulo de clique como o apresentado abaixo. Se o gráfico de estímulo final não mostrar uma morfologia de clique esperada, os resultados devem ser vistos com cuidado. É recomendável repetir o teste de EOATE com um ajuste de sonda melhor para excluir quaisquer efeitos de estímulo nos resultados de teste.

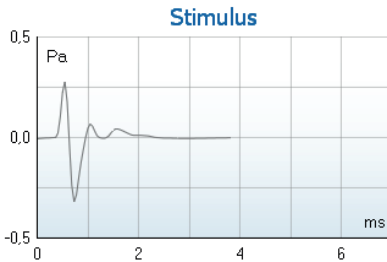


Figura 37. O gráfico de estímulo fornece informações sobre o ajuste da sonda e produção do estímulo durante o teste.

Gráfico de verificação da sonda

Visualize o gráfico de verificação da sonda e todos os valores de correlação para obter uma visão geral de como a sonda foi colocada e se permaneceu adequadamente na orelha durante o teste. Uma alta porcentagem de correlação indica que a sonda praticamente não se moveu durante o teste. Uma baixa correlação indica uma movimentação significativa durante o teste, devendo-se ver os resultados com cautela. Recomenda-se repetir o teste nesses casos.

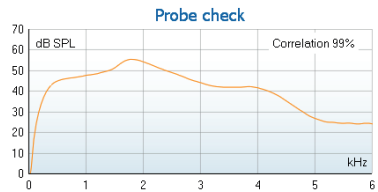


Figura 38. O gráfico de verificação da sonda mostra uma correlação no final do teste, indicando como a sonda foi colocada e se permaneceu adequadamente na orelha durante o teste.

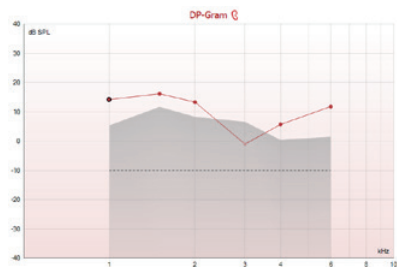
Ruído de fundo

Ao analisar resultados de teste de EOA, o ruído da gravação pode afetar de forma significativa a presença ou ausência de uma EOA detectada. Seria prejudicial para o diagnóstico do paciente indicar EOAs ausentes simplesmente devido a um ruído de fundo elevado. Portanto, a primeira etapa da análise é verificar se o ruído de fundo foi significativamente baixo. Se um ruído de fundo estiver presente, poderá ser necessário testar o paciente novamente para obter um resultado preciso.

Uma meta a perseguir nos testes de EOA é obter ruídos de fundo tão baixos quanto o ruído do sistema. Isso garante que, se uma EOA estivesse presente, esta seria detectada.



A)



B)

Figura 39. Um ruído de fundo baixo garante uma interpretação válida dos resultados. Aqui estão dois exemplos de resultados do mesmo ouvido, um com EOAs detectadas devido ao baixo ruído de fundo e o outro sem EOAs detectadas devido a valores inadequados de SNR.

Nível mínimo de EOA

EOAs normalmente têm uma amplitude absoluta de -10 dB SPL ou superior. EOAs que aparecem abaixo desse nível devem ser analisadas com cautela, pois podem ser uma distorção do sistema, ou uma interferência. Diferentes dispositivos possuem diferentes níveis de distorção de sistema e, assim, cada dispositivo pode utilizar um nível mínimo diferente do acima mencionado. Verifique as especificações do fabricante ou execute sua própria verificação de distorção do sistema ao obter um novo dispositivo.

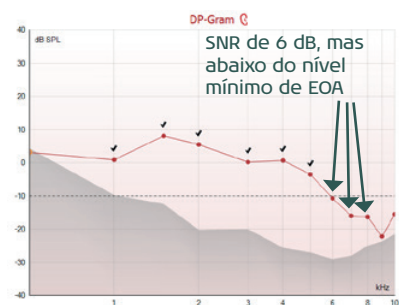


Figura 40. EOAs que recaem abaixo do nível mínimo de EOA devem ser vistas com cautela, mesmo quando os critérios de SNR são atendidos.

Dados normativos

Os dados normativos caracterizam o que é comum ou normal em uma determinada população. Dessa maneira, dados EOA normativos podem ser muito úteis em se determinar se as EOAs do paciente são normais ou não, se comparadas às de seus pares e podem ajudar na categorização de EOAs como presentes e normais, presentes, mas anormais, ou não presentes/ausentes.

Uma vez que sistemas de EOA diferem em ruídos de fundo e, por vezes, no cálculo do nível de resposta de EOAs, é importante utilizar dados normativos que tenham sido coletados de um dispositivo sendo utilizado para teste. A população de teste usada para coleta dos dados normativos também deve ser compatível com o paciente sendo testado. Não é recomendável usar os dados normativos de um bebê ao analisar medições de EOA de adultos.

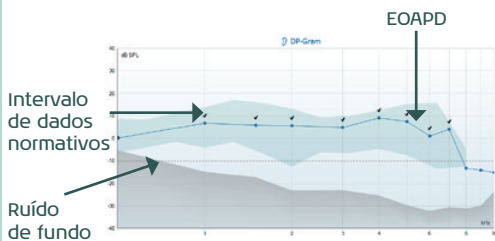


Figura 41. Uma medição EOAPD do Titan. O gráfico mostra as EOAPDs gravadas, níveis de ruído e a faixa normativa.

Reprodutibilidade da resposta (forma de onda)

A reprodutibilidade da resposta (forma de onda) é expressa como uma porcentagem e refere-se à correlação cruzada entre as formas de onda de resposta A e B. Quanto mais próximo o valor estiver de 100%, mais altamente correlacionadas ou semelhantes são as formas de onda A e B, indicando respostas de EOA altamente reproduzíveis em cada buffer (A e B).

Historicamente, ela foi usada porque nos primeiros anos das medições EOATE, a decisão se uma EOA estava ou não presente era determinada por avaliação visual das formas de onda de EOA. A correlação da forma de onda comprovou ser uma medida útil para auxiliar nesse processo de identificação de forma de onda EOA.

Entretanto, como o equipamento de EOA continha processadores com potência suficiente, o método de identificação da forma de onda da EOA foi substituído por análise de frequência, normalmente resultando na agregação da potência espectral em bandas de meia oitava. Isso tem a vantagem de gerar informações específicas de frequência clinicamente úteis sobre a EOATE e pode com frequência resultar na observação satisfatória de uma EOATE em diversas bandas de frequência, apesar da presença de ruído em demasia em outras bandas de frequência.

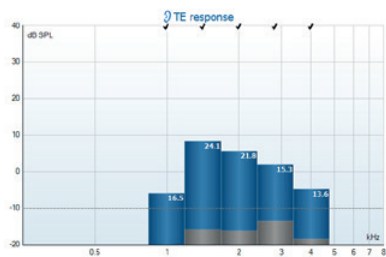


Figura 42. Atualmente, os equipamentos de EOATE mostram a banda de meia oitava juntamente com valores de SNR, tornando mais fácil para os profissionais analisarem as respostas.

Os protocolos atuais utilizam critérios de interrupção baseados em relações sinal/ruído das bandas de frequência selecionadas. Em contrapartida, a reprodutibilidade da forma da onda pode ser vista como a relação sinal/ruído de todas as bandas de frequência, incluindo também quaisquer frequências que estejam fora das bandas de frequência de interesse. Essa diferença fundamental com frequência se torna importante no caso de triagem neonatal utilizando EOATE. Normalmente, o ruído presente no ambiente de teste de triagem neonatal é dominado por baixas frequências (abaixo de 1 kHz). Essas emanam de equipamentos próximos, conversas nos corredores, movimentação de cabos de sonda, ar condicionado etc. Considerando que a reprodutibilidade da forma da onda é afetada por todas as frequências na gravação, sempre pode haver como resultado um fraco nível de reprodutibilidade causado pelas baixas frequências que na verdade estão bem abaixo das bandas de frequência de EOATE de interesse. Nessa situação, um critério de interrupção baseado na relação sinal/ruído das bandas de frequência é bem superior.

Estabilidade do estímulo (EOATE)

A estabilidade do estímulo (apresentada em porcentagem) indica a mudança entre o nível de estímulo no início do período de medição e o nível subsequente em um determinado ponto no tempo durante a medição.

Uma estabilidade do estímulo de 90% ou acima indica uma mudança no nível de estímulo de menos de 1 dB ao longo de todo o teste. Uma estabilidade do estímulo de 79% indica uma mudança de aproximadamente 2 dB no nível de estímulo e uma estabilidade do estímulo de 59% indica uma mudança de aproximadamente 3 dB no nível de estímulo durante o teste.

Baixas porcentagens de estabilidade do estímulo costumam indicar um movimento da sonda no canal auditivo durante o teste. Em tais casos, recomenda-se instruir o paciente a permanecer imóvel, obter novamente um bom ajuste da sonda e executar o teste novamente para garantir que os resultados sejam válidos.

% de confiabilidade (EOAPD)

O percentual de confiabilidade está disponível para todas as frequências de teste e fornece uma indicação do grau de certeza que o detector tem de que a resposta exibida foi gerada pela cóclea. Apenas respostas que atendam à porcentagem de confiabilidade definida no protocolo serão marcadas como detectadas pelo software, mesmo nos casos em que a SNR ultrapassa em muito o valor mínimo estabelecido.

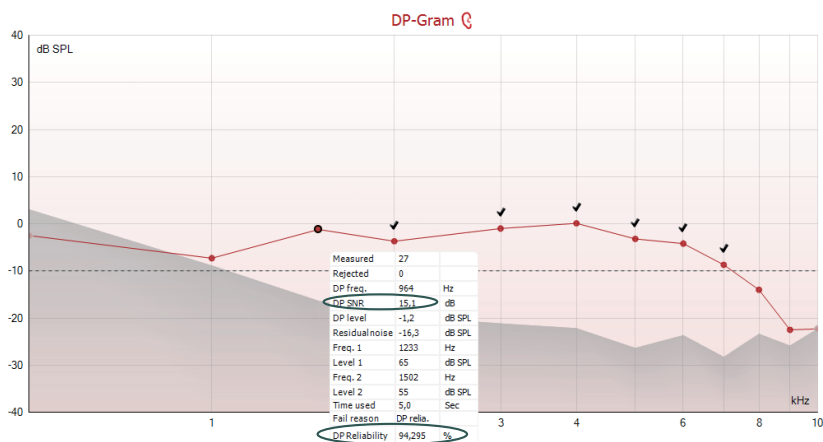


Figura 43. Um exemplo no qual a SNR foi atendida (> 6 dB), mas o valor de confiabilidade de 99,9% não.

Esse ponto DP não deve ser considerado como uma resposta de EOA da cóclea. Nesse caso, o software indicou que o ponto não era confiável pela ausência de uma marcação acima do ponto.

EOA total (EOATE)

O valor total de EOA é o nível total de energia das formas de onda de resposta de A e B correlacionadas. É obtido a partir da resposta da FFT geral, não apenas das bandas de frequência de meia oitava de interesse. Em outras palavras, oferece uma indicação da amplitude da resposta total de EOA obtida.

Média de A e B

A média de A e B é o nível de pressão sonora da média das formas de onda A e B.

Diferença de A e B

A diferença A - B é a RMS (média quadrática) da diferença entre as formas de onda A e B e dá uma indicação do ruído residual na gravação.

Quando um alto percentual de reprodutibilidade é calculado, é esperado um pequeno valor da diferença de A e B.

Classificando EOAs:

Presente e normal, presente e anormal ou ausente?

As EOAs devem ser classificadas em uma de três categorias e tal classificação pode ser feita quando as EOAs são analisadas em conjunto com dados normativos.

1. Presente e normal
2. Presente e anormal
3. Não presente ou ausente

Se as EOA gravadas atenderem à SNR e outros critérios de detecção, e os níveis de EOA recaírem na faixa normal, a banda individual ou frequência de teste seria classificada como presente e normal.

Se as EOA gravadas atenderem à SNR e outros critérios de detecção, mas recaírem fora da faixa normal, deverá ser classificada como presente, mas anormal.

Se a EOA não atender à SNR ou outros critérios de detecção, deverá ser classificada como não presente ou ausente.

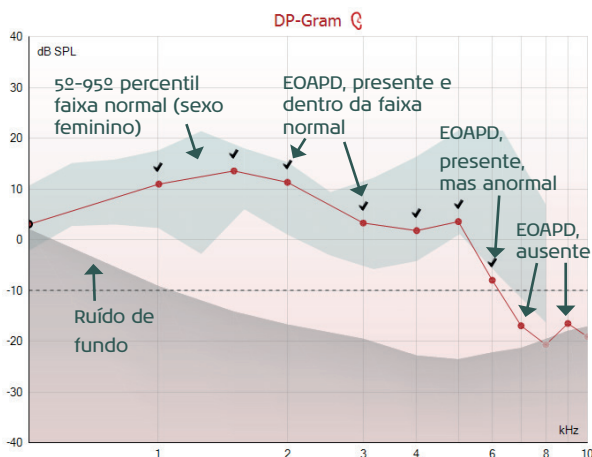


Figura 44. Os resultados de EOAPD mostrando EOAs presentes e normais, presentes, mas anormais e ausentes em um paciente com uma perda auditiva de alta frequência.

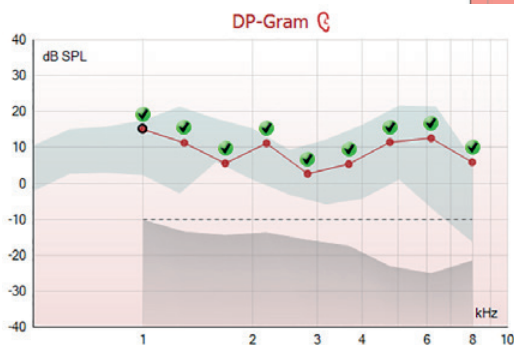
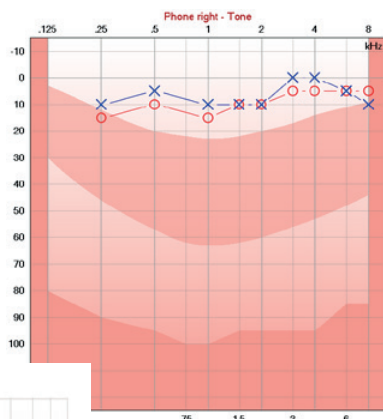
Relatório de resultados

Terminologias de Passou e de Falha são adequadas para uso em relatórios quando um teste de EOA de triagem tiver sido realizado.

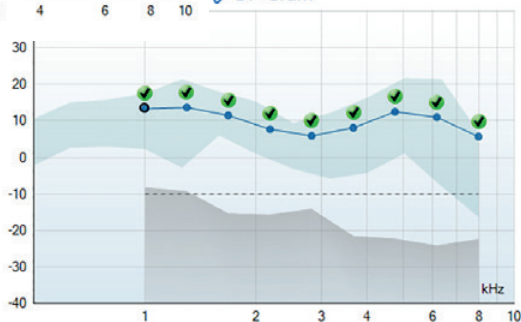
Para testes de EOA de diagnóstico, os resultados devem ser relatados de maneira semelhante aos resultados audiométricos.

Exemplo 1

O paciente possui EOAPDs presentes e normais entre 1 e 8 kHz, o que é consistente com os limites de audição normais observados no audiograma.

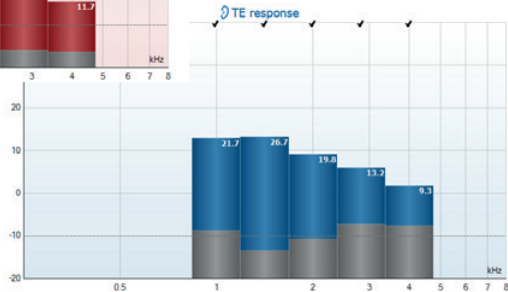
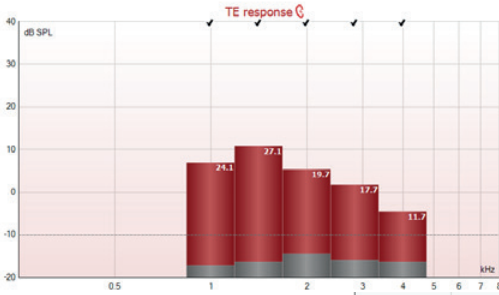
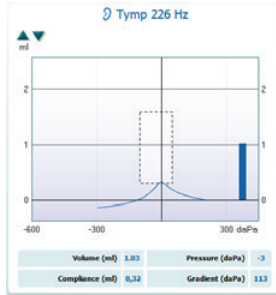
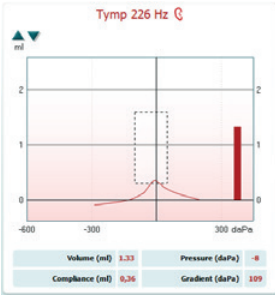
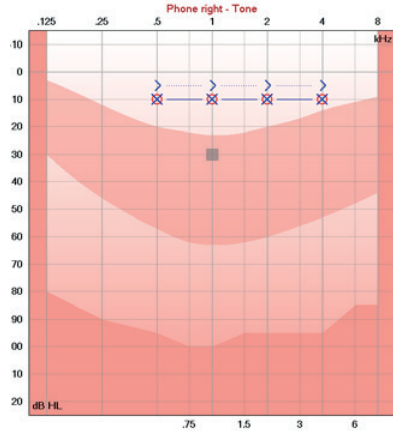


DP-Gram



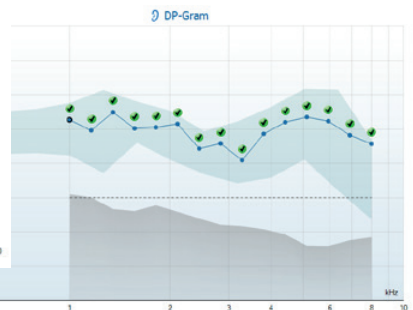
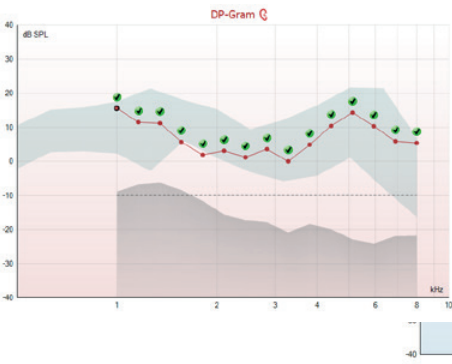
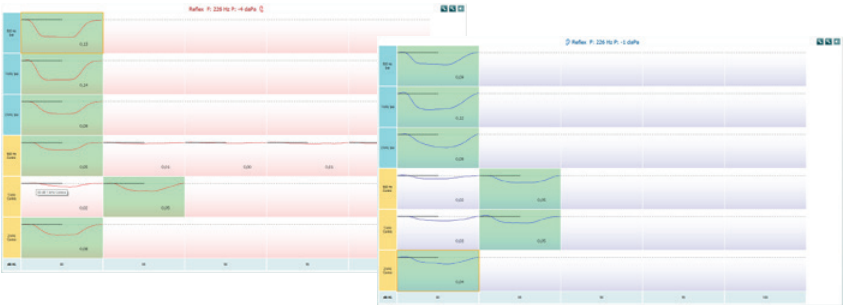
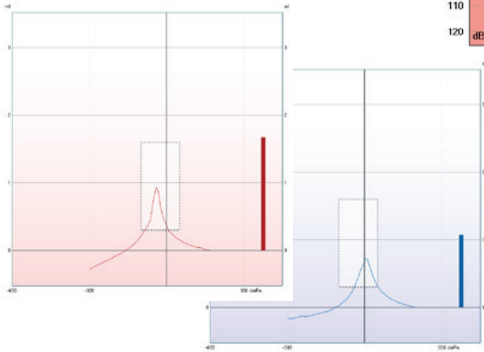
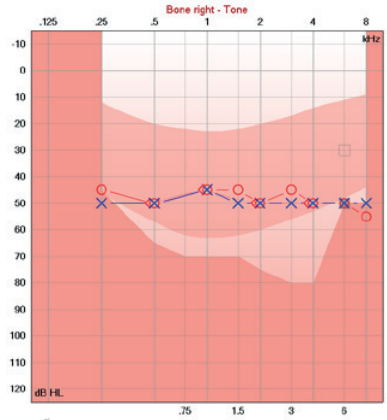
Exemplo 2

Foi realizada audiometria de triagem a 10 dB nHL devido à idade da criança. Os resultados mostraram uma audição normal entre 500 Hz e 4 kHz para uma audiometria de condução aérea e óssea bilateral. A timpanometria mostrou pressão normal na orelha média e conformidade estática em ambos os lados. Os resultados de EOATE foram compatíveis com os resultados do audiograma e da timpanometria. Recomenda-se um teste de acompanhamento após 6 meses para determinar os limiares em toda a faixa de audiometria.



Exemplo 3

O paciente tem EOAPDs presentes e normais entre 1 e 8 kHz, timpanogramas normais e reflexos acústicos. Esses resultados são inconsistentes com a perda auditiva sensorioneural moderada plana observada no audiograma. Essa combinação de resultados indica uma perda auditiva não orgânica.



Leituras adicionais

Os livros, artigos e sites a seguir são apenas algumas excelentes fontes de informação sobre o assunto das emissões otoacústicas. Muito mais pode ser encontrado através de uma simples busca no Google ou no PubMed.

Sites:

The Otoacoustic Emissions Portal Zone

www.otoemissions.org

Audiology Online

www.audiologyonline.com

The Interacoustics Academy

<http://www.interacoustics.com/academy>

Livros:

Dhar, Sumitrajit., & Hall, J. W. (2012). Otoacoustic emissions. Principles, procedures and protocols. San Diego: Plural Publishing.

Robinette, M. S., & Gattke, T. J. (Eds.) (2007). Emissões otoacústicas Clinical applications (3rd ed.). New York: Thieme.

Hall, J. W. (2000). Handbook of otoacoustic emissions. San Diego: Singular Publishing Group.

Kemp, D. T. (2003). The OAE Story. An illustrated history of OAE research and applications through the first 25 years. Herts, UK: Otodynamics Ltd.

Artigos:

Arrue Ramos, J., Kristensen, S.G.B., & Beck, D.L. (2013). An overview of OAEs and normative data for DPOAEs. *Hearing Review*, 20(11), 30-33.

Beck, D. L., Speidel, D., Arrue Ramos, J., Schmuck, C. (2016). Otoacoustic emissions and pressurized OAEs. *Hearing Review*, 23(7), 30.

McCreery, R. (2013). Otoacoustic emissions: Beyond 'Pass' and 'Refer'. *The Hearing Journal*, 66(9), 14-15.

Kemp, D. T. (2002). Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *British Medical Bulletin*, 63, 223-241.

Gattke, T. J., & Kujawa, S. G. (1991). Emissões otoacústicas *American Journal of Audiology*, 1(1), 29-40.

Interacoustics A/S

Audiometer Allé 1
5500 Middelfart
Dinamarca

+45 6371 3555
info@interacoustics.com

interacoustics.com

Brasil

Av. Venezuela, 27 - Sala 901
Saúde - RJ
+55 21 2104-9198

interacoustics.com.br



Interacoustics Academy

interacoustics.com/academy