



UFSM

Monografia de Especialização

**ZONAS MORTAS NA CÓCLEA:
CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS**

Michele Vargas Garcia

CEF

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**ZONAS MORTAS NA CÓCLEA:
CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS**

por

Michele Vargas Garcia

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fonoaudiologia, Área de concentração em Audição, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para conclusão do **Curso de Especialização em Fonoaudiologia.**

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências da Saúde
Curso de Especialização em Fonoaudiologia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**ZONAS MORTAS NA CÓCLEA:
CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS**

elaborada por
Michele Vargas Garcia

como requisito parcial para conclusão do **Curso
de Especialização em Fonoaudiologia**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Maristela Julio Costa
(Presidente/Orientador)

Prof^a. Dr^a. Tania Maria Tochetto

Fga. Ms. Raquel Cristina Daniel

Santa Maria, dezembro de 2005

A vida é agora!

A gente se acostuma a medir a vida em dias, meses, anos...

Mas será que é mesmo o tempo que mede nossa vida?

A gente vai vivendo e, às vezes, esquece que a vida não é o tempo que a gente passa nela.

Mas, o que a gente faz e sente enquanto o tempo vai passando.

Dizem que a vida é curta, mas isso não é verdade.

A vida é longa pra quem consegue viver pequenas felicidades.

*E, essa tal felicidade vive aí disfarçada, como uma criança tranqüila brincando de
esconde-esconde.*

Infelizmente, às vezes não percebemos isso.

E passamos a nossa existência colecionando não.

A viagem que não fizemos;

O presente que não demos;

A festa a qual não fomos.

A vida é mais emocionante quando se é ator e não espectador.

Quando se é piloto e não passageiro; pássaro e não paisagem.

*Como ela é feita de instantes não pode e não deve ser medida em dias ou meses, mas em
minutos e segundos.*

A vida é agora!

DEDICATÓRIA

Às pessoas que acreditam em mim e na minha vontade de crescer pessoal e profissionalmente.

À minha família que sempre me apoiou para que eu estudasse e evoluísse, que me consolava ao perceber o quanto às coisas não eram fáceis, me mostrando que eram possíveis.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a Maristela Julio Costa pela dedicação durante a execução deste trabalho. Obrigada por me incentivar a buscar qualidade e me mostrar que as coisas podem ficar cada vez melhores.

À fonoaudióloga, minha grande amiga, Bruna Sobiesiak Mussoi, sempre atenciosa e dedicada, mesmo estando tão longe está muito presente neste trabalho.

À fonoaudióloga Ana Valéria Vaucher pelo apoio nos momentos práticos compartilhados no Ambulatório de Próteses Auditivas.

Às minhas queridas amigas, fonoaudiólogas, Eliara Pinto Vieira, Elisiane Crestani de Miranda e Carine Dias de Freitas, por me mostrarem através de suas experiências o quanto estudar vale a pena, e ser fonoaudióloga mais ainda. Obrigada pela amizade, pelo apoio científico, e por acreditarem na minha capacidade.

Às minhas colegas de especialização e amigas Caroline Gambini e Cristiane Bertolazi Padilha por dividirem comigo momentos de angústia e dificuldades durante essa caminhada. Obrigada pelo ombro amigo, pelas conversas, pelo carinho.

Ao meu namorado Eduardo Bello Brum, que mesmo distante, soube me incentivar.

Às fonoaudiólogas que foram banca deste trabalho, Profa. Dra. Tania Tochetto e Fga. Ms. Raquel Cristina Daniel, pela atenção e disponibilidade e acima de tudo pela compreensão quando eu estava passando por dias difíceis.

A DEUS.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. Cóclea	3
2. Perda Auditiva Neurosensorial Descendente	5
3. Amplificação Sonora nos Casos de Perda Auditiva Neurosensorial Descendente.....	8
4. Zonas Mortas na Cóclea	11
4.1 Identificação das Zonas Mortas na Cóclea	13
4.2 Diagnóstico das Zonas Mortas na Cóclea utilizando o teste TEN.....	18
4.3 Zonas Mortas na Cóclea e Amplificação Sonora.....	21
CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

RESUMO

Monografia de Especialização
Curso de Especialização em Fonoaudiologia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

ZONAS MORTAS NA CÓCLEA: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Autora: MICHELE VARGAS GARCIA

Orientadora: MARISTELA JULIO COSTA

Local e Data: Santa Maria, dezembro de 2005.

A via auditiva, com funcionamento normal, permite ao ser humano usufruir, de maneira extremamente ampla, de diferentes situações do dia-a-dia em que há a necessidade de uma boa comunicação oral. Se um indivíduo é portador de perda auditiva, as limitações geradas em sua vida vão depender do tipo e do grau desta perda. Nos casos de perda auditiva neurossensorial ocorre, geralmente, dificuldades com relação ao reconhecimento de fala, sendo que a localização da lesão (células ciliadas internas ou externas da cóclea) terá influência nas respostas auditivas do indivíduo. As regiões onde as células ciliadas internas ou neurônio adjacente não se encontram funcionais são denominadas de zonas mortas na cóclea. Assim, a informação gerada pela vibração da membrana basilar nessa região não é transmitida ao sistema nervoso central, porém, um tom com intensidade suficientemente forte pode ser percebido em regiões funcionais próximas a esta zona. Isto acarreta excesso de informações em uma mesma região. A presença ou não de zonas mortas na cóclea tem implicações na adaptação de próteses auditivas e, conseqüentemente, no desempenho do indivíduo principalmente em relação ao reconhecimento de fala, sendo este o objetivo maior do paciente que procura a reabilitação auditiva. O objetivo deste trabalho é expor o que a literatura esta referindo sobre funcionamento coclear, perda auditiva neurossensorial, amplificação sonora nestes casos; e finalmente, discutir mais especificamente sobre zonas mortas na cóclea, estratégias de diagnóstico e implicações da presença ou não de zonas mortas na cóclea no processo de seleção e adaptação de próteses auditivas.

ABSTRACT

Monografia de Especialização
Curso de Especialização em Fonoaudiologia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DEAD REGIONS IN THE COCHLEA: THEORICAL CONSIDERATIONS

(ZONAS MORTAS NA CÓCLEA: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS)

Author: MICHELE VARGAS GARCIA

Advisor: MARISTELA JULIO COSTA

Place and Date: Santa Maria, dezembro de 2005.

When the auditive via is working normally, it largely enables the human being to have the use of different everyday life situation in which it is necessary a good oral communication. If an individual has hearing loss, the limitations generated in his/her life will depend on the type and degree of this loss. In cases of sensorineural hearing loss, there are generally difficulty in relation to speech identification. The lesion location (outer or inner hair cells the cochlea) will influence the individual auditive responses. Regions where inner hair cells or adjacent neurons do not work are named dead regions in the cochlea. Therefore, the information generated by the basilar membrane vibration in this region is not transmitted to the central nervous system. However, a tone with sufficient high intensity can be noticed in functional regions near this zone. This causes information excess in the same region. The dead regions in the cochlea presence or not brings implications to the adaptation of hearing aids and, consequently, to the individual performance mainly in relation to speech identification. It is the greatest objective of patients who look for auditive rehabilitation. The objective of this work is to show what literature mentions about cochlear working, sensorineural hearing loss, sound amplification in this cases; and finally, to discuss more specifically about dead region in the cochlea, diagnostic strategies and implications of dead region in the cochlea presence or not in the process of selection and adaptation of hearing aids.

INTRODUÇÃO:

Condições audiológicas favoráveis são fundamentais para que um indivíduo possa se comunicar através da fala. A via auditiva, com funcionamento normal, proporciona ao ser humano desenvolver habilidades que vão permitir que este participe de diferentes situações do dia-a-dia e consiga estabelecer uma boa comunicação. Dessa forma, se um sujeito for portador de perda auditiva, poderá apresentar limitações para que se estabeleça uma comunicação satisfatória, o que irá interferir na sua qualidade de vida.

A perda auditiva gera limitações na vida do indivíduo e uma das formas de amenizar as frustrações é o uso de próteses auditivas.

Entretanto, o processo de selecionar e adaptar próteses auditivas ainda é uma tarefa difícil, mesmo com a evolução tecnológica que os sistemas de amplificação sonora vem sofrendo nos últimos anos.

Apesar de o fonoaudiólogo possuir diferentes informações sobre vários aspectos envolvendo tanto a parte física, como a eletroacústica da prótese auditiva, especial atenção deve ser dada às sensações subjetivas do paciente, pensando nos diferentes tipos de alterações cocleares (lesão de células ciliadas internas e/ou externas) que podem ocorrer, e conseqüentemente influenciar o resultado da reabilitação auditiva.

A prótese auditiva tem papel fundamental no processo de habilitação e/ou reabilitação auditiva e deve estar ajustada para as reais necessidades de amplificação sonora que o indivíduo apresenta.

Em 1997, MOORE & GLASBERG, pensando nos diferentes resultados obtidos no processo de adaptação de próteses auditivas em portadores de perdas auditivas neurossensoriais de diferentes configurações audiométricas (perdas auditivas planas ou com quedas maiores em determinadas frequências), propuseram-se a estudar o funcionamento coclear e as respostas das células ciliadas internas e externas aos estímulos sonoros. A partir disso, descreveram as chamadas zonas mortas da cóclea, que compreendem regiões da cóclea onde as células ciliadas internas (CCI) e/ou neurônios adjacentes não se encontram funcionais.

Assim, nessas regiões a informação gerada pela vibração da membrana basilar não é transmitida ao sistema nervoso central. Porém, um tom com frequência correspondente a

zona morta, desde que suficientemente intenso, pode ser percebido em regiões próximas a esta zona, onde as células ciliadas internas e/ou fibras nervosas ainda apresentam-se funcionais.

A identificação das zonas mortas na cóclea está sendo utilizada visando melhores resultados no processo de seleção e adaptação de próteses auditivas, pois as regulagens das próteses estão relacionadas com os limiars auditivos do paciente no audiograma juntamente com o limiar de reconhecimento de fala (LRF) e com o índice percentual de reconhecimento de fala (IPRF). Com a presença das zonas mortas na cóclea a região de amplificação que o aparelho proporcionará deverá ser prescrita com atenção para que o indivíduo tenha o melhor desempenho possível em relação ao reconhecimento de fala. O indivíduo com células ciliadas internas não funcionais tem maior perda de informações auditivas, pois as CCI são responsáveis por maior parte da comunicação com as fibras do nervo auditivo.

Considerando que os estudos sobre zonas mortas na cóclea começaram recentemente e que a realização deste diagnóstico ainda não está inserido na rotina clínica da Audiologia, o objetivo deste estudo é expor o que a literatura refere sobre funcionamento coclear, perda auditiva neurossensorial descendente, amplificação sonora nos casos de perdas auditivas neurossensoriais e, finalmente, discutir mais especificamente sobre zonas mortas na cóclea, estratégias de diagnóstico e implicações da presença ou não de zonas mortas na cóclea no processo de seleção e adaptação de próteses auditivas.

REVISÃO DE LITERATURA

Seguindo uma seqüência e buscando a clareza na apresentação deste estudo, os assuntos a serem discutidos aqui serão divididos em quatro capítulos, a saber:

1. Cóclea;
2. Perdas auditivas neurossensoriais;
3. Amplificação sonora;
4. Zonas mortas na cóclea;
 - 4.1 Identificação das Zonas Mortas na Cóclea
 - 4.2 Diagnóstico das Zonas Mortas na Cóclea utilizando o teste TEN (*Threshold Equalizing Noise*).
 - 4.3 Zonas Mortas na Cóclea e Amplificação Sonora.

1. CÓCLEA

Para melhor entender o funcionamento coclear, e conseqüentemente o efeito das zonas mortas na cóclea, neste capítulo serão apresentados estudos realizados sobre o assunto.

Através de estudos microscópicos realizados em cócleas de cadáveres de humanos e animais mamíferos e também, de um modelo mecânico da cóclea, VON BEKÉSY (1961) conseguiu constatar a presença de uma onda que é propagada por toda a extensão da membrana basilar, denominada de onda viajante. A cóclea foi caracterizada como órgão tonotópico capaz de identificar as freqüências altas em sua região basal e as freqüências baixas na região apical, pois a onda viajante sobre a membrana basilar produz padrões de ressonância dependentes da freqüência e intensidade do estímulo sonoro. Em 1970 VON BEKÉSY relatou que a onda viajante funciona como um analisador de freqüências na cóclea, pois cada freqüência apresenta um ponto de amplitude máxima correspondente a um determinado ponto da extensão da membrana basilar.

Com fundamentação nos achados anatômicos e histológicos da cóclea, a teoria da onda viajante propõe que o padrão de deslocamento da membrana basilar é decorrente da

pressão causada pela perilinfa em consequência da vibração da cadeia ossicular na janela oval. Este padrão de deslocamento é resultado das próprias características físicas da membrana basilar: 1) a membrana basilar apresenta 0,1mm de largura na base e 0,5mm no ápice da cóclea; 2) a rigidez é 100 vezes maior na base do que no ápice; e 3) o sistema de acoplamento existente entre um segmento e outro em toda a membrana, que determinam o seu padrão de resposta (ZEMPLIM, 1988).

O mecanismo eletrobiomecânico ativo da cóclea foi descrito por OLIVEIRA em 1993, o qual discorda de alguns achados de VON BEKÉSY. A teoria do mecanismo ativo da cóclea menciona funções distintas as células ciliadas internas (CCI) e células ciliadas externas (CCE). As CCE apresentam forma cilíndrica e estão em número de 10.000 a 14.000 na cóclea humana, dispostas de três a cinco fileiras. Elas funcionam como um amplificador coclear de até 50 dB, pois possuem contrações rápidas provocando um aumento na vibração da membrana basilar o que permite que sons de entrada menores que 50 dB NPS provoquem a estimulação das células ciliadas internas. As CCI são piriformes e existem em quantidade de 3.500 na cóclea, distribuídas em uma única fileira sobre a membrana basilar. Sua principal função é codificar a informação sonora em impulsos elétricos que serão enviados através do nervo auditivo até os centros auditivos do lobo temporal.

Cada uma das fibras nervosas do VIII par entra em contato com uma única célula ciliada interna, e aproximadamente 20 células ciliadas externas. As CCI sustentam 95% das fibras do nervo auditivo enquanto as CCE sustentam apenas 5 % delas. A motilidade das CCE contribui significativamente para a incrível sensibilidade do órgão auditivo e para o mecanismo preciso de sintonia com a membrana basilar (ZEMPLIM, 2002).

O nervo auditivo, tal como a membrana basilar, é organizado de forma que cada frequência característica é representada por um feixe nervoso. A área de resposta da fibra é o resultado da combinação da intensidade e frequência do estímulo acústico, portanto, à medida que a intensidade do estímulo aumenta, a área de resposta é estendida para as fibras correspondentes de outras áreas vizinhas (BESS & HUMES, 1998).

2. PERDA AUDITIVA NEUROSENSORIAL DESCENDENTE.

Conhecendo então o funcionamento coclear normal, neste capítulo, serão discutidos estudos relacionados à lesão coclear causadora da perda auditiva neurosensorial, mostrando o que acontece com o reconhecimento de fala nestes casos.

Na prática da audiologia clínica é comum encontrar indivíduos com perda auditiva neurosensorial de mesmo grau e configuração e que apresentam habilidades substancialmente diferentes quanto à percepção de fala. Provavelmente, outros fatores, além da sensibilidade auditiva, interferem na percepção de fala (YOSHIOKA, 1980).

MOORE (1996) realizou estudo sobre as conseqüências da perda auditiva coclear. As lesões cocleares envolvem danos nas células ciliadas externas e internas, que podem estar lesadas, danificadas ou completamente mortas. Por suas características fisiológicas, as CCE são mais sensíveis a lesões que as CCI, o que torna o mecanismo ativo da cóclea menos efetivo. As lesões cocleares resultam em alterações de: audibilidade absoluta, seletividade de frequência, percepção de *loudness*, resolução temporal, resolução de intensidade, integração temporal, discriminação de frequência, localização sonora, audição binaural e percepção de fala. A gravidade dessas alterações é proporcional ao grau da perda auditiva.

A elevação dos limiares na perda auditiva neurosensorial pode ocorrer de duas formas principais: lesão nas células ciliadas externas, reduzindo a vibração da membrana basilar para sons fracos; lesão nas células ciliadas internas diminuindo a eficiência da transdução. Em ambos os casos, a quantidade de vibração necessária para atingir o limiar é maior que a normal. A lesão das CCE pode causar recrutamento, que é o aumento na sensação de intensidade (MOORE & GLASBERG, 1998).

KILLION (1996) investigou as perdas auditivas com lesão de CCE e CCI. Através da curva de crescimento de *loudness*, o autor classifica as perdas neurosensoriais em tipo I, II e III. Tipo I: é a perda da sensibilidade auditiva para sons abaixo de 40 dB NA, com sensação

normal de *loudness* para sons intensos. Tipo II: é a perda auditiva de 60 dB NA, com perda da sensibilidade para sons fracos, para pistas de fala e dificuldade para discriminação de fala na presença de ruído competitivo. Tipo III: perda auditiva de 70 a 80 dB NA, com grande diminuição da audibilidade e inteligibilidade.

A lesão de células ciliadas externas causa perda auditiva de até 40 dB NA (50 dB NPS) e lesão de células ciliadas internas resultarão em perda auditiva maior que 40-50 dB NA e perda da capacidade seletiva do sistema auditivo, porque poucos transmissores estarão disponíveis para enviar a mensagem acústica para o cérebro (KILLION, 1996).

Para a efetividade da transmissão da mensagem, existe uma redundância de pistas acústicas que o ouvinte vai fazer uso em função da situação e do contexto comunicativo. A energia do sinal de fala deve ser suficientemente audível e os elementos acústicos desse sinal devem ser passíveis de discriminação, o que envolve a segmentação destes em unidades menores, que serão armazenadas na memória para comparação, reconhecimento e compreensão. As vogais têm faixa de frequência na melhor região da curva de audibilidade humana e são mais intensas do que as consoantes. A grande concentração de energia acústica das vogais situa-se na faixa de frequências baixas (400 a 500 Hz). A inteligibilidade da fala depende muito mais das consoantes que possuem pequena distribuição de energia acústica e alcançam frequências superiores a 2000 Hz. A energia do sinal de fala concentrada nas frequências altas é aproximadamente 20 a 35 dB mais fraca do que a energia em 500 Hz. Nos agudos a energia acústica do sinal de fala é menor, porém apresenta expressiva contribuição para a inteligibilidade de fala. Isto explica a dificuldade que indivíduos com perda auditiva em frequências altas apresentam no reconhecimento de fala, principalmente na presença de ruído ambiental (RUSSO & BEHLAU, 1993).

Sessenta por cento da energia acústica se concentra abaixo de 500 Hz, mas a contribuição para a inteligibilidade da fala é de apenas 5%. Nas frequências de 500 a 1000Hz tanto a energia quanto a inteligibilidade situam-se em torno de 35%. A energia acústica encontrada acima de 1000 Hz é de 5% onde se concentra 60% da inteligibilidade da informação (RUSSO & BEHLAU, 1993).

A deteriorização na percepção da fala está ligada a uma medida fundamental da audição, denominada “quebra na seletividade de frequência”, isto é, perda da habilidade em discriminar dois sons simultâneos com diferentes composições espectrais (MATSCHKE, 1991). Em indivíduos com perda auditiva a habilidade de extrair um sinal na presença de outros competitivos é prejudicada, impossibilitando a compreensão da fala na presença de ruído.

A grande maioria das perdas auditivas neurossensoriais envolve um grau de perda maior em frequências altas, associada ao típico padrão de lesão na cóclea que é mais severo para a região basal do que para o ápice. É por este motivo que se torna interessante transportar a informação de fala das frequências altas para as baixas. Segundo a literatura, o sistema auditivo normal pode se adaptar a compreender a fala proporcionalmente comprimida em frequências até 70% de sua banda original. Alguns indivíduos referem que é mais difícil compreender a fala de pessoas do sexo feminino do que do sexo masculino, sugerindo a transposição de informações de fala para as frequências graves. TURNER & HURTIG (1999) pesquisaram o reconhecimento de sílabas gravadas por um falante do sexo feminino e outro do sexo masculino, apresentadas em duas condições: fala normal (não processada) e fala comprimida. Em 45% dos indivíduos deficientes auditivos avaliados os resultados apresentaram melhora em relação ao reconhecimento de fala para a voz feminina com a compressão de frequências. Os indivíduos que apresentaram reconhecimento relativamente baixo (< 70%) na condição de fala normal foram os que se beneficiaram da fala comprimida.

3. AMPLIFICAÇÃO SONORA EM PERDAS AUDITIVAS NEUROSENSORIAS DESCENDENTES.

Neste capítulo serão apresentados estudos que discutem o uso de próteses auditivas em indivíduos portadores de deficiência auditiva neurossensorial descendente.

Para MOORE (1996) nas perdas auditivas de até 45 dB NA a audibilidade é o foco principal na reabilitação, enquanto nas perdas auditivas maiores, a discriminação de fala torna-se o fator de maior importância.

CHING *et al* (1998) correlacionaram audibilidade e reconhecimento de fala em indivíduos com diferentes configurações de perda auditiva neurossensoriais, variando de leve a profundo. Houve restabelecimento da audibilidade, através da amplificação sonora, nas perdas auditivas leves e moderadas, com melhora no reconhecimento de fala. Nas perdas auditivas severas, principalmente nas frequências altas, os altos níveis de pressão sonora necessários para promover a audibilidade afetaram negativamente a compreensão de fala. Quanto maior o nível de sensação (mais que 20 dB NS), pior foi o desempenho para a fala. Os achados deste estudo consideram que não é benéfico amplificar as frequências altas a níveis mais altos que 20 dB NS.

CHING *et al* (1998) ressaltam que a maioria das regras prescritivas utilizadas para a adaptação de próteses auditivas, principalmente para perdas auditivas em altas frequências, não considera que amplificação em determinadas frequências pode não beneficiar ou até mesmo piorar o desempenho do reconhecimento de fala.

MURRAY & BYRNE (1986) relataram que o ganho em audibilidade nas frequências altas não foi considerado positivo e agradável por indivíduos com perda auditiva. Devido à severidade da perda, estes indivíduos estariam sujeitos a uma distorção do sinal de fala. Assim, os autores sugeriram que a limitação do ganho em uma faixa de frequências mais baixas seria preferível para alguns pacientes.

Segundo STELMACHOWICZ *et al.* (1995), abordagens baseadas na audibilidade para a seleção de próteses auditivas, geralmente, concentram-se na análise do espectro de fala. Contudo, os avanços na tecnologia de amplificação sonora (respostas de frequência dependente do nível do sinal, processamento do sinal em diferentes canais, compressão dinâmica) dificultam a previsão de audibilidade de componentes espectrais da fala após sua amplificação.

SUMMERS & LEEK (1997) relataram que a resolução de frequência encontra-se comprometida em indivíduos com perda auditiva neurossensorial e aumenta os efeitos de mascaramento de frequências baixas em sinais de frequências altas, principalmente quando o sinal é apresentado em forte intensidade. Várias próteses auditivas utilizam técnicas de redução de ruído na tentativa de minimizar este mascaramento, fornecendo menos ganho em frequências baixas conforme aumenta o nível do sinal. Isto normalmente favorece o reconhecimento de fala.

HOGAN & TURNER (1998) avaliaram 5 ouvintes normais e 9 deficientes auditivos com limiares relativamente normais em 250 e 500Hz e vários graus de perda auditiva em frequências altas. Foram apresentadas listas de monossílabos após a utilização de filtros passa-baixa, realizando vários cortes diferentes na informação de fala. Os níveis de intensidade foram de 40 a 60 dB NPS para os ouvintes normais e de 65 a 105 dB NPS para os deficientes auditivos. Os ouvintes apresentaram melhora no reconhecimento de fala em função do aumento da audibilidade. A maioria dos indivíduos com audição normal apresentaram resultados semelhantes, porém, nos casos de perda auditiva, o acréscimo da audibilidade em frequências altas não resultou em melhora ou até mesmo prejudicou o reconhecimento de fala, particularmente quando o limiar foi maior que 55 dB na frequência de 4KHz ou mais. No processo de adaptação de próteses auditivas a implicação prática do conceito de audibilidade efetiva é a prescrição de menos ganho para frequências em que a perda auditiva é maior permitindo um ganho maior em frequências nas quais a audibilidade pode ser melhor aproveitada.

O conceito de audibilidade efetiva foi descrito por CHING *et al* (2001a) como a contribuição da audibilidade para a inteligibilidade de fala. Os autores comprovaram neste estudo que a amplificação das frequências altas apresenta utilidade limitada para os indivíduos com perdas auditivas severas e profundas nestas frequências. O que é possível acontecer é a dessensibilização que geralmente afeta mais as informações de frequências altas do que as de frequências baixas. Isto é causado possivelmente por um longo período de privação da estimulação auditiva tendo como consequência a perda da habilidade de processar a informação de frequências altas. No estudo teve-se como sugestão limitar a audibilidade dos sinais de fala nas frequências mais acometidas (frequências altas) conforme o nível de entrada podendo fazer uso de compressão.

Segundo CHING *et al.* (2001a) alguns pacientes apresentam pouco ou nenhum benefício com a amplificação, particularmente os indivíduos com perda auditiva acentuada nas frequências altas.

CHING *et al.* (2001 b) discutiram sobre a amplificação sonora das frequências altas em crianças. Nestas é recomendada a amplificação adequada das frequências altas, visando a estimulação auditiva para evitar o processo de dessensibilização causada pela privação sensorial (CHING *et al.*, 2001a). Porém, os autores alertam que a amplificação excessiva e desnecessária pode expor a criança a níveis de intensidade fortes sem obter benefícios na percepção de fala. Não existem evidências que concluam que crianças e jovens devam apresentar amplificação nas frequências altas diferente do que é exposto para os adultos, porém os autores sugerem que esse tema seja mais explorado através de outros estudos e pesquisas.

As descrições realizadas até então, tiveram como objetivo procurar compreender porque indivíduos com perda auditiva neurosensorial, maior nas frequências altas, tem pior desempenho com o uso de próteses auditivas, do que indivíduos com perdas auditivas neurosensoriais planas. Com estes estudos descritos tornou-se possível chegar na explicação mais recente: as zonas mortas na cóclea.

4. ZONAS MORTAS DA CÓCLEA

Chegando então no principal objetivo proposto neste estudo, serão apresentados os trabalhos que a literatura refere como conceito de zonas mortas na cóclea.

Segundo MOORE & GLASBERG (1997), zonas mortas da cóclea são regiões onde as células ciliadas internas e/ou neurônios adjacentes não se encontram funcionais. Assim, nessas regiões a informação gerada pela vibração da membrana basilar não é transmitida ao sistema nervoso central. Porém, um tom com frequência correspondente a zona morta pode ser detectado em locais com células ciliadas internas e neurônios funcionais. O tom necessita ter intensidade suficientemente forte para ser propagado via ápice ou base da cóclea.

Sendo a vibração suficientemente forte, ela pode ser percebida pelas regiões da cóclea mais próxima da zona morta onde as células ciliadas internas e/ou fibras nervosas ainda apresentam-se funcionais. Esse fenômeno é conhecido como propagação do mascaramento (MOORE *et al.*, 2000).

Os indivíduos com zonas mortas na cóclea percebem os componentes de frequência correspondentes à região de zona morta, através da estimulação de outra região da cóclea menos acometida, provocando dificuldade de decodificação da informação acústica e até sobrecarga de informação numa mesma região. Os tons puros quando identificados nas regiões adjacentes a zona morta são referidos pelos indivíduos como altamente distorcidos (MOORE, 2001).

Identifica-se uma região de zona morta, quando o limiar para detectar um tom na presença de um ruído de banda larga é maior do que o normal, sendo esta alteração indicativo de falta de células ciliadas internas e/ou neurônios adjacentes com frequência característica correspondente à frequência do tom (MOORE & GLASBERG, 1997).

Seguindo o modelo de percepção de *loudness* MOORE *et al.* (1999), descreveram que perdas auditivas por lesão de células ciliadas externas não podem ser maiores que 50 dB nas frequências baixas e 65 dB nas frequências altas. Qualquer perda auditiva maior que os valores estipulados indica acometimento de células ciliadas internas. Portanto, valores

absolutos de audibilidade entre 0-50 dB nas frequências baixas e 0-65 dB nas frequências altas indicam disfunção pura de células ciliadas externas ou combinadas com disfunção de células ciliadas internas; limiares maiores que 50 dB nas frequências baixas e que 65 dB nas frequências altas indicam lesão de células ciliadas externas e internas; e limiares maiores que 75-80 dB nas frequências baixas e que 90 dB nas frequências altas indicam provável presença de zonas mortas da cóclea MOORE (2001a).

MOORE *et al.* (2000) ressaltam que apenas os dados do audiograma não são suficientes para prever a existência de zonas mortas na cóclea, sendo necessária a aplicação de teste com uso de mascaramento para real identificação.

Os critérios para possível presença de zonas mortas com base no audiograma que levam a necessidade de testagem para realizar o diagnóstico são: perda auditiva maior que 75-80 dB nas frequências baixas e maior que 90 dB nas frequências altas; perda auditiva maior que 50 dB nas frequências baixas e 30- 35dB nas frequências mais altas, e ainda perda auditiva de 40-50 dB nas frequências baixas e audição quase normal nas frequências médias e altas (podem indicar zonas mortas nas frequências baixas). Quando a perda auditiva em frequências altas tem queda acentuada, com diferença de 50 dB por oitava, é indicativo de zona morta nas frequências altas (MOORE, 2001a).

MOORE (2004) reavaliou os fundamentos anatômico, fisiológico e psicofisiológico do conceito de zonas mortas. Inicialmente, definiu “zona morta” como uma região na cóclea com redução significativa das funções desempenhadas pelas células ciliadas internas e/ou neurônios adjacentes, de forma que a vibração gerada nesta região passa a ser detectada por outra mais funcional. Portanto, esta região poderia ser considerada funcionalmente morta e, provavelmente, pouca informação útil à discriminação da fala seria transferida deste local.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS MORTAS DA CÓCLEA

Neste capítulo será abordado o que os autores referem para se realizar o diagnóstico das zonas mortas na cóclea.

MOORE *et al.* (2000) propuseram um teste clínico para delimitar as áreas de zonas mortas da cóclea utilizando um ruído de equalização dos limiars (TEN – *Threshold Equalizing Noise*). O TEN foi produzido para mascarar igualmente uma ampla faixa de frequências, de 125 a 15000 Hz. O nível do ruído TEN é expresso em ERB (*Equivalent Rectangular Bandwidth*- largura de banda equivalente ao retângulo) referindo-se a largura de banda do filtro auditivo, calibrado de forma que o nível ERB fosse equivalente ao nível de pressão sonora dos limiars de audibilidade. Por exemplo: a intensidade de 70 dB/ERB normalmente mascara o limiar de 70 dB NPS. O ruído TEN e o sinal senoidal do teste foram gravados em canais independentes em *CD-compact disc*, para avaliar as diferentes frequências: 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000 Hz. Os níveis do ruído e do sinal senoidal foram apresentados através de fones TDH50 e controlados em audiômetro manual de dois canais. Para obtenção de resultados, o grupo controle foi formado por 22 normo-ouvintes onde os valores dos limiars mascarados em nível de pressão sonora (dB NPS) foram aproximadamente iguais aos valores em nível ERB de mascaramento TEN, apresentando uma variação muito pequena em todas as frequências avaliadas. Portanto, uma diferença de 2 a 3dB entre os limiars mascarados e os limiars absolutos é considerado normal, ou seja, negativo para a presença de zonas mortas na cóclea. Um outro grupo para estudo foi formado com indivíduos portadores de perdas auditivas com configuração audiométrica variada. Das 20 orelhas avaliadas foram identificadas 14 orelhas com zonas mortas na cóclea. As zonas mortas na cóclea foram identificadas quando os limiars mascarados foram no mínimo 10 dB acima dos limiars absolutos e 10 dB acima do nível do mascaramento ERB do TEN. Esses resultados foram confirmados através do teste de medida psicofísica das curvas de sintonia. Apresentando um sinal com determinada frequência, o pico da curva mostrava-se deslocado da região da zona morta para uma área vizinha da cóclea funcional. O teste TEN foi considerado pelos autores um método simples e efetivo para detectar e delimitar zonas mortas da cóclea.

MOORE *et al.* (2004) sugeriu uma nova versão do teste TEN para a prática clínica, denominada TEN (NA), onde todos os níveis de intensidade são especificados em dB NA e não em dB NPS, facilitando a comparação entre os limiares absolutos da audiometria convencional e os limiares mascarados com a aplicação do teste. Porém, para que esses limiares sejam determinados de forma mais precisa, intervalos de 2 dB (e não de 5 dB, utilizados na rotina clínica) seriam indicados. Quanto à faixa de frequências, as novas recomendações indicam a aplicação do teste de 500 a 4000 Hz e a intensidade do mascaramento em apenas um nível de ruído, de 85 a 90 dB/ERB. Os critérios do teste TEN foram desenvolvidos a partir de sua aplicação em um grupo relativamente pequeno de adultos com perda auditiva neurossensorial moderada a severa. Esses critérios podem não ser adequados para outras populações e casos individuais. A detecção de um tom na presença de ruído depende da relação sinal/ruído para o local da membrana basilar onde ele é detectado e da eficiência do indivíduo, que está associada parcialmente a mecanismos centrais. A eficiência tende a diminuir com o aumento da idade, sendo que indivíduos idosos necessitam de uma relação sinal/ ruído de 2 a 3 dB acima dos indivíduos jovens.

Segundo MOORE & ALCÁNTARA (2001), uma das medidas psicofísicas mais diretas da seletividade de frequência é a curva psicofísica de sintonia (PTC). O ouvinte deve detectar um sinal teste para que a PTC seja obtida. O sinal teste tem frequência e intensidade fixa, na presença de um ruído de banda estreita com frequência central variável. Para cada uma das frequências centrais, o nível de ruído necessário para que o sinal se torne inaudível é determinado. A efetividade do mascaramento é maior quando a sua frequência central está próxima à do sinal teste. A ponta da curva de sintonia (frequência onde o nível de mascaramento é menor) sempre corresponde a frequência do sinal teste, em indivíduos com audição normal.

Diferentes patologias cocleares têm sido relacionadas com alterações na forma da curva de sintonia. Quando as células ciliadas internas estão lesadas, as fibras neuronais correspondentes a esta região apresentam limiares elevados tanto na ponta como na extremidade da curva, porém a configuração não é alterada. Quando a lesão ocorre apenas nas células ciliadas externas, as fibras que inervam esta região apresentam perda considerável

de sensibilidade em suas extremidades. O resultado destas mudanças é uma curva de sintonia larga, em forma de “U”, sem nenhuma ponta definida. Em outros casos, diferentes graus de comprometimento podem afetar tanto as células ciliadas externas como as internas, resultando na perda da sensibilidade e da sintonia.

MOORE & ALCÁNTARA (2001) descreveram o teste psicofísico das curvas de sintonia, usado para identificação de zonas mortas na cóclea. A metodologia sugere a apresentação de um sinal senoidal de frequência fixa e em nível de 8 a 22 dB NS, com mascaramento simultâneo no mesmo lado. O ruído utilizado foi o de banda estreita, com centro de frequência variável e faixa de mascaramento de 80Hz. A curva de sintonia foi obtida determinando o nível de mascaramento necessário para mascarar o sinal senoidal para 12 frequências variadas, e a frequência de sintonia foi identificada como a frequência (ponto) obtida com o menor nível de mascaramento (nível de mascaramento mais efetivo). Em ouvintes normais a curva de sintonia apresentou o pico na frequência de sintonia equivalente ao sinal senoidal. A curva de sintonia medida em indivíduos com perda auditiva neurossensorial sem presença de zonas mortas na cóclea apresentou o pico na frequência de sintonia equivalente à frequência do sinal senoidal apresentado, porém foi obtido utilizando níveis de mascaramento maiores que os utilizados em ouvintes normais.

MOORE & ALCÁNTARA (2001) avaliaram cinco sujeitos apresentando perda auditiva neurossensorial com configurações audiométricas variadas. Os picos das curvas de sintonia das orelhas testadas apresentaram um deslocamento para as frequências mais altas ou mais baixas em relação à frequência do sinal senoidal, assim todos os cinco apresentaram resultados consistentes com a presença de zonas mortas na cóclea. A medida psicofísica das curvas de sintonia pode ser considerada útil e confiável para identificar a presença de zonas mortas da cóclea e para delimitar a região comprometida. Porém, apresenta a desvantagem de ser um teste longo e complexo, tornando-se inviável para aplicação em rotina clínica.

Para diagnosticar a presença de zonas mortas na cóclea, alguns pesquisadores sugerem a possibilidade de utilizar outros ruídos de banda larga, diferentes do TEN.

EGUTI (2002) avaliou 30 indivíduos com deficiência auditiva adquirida, neurossensorial ou mista determinando os limiares absolutos de audibilidade e os limiares sob mascaramento com ruído branco. A calibração do ruído mascarador foi realizada através de calibração biológica por ser considerada efetiva. Para realizar a calibração biológica, a autora contou com uma amostra com 10 indivíduos normo-ouvintes, de ambos os sexos, na faixa etária de 21 a 38 anos. Realizou audiometria tonal por via aérea em ambas as orelhas estabelecendo os limiares absolutos de audibilidade por via aérea nas frequências de 250 a 8000 Hz, na seguinte seqüência: 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 750, 500 e 250Hz. Os limiares de audibilidade foram retestados com o mascaramento com ruído branco sendo apresentado simultaneamente e ipsilateral ao tom, em três diferentes níveis de audição: 30, 50, 70dB NA. O ruído foi aumentado até mascarar o tom puro. A quantidade de mascaramento necessária para mascarar o tom puro foi considerada com nível mínimo de mascaramento efetivo. Neste estudo foram utilizados os diferentes níveis de apresentação do ruído propostos nos estudos de MOORE *et al.* (2000) & MOORE (2001a), mas pode-se optar por realizar o teste apenas com o nível de audição máximo de 70 dB NA (MOORE *et al.*, 2000), pois a identificação de possível presença de zonas mortas na cóclea foi mais evidente com o ruído apresentado a 70 dB NA neste estudo de EGUTI. Assim, o teste torna-se mais curto, menos cansativo para o indivíduo avaliado e obtendo o mesmo efeito sobre os resultados.

A autora encontrou na amostra dos 10 indivíduos normo-ouvintes, uma variação de 5 dB NA sobre o limiar absoluto de audibilidade com a apresentação do ruído branco, mas esta não foi considerada como resultado positivo para possível presença de zonas mortas na cóclea, apesar de MOORE *et al.* (2000) terem encontrado uma variação de 2 a 3dB e terem padronizado esses valores como resultado esperado para ausência de zonas mortas da cóclea. Observou-se que o ruído branco apresenta efetividade de mascaramento na faixa de frequência de 750 a 6000 Hz, e menor efetividade nas frequências mais baixas e mais altas, isto é, para 250, 500 e 8000 Hz. De acordo com SANDERS & HALL III (1999), isso pode ser decorrente do fato da sensibilidade auditiva do ser humano ser menor para as frequências mais baixas e da resposta de frequência do ruído branco apresentar queda a partir da frequência de 6000Hz. A influência acústica do transdutor do audiômetro (fones de ouvido TDH49) sobre o ruído branco, também gera menor efetividade dos extremos da faixa de

freqüências, ou seja, 250, 500 e 8000Hz. A autora concluiu que a técnica de mascaramento com ruído branco foi confiável para identificar a possível presença de zonas mortas na cóclea.

O ruído TEN (MOORE *et al.*, 2000) foi calibrado para que o nível dB ERB apresentasse igual mascaramento em toda a faixa de freqüências em dB NPS (250 a 8000Hz), e o ruído branco utilizado no estudo de Eguti (2002) apresentou igual mascaramento na faixa de freqüências de 750 a 6000Hz em dB NA.

4.2 DIAGNÓSTICO DAS ZONAS MORTAS NA CÓCLEA UTILIZANDO O TESTE TEN.

Neste capítulo serão apresentados estudos já realizados com a utilização do teste TEN para o diagnóstico das zonas mortas na cóclea.

MOORE (2001b) fez algumas considerações sobre a aplicação do teste TEN em crianças. O teste foi desenvolvido e aplicado em adultos com perdas auditivas adquiridas que geralmente estão associadas à lesão de células ciliadas externas e internas. Nos casos de perdas auditivas congênitas as causas nem sempre são por lesão de células ciliadas internas, como por exemplo, malformações de uma ou mais estruturas da cóclea, e tais malformações estão associadas com padrões alterados de vibração da membrana basilar. Os audiogramas característicos de perda auditiva congênita conferem menos indicação de zonas mortas na cóclea do que nas perdas auditivas adquiridas em adultos. O autor sugeriu que seja estabelecida a aplicabilidade deste em crianças, principalmente nos casos de perdas auditivas de grau severo e profundo.

SKARL & WYNEE (2001) aplicaram o teste TEN em dez crianças na faixa etária de cinco a catorze anos e em quatro crianças na faixa etária de seis a dez anos que apresentavam perda auditiva neurossensorial. Os resultados mostraram que as dez crianças ouvintes normais conseguiram realizar o teste TEN sem dificuldades. Em relação as quatro crianças deficientes auditivas, apenas duas apresentaram resultados positivos para a presença de zonas mortas na cóclea. O estudo revelou que o teste TEN pode ser utilizado como medida para diagnosticar a presença de zonas mortas na cóclea em crianças em idade escolar sem necessidade de adaptações.

Inicialmente, o teste TEN foi desenvolvido e aplicado em indivíduos com perda auditiva adquirida. MOORE *et al.* (2003) aplicaram o teste TEN em adolescentes com perda auditiva neurossensorial de grau severo a profundo, congênita ou adquirida antes dos cinco anos de idade, para verificar a prevalência de zonas mortas na cóclea e a validade deste trabalho em indivíduos mais jovens. Participaram do estudo trinta e três pacientes na faixa etária de 11 a 18 anos de idade e destes foram obtidos os limiares absolutos e os limiares mascarados com o ruído TEN. Todos freqüentavam escola com abordagem

aurioral e eram usuários de próteses auditivas. A seleção foi baseada em audiogramas recentes, mostrando limiar de 70 dB NA ou menos em uma frequência, em uma ou ambas as orelhas. Os resultados indicaram zonas mortas em 23 (70%) dos indivíduos. Entre os pacientes com perda auditiva congênita e adquirida não houve diferença significativa quanto à prevalência de zonas mortas na cóclea. Os resultados, na maioria das orelhas testadas, foram inconclusivos em duas ou mais frequências, devido a limitações da saída máxima do audiômetro. Sobre as dificuldades observadas no teste, os autores descreveram os achados que impossibilitaram a conclusão do teste em alguns casos: quando o limiar mascarado do TEN foi 10 dB ou mais acima do limiar absoluto e quase 10 dB acima do nível de ruído, quando o limiar mascarado foi menos de 10 dB acima do limiar absoluto mas 10 dB acima do nível de ruído; e quando o limiar absoluto foi maior que a intensidade máxima disponível na aplicação do teste. A principal desvantagem do TEN é que seu nível máximo pode ser limitado em função do desconforto gerado pelos componentes do ruído. Os autores sugeriram a aplicação do teste TEN com as seguintes finalidades: selecionar próteses auditivas, obter informações sobre o benefício esperado com a adaptação das mesmas e avaliar candidatos ao implante coclear. Para as duas primeiras finalidades, o teste seria mais útil em indivíduos com perda auditiva de 60 dB NA nas frequências abaixo de 2000 Hz ou de 60 a 90 dB NA nas frequências altas. Se uma zona morta iniciar em 2500Hz, a amplificação sonora até pelo menos 4000 Hz é adequada, de forma semelhante a amplificação para indivíduos sem zonas mortas. Na prática clínica, não seria necessário aplicar o teste em vários níveis de intensidade, mas apenas no nível mais intenso que o paciente considerar tolerável.

Com o objetivo de verificar a efetividade do teste e descrever os achados do teste TEN em indivíduos com audição normal, ALMEIDA & BUZO (2004) avaliaram 23 orelhas (com limiares até 15dBNA) de 12 indivíduos. Todos eles foram submetidos à nova pesquisa dos limiares. Posteriormente foi introduzido o mascaramento ipsilateral, sendo os limiares pesquisados com ruído de 30, 50 e 70dBEB como proposto pelos autores do teste. Os autores verificaram que todas as orelhas testadas permaneceram com os limiares absolutos dentro dos padrões de normalidade. Com a introdução do ruído TEN, todas as orelhas testadas tiveram seus limiares rebaixados para valores iguais ou muito próximos

dos níveis ERB. Assim, os resultados obtidos nos levam a concluir que o teste TEN, assim como afirmado por MOORE *et al.* (2000) possui mascaramento efetivo em todas as bandas de frequências para o qual é proposto, isto é, de 250Hz á 10000Hz. Além disso, fornece maior segurança para trabalhos posteriores que pretendam identificar as regiões mortas na cóclea empregando o TEN.

4.3 ZONAS MORTAS NA CÓCLEA E AMPLIFICAÇÃO SONORA

Estão expostos aqui estudos que relacionam o diagnóstico de zonas mortas na cóclea em indivíduos portadores de perda auditiva neurosensorial descendente, com o uso de próteses auditivas. Os autores referem em seus estudos como acontece a inteligibilidade de fala após a amplificação sonora, diferenciando indivíduos portadores de zonas mortas na cóclea com indivíduos com ausência de zonas mortas na cóclea.

STELMACHOWICZ (2001) expôs que as frequências altas dos sons de fala apresentam papel importante no desenvolvimento da fala e linguagem, e, portanto, a amplificação dessas frequências não deve ser restringida, a não ser que seja comprovado que a amplificação de frequências altas tenha com resultado degradação da informação de fala ou que a presença de zonas mortas na cóclea seja identificada.

VICKERS *et al.* (2001) examinaram a influência dos componentes de frequências altas na percepção de fala, em indivíduos com e sem zonas mortas na cóclea nestas frequências. Dez pacientes foram submetidos ao teste TEN e à medida psicofísica das curvas de sintonia. Sete pacientes apresentaram zonas mortas na cóclea em frequências altas, sendo a perda auditiva nestas frequências mais acentuada em relação aos indivíduos sem zonas mortas. Para a obtenção do índice percentual de reconhecimento de fala (IPRF), as listas de monossílabos receberam amplificação prescrita pela fórmula *Cambridge*, cujo objetivo é fornecer à fala média (65 dB NPS) a mesma sensação de intensidade que um ouvinte possui e, além disso, equalizar a sensação de intensidade na faixa de frequências importantes para a inteligibilidade (na ausência de zona morta). Após a amplificação, o material de fala foi submetido a filtros passa-baixa com várias frequências de corte, escolhidas separadamente para cada indivíduo, abrangendo uma faixa levemente abaixo e outra levemente acima do limite estimado da zona morta, quando estava presente. As frequências de corte variaram de 800 a 7500 Hz quando na ausência de zonas mortas.

Para os indivíduos sem zonas mortas na cóclea houve diferença estatisticamente significativa entre as condições de banda larga e fala filtrada, indicando utilização das informações em frequências altas. O IPRF obtido para a fala em banda larga (até 7500 Hz)

e para a fala filtrada em 2000 Hz foi, em média, 77,2% e 65,1% respectivamente. Em cinco indivíduos com zonas mortas, o reconhecimento de fala aumentou quando a frequência de corte ultrapassou um pouco o limite da zona morta e permaneceu estável em aumentos posteriores. Em dois casos, quando a frequência de corte foi de 50 a 100% acima do limite da zona morta, o desempenho piorou. Porém, o IPRF, nas condições de banda larga e fala filtrada em 2000 Hz, foi em média, 48,5% e 47,1% respectivamente, sem diferença estatisticamente significativa entre as duas condições, indicando a falta de habilidade para utilizar a informação de frequências altas. Para concluir, os autores sugeriram uma abordagem alternativa para indivíduos com zona morta extensa em frequências altas que é a utilização de próteses auditivas com transposição ou compressão de frequências, que alteram os componentes de frequência alta em frequências baixa, nas quais o aproveitamento da função auditiva pode ser mais efetivo.

BAER *et al.* (2002) considerando a obtenção de benefícios limitados em indivíduos com perda auditiva acima de 55 dB em frequências altas e amplificando estas frequências, avaliaram o reconhecimento de fala (IPRF) na presença de ruído em dez indivíduos com perda auditiva em frequências altas, cinco sem e cinco com zonas mortas na cóclea. Iniciaram abaixo de 2000 Hz e estenderam-se deste limite até a frequência mais alta avaliada (10000 Hz). Antes de decidir qual a forma de amplificação mais adequada, os indivíduos foram submetidos ao teste TEN para identificar a presença de zonas mortas na cóclea e delimitar sua extensão. Os estímulos de fala e o ruído foram amplificados, e em seguida, submetidos a filtros passa-baixa. Na pesquisa do IPRF, nas condições de amplificação em banda larga (até 7500 Hz) e fala filtrada (passa-baixa a 2000 Hz), os indivíduos sem zonas mortas na cóclea apresentaram 79,1% e 55,2%, respectivamente, indicando a obtenção de benefício com a amplificação de altas frequências. Nas mesmas condições citadas acima, os pacientes com zonas mortas na cóclea, apresentaram IPRF de 41,1% e 39,3%, respectivamente, sem diferença estatisticamente significativa entre os dois últimos valores citados.

VESTERGAARD (2003) aplicou o teste TEN e avaliou o reconhecimento de fala filtrada em 22 indivíduos com perda auditiva neurosensorial de grau moderado a profundo,

usuários de próteses auditivas, acostumados à quantidade substancial de amplificação sonora. O objetivo do autor foi verificar a viabilidade do teste TEN e sua capacidade de revelar impedimentos funcionais. Quando o nível de mascaramento estava muito próximo ao limiar absoluto, vários indivíduos apresentaram dificuldade para ouvir devido à presença do ruído. Entretanto, este fato não comprometeu a viabilidade do teste TEN. Onze indivíduos apresentaram possibilidade de zonas mortas na cóclea. O reconhecimento de monossílabos foi realizado em quatro condições de filtragem escolhidas individualmente com filtros passa-baixa e uma outra condição de banda larga, apresentadas a 65 dB NPS, por meio de alto-falante, com os indivíduos usando suas próteses auditivas. Os indivíduos com zonas mortas na cóclea apresentaram desempenho melhor que indivíduos sem zonas mortas na cóclea para fala pouco audível, especialmente quando a redução na audibilidade foi pela remoção de pistas de frequências altas. Os pacientes com zonas mortas na cóclea estão acostumados à percepção da fala filtrada porque sua audição funciona como um filtro passa-baixa. Os indivíduos sem zonas mortas na cóclea são mais afetados pela remoção das frequências altas na informação auditiva. Em alguns casos, não houve relação consistente entre o benefício da fala filtrada e a localização espectral da zona morta. A realização de outros estudos seria necessária para explicar satisfatoriamente os resultados.

GORDO (2004) aplicou o teste TEN (NA) em trinta indivíduos adultos, com perda auditiva neurossensorial descendente bilateral. Utilizou audiômetro de dois canais para controlar separadamente tom puro e o ruído, conectado a um CD *player*. Pesquisou os limiares absolutos de audibilidade em 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 e 4000 Hz em ambas as orelhas, com fones TDH 49 e utilizou intervalos de 2 em 2 dB. Para obtenção dos limiares com ruído TEN, iniciou com ruído de intensidade de 70 dB NA/ERB. Quando este nível era insuficiente para mascarar o limiar absoluto, aumentou gradualmente até 85 dB NA/ERB, pois de acordo com os pacientes, este foi o nível máximo utilizado sem causar desconforto. A amostra foi reunida em dois grupos: grupo 1- 15 indivíduos sem zonas mortas na cóclea e grupo 2- 15 indivíduos com zonas mortas na cóclea em frequências altas. Todos os indivíduos foram submetidos à pesquisa do índice percentual de reconhecimento de fala e do limiar de reconhecimento de sentenças, ambos realizados com e sem ruído competitivo. A autora teve como objetivo avaliar a relação entre audibilidade

nas frequências altas e o reconhecimento de fala nestes pacientes, a fim de estabelecer diferenças no benefício da informação obtida pela amplificação sonora de frequências altas em cada caso. Os testes de fala foram propostos em diferentes condições de escuta: sem prótese, com prótese amplificando a faixa de frequências de 100 a 8000 Hz (programa 1) e com próteses auditivas com amplificação em faixa de frequência restrita de 100 a 2560 Hz (programa 2), evitando o ganho nas frequências altas. Os indivíduos sem zonas mortas na cóclea apresentaram melhor desempenho nos teste de fala com e sem ruído, utilizando as próteses auditivas no programa 1. O grupo com indivíduos com presença de zona morta na cóclea obtiveram melhores resultados em todos os testes com as próteses auditivas no programa 2. A autora concluiu que indivíduos sem zonas mortas na cóclea obtêm maior benefício com a amplificação em frequências altas. Na presença de zonas mortas na cóclea em frequências altas, os indivíduos apresentaram melhor desempenho com a amplificação em faixa de frequências mais estreita, isto é, evitando o ganho nas frequências altas.

ALMEIDA & BUZO (2005) investigaram a presença de regiões mortas na cóclea em um portador de perda auditiva neurosensorial com dificuldades de aceitação da amplificação bilateral. Obtiveram os limiares absolutos de via aérea para cada orelha nas frequências de 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000 e 10000Hz primeiramente sem e depois na presença de um ruído ipsilateral ao sinal, nas intensidades de 30, 50 e 70dBERB. Na orelha direita, na qual a paciente usa amplificação há 6 anos, os limiares absolutos obtidos sem e com mascaramento foram similares. Já para a orelha esquerda, os limiares obtidos na presença de ruído nas frequências entre 3000 e 10000 foram mais elevados o que é indicativo da presença de regiões mortas nesta faixa de frequências. Os autores consideraram que o teste TEN foi um procedimento efetivo e simples para determinar e delimitar a presença de regiões mortas na orelha esquerda compatível com as queixas de dificuldades de aceitação da amplificação nesta orelha.

JACOB (2005) teve como objetivo investigar a presença de zona morta na cóclea de indivíduos com deficiência auditiva neurosensorial, utilizando o teste TEN, e relacionar os resultados com a satisfação dos deficientes auditivos quanto à amplificação. Participaram 72 adultos, distribuídos entre G1 (limiares tonais aéreos dentro da normalidade); G2

(deficiência auditiva neurossensorial moderada plana); G3 (deficiência auditiva neurossensorial descendente de leve a profunda) e G4 (15 indivíduos do grupo G3). Encontrou-se no grupo G1 que o valor de TEN necessário para eliminar o tom de teste foi próximo ao limiar absoluto para todas as frequências. Não foi observada zona morta no G2. Para as 76 orelhas do G3, apenas 6 não apresentaram indício de zona morta. No G4, observou-se diferença estatisticamente significativa para 4kHz no teste TEN pré e pós-adaptação de AASI. A autora conclui que o TEN é efetivo para indicar presença de zona morta da cóclea em indivíduos com deficiência auditiva neurossensorial descendente. Há evidência de diferença na detecção do tom puro na presença de ruído para indivíduos com deficiência auditiva em altas frequências e aqueles com deficiência auditiva plana, pois se observou diferença significativa entre o limiar mascarado e absoluto apenas para deficiência auditiva descendentes e não para as planas. A presença de zona morta indicada pelo TEN não é suficiente para definir a conduta quanto à prescrição do ganho acústico das próteses auditivas no caso de novos usuários, pois, além de 29 indivíduos que apresentaram indícios de presença de zona morta relatarem satisfação quanto à amplificação, houve mudança significativa do resultado do TEN na situação teste e reteste para a frequência de 4kHz.

CONCLUSÃO

Todo o conhecimento sobre funcionamento coclear normal torna-se importante para entender os distúrbios que acometem a cóclea. Nas perdas auditivas neurossensoriais descendentes o indivíduo apresenta grandes dificuldade em entender a fala. A amplificação sonora nestes casos deve ser prescrita com atenção, verificando o que realmente está sendo benéfico para o indivíduo.

A descrição das zonas mortas na cóclea foi positiva para auxiliar audiologistas que trabalham com habilitação ou reabilitação auditiva. O audiograma fornece dados que nos remetem a verificar a existência das zonas mortas na cóclea, mas não permite afirmar sua existência sem a devida testagem. É indispensável que se utilizem testes confiáveis para o diagnóstico.

Tem sido enfatizada a necessidade de pesquisar a existência de zonas mortas na cóclea, pois as células ciliadas internas são imprescindíveis para a transmissão das informações auditivas.

Quando se tem o diagnóstico de zonas mortas na cóclea, os princípios adotados para a adaptação de próteses auditivas exigem ainda mais cuidados, pois amplificar uma determinada frequência que não apresenta respostas na cóclea pode prejudicar o indivíduo ao invés de auxiliá-lo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALMEIDA, K. & BUZO, B.C. O teste TEN (Threshold Equalizing Noise): **Achados na Avaliação de Indivíduos com Audição Normal**. Centro dos Distúrbios da Audição-CEDIAU.. Resumo apresentado no 19º Encontro Internacional de Audiologia, Tema Livre TL078. São Paulo, 2004.
- ALMEIDA, K. & BUZO, B.C. **A Identificação de Regiões Mortas na Cóclea: Relato de caso**. Centro dos Distúrbios da Audição-CEDIAU. Resumo apresentado no 20º Encontro Internacional de Audiologia. São Paulo, 2005.
- BAER, T.; MOORE, B.C.J. & KLUK, K. Effects of low pass filtering on the intelligibility of speech in quiet for people with and without dead regions at high frequencies. **J. Acoust Soc Am** 2002; 110 (2): 1164- 1174.
- BESS, F.H. & HUMES, L.E. **Fundamentos de Audiologia**. Tradução de MARCOS, A. G. Domingues. 2º edição. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul; 1998. p. 64-105.
- CHING, T.Y.C., DILLON, H. & BYRNE, D. Speech recognition of hearing-impaired listeners: predictions from audibility and the limited role of high-frequency amplification. **J Acoust Soc Am** 1998;103 (2): 1128-1140.
- CHING, T.Y.C.; DILLON, H.; KATSCH, R. & BYRNE D. Maximizing effective audibility in hearing aid fitting. **Ear Hear** 2001a; 22(3): 212-224.
- CHING, T.Y.C.; DILLON, H.; KATSCH, R. Do Children require more high-frequency audibility than adults with similar hearing losses? In: 2nd Pediatric Conference of Phonak; 2001b Nov 8-10; Chicago. Proceedings.
- EGUTI, E.Y. **Identificação das zonas mortas na cóclea utilizando a técnica de mascaramento com ruído branco** [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.
- GORDO, A. **Deficiência Auditiva em frequências altas associada à presença de zonas mortas na cóclea: Estudo de suas implicações no processo de seleção e adaptação de próteses auditivas** [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2004.
- HOGAN, C.A. & TURNER, C.W. High-frequency audibility: benefits for hearing-impaired listeners. **J Acoust Soc Am** 1998;104 (1):423-441.

- JACOB, R.T. **Identificação de zonas mortas na cóclea através do teste TEN**. Anais do 20º Encontro Internacional de Audiologia, São Paulo, 2005.
- KILLION, M.C. Talking hair cells: What they have to say about hearing aids. In: Berlin Cl. Hair cells and hearing aids. San Diego: **Singular Publishing Group**; 1996. p.125-172.
- MATSCHKE, R. G. Frequency selectivity and psychoacoustic tuning curves in old age. **Acta Otolaryngol** (Stockh) 1991; Suppl. 476:114-119.
- MOORE, B.C.J. Perceptual consequences of cochlear hearing loss and their implications for the design of hearing aids. **Ear Hear** 1996; 17 (2):133-161.
- MOORE, B.C.J. & GLASBERG, B.R. A model of loudness perception applied to cochlear hearing loss (1997) *apud* MOORE, B.C.J. & GLASBERG, B.R. **Br J Audiol** 1998; 32:317-335.
- MOORE, B.C.J. & GLASBERG, B.R. Use of a loudness model for hearing-aid fitting. I linear hearing aids. **Br J Audiol** 1998; 32: 317-335.
- MOORE, B.C.J.; VICKERS, D.A.; PLACK, C.J. & OXENHAM, A.J. Inter-relationship between different psychoacoustic measures assumed to be related to the cochlear active mechanism. **J Acoust Soc Am** 1999; 106:2761-2778.
- MOORE, B.C.J.; HUSS, M. VICKERS, D.A.; GLASBERG, B.R. & ALCÁNTARA JI. A test for diagnosis of dead regions in the cochlea. **Br J Audiol** 2000; 34(4):205-224.
- MOORE, B.C.J. & ALCÁNTRA, J.I. The use of psychophysical tuning curves to explore dead regions in the cochlea. **Ear Hear** 2001; 22(4): 268-278.
- MOORE, B.C.J. Dead regions in the cochlea: diagnosis, perceptual consequences and implications for the fitting of hearing aids. New York: **Westminster Publications**; 2001a. 34p. [Trends in amplification], 5 (1)].
- MOORE, B.C.J. Dead regions in the cochlea: implications for the choice of high-frequency amplification. In: **2nd Pediatric Conference of Phonak**; 2001b Nov 8-10; Chicago. Proceedings.
- MOORE, B.C.J.; KILLEN, T. & MUNRO K. Application of the TEN test to hearing-impaired teenagers with severe-to profound hearing loss. **International J audiol** 2003; 42 (8): 465-474.

- MOORE, B.C.J. Dead Regions in the Cochlea: Conceptual Foundations, Diagnosis, and Clinical Applications. **Ear & Hearing** 2004; 25, 98-116.
- MOORE, B.C.J.; GLASBERG, B.R. & STONE MA. New version of the TEN test with calibrations in dB HL. **Ear & Hearing** 2004 Oct; 25(5): 478-87.
- MURRAY, N. & BYRNE, D. Performance of hearing-impaired and normal hearing listeners with various high-frequency cutoffs in hearing aids. **Aust J Audiol** 1986;8:21-28.
- OLIVEIRA, J.A.A. O mecanismo eletrobiomecânico ativo da cóclea. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia** 1993, 59(4): 236-247.
- RUSSO, I.C.P. & BEHLAU, M. **Percepção da fala: análise acústica do português brasileiro**. São Paulo: Lovise, 1993.
- SANDERS, J. W & HALL III, J.W. Clinical Masking. In: MUSIEK, F. E. RINTELMANN, W.F. Contemporary perspectives in hearing assessment. Boston: **Allyn and Bacon**; 1999 p. 67-87.
- SKARL, M.R. & WYNNE, M.K. **Identification of cochlear dead regions in pediatric patients** [resumo]. [Presented at 14th Annual Convettion & Expo of American Academy of Audiology; 2001 April 17-20; Philadelphia, USA].
- STELMACHOWICZ, P. G.; KOPUN, J.; MACE, A.; LEWIS, D. E. & NITTROUER, S. The perception of amplified speech by listeners with hearing loss: acoustic correlates. **J Acoust Soc Am** 1995; 98 (3): 1388-1399.
- STELMACHOWICZ, P. G. The importance of high- frequency amplification for young children. In: **2nd Pediatric Conference of Phonak**, 2001 Nov 8-10; Chicago. Proceedings.
- SUMMERS, V. & LEEK, M.R. Intraspeech spread of masking in normal-hearing and hearing-impaired listeners. **J Acoust Soc Am** 1997; 101 (5): 2866-2876.
- TURNER, C.W. & HURTIG, R.R. Proportional frequency compression of speech for listeners with sensorineural hearing loss. **J Acoust Soc Am** 1999;106 (2): 877-886.
- VESTERGAARD, M. Dead regions in the cochlea: implications for speech recognition and applicability of articulation index theory. **International J audiol** 2003; 42 (5): 249-261.

VICKERS, D. A.; MOORE, B.C.J. & BAER, T. Effects of low-pass filtering on the intelligibility of speech in quiet for people with and without dead regions at high frequencies. **J Acoust Soc Am** 2001; 110 (2): 1164- 1175.

VON BEKÉSY, G. Travelling wave as frequency analysers in the cochlea. **Nature** 1970; 225:1207-1209.

VON BEKÉSY, G. Concerning the pleasures of observing, and the mechanic of the inner ear [on line]. In: **Nobel Lecture**; 1691 Nov 11. Available from: URL:<http://www.nobel.se/medicine/laureates/1961/bekesy-bio.html/>. Acesso em: 20 de maio de 2005.

ZEMLIM, W. R. Speech and hearing science: anatomy and physiology. Anatomy and physiology. 3rd ed. New Jersey: **Prentice Hall**; 1988. p.460-502.

ZEMLIM, W. R. Audição In: **Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia**. 4^o edição, Artmed, São Paulo, 2002.

YOSHIOKA, P. & THORNTON, A.R. Predicting speech discrimination from audiometric thresholds. **J Speech Hear Res** 1980; 23: 814-27.