



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0902013-6 B1**



**(22) Data do Depósito: 09/06/2009**

**(45) Data de Concessão: 21/01/2020**

---

**(54) Título:** MÉTODO E APARELHO PARA ESTIMULAR UMA CÉLULA CILIADA USANDO UM SINAL ACÚSTICO

**(51) Int.Cl.:** A61B 5/12; A61F 11/04; G10K 15/04.

**(73) Titular(es):** EARLOGIC KOREA INC..

**(72) Inventor(es):** SANGYEOP KWAK.

**(57) Resumo:** MÉTODO E APARELHO PARA ESTIMULAR UMA CÉLULA CILIADA USANDO UM SINAL ACÚSTICO Um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada são divulgados. O método inclui discriminar uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada de acordo com o algoritmo pré-ajustado, determinando a faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada como uma faixa de frequência alvo, e emitir um sinal acústico tendo dado intensidade à faixa de frequência alvo para estimular a região de célula ciliada danificada. Consequentemente, a doença de perda de audição pode ser melhorada usando o sinal acústico.

## MÉTODO E APARELHO PARA ESTIMULAR UMA CÉLULA CILIADA USANDO UM SINAL ACÚSTICO

### FUNDAMENTO DA INVENÇÃO

A modalidade de exemplo da presente invenção  
5 relaciona-se a um método e um aparelho para estimular uma  
célula ciliada usando um sinal acústico. Mais  
particularmente, a presente invenção relaciona-se a um  
método e um aparelho para diagnosticar precisamente a  
capacidade de audição de um usuário e melhorar a capacidade  
10 de audição com o resultado diagnosticado.

Cada órgão para liberar o som a um cérebro é referido  
como um órgão de audição.

O órgão de audição é dividido em um ouvido externo, um  
ouvido médio e um ouvido interno. O som embutido de uma  
15 parte externa através do ouvido externo é vibrado por uma  
membrana timpânica, e então o som vibrado é liberado a uma  
cóclea do ouvido interno através do ouvido médio.

As célula ciliadas auditivas são dispostas em uma  
membrana base de cóclea. Aqui, o número das célula ciliadas  
20 dispostas na membrana base se iguala a aproximadamente  
12.000.

A membrana base tem o comprimento de aproximadamente  
2,5 a 3cm. A célula ciliada localizada em uma parte inicial  
da membrana base detecta o som tendo alta frequência, e a  
25 célula ciliada localizada em uma extremidade da membrana  
base detecta o som tendo frequência baixa. Isto é referido  
como especificidade de frequência da célula ciliada.  
Geralmente, a resolução da especificidade de frequência  
correspondendo à intensidade de estimulação ideal é igual a  
30 aproximadamente 0,2 mm (0,5 semitom) na membrana base.

Recentemente, desde de que o uso de um dispositivo acústico portátil foi aumentado e as pessoas são expostas aos vários ruídos, muitas pessoas têm a doença de perda de audição neural.

5        A perda de audição neural é um fenômeno de degeneração de capacidade de audição causado pelo dano da célula ciliada, e é gerada pelo envelhecimento, exposição ao ruído, reação adversa a droga, e causa genética etc.

10       A perda de audição neural é dividida em perda de audição suave, perda de audição moderada, perda de audição severa e perda de audição profunda. Geralmente, é difícil ter uma fala normal na perda de audição moderada, na perda de audição severa e na perda de audição profunda.

15       Agora, estima-se que aproximadamente dez por cento da população mundial total tem a perda de audição suave em que as pessoas sentem a degeneração de sua capacidade de audição. Além disso, estima-se que aproximadamente 260.000.000 pessoas ou mais têm a perda de audição moderada, a perda de audição severa ou a perda de audição profunda em somente países em desenvolvimento.

Entretanto, um método de cura da doença de perda de audição não existe, mas somente um auxiliar de audição é fornecido como um dispositivo auxiliar de audição relacionado à perda de audição.

25       O auxiliar de audição amplifica o som externo de modo que o som seja altamente ouvido, e assim o auxiliar de audição pode não prevenir a degeneração da capacidade de audição. Especialmente, existe um problema em que a capacidade de audição de um usuário usando o auxiliar de  
30       audição é mais degenerada devido ao som amplificado.

Consequentemente, um método de curar radicalmente a doença de perda de audição sem usar o auxiliar de audição foi requerido.

Por outro lado, um método de teste de audição puro  
5 como um método de diagnosticar a perda de audição é usado amplamente como o método de teste de capacidade de audição padrão internacional, em que o método de teste de audição puro usa a especificidade de frequência da célula ciliada.

O método de teste de audição puro comum divide  
10 uniformemente a membrana base em seis partes através de uma de oitava de resolução de intervalo, e observa a especificidade de frequência das células ciliadas localizadas em cada uma das seis partes através de seis sinais de frequência (por exemplo, 250, 500, 1000, 2000,  
15 4000 e 8000Hz).

No caso em que a especificidade de frequência normal é observada devido à célula ciliada não estar danificada, a reação correspondendo à especificidade de frequência da célula ciliada pode ser induzida em resposta à intensidade  
20 de estimulação tendo a pressão de som pequena.

Por exemplo, no caso em que a especificidade de frequência da célula ciliada correspondendo a 1000Hz é normal, a reação elétrica sobre a estimulação pura pode ser induzida na célula ciliada, em que a estimulação pura é  
25 fornecida sob a condição de 1000Hz e -1,4 dB SPL (nível de pressão de som).

Na técnica convencional, para diagnosticar a capacidade de audição, um examinador hábil fornece sinais de áudio correspondendo às partes divididas com uma de  
30 oitava de resolução a uma pessoa examinada usando um

dispositivo de exame complexo. Neste caso, a pessoa examinada ouve os sinais de áudio correspondendo a cada uma das partes, e então aperta um tecla de resposta de acordo com o resultado da audição. Portanto, é difícil  
5 diagnosticar precisamente a capacidade de audição, pois a resolução é baixa. Adicionalmente, é inconveniente diagnosticar a capacidade de audição.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Consequentemente, a presente invenção é fornecida para  
10 substancialmente manifestar um ou mais problemas devido às limitações e desvantagens da técnica relacionada.

É uma característica da presente invenção para fornecer um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada usando um sinal acústico para melhorar a doença de  
15 perda de audição.

É outra característica da presente invenção fornecer um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada usando um sinal acústico para diagnosticar mais precisamente a capacidade de audição de um usuário.

20 É ainda outra característica da presente invenção fornecer um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada usando um sinal acústico para diagnosticar precisamente a capacidade de audição de um usuário em um lugar remoto e fornecer um serviço para melhorar a doença  
25 de perda de audição.

Um método de estimular uma célula ciliada de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção inclui (a) discriminar uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada de acordo com o  
30 algoritmo pré-ajustado; (b) determinar a faixa de

frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada como uma faixa de frequência alvo; e (c) emitir um sinal acústico dando intensidade à faixa de frequência alvo para estimular a região de célula ciliada danificada.

5 Um método para estimular uma célula ciliada de acordo com outra modalidade de exemplo da presente invenção inclui emitir a interface modelo de cóclea tendo as imagens de região de célula ciliada divididas com resolução de  $1/k$  de oitava, em que o  $k$  é um número inteiro positivo acima de 2;  
10 emitir um sinal de áudio de uma faixa de frequência correspondendo a pelo menos uma selecionada de um grupo tendo as imagens de região de célula ciliada; e detectar a região de célula ciliada danificada através da resposta de um usuário de acordo com o sinal de áudio emitido.

15 Um método para fornecer um serviço estimulante de célula ciliada em um servidor conectado eletricamente a um cliente através de uma rede de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção inclui (a) transmitir a aplicação para o diagnóstico de capacidade de audição ao  
20 cliente, em que a aplicação emite a interface modelo de cóclea tendo as imagens de região de célula ciliada divididas com resolução de  $1/k$  de oitava; (b) receber a informação de resposta de um usuário de acordo com um sinal de áudio de uma faixa de frequência correspondendo a pelo  
25 menos uma das imagens de região de célula ciliada; (c) determinar uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada como uma faixa de frequência alvo usando a informação de resposta; e (d) transmitir um  
30 sinal acústico da faixa de frequência alvo dando intensidade ao cliente.

Um meio de gravação lido por um computador realizando o método de acordo com um selecionado de um grupo tendo os métodos acima é fornecido.

Um aparelho para estimular uma célula ciliada usando a  
5 estimulação acústica de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção inclui uma seção de diagnóstico de capacidade de audição configurada para medir o limite de capacidade de audição sobre uma região de célula ciliada usando a informação de resposta de um  
10 usuário de acordo com o sinal de áudio específico; uma seção de detecção de parte de estímulo configurada para determinar uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada como uma faixa de frequência alvo usando o limite de capacidade de audição medido; e uma  
15 seção de cura de estímulo configurada para emitir um sinal acústico tendo intensidade pré-ajustada à faixa de frequência alvo determinada.

Como descrito acima, em um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada da presente invenção, um  
20 usuário pode diagnosticar facilmente e precisamente a capacidade de audição através da interface modelo de cóclea.

Em um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada da presente invenção, um usuário pode verificar  
25 visualmente a estimulação de sinal acústico e taxa de melhora de capacidade de audição.

Um método e um aparelho para estimular uma célula ciliada da presente invenção podem melhorar fundamentalmente a capacidade de audição.

30 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As modalidades de exemplo da presente invenção se tornarão mais aparentes descrevendo em detalhe as modalidades de exemplo da presente invenção em referência aos desenhos acompanhantes, em que:

5       A FIG. 1 é um diagrama de bloco ilustrando um aparelho para estimular uma célula ciliada de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção;

10       A FIG. 2 é um diagrama de bloco ilustrando um aparelho para estimular uma célula ciliada de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção;

      A FIG. 3 é uma vista ilustrando a interface modelo de cóclea de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção;

15       A FIG. 4 é um fluxograma ilustrando um processo de diagnosticar a capacidade de audição de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção;

      A FIG. 5 é um fluxograma ilustrando um processo de estímulo da célula ciliada de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção;

20       A FIG. 6 é uma vista ilustrando um sistema de serviço melhorando a capacidade de audição de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção;

      A FIG. 7 é uma vista ilustrando um gráfico indicando o resultado de exame de audição pura de uma pessoa examinada;

25       A FIG. 8 é uma vista ilustrando a faixa de frequência alvo determinada para a pessoa examinada na FIG. 7;

      A FIG. 9 é uma vista ilustrando a programação para a estimulação de sinal acústico;

30       A FIG. 10 é uma vista ilustrando uma tabela em que o resultado de capacidade de audição medido antes de fornecer

a estimulação de sinal acústico a um ouvido direito é comparado com o medido depois que a estimulação de sinal acústico é fornecido ao ouvido direito por dez dias;

A FIG. 11 é uma vista ilustrando uma tabela em que o resultado de capacidade de audição medido depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida ao ouvido direito por dez dias é comparado com o medido depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida ao ouvido direito por quinze dias;

A FIG. 12 é uma vista ilustrando um gráfico mostrando o limite de capacidade de audição do ouvido direito antes e depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida;

A FIG. 13 é uma vista ilustrando a programação para verificar se ou não a melhora da capacidade de audição é continuamente mantida depois que a estimulação de sinal acústico sobre o ouvido direito é parada;

A FIG. 14 é uma vista ilustrando uma tabela mostrando o resultado de medida da capacidade de audição sobre o ouvido direito depois que a estimulação de sinal acústico é parada; e

A FIG. 15 é uma vista ilustrando um gráfico correspondendo à tabela na FIG. 14.

#### DESCRIÇÃO DE MODALIDADES ESPECÍFICAS

As modalidades de exemplo da presente invenção são divulgadas aqui. Entretanto, os detalhes estruturais e funcionais específicos divulgados aqui são meramente representativos para finalidades de descrição das modalidades de exemplo da presente invenção, entretanto, as modalidades de exemplo da presente invenção podem ser incorporadas em muitas formas alternativas e não devem ser

interpretadas como limitadas às modalidades de exemplo da presente invenção determinada aqui.

Consequentemente, quando a invenção for suscetível as várias modificações e formas alternativas, as modalidades  
5 específicas das mesmas são mostradas por meio de exemplo nos desenhos e serão descritas aqui em detalhe. Deve-se compreender, entretanto, que não há nenhuma intenção de limitar a invenção às formas particulares divulgados, mas ao contrário, a invenção deve cobrir todas as modificações,  
10 equivalentes, e alternativas que caem dentro do conceito inventivo e escopo da invenção. Os números semelhantes referem-se aos elementos semelhantes através de toda a descrição das figuras.

Será compreendido que, embora os primeiro, segundo  
15 termos, etc. possam ser usados aqui para descrever vários elementos, estes elementos não devem ser limitados por estes termos. Estes termos são usados somente para distinguir um elemento do outro. Por exemplo, um primeiro elemento poderia ser denominado um segundo elemento, e,  
20 similarmente, um segundo elemento poderia ser denominado um primeiro elemento, sem sair do escopo da presente invenção. Como usado aqui, o termo "e/ou" inclui quaisquer e todas combinações de um ou mais itens listados associados.

Será compreendido que quando um elemento é referido  
25 como sendo "conectado" ou "acoplado" a outro elemento, pode ser diretamente conectado ou acoplado aos outros elementos ou elementos de intervenção pode estar presentes. Em contraste, quando um elemento é referido como sendo "diretamente conectado" ou "diretamente acoplado" a outro  
30 elemento, não há elementos de intervenção presentes. Outras

palavras usadas para descrever o relacionamento entre elementos devem ser interpretadas em uma forma similar (isto é, "entre" versus "diretamente entre", "adjacente" versus "diretamente adjacente", etc.).

5       A terminologia usada aqui é com a finalidade de descrever modalidades particulares somente e não é pretendida limitar a invenção. Como usado aqui, as formas singulares "um", "uma" e "o/a" são pretendidas incluir também as formas plurais, a menos que o contexto claramente  
10       indique de outra maneira. Será ainda compreendido que os termos "compreende", "compreendendo", "inclui" e/ou "incluindo", quando usados aqui, especificam a presença de características indicadas, inteiros, etapas, operações, elementos, e/ou componentes, mas não impossibilitam a  
15       presença ou adição uma ou mais outras características, inteiros, etapas, operações, elementos, componentes, e/ou grupos dos mesmos.

      A menos que definidos de outra maneira, todos os termos (incluindo termos técnicos e científicos) usados  
20       aqui têm o mesmo significado que geralmente compreendido por um de habilidade ordinária na técnica ao qual esta invenção pertence. Será ainda compreendido que os termos, tais como aqueles definidos em dicionários geralmente usados, devem ser interpretados como tendo um significado  
25       que seja consistente com seu significado no contexto da técnica relevante e não serão interpretados em um sentido idealizado ou excedente formal a menos que expressamente assim definido aqui.

      A FIG. 1 é um diagrama de bloco ilustrando um aparelho  
30       para estimular uma célula ciliada de acordo com uma

modalidade de exemplo da presente invenção.

Na FIG. 1, o aparelho para estimular a célula ciliada de presente modalidade inclui uma seção de diagnóstico de capacidade de audição 100, uma seção de detecção de parte  
5 de estimulação 102 e uma seção de cura de estimulação 104.

A seção de diagnóstico de capacidade de audição 100 fornece um sinal de áudio correspondendo à faixa de frequência específica a um usuário, e mede a capacidade de audição do usuário sobre a faixa de frequência através da  
10 resposta do usuário de acordo com o sinal de áudio fornecido. Aqui, a capacidade de audição pode ser medida através de uma audiometria de tom puro PTA, uma emissão otoacústica OAE e uma audiometria de resposta evocada ERA, etc.

15 Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, a seção de diagnóstico de capacidade de audição 100 fornece o sinal de áudio da faixa de frequência dividida com a resolução menor do que uma de oitava de resolução em uma técnica relacionada ao usuário, e detecta a posição de uma  
20 célula ciliada danificada e uma taxa danificada da célula ciliada de acordo com o sinal de áudio fornecido.

Preferivelmente, a seção de diagnóstico de capacidade de audição 100 fornece o sinal de áudio da faixa de frequência tendo de resolução  $1/k$  (é um número inteiro  
25 positivo acima de 2) de oitava, mais preferivelmente  $1/3$  a  $1/24$  de oitava de resolução ao usuário como uma pessoa examinada, e diagnostica a capacidade de audição de usuário de acordo com o sinal de áudio fornecido. Aqui, em uma modalidade de exemplo da presente de invenção, o sinal de  
30 áudio fornecido ao usuário corresponde a uma frequência

média em uma faixa de 250Hz 12000Hz, isto é uma frequência média. No caso de dividir a faixa de frequência média com a resolução de máxima de 1/24 de oitava, a região de célula ciliada inteira do usuário pode ser dividida em 134 faixas  
5 de frequência (regiões de faixa de frequência).

No caso de examinar a capacidade de audição, o sinal de áudio de faixa de frequência específica selecionada de 134 faixas de frequência é fornecido o usuário, e o usuário entra com a informação de resposta em resposta ao sinal de  
10 áudio fornecido do qual o volume é ajustado.

A informação de resposta de acordo com o ajuste de volume é armazenada como limite de capacidade de audição correspondendo ao sinal de áudio da faixa de frequência selecionada. Aqui, o limite de capacidade de audição  
15 significa um limite de capacidade de audição da região de célula ciliada tendo a especificidade de frequência sobre a faixa de frequência selecionada.

A seção de detecção de parte de estimulação 102 detecta uma parte de estimulação usando o limite de  
20 capacidade de audição sobre o sinal de áudio de cada uma das faixas de frequência. Aqui, a detecção da parte de estimulação indica a detecção da região de célula ciliada a qual a estimulação de sinal acústico deve ser fornecida. Particularmente, a detecção da parte de estimulação  
25 determina a faixa de frequência correspondendo a uma região de célula ciliada danificada.

A seção de cura de estimulação 104 emite o sinal acústico tendo pré-ajustado a intensidade à faixa de frequência da região de célula ciliada danificada de acordo  
30 com a detecção da seção de detecção de parte de estimulação

102. Aqui, o sinal acústico pode ser fornecido com a intensidade (decibel) mais alta pelo nível predeterminado do que o limite de capacidade de audição de faixa de frequência correspondente pré-gravada.

5        Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, o sinal acústico corresponde a pelo menos um do tom modulado de amplitude, tom modulado de frequência, tom de pulso e ruído de faixa estreita modulado de amplitude, ou combinação dos tons e do ruído.

10        Além disso, no caso em que uma pluralidade de regiões de célula ciliada é danificada, o sinal acústico pode ser fornecido às regiões de célula ciliada danificadas em uma ordem de taxa de danos, ser fornecido aleatoriamente às regiões de célula ciliada danificadas, ou ser fornecido  
15 simultaneamente às regiões de célula ciliada danificadas.

No caso em que o sinal acústico é fornecido às regiões de célula ciliada danificadas do usuário com várias intensidades, tipos ou ordens, a capacidade de audição do usuário pode ser melhorada.

20        Em seguida, o aparelho para estimular a célula ciliada da presente modalidade será descrito em detalhe em referência ao desenho acompanhante FIG. 2.

A FIG. 2 é um diagrama de bloco ilustrando um aparelho de estímulo de célula ciliada de acordo com uma modalidade  
25 de exemplo da presente invenção.

Na FIG. 2, a seção de diagnóstico de capacidade de audição 100 da presente modalidade inclui uma seção de emissão UI 200 e uma seção de armazenamento de informação resposta 202.

30        Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, a

seção de emissão UI 200 exibe a interface modelo de cóclea mostrada na FIG. 3 em uma seção de exibição 232 de modo que a pessoa examinada não um perito hábil possa diagnosticar sua capacidade de audição por ela mesma.

5        Como mostrado na FIG. 3, a interface modelo de cóclea da presente modalidade tem uma imagem 300 correspondendo às regiões de célula ciliada divididas com alta resolução. Aqui, já que a faixa de frequência inteira para diagnosticar a capacidade de audição corresponde à  
10        frequência média, isto é 250Hz a 12000Hz a interface modelo de cóclea podem ter 134 imagens de região de célula ciliada 300 no caso de dividir a faixa de frequência média com resolução de 1/24 de oitava.

      No caso em que o usuário seleciona uma das imagens de  
15        região de célula ciliada 300 a fim de medir a capacidade de audição, um sinal de áudio de uma faixa de frequência combinada com a imagem de região de célula ciliada selecionada é emitido. Aqui, a faixa de frequência combinada com a imagem de região de célula ciliada  
20        significa uma faixa de frequência tendo a especificidade de frequência correspondendo à região de célula ciliada relacionada à imagem. Além disso, a imagem de região de célula ciliada 300 pode ser selecionada usando uma tecla chave, um mouse ou um método de tela de toque, etc.

25        No caso em que o sinal de áudio é emitido, o usuário pode ajustar a intensidade do sinal de áudio através do controle de volume 302, e entrar com a informação de resposta sobre um ponto de intensidade em que o sinal de áudio não é ouvido.

30        A seção de armazenamento de informação resposta 202

recebe a informação de resposta correspondendo a cada um dos sinais áudio de uma seção de entrada de usuário 220, e armazena a informação de resposta recebida. Aqui, a seção entrada de usuário 220 pode ser um teclado, um mouse ou uma  
5 tela de toque. Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, a informação de resposta pode ser armazenada como o limite de capacidade de audição da faixa de frequência relacionada ao sinal de áudio correspondente como mencionado acima.

10 A capacidade de audição sobre as regiões de célula ciliada pode ser medida através do método acima.

Na FIG. 2, a seção de detecção de parte de estimulação 102 inclui uma seção de comparação de limite de capacidade de audição 204 e uma seção de determinação de faixa de  
15 frequência alvo 206.

A seção de comparação de limite de capacidade de audição 204 compara o limite de capacidade de audição do usuário armazenado na seção de armazenamento de informação resposta 202 com um limite de capacidade de audição de  
20 referência.

A seção de comparação de limite de capacidade de audição 204 discrimina se ou não o limite de capacidade de audição da faixa de frequência medida é mais elevado do que o limite de capacidade de audição de referência.

25 A seção de determinação de faixa de frequência alvo 206 determina uma faixa de frequência que deveria ser curada de acordo com o resultado comparando como uma faixa de frequência alvo. Aqui, a determinação da faixa de frequência alvo indica a detecção de região de célula  
30 ciliada danificada, e a faixa de frequência alvo pode ser

determinada em uma unidade de resolução de 1/k de oitava como na seção de diagnóstico de capacidade de audição 100. Entretanto, a determinação da faixa de frequência alvo não é limitada como o método acima. Por exemplo, uma faixa de  
5 faixa de frequência correspondendo às regiões de célula ciliada danificadas tendo o limite de capacidade de audição alto e localizada continuamente pode ser determinada como a faixa de frequência alvo.

A informação referente a uma determinada faixa de  
10 frequência alvo ou mais e a informação de ordem de acordo com a taxa de danos são armazenadas na memória 208 combinada com a informação de identificação de usuário.

A seção de cura de estimulação 104 da presente modalidade inclui uma seção de determinação de intensidade  
15 de sinal acústico 210, uma seção de determinação de tipo de sinal acústico 212, uma seção de determinação de ordem de estimulação 214, uma seção de emissão de sinal acústico 216 e uma seção de sincronismo 218, e fornece o sinal acústico ao usuário usando a informação armazenada na memória 208.

20 A seção de determinação de intensidade de sinal acústico 210 determina a intensidade do sinal acústico a ser fornecida ao usuário.

É desejável que a seção de determinação de intensidade de sinal acústico 210 determine a intensidade mais alta por  
25 3 decibéis a 20 decibéis do que o limite de capacidade de audição de cada uma das faixas de frequência alvo como a intensidade de sinal acústico.

No caso em que a faixa de frequência alvo é determinada como a faixa de faixa de frequência  
30 correspondendo às regiões de célula ciliada localizadas

continuamente, a seção de determinação de intensidade de sinal acústico 210 pode determinar a intensidade mais alta por 3 decibéis a 20 decibéis do que o valor médio dos limites de capacidade de audição das regiões de célula ciliada como a intensidade de sinal acústico.

Preferivelmente, a intensidade de sinal acústico pode ser determinada em uma faixa de 3 decibéis a 10 decibéis.

A seção de determinação de tipo de sinal acústico 212 determina o tipo do sinal acústico a ser fornecido ao usuário considerando a seleção do usuário, taxa de perda de audição do usuário a qual a cura é requerida ou a faixa de frequência alvo.

Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, o tom de fonte do sinal acústico pode ter o tom modulado de amplitude, tom modulado de frequência, tom contínuo, tom de pulso e o ruído de faixa estreita modulado de amplitude, etc. Aqui, a seção de determinação de tipo de sinal acústico 212 determina pelo menos um dos tons, o tom contínuo e o ruído ou combinação dos tons, do tom contínuo e do ruído como o sinal acústico a ser fornecido ao usuário.

A seção de determinação de ordem de estimulação 214 determina a ordem de saída do sinal acústico sobre as faixas de frequência alvo considerando a seleção do usuário, taxa de perda de audição do usuário a qual a cura é requerida ou taxa adjacente da faixa de frequência alvo.

Preferivelmente, a seção de determinação de ordem de estimulação 214 pode determinar a ordem de saída de modo que o sinal acústico é emitido em sequência da faixa de frequência correspondendo à maioria da região de célula

ciliada danificada. Entretanto, a ordem de saída acima não é limitada como a ordem mencionada acima. Por exemplo, o sinal acústico pode ser emitido aleatoriamente, ou ser simultaneamente emitido às faixas de frequência alvo.

5           A seção de emissão de sinal acústico 216 emite o sinal acústico tendo a intensidade, tipo e ordem determinados. Aqui, no caso em que as faixas de frequência alvo existem e os sinais acústicos das faixas de frequência alvo são emitidos individualmente, o tempo de emissão de cada um dos  
10       sinais acústicos pode ser ajustado. A seção de sincronismo 218 detecta se ou não o tempo de emissão de cada um dos sinais acústicos está terminada, e controla a seção de emissão de sinal acústico 216 de acordo com o resultado de detecção de modo que a seção de emissão de sinal acústico  
15       216 emita um sinal acústico de seguinte faixa de frequência alvo ou termine a emissão do sinal acústico.

          Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, a seção de emissão UI 200 exibe a informação na interface modelo de cóclea quando o sinal acústico para curar a  
20       capacidade de audição do usuário é emitido, em que o usuário detecta visualmente fato a respeito de se ou não o sinal acústico é emitido, intensidade e tipo, etc. através da informação.

          Por exemplo, a seção de emissão UI 200 pode mudar a  
25       cor ou o tamanho da imagem de região de célula ciliada 300 correspondendo à faixa de frequência (faixa de frequência alvo) do sinal acústico emitido agora de acordo com o controle de um controlador 230.

          No caso em que o sinal acústico é o tom modulado de  
30       amplitude, a seção de emissão UI 200 pode mudar a cor ou o

tamanho da imagem de região de célula ciliada 300 correspondente com sincronização com a mudança de amplitude do tom modulado de amplitude.

No caso em que o sinal acústico é o tom modulado de frequência, a seção de emissão UI 200 pode mudar a cor ou o tamanho de imagem de região de célula ciliada 300 correspondendo a uma frequência mudada sincronizada com a mudança de frequência do tom modulado de frequência.

No caso em que o sinal acústico é o tom contínuo ou o tom de pulso, a seção de emissão UI 200 pode detectar que o sinal acústico fornecido agora ao usuário é o tom contínuo ou o tom de pulso através da mudança de cor ou tamanho de imagem de região de célula ciliada 300 correspondente.

Em uma modalidade de exemplo da presente invenção, o usuário pode verificar intuitivamente através da interface modelo de cóclea se ou não a capacidade de audição de cada uma das regiões de célula ciliada foi melhorada.

A seção de emissão UI 200 mostra a interface modelo de cóclea de modo que a imagem de região de célula ciliada 300 da faixa de frequência alvo determinada de acordo com o diagnóstico da capacidade de audição seja separada da outra imagem de região de célula ciliada. Adicionalmente, a seção de emissão UI 200 pode mostrar a imagem 300 da região de célula ciliada danificada com cor ou tamanho variados de acordo com a taxa de danos.

A seção de emissão UI 200 muda a cor ou tamanho da imagem 300 de região de célula ciliada correspondente de acordo com a taxa de melhoria de cada uma das regiões de célula ciliada após a estimulação acima através do sinal acústico (em seguida, referido como "estimulação de sinal

acústico”) de modo que o usuário verifique a taxa de melhoria da capacidade de audição.

A taxa de melhoria da capacidade de audição pode ser discriminada medindo novamente o limite de capacidade de audição sobre a faixa de frequência alvo.

Em seguida, um método de diagnosticar a capacidade de audição e um método de melhorar a capacidade de audição da presente invenção serão descritos em detalhe em referência aos desenhos acompanhantes FIG. 4 e FIG. 5.

10 A FIG. 4 é um fluxograma ilustrando um processo de diagnosticar a capacidade de audição de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção. Aqui, a seção de exibição 232 do aparelho para estimular a célula ciliada é incorporada com uma tela de toque.

15 Referindo-se a FIG. 4, o aparelho para estimular a célula ciliada exibe a interface modelo de cóclea mostrada na FIG. 3 na tela de toque 232 no caso em que o usuário requer o diagnóstico de sua capacidade de audição na etapa S400. Aqui, a interface modelo de cóclea tem uma pluralidade de imagens de região de célula ciliada em que as faixas de frequência geradas dividindo a frequência média com resolução máxima de  $1/24$  de oitava são detectadas visualmente.

25 Na etapa S402, é discriminado se ou não o usuário seleciona a imagem de região de célula ciliada 300 exibida na interface modelo de cóclea.

Na etapa S404, no caso em que o usuário seleciona a imagem de região de célula ciliada 300, um sinal de áudio da faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada relacionada à imagem selecionada 300 é emitido.

Na etapa S406, o aparelho para estimular a célula ciliada discrimina se ou não a informação de resposta do usuário de acordo com o sinal de áudio é recebida.

5 O usuário pode ajustar o volume de acordo com o resultado a respeito de se ou não o usuário ouve o sinal de áudio, e entra com a informação de resposta sobre um ponto de intensidade em que o sinal de áudio não é ouvido.

Na etapa S408, a informação de resposta é armazenada como o limite de capacidade de audição da faixa de  
10 frequência correspondendo a cada um dos sinais áudio.

Na etapa S410, o aparelho para estimular a célula ciliada compara o limite de capacidade de audição do usuário com o limite de capacidade de audição de referência depois que a entrada da informação de resposta é terminada.

15 Na etapa S412, a faixa de frequência alvo é determinada através da comparação de resultado, em que a estimulação de sinal acústico é requerida para a faixa de frequência alvo.

Na etapa S414, a informação a respeito da faixa de  
20 frequência alvo é armazenada na memória 208. Aqui, a informação a respeito da faixa de frequência alvo pode ter a informação de identificação de usuário, a informação de limite de capacidade de audição de uma faixa de frequência sobre a qual a capacidade de audição é diagnosticada, a  
25 informação de faixa de frequência alvo, a informação de ordem de acordo com a taxa de danos, etc.

No caso em que os sinais áudio correspondem devidamente às faixas de frequência tendo resolução de 1/24 de oitava, a faixa de frequência alvo pode ser determinada  
30 em cada uma das faixas de frequência. Entretanto, a

determinação da faixa de frequência alvo não é limitada como o método acima. Isto é, a faixa específica de faixa de frequência em que a média de limites de capacidade de audição das faixas de frequência é mais alto do que um valor de referência pode ser determinada como a faixa de frequência alvo. Por exemplo, no caso de medir a capacidade de audição usando cada um dos sinais de áudio correspondendo às faixas de frequência 5920Hz a 6093Hz (primeiro intervalo), 6093Hz a 6272Hz (segundo intervalo) ou 6272Hz a 6456Hz (terceiro intervalo) gerados dividindo a frequência média com resolução de 1/24 de oitava, a faixa de frequência alvo pode ser determinada em uma unidade de intervalos ou no novo intervalo tendo os três intervalos acima, isto é 5920Hz a 6456Hz.

A FIG. 5 é um fluxograma ilustrando um processo de estímulo da célula ciliada de acordo com uma modalidade de exemplo da presente invenção.

O aparelho para estimular a célula ciliada determina a intensidade, tipo e ordem, etc. da faixa de frequência alvo depois que a faixa de frequência alvo é determinada como mencionado acima, e emite o sinal acústico para melhorar a capacidade de audição do usuário de acordo com o resultado de determinação.

Referindo-se a FIG. 5, o aparelho para estimular para célula ciliada lê a informação a respeito da faixa de frequência alvo da memória 208 e então determina a intensidade do sinal acústico da faixa de frequência alvo na etapa S502 no caso em que o usuário requer o fornecimento do sinal acústico na etapa S500.

Nas etapas S504 e S506, o tipo e ordem de saída do

sinal acústico são determinados.

Como descrito acima, a ordem de saída do sinal acústico pode ser determinada de acordo com a taxa de danos, ou ser determinada de modo que o sinal acústico seja  
5 aleatoriamente ou simultaneamente emitido.

Na etapa S508, o sinal acústico está emitido de acordo com a intensidade, tipo e ordem determinados.

Na etapa S510, no caso em que o sinal acústico é emitido de acordo com a taxa de danos ou é aleatoriamente  
10 emitido, o aparelho para estimular a célula ciliada discrimina se ou não o tempo de emissão do sinal acústico está terminado.

Na etapa S512, no caso em que o tempo de emissão é terminado, um sinal acústico de próxima faixa de frequência  
15 alvo é emitido.

Por outro lado, no caso em que o sinal acústico é emitido, o aparelho para estimular a célula ciliada sincroniza a interface modelo de cóclea com a emissão, mudança de amplitude, mudança de frequência ou período de  
20 pulso do sinal acústico, e muda a cor ou o tamanho da imagem de região de célula ciliada 300 da interface modelo de cóclea de acordo com a sincronização.

O método de estimular a célula ciliada da presente modalidade é fornecido com um computador ou um terminal  
25 portátil estabelecido pelo usuário ou em um hospital, etc. Além disso, o método pode ser fornecido através de uma rede em um lugar remoto.

A FIG. 6 é uma vista ilustrando uma capacidade de audição melhorando o sistema de serviço de acordo com uma  
30 modalidade de exemplo da presente invenção.

Na FIG. 6, o sistema de serviço melhorando a capacidade de audição da presente modalidade inclui um servidor de melhora de capacidade de audição 600 conectado eletricamente a pelo menos um cliente de usuário 602  
5 através de uma rede. Aqui, a rede inclui uma rede de fio tendo uma Internet e uma linha confidencial e uma rede sem fio tendo uma Internet sem fio, uma rede de comunicação móvel e uma rede satélite.

O servidor de melhora de capacidade de audição 600  
10 fornece uma aplicação para emitir a interface modelo de cóclea mostrada na FIG. 3 ao cliente de usuário 602 de acordo com o pedido do usuário. Aqui, o servidor de melhora de capacidade de audição 600 pode fornecer a aplicação através dos vários métodos, tais como um método de download  
15 ou um método de inserir a aplicação uma página da rede, etc.

No caso em que o usuário seleciona uma determinada imagem de região de célula ciliada 300 através da interface modelo de cóclea, a aplicação emite um sinal de áudio de  
20 uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada selecionada pelo usuário.

Subsequentemente, no caso em que o usuário entra com a informação de resposta sobre um ponto de intensidade em que o sinal de áudio não é ouvido de acordo com o controle de  
25 volume do sinal de áudio, o cliente de usuário 602 transmite a informação de resposta ao servidor de melhora de capacidade de audição 600.

O servidor de melhora de capacidade de audição 600 tem a seção de detecção de parte de estimulação como mostrado  
30 nas FIG. 1 e FIG. 2, e determina a faixa de frequência alvo

para a qual a cura é requerida usando a informação de resposta transmitida do usuário.

Adicionalmente, a servidor de melhora de capacidade de audição 600 armazena a informação a respeito da faixa de frequência alvo, determina a intensidade, tipo, ordem, etc. da faixa de frequência alvo de acordo com o pedido do usuário, e fornece o sinal acústico da faixa de frequência alvo ao cliente de usuário 602 através da rede de acordo com o resultado determinado.

O cliente de usuário 602 pode ser incorporado com um terminal que opera a aplicação e tenha um altofalante, e inclui um computador de mesa, um laptop, um terminal de comunicação móvel, etc.

O cliente de usuário 602 estimula a célula ciliada do usuário emitindo o sinal acústico fornecido do servidor de melhora de capacidade de audição 600.

A capacidade de audição melhorando a taxa pelo aparelho para estimular a célula ciliada da presente modalidade pode ser verificada através de um experimento.

A FIG. 7 é uma vista ilustrando um gráfico indicando um resultado de exame de audição puro de uma pessoa examinada. Particularmente, a FIG. 7 mostra o resultado gerado examinando a capacidade de audição na faixa de 2000Hz a 8000Hz com resolução de 1/24 de oitava usando a seção de diagnóstico de capacidade de audição.

Como mostrado na FIG. 7, o ouvido direito da pessoa examinada tem a perda de audição do tipo plana em uma faixa de frequência de 3000Hz a 7000Hz.

A FIG. 8 é uma vista ilustrando a faixa de frequência alvo determinada para a pessoa examinada na FIG. 7.

Particularmente, uma faixa de faixa de frequência de 5920Hz a 6840Hz tendo o limite de capacidade de audição de 50dBHL é determinada aproximadamente como a faixa de frequência alvo para a pessoa examinada tendo o resultado na FIG. 7.

5 O sinal acústico tal como o tom modulado de frequência ou tom de faixa estreita modulado de amplitude relacionado à faixa de frequência alvo determinada na FIG. 8 é fornecido ao ouvido direito por trinta minutos na manhã e tarde por quinze dias. Aqui, o sinal acústico tem  
10 intensidade de 5 dBSL (nível de sensação) a 10 dBSL.

A FIG. 9 é uma vista ilustrando a programação para a estimulação de sinal acústico. Particularmente, a capacidade de audição é medida antes que a estimulação de sinal acústico seja fornecida (primeiro caso), após  
15 fornecer a estimulação de sinal acústico por cinco dias (segundo caso), e após fornecer a estimulação de sinal acústico por quinze dias (terceiro caso), e então os limites de capacidade de audição correspondendo à medida são comparados.

20 Em cada um dos casos, a capacidade de audição é medida dez vezes com resolução de 1/24 de oitava e então a média dos valores medidos é usada como a capacidade de audição para prevenir o erro experimental.

a FIG. 10 é uma vista ilustrando uma tabela em que o  
25 resultado de capacidade de audição medido antes que a estimulação de sinal acústico é fornecido a um ouvido direito é comparado com o aquele medido depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida ao ouvido direito por dez dias. A FIG. 11 é uma vista ilustrando uma tabela  
30 em que o resultado de capacidade de audição medido depois

que a estimulação de sinal acústico é fornecida ao ouvido direito por dez dias é comparado com aquele medido depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida ao ouvido direito por quinze dias.

5       Referindo-se as FIG. 10 e FIG. 11, o limite de capacidade de audição da faixa de frequência alvo torna-se pequeno depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida, isto é a capacidade de audição é melhorada.

10       A FIG. 12 é uma vista ilustrando um gráfico mostrando que o limite de capacidade de audição do ouvido direito antes e depois da estimulação de sinal acústico é fornecido.

15       Na FIG. 12, o limite de capacidade de audição (ouvido direito) de uma faixa de frequência de 5920Hz a 6840Hz antes da estimulação de sinal acústico é fornecido igual a 45,4 dBHL. Entretanto, o limite de faixa da frequência depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida por dez dias é igual a 38,2 dBHL, isto é o limite de capacidade de audição de capacidade de audição é diminuído. Além  
20       disso, o limite de capacidade de audição depois que a estimulação de sinal acústico é fornecida por quinze é igual a 34,2 dBHL, isto é o limite de capacidade de audição é diminuído.

Isto pode ser mencionado como resultado significativo.

25       A FIG. 13 é uma vista ilustrando a programação para verificar se ou não a melhora da capacidade de audição é continuamente mantida depois que a estimulação de sinal acústico sobre o ouvido direito é parada.

30       A capacidade de audição é medida de cinco dias a dezoito dias depois que a estimulação de sinal acústico é

parado.

A FIG. 14 é uma vista ilustrando uma tabela mostrando o resultado de medida da capacidade de audição sobre o ouvido direito depois que a estimulação de sinal acústico é parada. A FIG. 15 é uma vista ilustrando um gráfico correspondendo à tabela na FIG. 14.

Referindo-se as FIG. 14 e FIG. 15, a melhora de efeito da capacidade de audição é mantida depois que a estimulação de sinal acústico é parada. Adicionalmente, verifica-se que a capacidade de audição é melhorada por aproximadamente 7,9 dB após lapso de dezoito dias da parada da estimulação de sinal acústico.

Qualquer referência neste relatório descritivo a "uma modalidade", "modalidade", "modalidade de exemplo", etc., significa que uma particularidade, estrutura, ou característica particular descrita em conexão com a modalidade estão incluídas em pelo menos uma modalidade da invenção. As aparências de tais frases em vários lugares no relatório descritivo não necessariamente estão referindo-se à mesma modalidade. Adicionalmente, quando uma particularidade, estrutura, ou característica particular são descritas em conexão com qualquer modalidade, é submetido que está dentro do âmbito de um hábil na técnica para afetar tal particularidade, estrutura, ou característica em conexão às outras modalidades.

Embora as modalidades sejam descritas em referência a um número de modalidades ilustrativas das mesmas, deve-se compreender que numerosas outras modificações e modalidades podem ser planejadas por aqueles hábeis na técnica que cairá dentro do conceito inventivo e escopo dos princípios

desta divulgação. Mais particularmente, as várias variações e modificações são possíveis nas partes de componente e/ou arranjos do arranjo de combinação de indivíduo dentro do escopo da divulgação, dos desenhos e das reivindicações 5 adicionadas. Além disso, as variações e modificações nas partes de componentes e/ou arranjos, usos alternativos serão também aparentes àqueles hábeis na técnica.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método de estimular uma célula ciliada de cóclea usando a estimulação acústica **caracterizado** pelo fato de compreender:

5           (a) determinar com uma seção de diagnóstico de capacidade de audição de um aparelho de estímulo de célula ciliada, uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada ao emitir uma interface modelo de cóclea que inclui imagens de região de célula ciliada dividida com resolução de  $1/k$  de oitava, em que o  $k$  é um  
10           número inteiro positivo acima de 2, e quando um usuário seleciona pelo menos uma das imagens de região de célula ciliada, emitindo um sinal de áudio de diagnóstico com uma faixa de frequência correspondendo a uma imagem de região  
15           de célula ciliada selecionada e determinar o limite de capacidade de audição usando a informação de resposta de usuário a partir do sinal de áudio de diagnóstico emitido;

          (b) determinar com uma seção de detecção de parte de estimulação do aparelho de estímulo de célula ciliada, uma  
20           faixa de frequência alvo correspondendo à região de célula ciliada danificada; e

          (c) emitir com uma seção de cura de estimulação do aparelho de estímulo de célula ciliada, um sinal acústico de estimulação para a faixa de frequência alvo a uma dada  
25           intensidade para estimular a região de célula ciliada danificada, em que a dada intensidade é determinada pelo limite de capacidade de audição da região de célula ciliada danificada,

          em que sinal acústico de estimulação é de pelo menos  
30           um tom modulado de amplitude, tom modulado de frequência,

tom de pulso, tom contínuo e ruído de faixa estreita modulado de amplitude, ou combinação dos tons e o ruído.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que no caso em que uma pluralidade de regiões de célula ciliada é danificada, uma faixa de frequência correspondendo às regiões de célula ciliada localizadas continuamente ao longo das regiões de célula ciliada danificadas é determinada como a faixa de frequência alvo na etapa (b).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que no caso em que há uma pluralidade de faixas de frequência alvo, sinais acústicos correspondendo às taxas de frequência alvo são emitidas na ordem da severidade do dano ou aleatoriamente na etapa (c).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que no caso em que há uma pluralidade de faixas de frequência alvo, sinais acústicos correspondendo às taxas de frequência alvo são emitidas simultaneamente na etapa (c).

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado** pelo fato de que o  $k$  é um número inteiro positivo de 3 a 24.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado** pelo fato de que uma faixa de frequência de uma região de célula ciliada da qual o limite de capacidade de audição é maior do que um valor de referência pré-ajustado é determinada como a faixa de frequência alvo na etapa (b),

e em que o método ainda compreende:

(d) emitir uma imagem de região de célula ciliada

correspondendo à faixa de frequência determinada alvo, em que a imagem de região de célula ciliada emitida é detectada visualmente.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6,  
5 **caracterizado** pelo fato de que na etapa (c), o sinal acústico é emitido com a intensidade mais alta por aproximadamente 3dB a 20dB do que o limite de capacidade de audição.

8. Método, de acordo com qualquer uma das  
10 reivindicações 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender:

no caso em que o tipo de sinal acústico é um tom modulado de amplitude, emitir uma imagem de região de célula ciliada correspondendo à faixa de frequência do tom  
15 modulado de amplitude, em que a variação de amplitude do tom modulado de amplitude é detectado visualmente na imagem de região de célula ciliada.

9. Método, de acordo com qualquer uma das  
20 reivindicações 1 a 8, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender:

no caso em que o tipo de sinal acústico é um tom modulado de frequência, emitir uma imagem de região de célula ciliada correspondendo à faixa de frequência do tom  
25 modulado de frequência, em que a variação de frequência do tom modulado de frequência é detectado visualmente na imagem de região de célula ciliada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9,  
**caracterizado** pelo fato de que o tom modulado de frequência tem uma resolução de menos que 1/3 de oitava.

30 11. Método, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de ainda compreender:

no caso em que o tipo de sinal acústico ser de tom contínuo ou tom de pulso, emitir uma imagem de região de célula ciliada correspondendo à faixa de frequência do sinal acústico de tom contínuo ou tom de pulso, em que é detectado através da imagem de região de célula ciliada que o sinal acústico corresponde a pelo menos um do tom contínuo e tom de pulso.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que a imagem de região de célula ciliada é emitida com cor ou tamanho diferentes dependendo da extensão de melhora da capacidade de audição.

13. Método de estimular uma célula ciliada de cóclea caracterizado pelo fato de compreender:

Emitir com um aparelho de estímulo de célula ciliada, uma interface modelo de cóclea tendo as imagens de região de célula ciliada divididas com resolução de  $1/k$  de oitava, em que o  $k$  é um número inteiro positivo acima de 2;

emitir com um aparelho de estímulo de célula ciliada, um sinal de áudio de uma faixa de frequência correspondendo a pelo menos uma região selecionada a partir das imagens de região de célula ciliada acima; e

detectar com um aparelho de estímulo de célula ciliada, uma região de célula ciliada danificada com base na resposta de um usuário ao sinal de áudio emitido.

14. Método de fornecer um serviço de estímulo de célula ciliada de cóclea em um meio não-transiente legível por máquina de um servidor conectado eletricamente a um

cliente através de uma rede caracterizado pelo fato de compreender:

(a) transmitir uma aplicação para diagnóstico de capacidade de audição ao cliente com um aparelho de  
5 estímulo de célula ciliada, em que a aplicação emite a interface modelo de cóclea incluindo imagens de região de célula ciliada divididas com resolução de  $1/k$  de oitava em que em que o  $k$  é um número inteiro positivo acima de 2, e quando um usuário seleciona pelo menos uma das imagens de  
10 região de célula ciliada, emitindo um sinal de áudio de diagnóstico com uma faixa de frequência correspondendo à imagem de região de célula ciliada selecionada e determinar um limite de capacidade de audição a partir da informação de resposta de usuário do sinal de áudio de diagnóstico  
15 emitido;

(b) receber com o aparelho de estímulo de célula ciliada, a informação de resposta a partir de um usuário de acordo com um sinal de áudio de diagnóstico de uma faixa de frequência correspondendo a pelo menos uma região  
20 selecionada das imagens de região de célula ciliada acima;

(c) determinar com o aparelho de estímulo de célula ciliada, uma faixa de frequência alvo correspondendo à região de célula ciliada danificada com base na informação de resposta do usuário; e

25 (d) transmitir com o aparelho de estímulo de célula ciliada, um sinal acústico de estimulação da faixa de frequência alvo tendo dado intensidade, em que a intensidade do sinal acústico de estimulação é determinada pelo limite de capacidade de audição de uma região de  
30 célula ciliada danificada;

em que sinal acústico de estimulação é de pelo menos um tom modulado de amplitude, tom modulado de frequência, tom de pulso, tom contínuo e ruído de faixa estreita modulado de amplitude, ou combinação dos tons e o ruído.

5        15. Meio de gravação legível por um computador e tendo um programa de comandos executado pelo computador para o propósito de estimulação de células ciliada usando estimulação acústica, em que o computador está conectado a uma seção de entrada de usuário, uma seção de visualização  
10 e um aparelho para estimular uma célula ciliada por estimulação acústica, o aparelho caracterizado pelo fato de compreender:

uma seção de diagnóstico de capacidade de audição configurada para medir o limite de capacidade de audição  
15 sobre uma região de célula ciliada com base na informação de resposta de um usuário de acordo com o sinal de áudio específico;

uma seção de detecção de região de estimulação configurada para determinar uma faixa de frequência  
20 correspondendo à região de célula ciliada danificada como uma faixa de frequência alvo usando o limite medido de capacidade de audição; e

uma seção de cura de estimulação configurada para emitir um sinal acústico tendo intensidade pré-ajustada à  
25 faixa de frequência alvo determinada, e

em que o programa de comandos é adaptado para fazer com que o computador realize o método compreendendo as etapas de:

(a) determinar com a seção de diagnóstico de  
30 capacidade de audição de um aparelho de estímulo de célula

ciliada, uma faixa de frequência correspondendo à região de célula ciliada danificada ao emitir uma interface modelo de cóclea que inclui imagens de região de célula ciliada dividida com resolução de  $1/k$  de oitava, em que o  $k$  é um  
5 número inteiro positivo acima de 2, e quando um usuário seleciona pelo menos uma das imagens de região de célula ciliada, emitindo um sinal de áudio de diagnóstico com uma faixa de frequência correspondendo à imagem de região de célula ciliada selecionada e determinar um limite de  
10 capacidade de audição usando uma informação de resposta de usuário a partir do sinal de áudio de diagnóstico emitido através da seção de entrada de usuário;

(b) determinar com a seção de detecção de parte de estimulação do aparelho de estímulo de célula ciliada, uma  
15 faixa de frequência alvo correspondendo à região de célula ciliada danificada; e

(c) emitir com uma seção de cura de estimulação do aparelho de estímulo de célula ciliada, um sinal acústico de estimulação para a faixa de frequência alvo a uma dada  
20 intensidade para estimular a região de célula ciliada danificada, em que a dada intensidade é determinada pelo limite de capacidade de audição da região de célula ciliada danificada,

em que sinal acústico de estimulação é de pelo menos  
25 um tom modulado de amplitude, tom modulado de frequência, tom de pulso, tom contínuo e ruído de faixa estreita modulado de amplitude, ou combinação dos tons e o ruído.

16. Meio de gravação, de acordo com a reivindicação  
15, **caracterizado** pelo fato de que a seção de detecção de  
30 região de estimulação determina uma faixa de frequência de

uma região de célula ciliada em que o limite de capacidade de audição é maior do que um valor de referência pré-ajustado como a faixa de frequência alvo.

17. Meio de gravação, de acordo com a reivindicação 15  
5 ou 16, caracterizado pelo fato de que a seção de cura de estimulação determina pelo menos um de intensidade, tipo e ordem do sinal acústico de estimulação da faixa de frequência alvo.

18. Meio de gravação, de acordo com a reivindicação  
10 17, caracterizado pelo fato de a intensidade é mais alta por aproximadamente 3dB a 20dB do que o limite de capacidade de audição.

FIG. 1

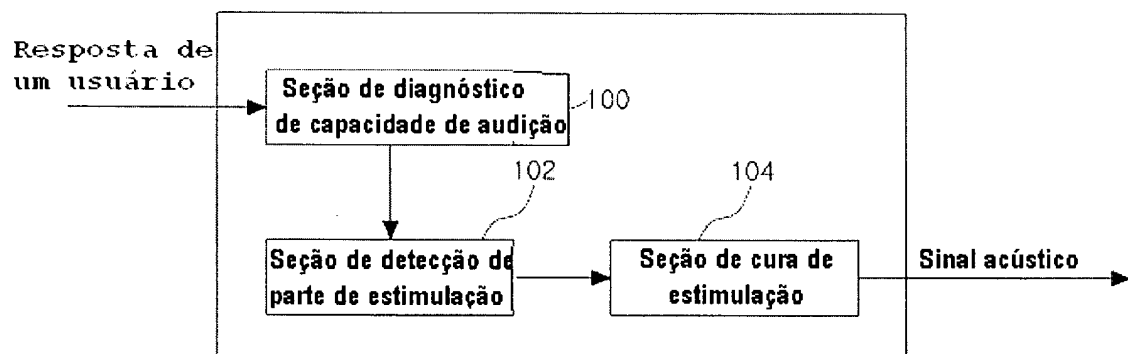


FIG. 2

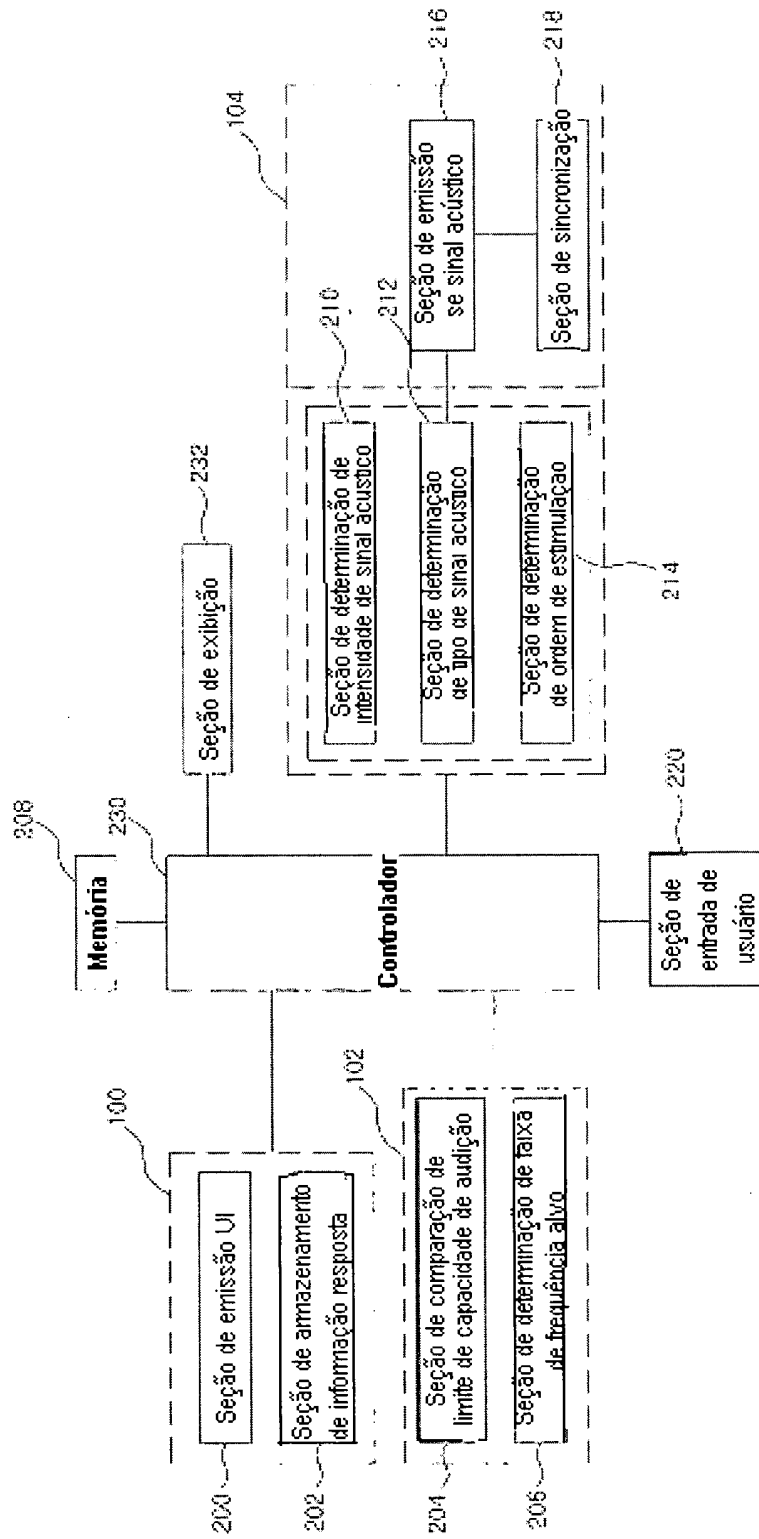


FIG. 3

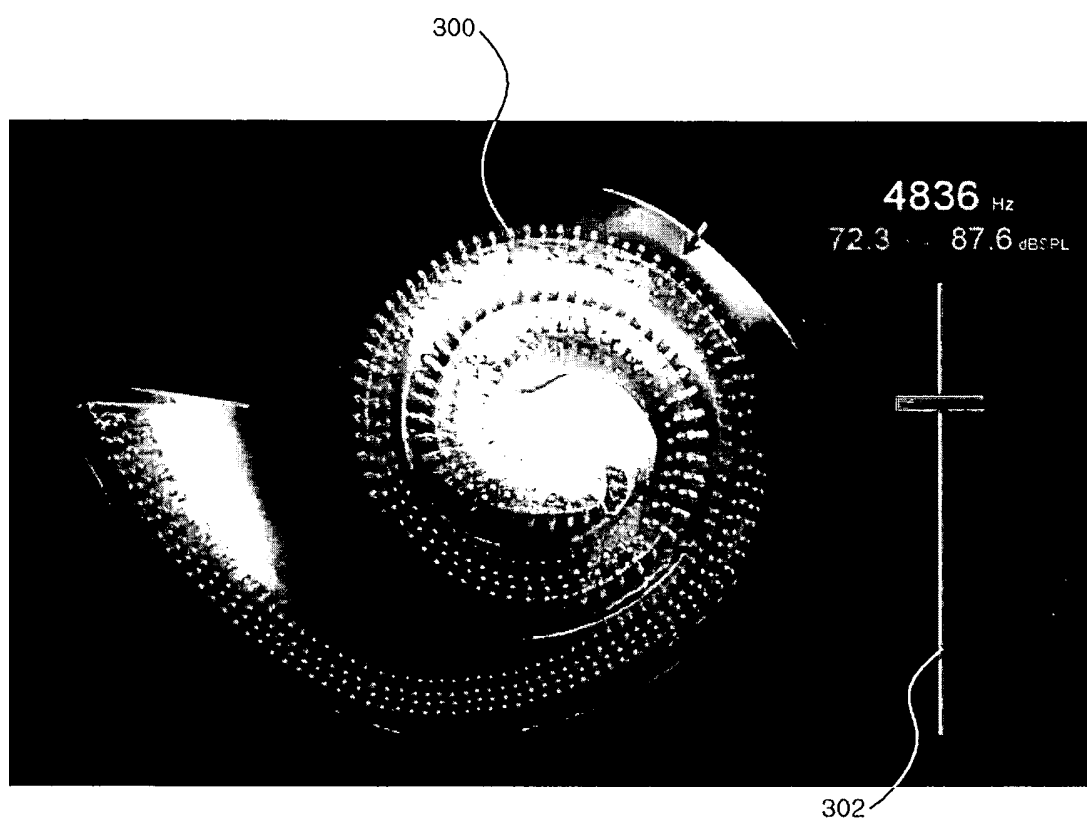


FIG. 4

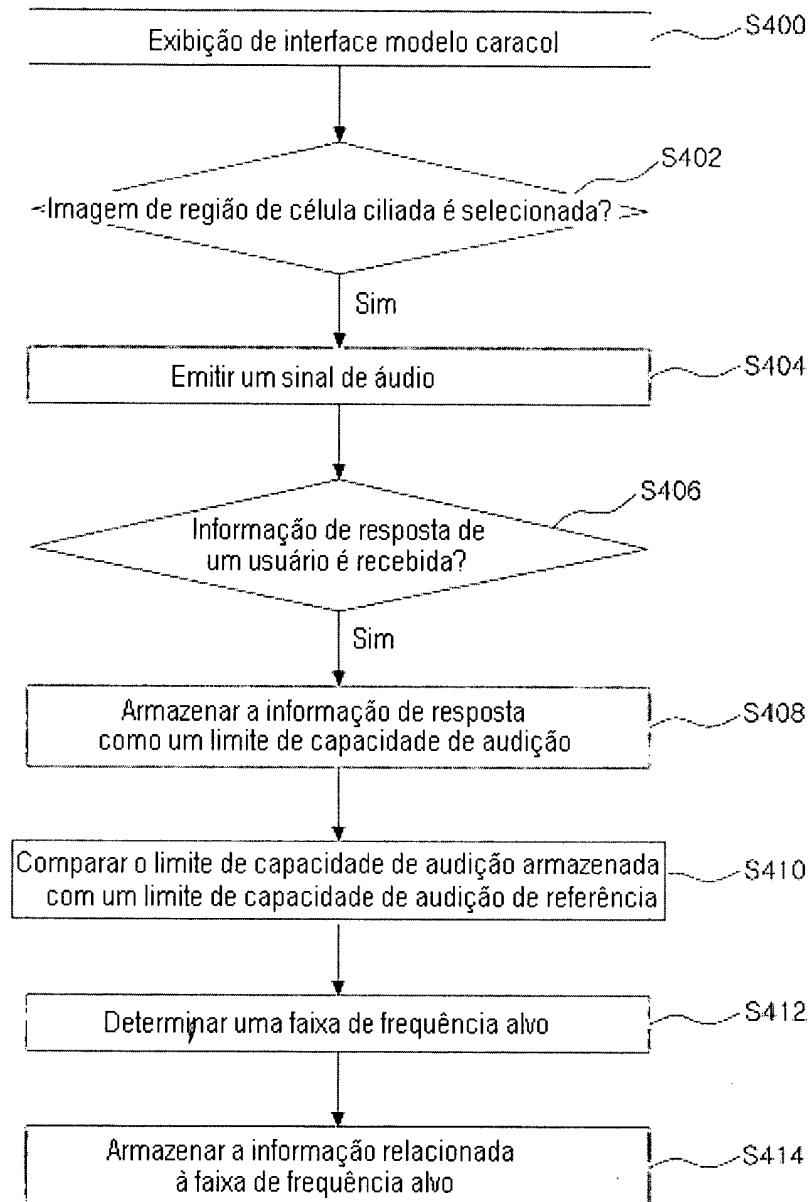


FIG. 5

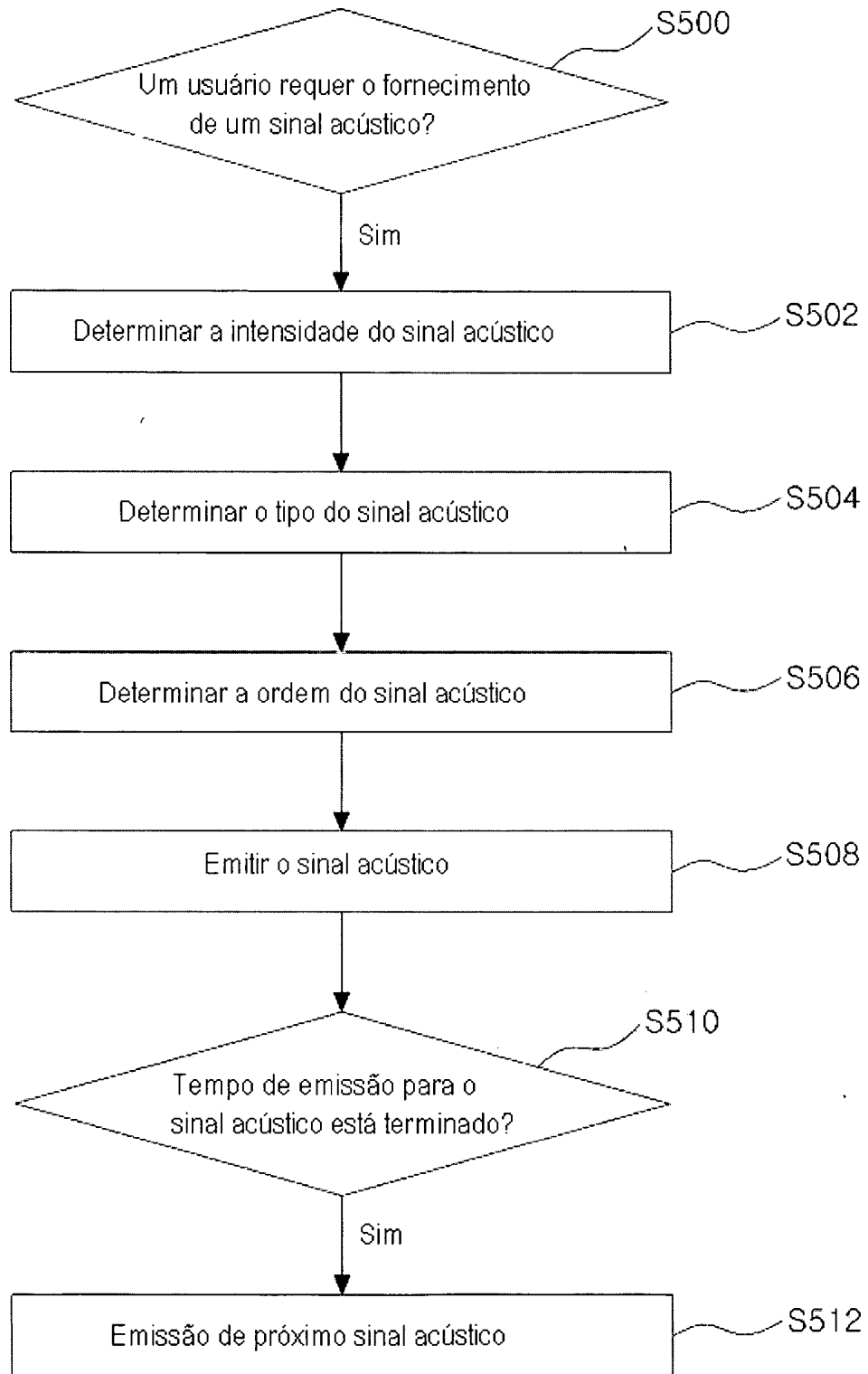


FIG. 6

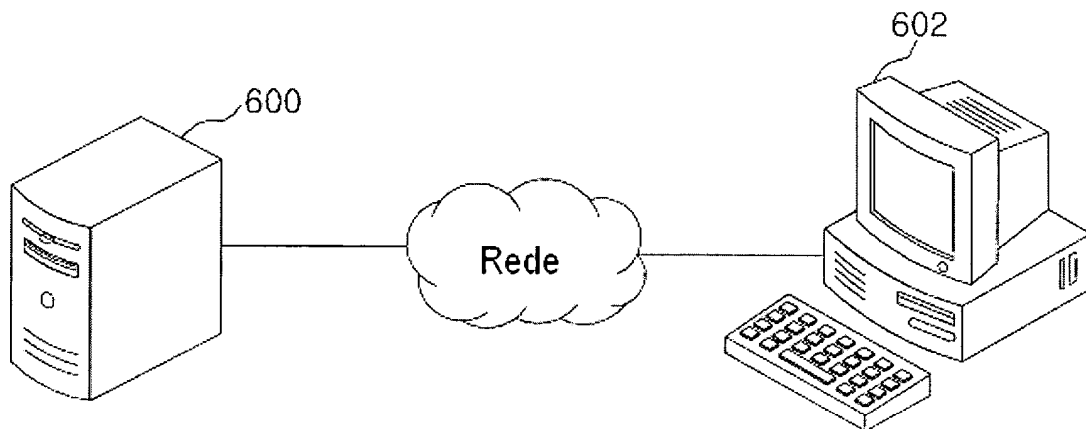


FIG. 7

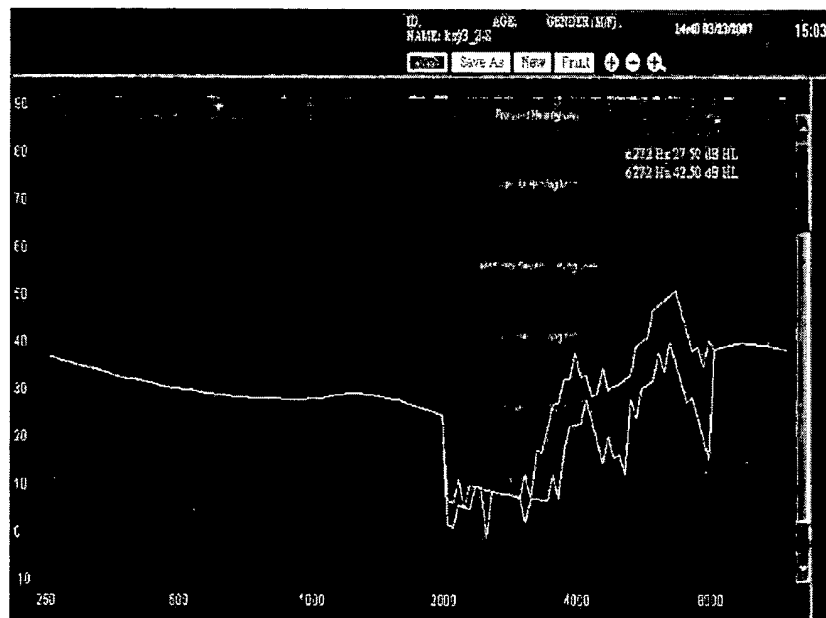


FIG. 8



FIG. 9

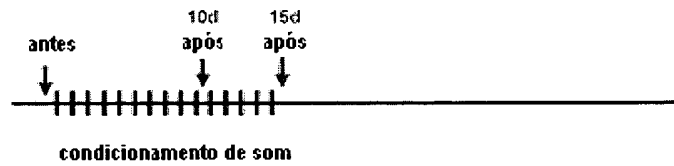


FIG. 10

| Right | Before |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 10 days After |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | I      | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | A1   | A2   | I             | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | A1   | A2   |
| 4067  | 32.5   | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 33.0 | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.0 |      |
| 4186  | 32.5   | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 31.0 |      |
| 4309  | 32.5   | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 31.5 | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 29.5 |      |
| 4436  | 32.5   | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 33.0 | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.0 |      |
| 4565  | 32.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 36.0 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 35.5 |      |
| 4699  | 37.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 |      |      |      |
| 4836  | 37.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 34.3 |
| 4978  | 37.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 36.5 |
| 5124  | 37.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 36.5 |
| 5274  | 37.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 36.5 |
| 5429  | 37.5   | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 34.0 |
| 5589  | 42.5   | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 38.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 36.5 |
| 5752  | 42.5   | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 40.0          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |      | 36.5 |
| 5900  | 42.5   | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 41.0 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 32.5 | 37.5 |      | 37.5 |
| 6099  | 42.5   | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 47.5 | 42.5 | 47.5 | 43.5 | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 |      | 37.5 |
| 6272  | 47.5   | 42.5 | 47.5 | 42.5 | 47.5 | 47.5 | 42.5 | 47.5 | 42.5 | 47.5 | 47.5 | 45.5 | 37.5          | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 32.5 | 37.5 |      | 39.0 |
| 6456  | 52.5   | 42.5 | 47.5 | 47.5 | 47.5 | 47.5 | 42.5 | 47.5 | 47.5 | 47.5 | 47.5 | 47.0 | 37.5          | 42.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 47.5 | 32.5 | 42.5 |      | 40.5 |
| 6645  | 52.5   | 42.5 | 52.5 | 42.5 | 52.5 | 67.5 | 42.5 | 42.5 | 57.5 | 47.5 | 50.0 |      | 37.5          | 42.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 32.5 | 37.5 |      | 38.0 |
| 6840  | 47.5   | 42.5 | 47.5 | 42.5 | 47.5 | 47.5 | 42.5 | 42.5 | 52.5 | 42.5 | 45.5 |      | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 |      | 36.5 |
| 7040  | 42.5   | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 38.5 |      | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 |      | 34.5 |
| 7246  | 37.5   | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 |      | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 31.5 |      |      |
| 7499  | 27.5   | 27.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 28.5 | 27.5          | 27.5 | 22.5 | 22.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 |      |      | 27.3 |
| 7677  | 27.5   | 22.5 | 27.5 | 22.5 | 27.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 27.5 | 22.5 | 24.5 |      | 22.5          | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |      |      | 26.5 |
| 7902  | 22.5   | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5          | 22.5 | 17.5 | 22.5 | 22.5 | 17.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |      |      | 21.5 |

FIG. 11

| Right | 10 days After |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 15 days After |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | I             | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | A1   | A2   | I             | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | A1   | A2   |
| 4067  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.0 |      | 37.5          | 37.5 | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 22.5 | 33.5 |      |
| 4186  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 31.0 |      | 32.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 34.0 |      |
| 4309  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 32.5 | 27.5 | 29.5 |      | 27.5          | 37.5 | 27.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 33.5 |      |
| 4435  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 32.0 |      | 32.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 36.5 |      |
| 4565  | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 35.5 |      | 27.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 32.5 | 42.5 | 37.5 | 32.5 | 36.5 |      |
| 4699  | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 |      | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |      |
| 4836  | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.0 | 34.3 | 37.5          | 37.5 | 22.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 36.0 | 34.5 |
| 4978  | 37.5          | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 36.5 |      | 37.5          | 37.5 | 27.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 36.5 |      |
| 5124  | 37.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 35.5 |      | 32.5          | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 33.0 |      |
| 5274  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 33.5 |      | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 33.5 |      |
| 5429  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 34.0 |      | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 33.5 |      |
| 5588  | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 36.5 |      | 27.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 33.5 |      |
| 5752  | 27.5          | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 35.5 |      | 27.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 27.5 | 27.5 | 37.5 | 37.5 | 31.5 |      |
| 5920  | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 |      | 37.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 27.5 | 34.0 |      |
| 6089  | 37.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 |      | 37.5          | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 34.5 |      |
| 6272  | 37.5          | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 42.5 | 32.5 | 37.5 | 33.0 |      | 37.5          | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 34.0 |      |
| 6456  | 37.5          | 42.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 42.5 | 47.5 | 38.5 | 42.5 | 40.5 | 30.2 | 37.5          | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 35.5 | 34.2 |
| 6645  | 27.5          | 42.5 | 42.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 37.5 | 42.5 | 32.5 | 37.5 | 38.0 |      | 27.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 33.5 |      |
| 6840  | 27.5          | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 42.5 | 32.5 | 37.5 | 36.5 |      | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 34.0 |      |      |
| 7040  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 34.5 |      | 32.5          | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 37.5 | 27.5 | 31.5 |      |      |
| 7246  | 32.5          | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 31.5 |      | 32.5          | 32.5 | 27.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 31.0 |      |
| 7459  | 27.5          | 27.5 | 22.5 | 22.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 26.5 | 27.3 | 22.5          | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 22.5 | 27.5 | 27.5 | 25.5 | 26.3 |
| 7677  | 22.5          | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |      | 22.5          | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |      |
| 7932  | 22.5          | 22.5 | 17.5 | 22.5 | 22.5 | 17.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 21.5 |      | 17.5          | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 17.5 | 22.5 | 20.0 |      |

FIG. 12

ouvido direito ( 5920-6840 Hz )

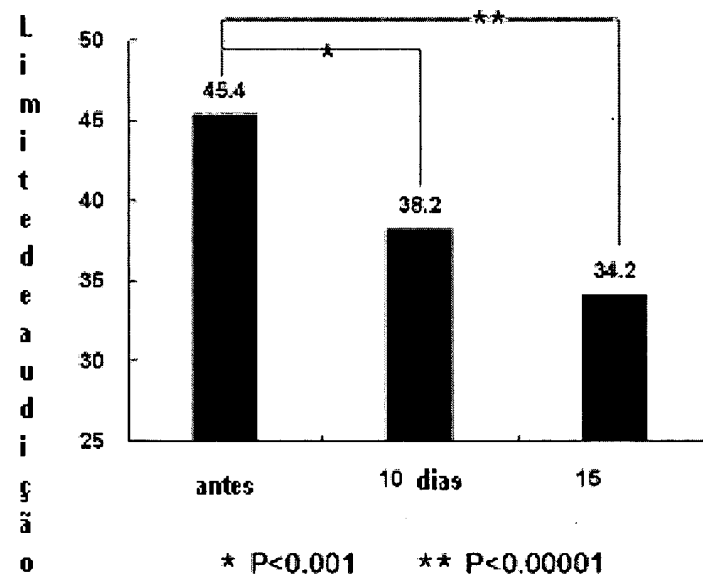


FIG. 13

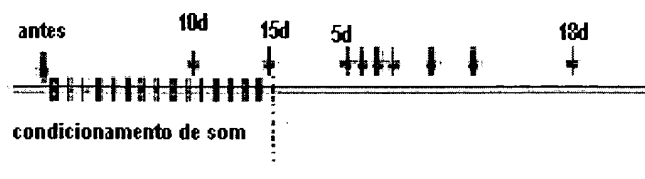


FIG. 14

| right | 5 d  | A1   | A2   | 6 d  | A1   | A2   | 7 d  | A1   | A2   | 8 d  | A1   | A2   | 10 d | A1   | A2   | 12 d | A1   | A2   | 16 d | A1   | A2   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 4067  | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 35.0 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 37.5 | 35.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 |
| 4186  | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 |
| 4308  | 32.5 | 37.5 | 35.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 |
| 4435  | 32.5 | 37.5 | 35.0 | 32.5 | 17.5 | 25.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 |
| 4565  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 |
| 4693  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 35.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 22.5 | 32.5 | 27.5 | 22.5 | 27.5 | 25.0 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 4836  | 22.5 | 37.5 | 30.0 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 22.5 | 37.5 | 30.0 | 37.5 | 32.5 | 35.0 |
| 4978  | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 22.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 35.0 |
| 5124  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 22.5 | 27.5 | 25.0 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 5274  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 5429  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 22.5 | 27.5 | 25.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 |
| 5580  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 5752  | 32.5 | 37.5 | 35.0 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 37.5 | 22.5 | 30.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 22.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 5920  | 42.5 | 37.5 | 40.0 | 22.5 | 27.5 | 25.0 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 32.5 | 37.5 | 35.0 |
| 6083  | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 6272  | 42.5 | 37.5 | 40.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 35.0 | 37.5 | 42.5 | 40.0 |
| 6456  | 47.5 | 37.5 | 42.5 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 27.5 | 42.5 | 35.0 | 27.5 | 37.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 6645  | 42.5 | 37.5 | 40.0 | 37.5 | 27.5 | 32.5 | 42.5 | 37.5 | 40.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 6840  | 42.5 | 37.5 | 40.0 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 22.5 | 37.5 | 30.0 | 32.5 | 22.5 | 27.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 7040  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| 7246  | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 27.5 | 32.5 | 30.0 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 27.5 | 30.0 | 32.5 | 32.5 | 32.5 |
| 7459  | 27.5 | 22.5 | 25.0 | 12.5 | 27.5 | 30.0 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 27.5 | 22.5 | 25.0 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 26.5 |
| 7677  | 27.5 | 22.5 | 25.0 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |
| 7902  | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 22.5 | 17.5 | 20.0 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 22.5 | 20.0 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |

FIG. 15

