

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 051**

51 Int. Cl.:

A61B 5/12 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2018 PCT/EP2018/064249**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2019 WO19025053**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2018 E 18729903 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.09.2021 EP 3661418**

54 Título: **Método y aparato para medir el reflejo acústico con gestión de artefactos utilizando múltiples tonos de sonda**

30 Prioridad:

01.08.2017 US 201715665533

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.02.2022

73 Titular/es:

PATH MEDICAL GMBH (100.0%)

**Landsberger Str. 65
82110 Germering, DE**

72 Inventor/es:

**LODWIG, ANDRE y
KANDZIA, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 897 051 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para medir el reflejo acústico con gestión de artefactos utilizando múltiples tonos de sonda

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 El documento US 3395697 A (1968) "Acoustic reflexometer" describe un aparato de prueba de reflejos contralaterales que detecta el reflejo acústico directamente como una variación de la presión del aire en el conducto auditivo ocluido, no estimulado, sin ningún tono de sonda.

El documento US3757769 A (1973) "Acoustic admittance testing apparatus" describe un aparato de prueba de admitancia analógico que también puede detectar el reflejo acústico. Se basa en un solo tono de sonda de una frecuencia no especificada e implementa detección de cuadratura.

10 El documento US 3949735 A (1976) "Method and apparatus for an ipsilateral reflex test" describe un aparato para probar el reflejo acústico ipsilateral. Mezcla un tono de sonda de 220 Hz y pulsos de 200 ms de un estímulo a un altavoz de sonda. La sincronización del estímulo abre un circuito comparador que compara la señal filtrada del micrófono entre la fase estimulada y no estimulada. Este parece ser el primer aparato de prueba de reflejo acústico ipsilateral.

15 El documento US 4201225 A (1980) "Method and apparatus for measuring stimulated acoustic reflex latency time" describe un método para medir la latencia del reflejo acústico con un tono de sonda de 220 Hz.

20 El documento US 4966160 A (1990) "Acoustic admittance measuring apparatus with wide dynamic range and logarithmic output" describe un aparato para probar el reflejo acústico ipsilateral con un tono de sonda único configurable en el intervalo de 150 Hz a 2,5 kHz y un circuito de detección exponencial para permitir un amplio intervalo dinámico. El inventor afirma que los instrumentos existentes solo permiten tonos de sonda de 226 y 678 Hz exclusivamente.

25 El documento US 6295467 B1 (2001) "Method and device for detecting a reflex of the human stapedius muscle" describe un método para utilizar la propia señal de estímulo para detectar el reflejo ipsilateral, en lugar de aplicar un tono de sonda separado. Se presentan pares de ráfagas de señal en un período corto de tiempo, y el sonido registrado de ambas se compara para detectar el reflejo acústico, asumiendo que solo el último de los estímulos se ve afectado por el reflejo, debido a su latencia.

El documento US 8419655 B2 (2013) "Method and apparatus for aural acoustic immittance measurement" describe un aparato para prueba de inmitancia que usa FFT para convertir una señal del micrófono en dominio de frecuencia. Se sigue utilizando un tono de sonda monofrecuente.

30 El documento US 20130303941 A1 (2013) "Method and Apparatus for Evaluating Dynamic Middle Ear Muscle Activity" describe un método para probar el reflejo acústico contralateral con una señal de banda ancha como tono de sonda. Debido a la naturaleza de la señal de sonda, no es posible realizar pruebas ipsilaterales. El método tiene como objetivo obtener más información sobre la dinámica del oído medio.

35 Los documentos US2012302859 A1 (2012), FR2971931 A1 (2012) y US2015297890 A1 (2015) describen dispositivos y métodos para medir el reflejo estapedial. El documento US5885225 A (1999) describe un dispositivo y un método para medir otoemisiones acústicas evocadas.

Referencias no relacionadas con patentes

Freeney M., Keefe D. H. (1999). Acoustic Reflex Detection Using Wide-Band Acoustic Reflectance, Admittance, and Power Measurements. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 42, 1029-1041.

40 Peake WT, Rosowski JJ. (1997). Acoustic properties of the middle ear. En: MJ Crocker (Eds.) *Encyclopedia of Acoustics*. (págs. 1337-1346) Nueva York: Wiley.

Rosowski J., Wilber L.A. (2015) Acoustic Immittance, Absorbance, and Reflectance in the Human Ear Canal. *Semin Hear* 2015; 36 (01): 11-28.

45 Liu Y-W, Sanford CA, Ellison JC, Fitzpatrick DF, Gorga MP, Keefe DH. (2008) Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: System development and results on adults with normal hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America* 2008; 124 (6): 3708-3719. doi: 10.1121/1.3001712.

Declaración sobre investigación o desarrollo patrocinado por el gobierno federal.

No existe investigación o desarrollo patrocinado por el gobierno federal involucrado en la invención.

Antecedentes de la invención

5 La invención descrita pertenece al campo de la audiometría. La audiometría, como rama de la audiolgía, es la ciencia de medir la audición. Una subsección de la audiometría se ocupa de métodos objetivos, que no necesitan la cooperación del sujeto, típicamente un mamífero, p. ej., un humano, sometido a una prueba. Uno de estos métodos utiliza el llamado reflejo acústico para mediciones objetivas.

10 El reflejo acústico es una actividad del músculo del oído medio, desencadenada por un estímulo acústico, que produce tensión en el tímpano o en los huesecillos. El efecto de esta actividad muscular es reducir la movilidad del tímpano. Esta movilidad reducida puede, entre otros métodos, detectarse acústicamente. Como no se necesita una retroalimentación cooperativa del sujeto, este método pertenece por lo tanto a la clase de pruebas de audición objetivas.

15 Una sonda para probar el reflejo acústico contiene al menos un altavoz y un micrófono. A menudo, también se usan medios para aplicar una presión de aire estática. Esto se puede utilizar para compensar la presión interna del oído medio en caso de disfunción del tubo para optimizar la movilidad general del tímpano. Por lo tanto, la prueba del reflejo acústico a menudo se incluye en timpanómetros que miden la movilidad del tímpano en función de la presión de aire estática. Estos instrumentos contienen una bomba para aplicar presión de aire estática en el oído externo. La timpanometría mide la movilidad del tímpano en función de la presión de aire estática (en relación con la presión ambiental), y la mejor movilidad ocurre normalmente a presión relativa cero.

20 La movilidad del tímpano generalmente se describe por su "adaptabilidad". Dado que la sonda auditiva emite aproximadamente un caudal de volumen constante q, independiente de la carga acústica, la presión sonora que mide el micrófono actúa de forma inversa a la adaptabilidad. Una mayor adaptabilidad, que indica una mayor movilidad, reduciría el nivel de sonido del tono de la sonda registrado. El instrumento generalmente se calibra para mostrar la adaptabilidad como un volumen de aire acústico equivalente o un volumen acústico equivalente en cm³.

25 El procedimiento para detectar el reflejo acústico implica la presentación de un tono de sonda de bajo nivel, típicamente a 226 Hz, que es registrado por el micrófono de la sonda. El reflejo se desencadena de este modo por un estímulo acústico adicional, ya sea presentado en el mismo oído (ipsilateral) o en el oído opuesto (contralateral). Para las pruebas de reflejos ipsolaterales, a menudo se incorpora un segundo altavoz en la sonda para desacoplar el estímulo con respecto al tono de la sonda en curso. El componente de amplitud y/o fase del tono de sonda en la señal registrada cambia cuando el tímpano se rigidiza por el reflejo acústico. Para un tono de sonda de baja frecuencia, tal como 226 Hz, la amplitud de la señal de tono piloto registrada generalmente aumentaría, lo que indica una menor adaptabilidad. Para el registro, la señal del micrófono generalmente se suministra a través de un filtro de banda estrecha que está sintonizado con la frecuencia del tono de sonda, para eliminar el estímulo acústico (si es ipsilateral) y el ruido. Este filtrado se puede implementar de forma analógica o digital. El filtro de banda estrecha hace que el método sea relativamente robusto frente al ruido externo. El filtro debe ser lo suficientemente ancho para seguir los cambios de admitancia lo suficientemente rápido, y lo suficientemente estrecho para obtener un filtrado de ruido suficiente.

35 Sin embargo, ciertos artefactos, como el movimiento o la deglución, crean cambios en el tono de sonda registrado que pueden ser muy similares a los causados por el reflejo acústico. Estos artefactos básicamente cambian el volumen residual del conducto auditivo, lo que da como resultado un cambio de tono de sonda del mismo orden que un reflejo. El sistema no puede separar entre reflejo y artefacto; sólo puede asumir que no existe ningún reflejo cuando no se presentó ningún estímulo. Por lo tanto, es deseable la supresión o detección de este tipo de artefactos en pruebas de reflejos para que la prueba sea más robusta y fiable. Es aquí donde se hace referencia a la presente descripción.

Breve resumen de la invención

Es un objeto de la invención mejorar o reducir uno o más de los inconvenientes de los métodos y dispositivos conocidos para medir reflejos acústicos del oído de un mamífero, p. ej. un ser humano.

Los aspectos de la invención se refieren a los dispositivos y métodos de las reivindicaciones independientes.

45 El tímpano normal tiene su resonancia a aproximadamente 1 kHz. Esto significa que a 1 kHz su movilidad es máxima. Durante el reflejo acústico, el oído medio se rigidiza, lo que hace que la resonancia se desplace hacia arriba en frecuencia. La figura 1 ilustra el efecto general. Obviamente, la frecuencia de señal de tono de sonda habitual de 226 Hz está claramente por debajo de la resonancia, y el tímpano parecería más rígido cuando el reflejo está activo. Sin embargo, una frecuencia de sonda no muy por encima de la resonancia puede presentar un comportamiento invertido, ya que la resonancia del oído medio se acerca a esta frecuencia de sonda durante el reflejo.

50 Los datos medidos reales que fundamentan la Fig. 1 se pueden encontrar en Peake WT, Rosowski JJ. (1997), pág. 1343.

55 El artefacto más habitual, causado por un movimiento mecánico, básicamente modula el volumen del conducto auditivo residual (el volumen desde la punta de la sonda hasta el tímpano). La adaptabilidad total cambiará con este cambio de volumen, pero a diferencia del reflejo, el cambio será más similar para varias frecuencias de sonda. El efecto se ilustra en la Fig.2.

La invención descrita aquí hace uso habitualmente de este efecto aplicando al menos dos tonos de sonda diferentes simultáneamente para probar el reflejo. En una configuración típica, al menos un tono estaría debajo de la frecuencia de resonancia del oído medio normal y al menos uno estaría encima. Un reflejo provocaría básicamente una disminución de la adaptabilidad a la frecuencia de sonda más baja y un aumento a la frecuencia de sonda más alta.

5 Los artefactos mecánicos, en cambio, alterarían ambos valores de adaptabilidad en la misma dirección (hacia arriba o hacia abajo). Por lo tanto, los reflejos y los artefactos se pueden distinguir entre sí, lo que permite la detección y/o supresión de artefactos.

El principio puede aplicarse tanto a la interpretación visual del reflejo como a la detección automatizada. En una configuración de interpretación visual, las curvas de diferentes tonos de sonda se pueden trazar por separado, lo que permite al operario discriminar el reflejo de los artefactos. Adicional o alternativamente, se pueden usar trazas de suma y/o diferencia, en donde las trazas de diferencia contendrían más actividad de reflejo, mientras que las trazas de suma contendrían más artefactos.

10 En una configuración automatizada, el sistema, p. ej., los métodos y aparatos típicos según las realizaciones de la invención, puede evaluar todas las trazas y, mediante reglas fijas o adaptativas, juzgar entre reflejos y artefactos. Una solución adaptativa utilizaría períodos sin estímulo en la sesión de medición para evaluar la correlación de diferentes señales de retroalimentación de tono de sonda. Los períodos sin estímulo solo contendrían artefactos, de modo que el sistema, p. ej., los métodos y aparatos típicos según las realizaciones de la invención, puede "aprender" cómo los artefactos influyen en las admitancias.

El método también se puede aplicar para registrar reflejos acústicos de estímulos externos, como implantes de cóclea.

20 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 ilustra el cambio de admitancia con el reflejo acústico: La frecuencia de resonancia, que corresponde a un máximo de admitancia, se desplaza a frecuencias más altas. El cambio de admitancia que se puede registrar en 3 frecuencias diferentes es diferente. Los datos reales medidos se pueden encontrar en Peake WT, Rosowski JJ. (1997), pág. 1343, Fig. 5a.

25 La Fig. 2 ilustra el cambio de admitancia con el movimiento de la sonda (artefacto típico). El volumen residual se modula, lo que resulta en un cambio similar en la admitancia para la mayoría de las frecuencias.

La Fig. 3 ilustra un registro de 3 canales de un reflejo. Dado que las tres trazas corresponden a diferentes frecuencias de sonda, una de las cuales está por encima de la frecuencia de resonancia del oído medio, responden de manera diferente al reflejo.

30 La Fig. 4 ilustra un registro de 3 canales de artefactos de cambio de volumen. Dado que un cambio del volumen residual cambia la adaptabilidad medida de todas las frecuencias a la misma dirección, la respuesta de los tres canales es al mismo signo. Pueden ocurrir ambas direcciones (volumen más pequeño, volumen más grande).

La Fig. 5 ilustra un esquema de principio simplificado del método. Se generan tres frecuencias de sonda diferentes 1, se amplifican 2 y se presentan al altavoz 4 de la sonda auditiva 3. El micrófono 5 de la sonda auditiva registra la señal, que se amplifica y separa mediante filtros pasabanda, p. ej., filtros de banda estrecha 6, que están sintonizados a las frecuencias de sonda. La amplitud de las frecuencias de los componentes se mide 7, se elimina el desfase y se presenta 8. Los medios para desencadenar el reflejo no se muestran a efectos de simplicidad. Pueden ser acústicos en cada oído o eléctricos (p. ej., a través de un implante de cóclea).

La Fig. 6 ilustra una implementación más realista de la invención, en donde todo el procesamiento de señales se implementa digitalmente. Un procesador 11 está conectado a un convertidor D/A 12 y un convertidor A/D 16 que proporcionan tono de sonda y salida de estímulo y registro de la señal de micrófono. El procesador se puede conectar a varias interfaces 17 que pueden ser una interfaz de usuario directa, como una pantalla, un teclado, una pantalla táctil o una conexión a un ordenador para su funcionamiento. Nuevamente, no se muestran los medios para desencadenar el reflejo.

45 Descripción detallada de realizaciones de la invención

El oído medio humano y al menos algunos de los oídos medios de los mamíferos en general transforman el campo de sonido externo que ingresa al conducto auditivo en un sonido en el oído interno. Dado que el oído interno está lleno con un fluido, su impedancia acústica es diferente, básicamente hacia una presión sonora más alta y una velocidad de medio más baja. El oído medio se encarga de esto conectando una membrana de tímpano relativamente grande a un pequeño estribo, que actúa como un pistón en el oído interno. La eficiencia del oído medio alcanza su punto máximo a una frecuencia de alrededor de 1 kHz. Esta frecuencia corresponde a la resonancia principal del oído medio, por ejemplo, donde la movilidad es mayor. La movilidad se suele describir como adaptabilidad, que de hecho es la parte imaginaria de la llamada admitancia acústica. La impedancia acústica se define como p/q , la admitancia acústica como q/p , en donde p es la presión sonora y q es el flujo de volumen de sonido (volumen/tiempo).

Un músculo, llamado músculo estapedio, está conectado al hueso del estribo y, si se activa, desplaza el hueso del estribo hacia los lados. Esto reduce temporalmente la movilidad del hueso del estribo y, a su vez, del tímpano. Sin embargo, dado que el músculo rigidiza la mecánica general del oído medio, también aumenta su frecuencia de resonancia.

- 5 El músculo estapedio se activa cuando cualquiera de los oídos recibe un sonido fuerte, y se cree que es un mecanismo de protección. Se están discutiendo otras funciones. Dado que el músculo actúa de forma no voluntaria, su activación se denomina reflejo estapedial o reflejo acústico. El nivel de sonido que se necesita para excitar el reflejo estapedial se denomina umbral de reflejo acústico, también denominado en la presente memoria el umbral del reflejo acústico. Según algunas realizaciones, que pueden combinarse con otras realizaciones descritas en la presente memoria, el umbral del reflejo acústico puede ser de 50 dB HL o superior, tal como 70 dB HL o superior.

En audiometría, el reflejo acústico se puede utilizar para mediciones objetivas, ya que el sujeto bajo prueba no tiene que responder voluntariamente al examinador. Esto hace posible esta prueba en sujetos dormidos, p. ej., niños pequeños, o durante una cirugía. También se puede utilizar en contexto con dispositivos auditivos implantables, tales como implantes de cóclea, que estimulan eléctricamente el oído interno.

- 15 El método estándar para registrar el reflejo estapedial es aplicar un tono de baja frecuencia de nivel moderado, típicamente de 226 Hz, en el conducto auditivo a través de una sonda. El nivel del tono de sonda debe estar bien por debajo del umbral de reflejo. La sonda se inserta en el conducto auditivo. La sonda también contiene un micrófono que registra la señal de 226 Hz. A continuación, se aplica un estímulo en el mismo oído ("ipsilateral") o en el oído opuesto ("contralateral"). Se puede usar un altavoz separado para esto. El componente de 226 Hz en la señal de micrófono cambiará levemente de nivel y/o fase mientras el reflejo estapedial está presente y rigidiza temporalmente el tímpano. Según realizaciones de la presente descripción, los medios para la presentación de un estímulo pueden ser un altavoz, como el altavoz para el tono de sonda, o un altavoz separado, o pueden ser un electrodo configurado para suministrar un estímulo eléctrico.

- 25 Por lo general, los instrumentos que registran el reflejo acústico se combinan en los llamados timpanómetros. La timpanometría mide la movilidad del tímpano en función de la presión de aire estática externa y es un método de diagnóstico para el oído medio. El método para detectar el cambio en la movilidad a través de un tono de sonda está estrechamente relacionado con una prueba de reflejo acústico, por lo que a menudo se combinan los métodos. Si la bomba de timpanometría está disponible en el sistema reflejo, la aplicación de una presión estática a un valor en el que la movilidad del tímpano es máxima puede mejorar la fiabilidad de la prueba de reflejo. Por lo tanto, antes de la prueba de reflejo, a menudo se ejecuta la timpanometría para determinar esta presión de máxima adaptabilidad.

- 30 En timpanometría, a menudo se usan frecuencias alternativas que se pueden usar en lugar de los 226 Hz estándar, tal como 1 kHz. Un enfoque alternativo ("timpanometría de banda ancha", Liu y col., 2008) utiliza chasquidos de banda ancha para calcular la admitancia en una banda de frecuencia amplia en función de la presión estática. Freeney M., Keefe D. H. (1999) proponen un enfoque similar. Sin embargo, la tasa de repetición del chasquido es algo limitada, su nivel de sonido debe ser bastante alto y se necesita un promedio para lograr una relación señal/ruido (SNR) suficiente. Esto significa que la señal de detección corre el riesgo de provocar el reflejo por sí misma.

- 35 La frecuencia estándar de 226 Hz en las pruebas de timpanometría y reflejo se selecciona históricamente debido a una relación entre la admitancia acústica y el volumen acústico efectivo: a 226 Hz, el volumen acústico en cm³ y la adaptabilidad acústica son numéricamente equivalentes. La frecuencia de 226 Hz está por debajo de la resonancia del oído medio. El sistema del oído medio actúa como un sistema de resorte y masa. A frecuencias por debajo de la resonancia, actúa principalmente como un resorte, y el reflejo rigidizará este resorte.

- 40 Dado que el reflejo estapedial desplazará la resonancia del oído medio hacia frecuencias más altas, la adaptabilidad a una frecuencia de sonda más alta, donde el oído medio actúa principalmente como una masa, también puede aumentar durante el reflejo. Por lo tanto, el uso de un tono de sonda por encima de la resonancia del oído medio da como resultado un comportamiento invertido del cambio de adaptabilidad durante el reflejo. Esto se ilustra en la Fig. 1.

- 45 Dado que el cambio en la señal de micrófono debido al reflejo acústico es pequeño, la medición puede verse fácilmente alterada por artefactos. Un artefacto obvio es el ruido externo que puede interferir con el registro del tono de sonda. Esto se puede gestionar bastante bien usando un filtro de banda estrecha para la señal de micrófono. En implementaciones del estado de la técnica, este filtrado se implementa digitalmente. Este registro de banda estrecha permite niveles de tono de sonda muy moderados, en contraste con los enfoques de banda ancha.

- 50 Otro tipo de artefacto incluye cualquier movimiento de la posición de la sonda dentro del conducto auditivo. Tal movimiento cambiará el volumen residual entre la sonda y el tímpano. Dado que el volumen residual contribuye a la adaptabilidad general que la sonda mide, un cambio puede ser confundido fácilmente con un reflejo. Un artefacto similar ocurre si el sujeto bajo prueba traga o bosteza.

- 55 Como consecuencia, un examinador experimentado o alguien que sea consciente de los artefactos puede tender a aumentar los niveles de estímulo bien por encima del umbral hasta que se registre un reflejo claro. Entonces, el umbral se sobrestimaría. También puede ser necesario repetir pruebas de estímulos específicos hasta que se logren registros sin artefactos, prolongando así el tiempo total de exploración.

Un artefacto como el descrito anteriormente modulará el volumen residual. Por lo tanto, se puede esperar que el cambio de adaptabilidad durante el artefacto sea similar para varias frecuencias de sonda. En cambio, el reflejo acústico, dado que cambia la resonancia del oído medio, actuará de manera diferente para diferentes frecuencias de sonda.

5 La presente invención usa típicamente este comportamiento diferente para la supresión de artefactos. Las realizaciones típicas de la invención presentan más de una frecuencia de tono de sonda simultáneamente y las registran todas. Las diferentes frecuencias de sonda se pueden separar a través de filtros dedicados de banda estrecha de la señal de micrófono común, de modo que se puede derivar más de un valor de adaptabilidad simultáneamente en cualquier momento. El volumen general de los tonos aún puede mantenerse lo suficientemente moderado como para evitar que se desencadene el reflejo.

10 Según algunas realizaciones, se pueden usar frecuencias distintas para uno o más tonos de sonda. Según implementaciones con un ruido de banda ancha y transformación de Fourier de la medición, es posible reducir el volumen general, ya que se puede obtener una buena relación señal/ruido con un volumen reducido. Por ejemplo, la relación señal/ruido puede mejorarse mediante filtros que tengan un ancho de banda de 30 Hz o inferior, p. ej., aproximadamente 10 Hz.

15 Si, por ejemplo, se utilizan frecuencias de 226 Hz, 678 Hz, 1356 Hz (1, 3, 7 veces 226 Hz), la adaptabilidad a 226 Hz disminuiría, la adaptabilidad a 678 Hz no cambiaría mucho y la adaptabilidad a 1356 Hz aumentaría durante el reflejo acústico. En cambio, la adaptabilidad medida en todas las frecuencias aumentaría si la sonda se mueve hacia fuera o disminuiría si se mueve hacia dentro del conducto auditivo, debido a un mero cambio de volumen residual. Incluso si el cambio de adaptabilidad no cambia el signo para dos frecuencias diferentes, el cambio de adaptabilidad tendrá un aumento o disminución diferente, respectivamente, lo que permitirá separar la señal de medición de un artefacto.

20 Por lo tanto, el sistema de prueba o las realizaciones típicas pueden separar artefactos y reflejos en los datos de respuesta. Esta separación puede ser realizada por el examinador, que observa, por ejemplo, tres trazas en lugar de solo una, sabiendo cómo se ven la respuesta de reflejo y la respuesta de artefacto. Por lo general, los datos se evalúan automáticamente y se muestra al examinador una señal de reflejo sin artefactos derivada. Tal evaluación puede contener el cálculo de diferencias de trazas de adaptabilidad, métodos de correlación, etc. Las realizaciones típicas también pueden hacer uso de las fases de las señales registradas. Una implementación preferida pondera las trazas registradas con factores (algunos de los cuales son negativos), que se seleccionan para dar como resultado una traza de respuesta de reflejo sin artefactos.

25 Un aparato que implementa métodos típicos como se describe en la presente memoria típicamente contendría un procesador y una conversión digital-analógica y analógica-digital. Toda la generación y registro de señales se implementa normalmente de forma digital. Los filtros se implementarían típicamente usando detección de cuadratura, lo que permite un registro con bloqueo de fase. En una implementación de este tipo, el número de tonos de sonda que se utilizan simultáneamente solo está limitado por el nivel de sonido general que producen, que debe estar por debajo del umbral de reflejo, y la potencia de procesamiento del sistema digital. Una implementación típica usaría al menos tres tonos de sonda.

30 La configuración de los tonos de sonda (número y frecuencias) se puede configurar para, por ejemplo, gestionar de manera óptima el oído medio de diferentes grupos de edad o trastornos del oído medio. Dichos factores para derivar una señal libre de artefactos también podrían ser ajustables o incluso "aprendidos" automáticamente por el sistema durante fases sin estímulo.

35 Normalmente, los medios para la evaluación de los tonos de sonda registrados se adaptan para evaluar la fase de los tonos registrados para separar el reflejo de la respuesta de artefacto. Con realizaciones típicas, una generación de señales y/o análisis de señales se implementa digitalmente. Por lo general, se usa una bomba timpanométrica para permitir una prueba de reflejos bajo presión estática. Los métodos y aparatos típicos seleccionan automáticamente frecuencias y/o niveles de estímulo y encuentran automáticamente el umbral de reflejo del sujeto basándose en las frecuencias y/o niveles de estímulo seleccionados automáticamente.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para medir el reflejo acústico que presenta y registra al menos dos tonos de sonda de diferentes frecuencias simultáneamente en un conducto auditivo de un humano, que comprende
- 5 a) una sonda (3) con al menos un altavoz (4) y al menos un micrófono (5), adaptada para su disposición en un conducto auditivo de un humano;
- b) medios para la generación y presentación de señales a través de dicho al menos un altavoz (4) de al menos dos tonos de sonda de diferentes frecuencias simultáneamente;
- c) medios para volver a registrar dichos al menos dos tonos de sonda a través de dicho al menos un micrófono (5) y filtros pasabanda sintonizados con las frecuencias de la sonda; y
- 10 d) medios para la evaluación de dichos tonos de sonda registrados para amplitudes y/o fases para detectar un reflejo acústico y/o artefactos, en donde los medios para la evaluación, un procesador y medios para la conversión digital-analógica y medios para la conversión analógica-digital realizan generación, registro y evaluación de señales del método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18.
2. Aparato según la reivindicación 1, que proporciona medios para la presentación de un estímulo, ipsilateral o contralateral o ambos, para desencadenar el reflejo acústico.
- 15 3. Aparato según la reivindicación 1 o 2, que proporciona una interfaz para un desencadenador externo para permitir la detección del reflejo acústico de estimulación externa.
4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, con medios para mostrar la adaptabilidad derivada de los tonos de sonda registrados y/o otras características de esas señales gráficamente para inspección visual.
- 20 5. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios para la evaluación están adaptados para detectar automáticamente el reflejo acústico usando dos o más de las señales de tono de sonda registradas simultáneamente.
6. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios para la evaluación están adaptados para detectar o suprimir automáticamente artefactos utilizando dos o más de las señales de tono de sonda registradas.
- 25 7. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios para la evaluación están adaptados para adaptar automáticamente parámetros de supresión de artefactos durante fases sin estímulo.
8. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye una bomba timpanométrica para permitir pruebas de reflejo bajo presión estática.
- 30 9. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios para la evaluación están adaptados para seleccionar automáticamente frecuencias y/o niveles de estímulo para encontrar automáticamente un umbral del reflejo acústico.
10. Método para medir el reflejo acústico que presenta y registra al menos dos tonos de sonda de diferentes frecuencias simultáneamente, que comprende
- 35 disponer una sonda con al menos un altavoz en un conducto auditivo de un humano;
- generación y presentación de señales a través del al menos un altavoz (4) de al menos dos tonos de sonda de diferentes frecuencias simultáneamente;
- 40 volver a registrar dichos al menos dos tonos de sonda influenciados en amplitudes y/o fases por una adaptabilidad del tímpano del conducto auditivo a través de al menos un micrófono (5) y filtros pasabanda sintonizados con las frecuencias de sonda; y
- evaluación de dichos tonos de sonda registrados para amplitudes y/o fases para detectar un reflejo acústico y/o artefactos.
11. Método según la reivindicación 10, que comprende una presentación de un estímulo, ipsilateral o contralateral o ambos, para desencadenar el reflejo acústico.
- 45 12. Método según la reivindicación 10 o 11, que proporciona un desencadenador externo para permitir la detección del reflejo acústico de estimulación externa.
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende mostrar la adaptabilidad derivada de los tonos de sonda registrados y/o otras características de esas señales gráficamente para inspección visual.

14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende detectar automáticamente el reflejo acústico usando dos o más de las señales de tono de sonda registradas simultáneamente.
15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, que comprende detectar o suprimir automáticamente artefactos utilizando dos o más de las señales de tono de sonda registradas.
- 5 16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, que comprende adaptar automáticamente parámetros de supresión de artefactos durante fases sin estímulo.
17. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, que comprende pruebas de reflejo bajo presión estática.
- 10 18. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, que comprende seleccionar automáticamente frecuencias y/o niveles de estímulo para encontrar automáticamente un umbral del reflejo acústico.

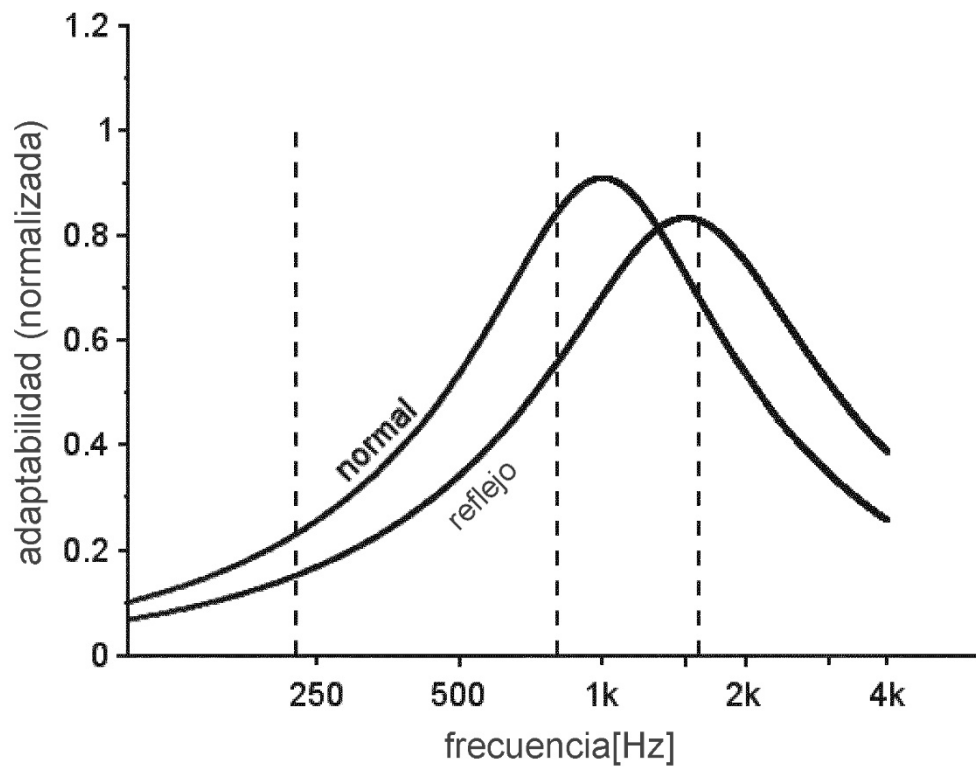


Fig. 1

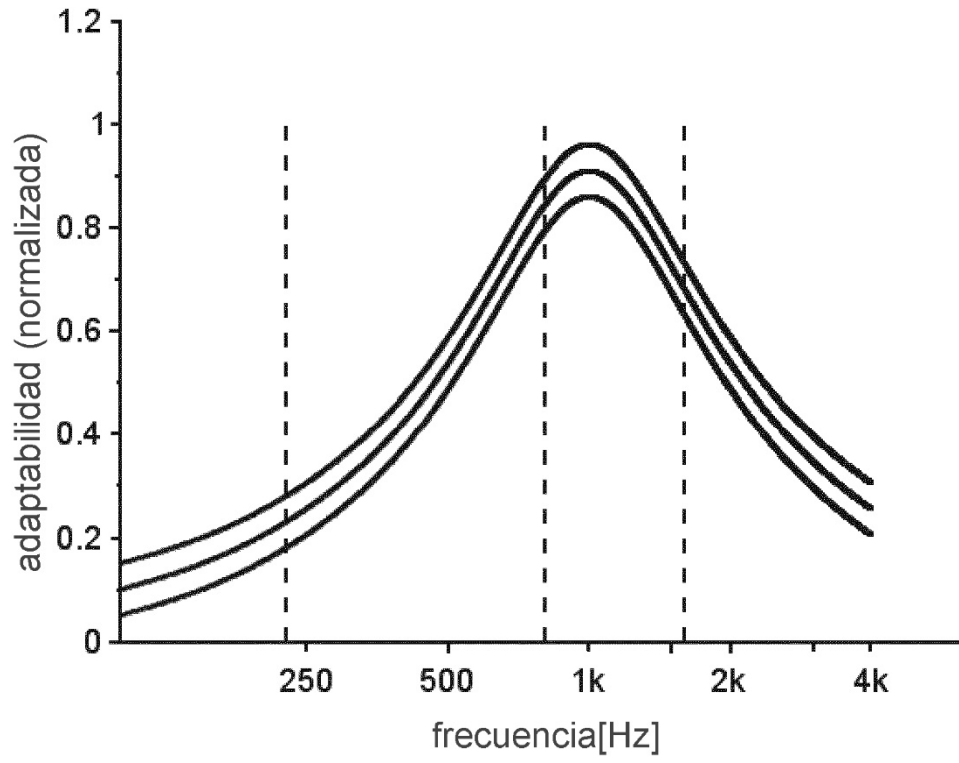


Fig. 2

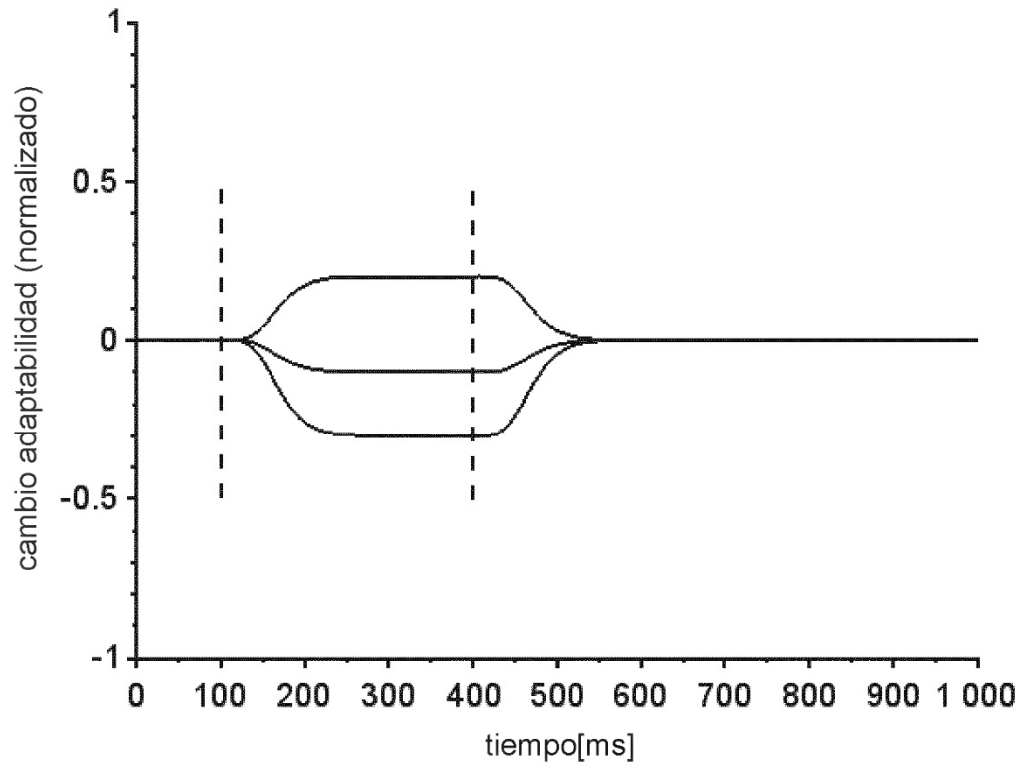


Fig. 3

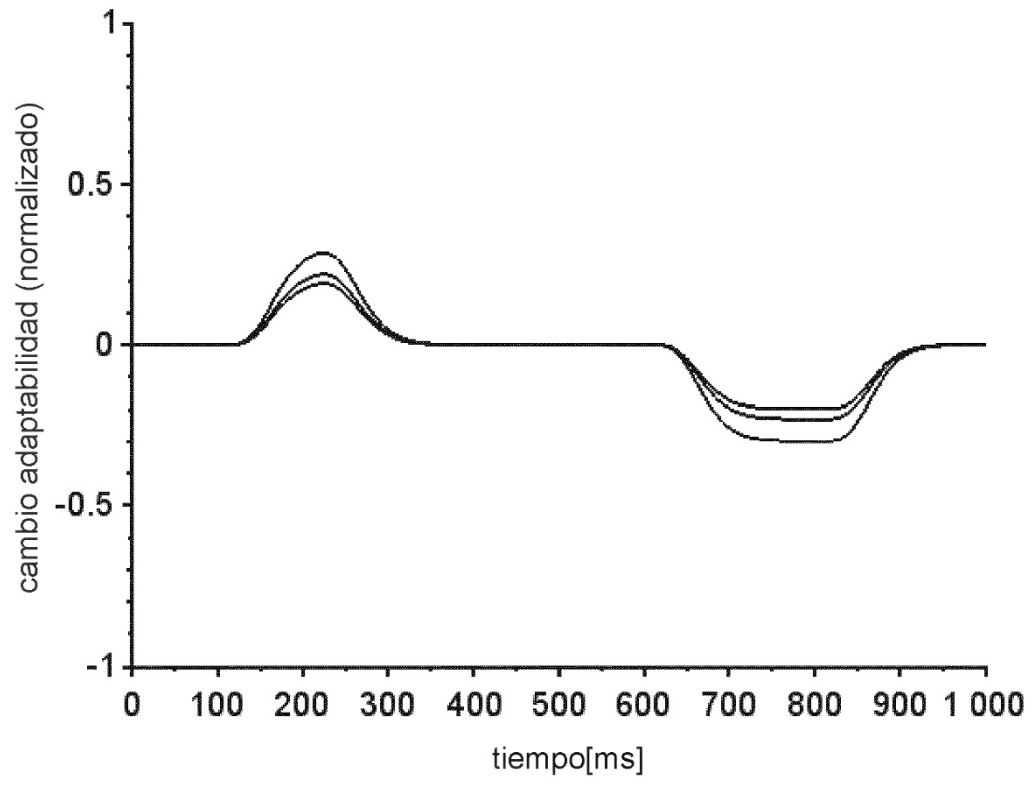


Fig. 4

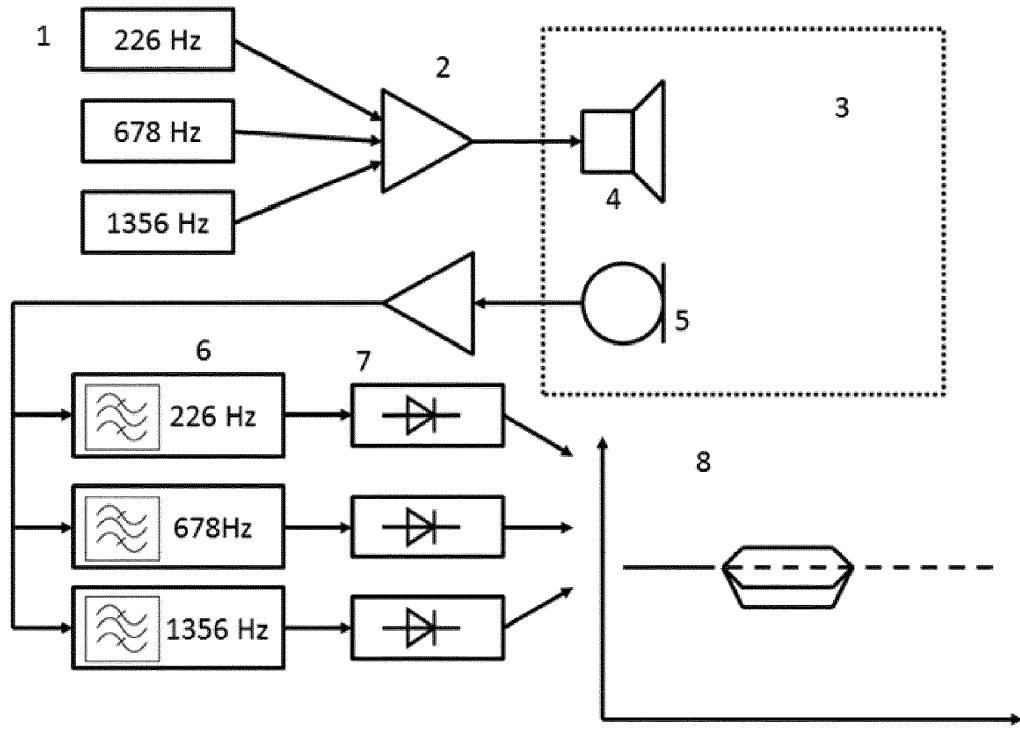


Fig. 5

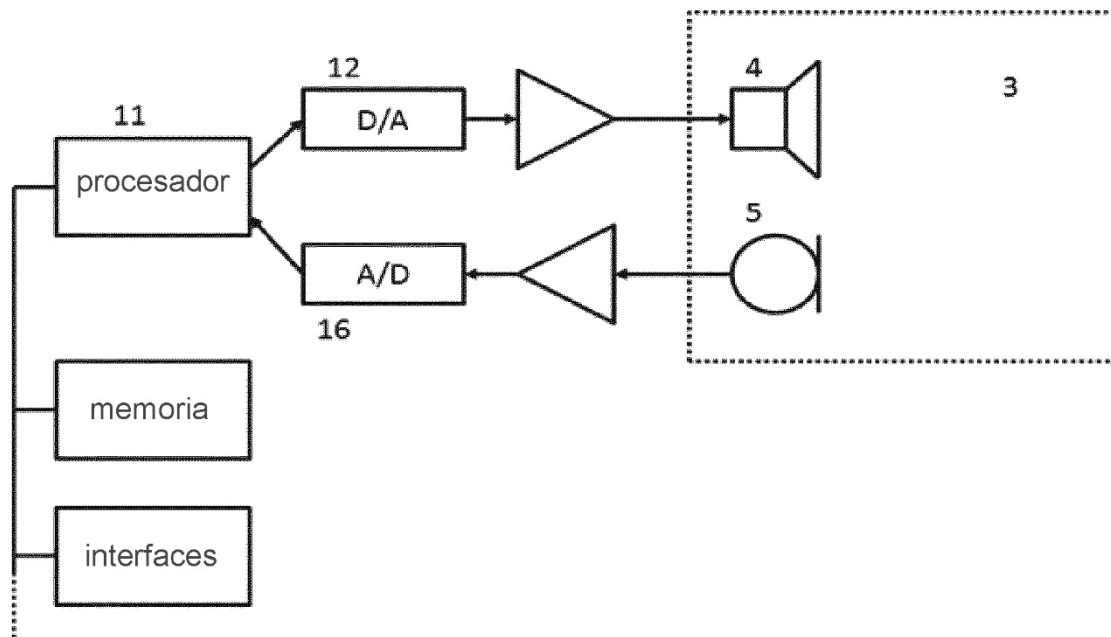


Fig. 6