

**MÉTODO AUDIOLÓGICO PARA EL CONTROL DEL TINNITUS,
IMPLEMENTANDO UN SOFTWARE Y UN PROTOCOLO DE TRATAMIENTO DE
SONIDO CONDICIONADO Y DE ESTIMULACIÓN ACÚSTICA DIRIGIDA.**

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención está relacionada con el campo de los procedimientos para mejorar la recepción auditiva mediante estímulos que detectan la presencia de tinnutus mediante el control de estímulos acústicos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El tinnitus es la percepción sonora a nivel central de un sonido permanente en ausencia de un sonido externo. El tinnitus puede surgir de cambios patológicos a lo largo de toda la vía auditiva. En la mayoría de los casos, el tinnitus se desarrolla como consecuencia de lesiones cocleares como la pérdida auditiva, hipoacusias súbitas, traumas acústicos por exposición a ruido, presbiacusia o por medicamentos tóxicos para el oído o también se puede generar por cambios anormales en el nervio auditivo, por ejemplo compresión microvascular o schwannoma vestibular.

La mayoría de las personas que sufren tinnitus experimentan varios efectos secundarios, entre los que se incluyen problemas psicológicos, físicos y sociales. Algunas personas pueden experimentar también estrés, cansancio, problemas emocionales y depresión.

En el mundo hay muchas personas que padecen de tinnitus. El tinnitus es más común de lo que se cree, siempre consulte con un profesional especialista en oído. El tinnitus puede afectar la vida diaria en múltiples aspectos como la generación de insomnio, dificultad para la concentración o para escuchar una conversación, trastornos de ansiedad y depresión, por lo que se ha asociado con una disminución en la calidad de vida y afectación psicosocial.

A pesar de que existen diferentes tipos de tratamiento para pacientes con tinnitus, como el uso de estímulos supraumbrales para enmascarar el tinnitus, medicamentos para tratar la ansiedad o el insomnio, terapias de relajación, terapia cognitiva comportamental, entre otros, no existe tratamiento que permita tratar la causa de la generación del mismo.

En el estado de la técnica se conocen diversos procedimientos para detectar frecuencias audibles en pacientes con diagnóstico de tinnutut. El estudio de 2019 denominado “*Automated Smartphone Audiometry: A Preliminary Validation of a Bone-Conduction Threshold Test App*¹”, presenta una aplicación para móviles denominada EarBone, que genera una prueba automatizada para determinar los mejores umbrales de conducción ósea de tonos puros de la cóclea por medio de un teléfono inteligente que maneja un oscilador óseo de grado profesional. Las conclusiones del estudio mostraron que los mejores umbrales de conducción ósea de la cóclea determinados por la aplicación de audiometría automática para teléfonos inteligentes EarBone se aproximan a los determinados por un audiólogo. De igual forma, el estudio de 2015 “*Ecological momentary assessment of tinnitus using smartphone technology: A pilot study*²”, tiene como objetivo explorar la viabilidad de las evaluaciones momentáneas ecológicas (EMA) como una herramienta para evaluar con mayor precisión el nivel de molestia del tinnitus. Se realizaron estudios con 20 participantes que tenían tinnitus molesto de moderado a grave y contaban con un dispositivo de teléfono inteligente, en donde debían realizar encuestas relativas a la condición de tinnitus, que registraban su nivel de molestia por tinnitus y su nivel de estrés. Los resultados concluyeron que los pacientes con tinnitus molestos utilizarían teléfonos inteligentes como parte de EMA para mejorar su diagnóstico y tratamiento.

También se encuentran solicitudes de patente relacionadas. La patente americana US2020375508, describe un dispositivo para determinar la frecuencia de un tono dominante de un tinnitus percibido por un paciente. Un generador de tonos reproduce

¹ <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0003489419828770>

² <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25676150/>

tonos, una unidad de entrada recibe evaluaciones de pacientes y un controlador realiza una medición de similitud y una comparación de pares de tonos. El controlador controla el generador de tonos para la medición de similitud para generar tonos sucesivos y, después de reproducir un tono respectivo, recibe la evaluación del

5 paciente con respecto a la similitud del tono con el tono dominante del tinnitus. El controlador también controla el generador de tonos para la comparación de pares de tonos para reproducir pares de tonos sucesivos y, después de reproducir un par respectivo, recibe la evaluación del paciente sobre qué tono del par es más similar al al menos un tono dominante. del tinnitus. Usando los resultados, se puede determinar

10 la frecuencia más similar a la frecuencia del tono dominante del tinnitus. Esta invención, sin embargo, no genera una confianza en cuanto a la recisión de los resultados determinados.

De manera similar, la patente americana US2017143550 divulga un método para

15 tratar el tinnitus que comprende medir la audición de un paciente, determinar la pérdida auditiva del paciente y la frecuencia del tinnitus del paciente utilizando las mediciones de la audición del paciente, programar un controlador clínico con las mediciones de la audición del paciente, seleccionar una pluralidad de tonos terapéuticos, donde los tonos terapéuticos se seleccionan para que estén al menos

20 media octava por encima o por debajo de la frecuencia del tinnitus del paciente, configurando un volumen apropiado para cada uno de la pluralidad de tonos, reproduciendo repetidamente cada uno de la pluralidad de tonos terapéuticos y emparejando un pulso de estimulación del nervio vago entrenar con cada reproducción de un tono terapéutico, reduciendo así la percepción del tinnitus por

25 parte del paciente.

De acuerdo con lo anterior, se ha creado una necesidad de proporcionar un método para la detección de frecuencias del tinnuitus en pacientes que genere una gran precisión para encontrar la frecuencias audibles de cada paciente.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCION

La tecnología presenta un describe el diseño de un método audiológico para el control de TINNITUS, implementando un software y un protocolo de tratamiento de sonido condicionado y de estimulación acústica dirigida.

La tecnología desarrollada se fundamenta en el acondicionamiento acústico, la cual requiere la realización de una **microaudiometría** con el fin de detectar las deflexiones negativas y definir el intervalo de frecuencias en las que se generará el estímulo

acústico. En el método, inicialmente se evalúan las características espectrales subjetivas de percepción (lateralidad, intensidad y frecuencia del tinnitus reportadas por el usuario) y usa la ilustración en medio digital de la cóclea con los diversos tonos (tono puro, tono de banda estrecha y tono mixto) que se generan en el rango de frecuencias específicas de 250 a 12 000 Hz, con el rango de intensidad de 0 a 84 decibelios relativos (dBr).

Posteriormente se implementa un generador de estímulos; en este caso un software capaz de generar estímulos entre 250-12 000 Hz a una intensidad máxima de 84 decibelios (dB). Su funcionamiento está justificado en la búsqueda de las áreas específicas en la cóclea, basados en las frecuencias más afectadas en la **microaudiometría**, para generar una estimulación infraumbral dirigida hacia las células ciliadas externas de esta zona. Mediante la estimulación específica, se busca tener los efectos de restauración y elevación de la función de las células ciliadas externas, al evitar o modificar la reorganización de los mapas tonotópicos.

Entre las variantes del método de estimulación acústica se encuentra la estimulación acústica dirigida o acondicionamiento acústico, que busca prevenir la reorganización del mapa tonotópico y, de este modo, generar protección del sistema auditivo. Se basa en la estimulación de las frecuencias en la región correspondiente a la hipoacusia con el fin de compensar la disminución de la cantidad de descargas del nervio auditivo en estas zonas y, por tanto, prevenir la cascada de cambios a nivel central que normalmente produciría la reorganización del mapa cortical tonotópico.

Esos y otros objetivos de la presente invención serán ampliamente explicados y puntualizados en las figuras y la descripción detallada a continuación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

- El tinnitus afecta entre un 10 %-20 % de la población general y para millones de personas es lo suficientemente grave como para interferir con sus actividades diarias. Se conoce la relación entre la hipoacusia neurosensorial y el riesgo de desarrollo de tinnitus; sin embargo, el tinnitus puede estar presente independientemente del grado de pérdida auditiva.
- El daño coclear de cualquier tipo, en caso de ser lo suficientemente intenso y extenso, conlleva a una reorganización del mapa cortical tonotópico. Esto quiere decir que las neuronas con una frecuencia característica dentro de la banda de frecuencia de la hipoacusia adquieren frecuencias características que corresponden a las frecuencias en los límites de la hipoacusia, debido a un aumento en la sensibilidad por las regiones vecinas, por lo que esta frecuencia, en el límite de la hipoacusia, se convierte en una frecuencia sobrerrepresentada a nivel central (más neuronas de lo normal son sensibles a esta frecuencia). Esta reorganización central es la causante del tinnitus.
- El tinnitus usualmente acompaña las hipoacusias neurosensoriales de frecuencias agudas y se ha considerado consecuencia de los cambios a nivel nervioso central consecutivos a una hipoacusia, y que a la larga estos cambios centrales pueden estar asociados con patrones aberrantes de descargas espontáneas interpretadas como sonidos reales.
- Entonces, se describe que la presencia de estos patrones de descarga causan una disminución en el impulso excitatorio, que en consecuencia genera una disminución en la inhibición central. Esta disminución en la inhibición central puede inducir un desenmascaramiento de conexiones excitatorias latentes llevando a la producción de nuevas res-puestas. La reorganización del mapa tonotópico posterior a una hipoacusia es la consecuencia de estos fenómenos.

Cuando la lesión está a nivel coclear, se puede usar acondicionamiento acústico para su tratamiento. Para ello se ha diseñado el Método audiológico para el control del

TINNITUS, implementando un software y un protocolo de tratamiento de sonido condicionado y de estimulación acústica dirigida.

5 La tecnología desarrollada se fundamenta en el acondicionamiento acústico, la cual requiere la realización de una microaudiometría con el fin de detectar las deflexiones negativas y definir el intervalo de frecuencias en las que se generará el estímulo acústico. Inicialmente se evalúan las características espectrales subjetivas de percepción (lateralidad, intensidad y frecuencia del tinnitus reportadas por el usuario) y usa la ilustración en medio digital de la cóclea con los diversos tonos (tono puro, 10 tono de banda estrecha y tono mixto) que se generan en el rango de frecuencias específicas de 250 a 12 000 Hz, con el rango de intensidad de 0 a 84 decibelios relativos (dBr).

15 La invención se basa en un método audiológico para la gestión y control del TINNITUS, implementando un software especializado a través del cual se generan estímulos acústicos bajo el principio de estimulación acústica pasiva, con alta precisión en la cóclea, teniendo como objetivo la búsqueda de mejora y potencialización de la funcionalidad residual del sistema auditivo a través de la elevación de propiedades tales como viscoelasticidad, electromotilidad y plasticidad 20 neuronal.

El método está fundamentado en los principios de la mecánica coclear y plasticidad auditiva en las redes tonotópicas que ascienden y descienden, este basa su funcionamiento en el principio activo de “Restauración y elevación de la 25 viscoelasticidad, electromotilidad del Órgano de Corti y de la neuro-plasticidad del sistema auditivo” por medio de la aplicación de principios como EAE (Noreña & Eggermont, (2006), Noreña, (2005) Willott & Turner, (1999) y SC, los cuales se aplican a través de la transmisión de señales de frecuencias medias moduladas (250-12.000 Hz) de alta resolución buscando modificaciones en el sistema auditivo que posibiliten 30 la mejora del síntoma haciendo que este sea menos intenso, frecuente , molesto e incapacitante para el paciente.

El método de acondicionamiento acústico se basa en que la pérdida auditiva lleva a cambios compensatorios a nivel central para mantener la actividad neural, y el tinnitus

se genera como una consecuencia a estos cambios. El método de acondicionamiento acústico puede revertir esos cambios mal adaptativos por medio en un aumento en la estimulación neural. Recurriendo al uso de estímulos acústicos de banda ancha, amplificación del lenguaje y de sonidos ambientales por medio de audífonos para
5 amplificar o proveer sonidos o música. El acondicionamiento acústico se puede generar a niveles suficientes para hacer el tinnitus inaudible (enmascarar el tinnitus) o a niveles más bajos en los que aún se puede percibir el tinnitus.

La tecnología desarrollada se fundamenta en el acondicionamiento acústico, la cual
10 requiere la realización de una microaudiometría con el fin de detectar las deflexiones negativas y definir el intervalo de frecuencias en las que se generará el estímulo acústico.

Inicialmente se evalúan las características espectrales subjetivas de percepción
15 (lateralidad, intensidad y frecuencia del tinnitus reportadas por el paciente) y usa la ilustración en medio digital de la cóclea con los diversos tonos (tono puro, tono de banda estrecha y tono mixto) que se generan en el rango de frecuencias específicas de 250 a 12 000 Hz, con el rango de intensidad de 0 a 84 decibelios relativos (dBr).

Se implementa un generador de estímulos; en este caso un software capaz de
20 generar estímulos entre 250-12 000 Hz a una intensidad máxima de 84 decibelios (dB). Su funcionamiento está justificado en la búsqueda de las áreas específicas en la cóclea, basados en las frecuencias más afectadas en la microaudio-metría, para generar una estimulación infraumbral dirigida hacia las células ciliadas externas de
25 esta zona. Mediante la estimulación específica, se busca tener los efectos de restauración y elevación de la función de las células ciliadas externas, al evitar o modificar la reorganización de los mapas tonotópicos.

Entre las variantes del método de estimulación acústica se encuentra la estimulación
30 acústica dirigida o acondicionamiento acústico, que busca prevenir la reorganización del mapa tonotópico y, de este modo, generar protección del sistema auditivo. Se basa en la estimulación de las frecuencias en la región correspondiente a la hipoacusia con el fin de compensar la disminución de la cantidad de descargas del

nervio auditivo en estas zonas y, por tanto, prevenir la cascada de cambios a nivel central que normalmente produciría la reorganización del mapa cortical tonotópico.

5 Adicionalmente, la exposición prolongada a un entorno acústicamente aumentado puede retrasar y disminuir los cambios relacionados con la edad, siempre y cuando el entorno acústico sea provisto previo al desarrollo de una hipoacusia grave. El acondicionamiento acústico puede realizarse por medio de métodos tempranos o tardíos. Por una parte, el método temprano consiste en la exposición previa a niveles moderados de sonido, los cuales reducen la hipoacusia inducida por exposición al
10 ruido. Por otra parte, el método tardío involucra el uso de un estímulo acústico posterior a la exposición a un ruido intenso que ha mostrado efectos protectores contra el trauma acústico, lo que previene la reorganización del mapa tonotópico cortical. La presente invención se trata de

15

VENTAJAS DE LA INVENCION

La invención permite la implementación de un algoritmo programable según las condiciones y estado del usuario.

RESUMEN

La tecnología desarrollada consiste en un método audiológico para el control del tinnitus implementado por ordenador, que se fundamenta en el acondicionamiento acústico, la cual requiere la realización de una microaudiometría con el fin de detectar las deflexiones negativas y definir el intervalo de frecuencias en las que se generará el estímulo acústico.

Inicialmente se evalúan las características espectrales subjetivas de percepción (lateralidad, intensidad y frecuencia del tinnitus reportadas por el usuario) y usa la ilustración en medio digital de la cóclea con los diversos tonos (tono puro, tono de banda estrecha y tono mixto) que se generan en el rango de frecuencias específicas de 250 a 12 000 Hz, con el rango de intensidad de 0 a 84 decibelios relativos (dBr).

Se implementa un generador de estímulos; en este caso un software capaz de generar estímulos entre 250-12 000 Hz a una intensidad máxima de 84 decibelios (dB). Su funcionamiento está justificado en la búsqueda de las áreas específicas en la cóclea, basados en las frecuencias más afectadas en la microaudio-metría, para generar una estimulación infraumbral dirigida hacia las células ciliadas externas de esta zona. Mediante la estimulación específica, se busca tener los efectos de restauración y elevación de la función de las células ciliadas externas, al evitar o modificar la reorganización de los mapas tonotópicos.

REIVINDICACIONES

1. Un método audiológico para la gestión y control del TINNITUS que comprende las etapas de:

- 5 Evaluar las características espectrales subjetivas de percepción (lateralidad, intensidad y frecuencia del tinnitus reportadas por el paciente);
Implementar un generador de estímulos por medio de un software;
Generar una estimulación infraumbral dirigida hacia las células ciliadas
10 externas de la cóclea para realizar una búsqueda basada en las frecuencias más afectadas en la microaudio-metría, para esta zona;
Definir los efectos de restauración y elevación de la función de las células ciliadas externas, al evitar o modificar la reorganización de los mapas tonotópicos, a partir de las frecuencias definidas;
15 Generar la protección del sistema auditivo mediante el acondicionamiento acústico, de acuerdo a las frecuencias definidas;
Caracterizado porque el software genera estímulos entre 250-12 000 Hz a una intensidad máxima de 84 decibelios (dB).
- 20 2. El método audiológico para la gestión y control del TINNITUS de la reivindicación 1 caracterizado porque la estimulación de las frecuencias se realiza en la región correspondiente a la hipoacusia con el fin de compensar la disminución de la cantidad de descargas del nervio auditivo en estas zonas.
- 25 3. El método audiológico para la gestión y control del TINNITUS de la reivindicación 1 caracterizado porque la evaluación de características espectrales se realiza mediante la exposición previa a niveles moderados de sonido, los cuales reducen la hipoacusia inducida por exposición al ruido.
- 30 4. El método audiológico para la gestión y control del TINNITUS de la reivindicación 1 caracterizado porque la evaluación de características espectrales se realiza mediante un estímulo acústico posterior a la exposición a un ruido intenso que ha

mostrado efectos protectores contra el trauma acústico, lo que previene la reorganización del mapa tonotópico cortical.

5. El método audiológico para la gestión y control del TINNITUS de la reivindicación 1 caracterizado porque el software funciona con la implementación de un algoritmo programable según las condiciones y estado del usuario.