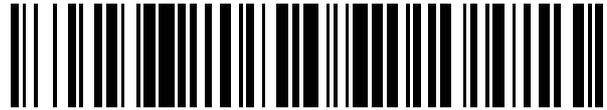


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 879**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/0482 (2006.01)

A61B 5/0484 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2008 E 08849721 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2015 EP 2211709**

54 Título: **Sistema de retroalimentación biológica potenciado por latido binaural**

30 Prioridad:

16.11.2007 US 988764 P

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

09.10.2015

73 Titular/es:

**HARDT, JAMES V. (100.0%)
1052 Rhode Island Street
San Francisco, CA 94107, US**

72 Inventor/es:

HARDT, JAMES V.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 547 879 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

Sistema de retroalimentación biológica potenciado por latido binaural

5 Campo técnico

La invención se refiere de manera general a un aparato y a un método para el seguimiento de la actividad electroencefalográfica (EEG) para la utilización en el entrenamiento de retroalimentación biológica.

10 Antecedentes de la técnica

15 La invención es una mejora y extensión del método y sistema de retroalimentación biológica del EEG para el entrenamiento del control voluntario de la actividad EEG humana tal como se proporciona en la patente US nº 4.928.704. La información de retroalimentación biológica puede utilizarse para fomentar el aprendizaje rápido del autocontrol utilizando la electroencefalografía (EEG). La invención cubierta en la patente US nº 4.928.704 comprende un aparato de retroalimentación biológica de EEG para proporcionar una retroalimentación simultánea de retardo de fase mínimo en múltiples sub-bandas de EEG filtradas de múltiples canales independientes de EEG.

20 El propósito más común de la retroalimentación biológica en general, y de la retroalimentación biológica de EEG en particular, es permitir que un individuo utilice la información de retroalimentación par aprender en un grado útil el autocontrol voluntario de un parámetro específico de retroalimentación biológica. Cada una de las sub-bandas principales del EEG (alfa, beta, delta, gamma, theta) presenta características bioeléctricas únicas que corresponden a características subjetivas únicas dentro de la experiencia del individuo. La alfa se asocia a una diversidad de estadios de vigilia que incluyen creatividad, la relajación de la mente y la conciencia interna; la beta se asocia a situaciones de vigilia de alerta con un enfoque externo, así como con estrés y ansiedad; la delta se asocia más claramente al coma y al sueño profundo, y la theta se asocia al sueño ligero y a la somnolencia. La gamma no ha recibido tanta atención investigadora pero se asocia a la precognición y al procesamiento de nivel elevado de la información. Recientemente los meditadores budistas que realizan la "meditación de compasión" mostraron grandes incrementos de la actividad gamma del EEG que se correlacionaban positivamente con el número de miles de horas de práctica de dicha meditación de compasión.

35 La utilización de la retroalimentación biológica de EEG simultánea de retardo de fase mínimo se ha encontrado que incrementa la probabilidad de beneficios psicológicos para los practicantes, incluyendo una serenidad incrementada, una comprensión más profunda y alivio de la ansiedad y la depresión. Sin embargo, algunos practicante no presentan mucha actividad de producción natural (por ejemplo una amplitud baja y una abundancia baja) en una banda particular de ondas cerebrales, tal como la alfa o la theta. Esta situación puede suponer un impedimento para la tasa de mejora del autocontrol experimentado por estos practicantes. Existe una necesidad de un método que pueda incrementar la retroalimentación biológica proporcionada por el sistema de retroalimentación biológica de EEG de una manera que sigue instantáneamente las frecuencias naturales del cerebro de energía pico en una banda o sub-banda deseada y que no impone una energía pico en una frecuencia de producción no natural. Además, la mayoría de practicantes que utilizan los sistemas de retroalimentación biológica de la técnica anterior se benefician más al centrar la atención en uno o dos canales con las amplitudes más grandes. En este contexto, los otros canales más débiles tienden a acompañar y se comportan mejor que si el practicante ha centrado su atención durante la neuroretroalimentación únicamente en los canales más débiles. De esta manera, también existe una necesidad de facilitar la capacidad de los practicantes de incrementar la actividad en los canales más débiles de una manera que evite una resonancia no natural de las frecuencias de las ondas cerebrales.

50 El documento nº US 2006/116598 se refiere a un método y aparato para equilibrar los lados izquierdo y derecho del cerebro utilizando latidos binaurales. Da a conocer un sistema de EEG para medir las señales eléctricas del cerebro izquierdo y derecho y genera un latido binaural para compensar las frecuencias de EEG desequilibradas.

La patente US nº 4.928.704 describe un método y sistema de retroalimentación positiva que procesa una pluralidad de potenciales de EEG con el fin de proporcionar datos objetivos sobre las energías cerebrales como función de la frecuencia.

55 La patente US nº 5.036.858 se refiere a un método para controlar las frecuencias de las ondas cerebrales. El método y sistema determinan una frecuencia actual de las ondas cerebrales de un usuario y generan dos frecuencias la magnitud de las cuales difiere en la misma medida que la frecuencia actual y una deseada. Se genera una salida correspondientes a las dos frecuencias.

60

Exposición de la invención

Un beneficio principal de la invención es que facilita el aprendizaje del autocontrol de la propia actividad de EEG mediante la retroalimentación biológica del EEG y mediante la retroalimentación biológica del EEG potenciada por el latido binaural. De esta manera, ayuda y permite a los practicantes aprender a controlar sus estados subjetivos mentales, emocionales y espirituales y los estadios fisiológicos subyacentes de su actividad cerebral. El objetivo de dicho autocontrol no se limita a obtener un control de los parámetros de EEG medibles, sino que va mucho más allá de la obtención de un autocontrol de los estados subjetivos mental, emocional y espiritual asociados a las sub-bandas y sub-intervalos de EEG objetivamente medibles.

La mejora y la extensión del sistema de retroalimentación biológica descritos en la patente US nº 4.928.704 es la potenciación de la retroalimentación del EEG proporcionada al practicante. Concretamente, el sistema proporciona latidos binaurales a la frecuencia de la energía pico natural producida en el cerebro en la banda o bandas del EEG sometidas a la retroalimentación biológica. Esta frecuencia de energía pico cambia dinámica de manera rápida en el cerebro de la mayoría de personas por lo que la frecuencia al que se produce la amplitud pico en un instante puede no ser la frecuencia a la que se produce la amplitud pico en el instante siguiente. Por ejemplo, alfa a 11 ciclos por segundo podría enlentecerse en un ciclo hasta alfa a 8 ciclos por segundo. Esta provisión de retroalimentación de EEG potenciada por latido binaural puede llevarse a cabo para ondas cerebrales de cualquier banda o intervalo de frecuencias cerebrales, tal como delta, theta, alfa, beta o gamma. Por ejemplo, el intervalo de frecuencias de alfa es de 8 a 13 ciclos por segundo y la actividad alfa de una persona puede ser de cualquier valor comprendido en dicho intervalo. La banda alfa de una persona no es fija en una frecuencia estable y la frecuencia fluctúa y en ocasiones cambia súbitamente, enlenteciéndose y después acelerándose nuevamente. En la presente invención, se analiza la actividad de EEG para llevar a cabo una determinación prácticamente instantánea de la frecuencia a la que se produce la energía pico en la banda de retroalimentación seleccionada, por ejemplo la banda alfa. Podrían utilizarse cualesquiera medios para determinar dicha frecuencia de la energía pico instantánea; entre los ejemplos de ella se incluyen las transformadas rápidas de Fourier (TRF) o la filtración digital de banda muy estrecha. En cuanto se ha determinado la frecuencia que presenta la energía máxima, se utiliza esta frecuencia para determinar los detalles de la potenciación por latido binaural de la retroalimentación biológica de EEG que se proporciona al practicante.

Dicho sistema de retroalimentación biológica de EEG comprende uno o una pareja de electrodos de referencia, un electrodo de tierra adecuado y una pluralidad (número=N) de electrodos de sitio cortical activos que se colocan sobre la cabeza de un practicante (o cliente o sujeto), dirigiendo las señales de salida a un número igual (N) de amplificadores de EEG. La salida de cada uno de los electrodos de sitio cortical activos se filtra en sub-bandas o sub-intervalos del EEG. Las señales filtradas pueden convertirse en indicios de respuesta aural, visual o táctil y suministrarse en tiempo real al practicante para permitir que éste responda instantáneamente a las señales de retroalimentación positiva. El sistema contempla que puedan fijarse por lo menos 16 sub-bandas de frecuencias: (1) delta lento, (2) delta rápido, (3) delta de banda ancha, (4) theta lento, (5) theta rápido, (6) theta de banda ancha, (7) alfa lento, (8) alfa intermedio, (9) alfa rápido, (10) alfa de banda ancha, (11) beta lento, (12) beta rápido, (13) beta de banda ancha, (14) gamma lento, (15) gamma rápido, (16) gamma de banda ancha. El sistema lleva a cabo con precisión la filtración de dominios de frecuencias con un retardo mínimo y con mayor exactitud y precisión, y pueden establecerse bandas de filtración más estrechas adicionales para proporcionar una resolución más fina en el dominio de frecuencias. También resulta posible generar transformadas rápidas de Fourier (TRF) con una resolución de frecuencia muy fina con el fin de proporcionar información sobre exactamente en qué frecuencia dentro de una banda de interés (delta, theta, alfa, beta o gamma) se ha alcanzado la amplitud pico o la energía pico en cualquier momento dado.

En el momento en que la frecuencia de la energía pico en la banda alfa (u otra banda o bandas de interés) cambie, se detecta la nueva frecuencia, se analiza y se utiliza para determinar la frecuencia que recibiría la potenciación por latido binaural del entrenamiento de retroalimentación de EEG actualmente en ejecución. También resulta posible utilizar la retroalimentación de EEG potenciada por latido binaural para potenciar instantáneamente frecuencias diferentes de la frecuencia a la que se está produciendo la energía pico. Puede ocurrir que tras cierto periodo de medición (una línea base) con o sin retroalimentación de EEG, pueda identificarse una frecuencia, dentro de la banda de EEG de interés, que, durante el tiempo, presente la energía o amplitud media más elevada. A continuación podría seleccionarse esta frecuencia como la frecuencia que recibirá la potenciación por latido binaural en el procedimiento de neuroretroalimentación. Además de dicho método alternativo de determinación de la frecuencia para recibir la potenciación por latido binaural del procedimiento de retroalimentación biológica, también pueden utilizarse otros métodos útiles, tales como la selección de la frecuencia con la cantidad detectable más baja de energía o amplitud. Lo anterior podría ser la energía media más baja o la energía detectable más baja en cualquier momento dado. También podría utilizarse el análisis estadístico de la distribución de energías en la banda o rango de frecuencias de interés para seleccionar las frecuencias para la utilización en la potenciación por latido binaural de la retroalimentación biológica, y entre ellas podrían incluirse, aunque sin limitarse a ellas, el centroide del diagrama de frecuencias x amplitudes o la media o mediana de las frecuencias observadas que seguidamente se ponderan, o no se ponderan, según amplitud, energía o abundancia temporal.

El procedimiento de resonancia de EEG por latido binaural se produce cuando dos tonos portadores de frecuencias prácticamente idénticas se presentan uno a cada oído y el cerebro detecta una diferencia de frecuencia entre dichos dos tonos. Al proporcionar los dos tonos portadores a una persona mediante auriculares estereofónicos (o menos idealmente auriculares muy próximos a cada oído), el cerebro procesará las dos señales y producirá la sensación de un tercer sonido denominado latido binaural, que presenta una frecuencia igual a la diferencia entre las frecuencias de los dos tonos portadores. Por ejemplo, un tono de 300 Hz en un oído y un tono de 310 Hz en el otro oído produce un latido binaural de 10 Hz. Los latidos binaurales pueden ser detectados por el ser humano en el caso de que los tonos portadores sean de menos de aproximadamente 1.000 ciclos por segundo y pueden generarse fácilmente a las frecuencias bajas características del espectro de EEG (por ejemplo menos de 100 ciclos por segundo).

Los latidos binaurales se han asociado a una respuesta de resonancia de la frecuencia de EEG en el cerebro en la que el periodo de una onda cerebral particular corresponderá a la frecuencia fundamental del estímulo. En otras palabras, la provisión de tonos portadores para inducir la percepción de latidos binaurales puede resultar en resonancia en la que la actividad de las ondas cerebrales es conducida a un estado predeterminado, es decir, la frecuencia a la que se está produciendo el latido binaural. De esta manera, proporcionar frecuencias de latido binaural al cerebro puede ser una forma de control externo que puede estimular la producción de ondas cerebrales que no son producidas naturalmente en el cerebro o por lo menos no en el cerebro en ese momento. Podrían existir ciertas contraindicaciones a ello, tal como sugiere Vivekananda en su obra de 1931 "Raja Yoga". En esta obra, Vivekananda afirma que "es preferible que una raza siga siendo malvada que convertirla artificialmente en buena mediante la imposición mórbida de un control externo" (pág. xx). De esta manera, podrían existir cuestiones éticas relacionadas con la resonancia de la actividad de las ondas cerebrales que podrían considerarse una forma de "control externo". Sin embargo, mediante la filtración de la señal del EEG para determinar la frecuencia a la que se produce la energía pico de la persona en cada momento, podría ajustarse la frecuencia del latido binaural para seguir de manera precisa, momento a momento, las frecuencias naturales del cerebro de la energía pico, u otras frecuencias de ondas cerebrales existentes en el cerebro, y de esta manera puede utilizarse para potenciar la retroalimentación biológica proporcionada por el sistema de retroalimentación biológica del EEG. Utilizada en esta forma, la potenciación proporcionada por las frecuencias de latido binaural no inducirán la producción de ondas cerebrales que no sean naturales. De esta manera, lo anterior podría ser un uso más ético (y más eficaz) de la tecnología de latido binaural en el aspecto de que sería una neuroretroalimentación potenciada por latido binaural que podría evitar eficazmente algunos de los problemas del tipo de intervenciones contra las que advierte Vivekananda. Toda la potenciación de la actividad de EEG producida por el procedimiento de latido binaural será de actividad de EEG que se produce de manera natural en el cerebro en ese momento, o que se ha producido recientemente con amplitudes detectables. En efecto, la actividad de EEG que se potencia con latidos binaurales en la implementación preferente es aquella actividad de EEG que es, en cada momento, la actividad de EEG de energía pico. Esta metodología de latido binaural podría percibirse como más orgánicas o más en armonía con la ecología natural de los patrones de frecuencias naturales propios del cerebro. Lo anterior podría significar que la influencia del latido binaural resultaría más eficaz, ya que la frecuencia o frecuencias que son potenciadas por el componente de latido binaural de la presente invención ya es/son una frecuencia o grupo de frecuencias de ondas cerebrales de origen natural. El sistema de retroalimentación de EEG potenciado por latido binaural permite al practicante incrementar la producción de la actividad de ondas cerebrales deseada y objetivo mediante dos procedimientos simultáneamente. Un procedimiento es el natural del cerebro que responde a señales de retroalimentación de EEG en una o más modalidades sensoriales, incrementando el cerebro la amplitud y abundancia temporal de la frecuencia o frecuencias de EEG deseadas y objetivo, y el segundo procedimiento es la potenciación con latido binaural de la actividad cerebral que se produce a la frecuencia de EEG que se sigue y empareja, en cada momento, con la frecuencia o frecuencias de los latidos binaurales. Y las frecuencias de latido binaural se proporcionan únicamente en las frecuencias naturales seleccionadas del cerebro, tales como, por ejemplo, las frecuencias cerebrales naturales que presentan la energía pico en cada momento. De esta manera, la retroalimentación biológica potenciada por latido binaural puede resultar útil en diversas aplicaciones, incluyendo aquellas en las que las personas no presentan mucha actividad natural (por ejemplo una baja amplitud y una baja abundancia) en una onda cerebral particular, tal como alfa o theta, y para enseñar a las personas con amplitudes muy grandes de patrones de onda cerebral deseadas a desarrollar amplitudes todavía mayores y abundancias más grandes de sus patrones de onda cerebral más deseados.

Los medios preferentes para proporcionar retroalimentación biológica de EEG potenciada por latido binaural son mediante la producción de dos tonos en los lados respectivos de un juego de auriculares estereofónicos llevados por un practicante. Sin embargo, podría utilizarse cualquier disposición en la que se sitúe un altavoz próximo a cada oído. El tono de retroalimentación principal para la retroalimentación biológica de EEG auditiva en un sitio dado de la cabeza o en un juego de sitios de la cabeza sería un tono de los dos tonos que se proporcionaría en un lado del juego de auriculares estereofónicos. Se modula la amplitud de dicho tono principal para realizar un seguimiento de la envolvente de la actividad de EEG, que es el objetivo o el practicante de la retroalimentación del EEG. En un lado sólo del juego de auriculares estereofónicos, dicho tono principal de retroalimentación se modularía convenientemente su amplitud para realizar un seguimiento proporcional de la envolvente de uno de los tipos de

actividad de EEG filtrada que es el objetivo de en tratamiento de la retroalimentación de EEG. La frecuencia del tono idealmente sería inferior a 1.000 Hz. El otro tono que proporcionaría la segunda frecuencia necesaria para proporcionar la resolución de latido binaural de la frecuencia alfa pico del practicante (u otra frecuencia de elección), se proporcionaría únicamente al otro lado del juego de auriculares estereofónico y puede presentar un volumen muy inferior y no es necesario que esté relacionado con la amplitud de la actividad de EEG continua. Este segundo tono podría ser bastante discreto (muy bajo) y sin embargo participar de todos modos de manera eficaz en la resonancia de la frecuencia de la persona de amplitud pico o alguna otra frecuencia de un patrón de ondas cerebrales deseado. En general, un tono secundario de volumen elevado no ayudará a la percepción por parte del practicante y puede convertirse en una distracción importante respecto al tono de retroalimentación principal. Aunque no existen dificultades técnicas asociadas a un tono secundario de volumen elevado o de volumen más elevado que el del tono primario, estas condiciones entorpecerían el procedimiento de retroalimentación biológica porque el tono secundario no participa en las variaciones de amplitud del EEG y/o de frecuencia del EEG que son el núcleo del procedimiento de neuroretroalimentación contemplado por la realización preferente. Además, en el caso de que el tono secundario presentase un volumen excesivamente alto, sus variaciones de frecuencia podrían convertirse en advertibles y resultar molestas, de manera análoga a una pieza musical en la que el sonido de un instrumento se va volviendo más penetrante y después plano de manera más o menos continua.

Dicho procedimiento de retroalimentación de EEG potenciado por latido binaural podría llevarse a cabo en únicamente uno de los canales del EEG (y de esta manera únicamente uno de entre un conjunto de sitios en la cabeza) del procedimiento de retroalimentación de EEG y dicho canal podría ser el canal con la amplitud más grande o la amplificación más baja o cualquier otro canal o combinaciones de canales de interés. El procedimiento también podría llevarse a cabo en una pluralidad de canales simultáneamente, ya que el sistema de retroalimentación biológica e EEG puede funcionar utilizando múltiples canales independientes simultáneamente. El sistema de retroalimentación biológica de EEG también puede utilizarse productivamente para reforzar el canal o los dos canales más débiles de un montaje multicanal. En el caso de que se utilice de esta manera, pueden seleccionarse estrategias de entrenamiento que se relacionan con la clasificación inicial de las amplitudes de cada canal y de esta manera facilitar el énfasis en el trabajo con los canales que presentan la amplitud más grande o más pequeña. Sin embargo, la presente invención también posibilita seleccionar canales intermedios basados en parámetros predeterminados, tales como la tasa de fluctuación de la amplitud y/o frecuencia de la onda cerebral, y similares. Observar que, aunque el sistema de retroalimentación biológica de EEG, comprende la capacidad de realizar un seguimiento simultáneo y proporcionar retroalimentación de EEG en múltiples canales, la potenciación por latido binaural contemplada por dicha mejora también podría utilizarse en un dispositivo de canal único y que la presente invención comprende realizaciones de canal único y de múltiples canales.

En la realización preferente del sistema, el tono principal de retroalimentación se fija en una frecuencia de tono específica y después se realizar un seguimiento de la frecuencia de las ondas cerebrales y se procesa para determinar la frecuencia del tono secundario, de manera que la diferencia entre la frecuencia de tono principal y secundario se iguale, en una realización preferente, la frecuencia de onda cerebral de energía pico en cada momento. El usuario percibe que un tono principal (el tono de retroalimentación) es de frecuencia constante y el volumen del tono (de retroalimentación) principal varía dependiendo de la amplitud de la onda cerebral dentro de la banda de frecuencias seleccionada, es decir, la banda alfa entera o alguna sub-banda dentro de la banda alfa. Sin embargo, pueden ponerse en práctica otras realizaciones, tales como determinar la frecuencia del tono principal a partir de la frecuencia de la onda cerebral de manera que la frecuencia del tono principal cambie concurrentemente con un cambio de la frecuencia de la onda cerebral. Ello produciría una percepción diferente por parte del usuario aunque de todas maneras podría utilizarse como medio para proporcionar retroalimentación. Muchas personas han observado que la modificación de la intensidad del tono de retroalimentación biológica principal es muy molesta y desagradable. Los cambios de frecuencia notables tienden a provocar respuestas de hiperexcitación que son incompatibles con la tranquilización y estabilización del nivel de estimulación que son el objetivo más común del entrenamiento de retroalimentación biológica del EEG. Sin embargo, la capacidad de proporcionar retroalimentación biológica en modos en los que cambia la frecuencia del tono principal podría resultar deseable en determinadas situaciones, tales como la investigación del comportamiento y de esta manera se encuentra comprendida dentro de la invención.

De manera similar, el sistema podría obtenerse de alguna fracción de una banda o sub-banda de ondas cerebrales diferente de la parte asociada a la energía pico. Por ejemplo, podría utilizarse la media o la mediana de energía. Aunque la realización preferente se basa en la selección basada en la energía pico para evitar una interferencia sustancial con los patrones de ondas cerebrales naturalmente establecidos de los practicantes, otras realizaciones podrían llevar a cabo selecciones basadas en niveles de energía no pico, aunque con algún posible riesgo al practicante causado por la alteración de sus patrones de ondas cerebrales preexistentes normales.

También debe indicarse que las señales utilizadas para determinar los tonos que se utilizan para producir la retroalimentación auditiva de la actividad de EEG también puede procesarse electrónicamente para proporcionar retroalimentación en formas adicionales a la auditiva. Por ejemplo, las señales podrían procesarse para producir un

estímulo visual o un gráfico que refleje la retroalimentación biológica o para producir un resultado táctil mediante medios tales como un dispositivo vibratorio. Dichas variaciones podrían utilizarse solos o conjuntamente con los tonos de retroalimentación auditiva para motivar y acelerar el aprendizaje de la autorregulación y autocontrol del EEG.

5 El método de utilización del sistema es fácilmente discernible a partir de la descripción anteriormente proporcionada y se define mediante la reivindicación 1.

10 Breve descripción de los dibujos

La fig. 1 es un diagrama que muestra al practicante y el aparato de retroalimentación biológica.

La fig. 2 es un diagrama de flujo que muestra el método según la realización preferente de la presente invención.

15 Modos para llevar a cabo la invención

La realización preferente se refiere a un método de utilización de la retroalimentación biológica potenciada por latido binaural para ayudar a un practicante a concentrarse en la frecuencia a la que la energía pico de una banda seleccionada, tal como la alfa, se produce naturalmente. Sin embargo, la realización preferente también proporciona medios de proporcionar retroalimentación biológica a un practicante con respecto a otros intervalos de frecuencias de ondas cerebrales.

20 En referencia a la fig. 1, se conecta el practicante 1, proporcionando input al aparato 2 mediante cables del EEG 21 y recibiendo output de audio del aparato 2 mediante los auriculares estereofónicos 28. En la cabeza del practicante 1 se monta una pluralidad de cables de EEG 21, incluyendo un par de electrodos de referencia unidos a los lóbulos de las orejas, un lóbulo de tierra adecuado y una pluralidad de electrodos de sitio cortical activos montados en parejas laterales y utilizados en configuración monopolar. Las señales de output se dirigen a un número igual de amplificadores del EEG en un banco amplificador de EEG 22. El output de cada uno de los electrodos de sitio cortical activos se amplifica y se filtra en sub-bandas o sub-intervalos del EEG en un número correspondiente de bancos de filtros 23 de múltiples canales y posteriormente a través de un multiplexador 24 hasta un conversor analógico-a-digital 25. Resulta preferente utilizar una impedancia de input elevada, ruido bajo, amplificadores operacionales de baja deriva, amplificadores de baja corriente de fuga para permitir la utilización opcional con fuentes de energía de batería. La eliminación de la línea de voltaje de alimentación incrementa el rechazo de modo común mediante la eliminación de todos los acoplamientos con la línea AC de 60 Hz. En la realización preferente, el banco de amplificadores de EEG 23 contiene filtros de paso de banda analógicos en grupos de ocho. Los filtros de paso de banda según la invención pueden estar activos y se caracterizan por una respuesta elíptica con 300 a 400 dB por octava en las colas, 0,25 dB de rizado en el paso de banda y por lo menos 50 dB de rechazo en la banda de parada. Los filtros presentan un paso de banda de sólo unos cuantos hercios. Los grupos de filtros descomponen espectralmente las señales de EEG mediante su entrada desde un electrodo a una pluralidad de sub-bandas. Las sub-bandas pueden seleccionarse según el nivel de entrenamiento del practicante y el objetivo del entrenamiento. En la realización preferente los filtros se configuran para seleccionar las sub-bandas específicas: delta (2,0 a 3,5 Hz), theta lenta (4,2 a 5,4 Hz), theta rápida (5,5 a 6,8 Hz), alfa lenta (7,5 a 8,8 Hz), alfa de banda ancha (5,5 a 6,8 Hz), alfa lenta (7,5 a 8,8 Hz), alfa de banda ancha (7,7 a 12,6 Hz), alfa rápida (10,8 a 12,9 Hz), beta lenta (14,2 a 17,2 Hz) y beta de banda ancha (15,0 a 24,0 Hz). Pueden formarse bandas o sub-bandas alternativas, tales como la theta de banda ancha (4,0 a 6,7 Hz), alfa intermedia (8,9 a 10,7 Hz) y beta rápida (17,3 a 24,0 Hz). Bajo condiciones seleccionadas sólo se procesan unas cuantas de las sub-bandas y se proporcionan como señales de retroalimentación. Las salidas de cada grupo de filtros puede proporcionarse como (a) EEG filtrada, (b) EEG filtrada de onda completa rectificadas y (c) EEG filtrado, de onda completa rectificado y suavizado. Los outputs se alimentan a un multiplexador de múltiples canales 24. El multiplexador 24 a su vez dirige las señales como muestras analógicas al conversor analógico-a-digital de 12 bits 25. En la presente realización, un microordenador 26 comprende los dispositivos típicos asociados a los microordenadores, tales como dispositivos de entrada como teclado y ratón, uno o más monitores, una o más impresoras, memoria y una unidad de procesamiento central. El microordenador 26 sirve a una diversidad de funciones de control y grabado de datos y los periféricos proporcionan funciones convencionales de entrada y salida apoyando las funciones de control y análisis del microordenador 26. Una de dichas funciones del microordenador 26 es evaluar las señales digitales para determinar la amplitud de la energía pico dentro de la banda u sub-banda seleccionada y la frecuencia a la que se produce la energía pico. Puede ejecutarse en el microordenador 26 software de procesamiento digital, tal como el que utiliza un algoritmo de transformada rápida de Fourier (TRF) para implementar dicha función. La frecuencia de la energía pico se utiliza para fijar la frecuencia de la potenciación por latido binaural de la neuroretroalimentación. A medida que cambia la frecuencia, se convierte en la nueva frecuencia utilizada para configurar la potenciación por latido binaural.

El microordenador envía una señal representativa de la amplitud y frecuencia de la energía pico dentro de la banda o sub-banda deseada a un sintetizador de tonos 27. El propósito del sintetizador de tonos 27 es crear dos señales

mediante dos canales, uno de los cuales se envía al altavoz 31 mientras que el otro se envía al altavoz 32. Preferentemente dichos altavoces se montan en auriculares estereofónicos 28 que lleva el practicante 1. En la realización preferente, el sintetizador de tonos 27 genera una señal en el primer canal que se configura a una frecuencia constante y cuya amplitud varía en proporción a la energía pico producida dentro de la banda o sub-banda deseada. El sintetizador de tonos 27 genera simultáneamente una señal en el segundo canal a una amplitud constante que se configura a un valor sustancialmente inferior al de la amplitud de la señal en el primer canal y a una frecuencia que es inferior a la frecuencia de la señal del primer canal por la frecuencia a la que se produce la energía pico dentro de la banda o sub-banda deseada. Por ejemplo, considerar una sesión para un practicante en la que la señal generada en el primer canal del sintetizador de tonos es de 450 Hz. En el caso de que la banda deseada monitorizada por el practicante 1 es alfa de banda ancha (7,7 a 12,6 Hz) y la frecuencia de la energía pico en un momento del tiempo se mide que es de 10 Hz, la señal en el segundo canal se generaría para que correspondiese a una frecuencia de 440 Hz (es decir, 450 Hz - 10 Hz). En el caso de que la frecuencia de la energía pico en un tiempo corto posterior se mida a 12 Hz, la señal en el segundo canal se generaría para que correspondiese a una frecuencia de 438 Hz (es decir, 450 Hz - 12 Hz). El sintetizador de tonos puede comprender cualesquiera medios bien establecidos de operación, incluyendo analógicos, digitales, basados en software e híbridos de los mismos.

Los tonos son el mecanismo principal para la retroalimentación en tiempo real utilizada para el entrenamiento de EED según la invención. Los tonos tal como se perciben en los altavoces 31 y 32 deben mantenerse a un volumen y duración sustanciales para el aprendizaje rápido del autocontrol por parte del practicante. La calidad del tono también resulta crucial para el aprendizaje del control. Por ejemplo, el inicio del tono provoca bloqueo (anulación o disminución) de alfa del EEG como función no lineal de la frecuencia del tono. La duración del bloqueo es mínima entre aproximadamente 400 Hz y 800 Hz y en valores superiores e inferiores a dichas frecuencias, la duración del bloqueo se incrementa rápidamente. En el caso de que el inicio del tono se produzca en respuesta (retroalimentación) al inicio de alfa y en el caso de que el inicio del tono provoque el bloqueo de alfa, el resultado será retroalimentación negativa y, de esta manera, es improbable que fomente el aprendizaje del control de alfa del EEG. Por lo tanto, según la invención, se seleccionan los tonos para que se encuentren comprendidos sólo entre aproximadamente 400 Hz y 800 Hz para el entrenamiento de alfa. Por lo tanto, según la invención, se seleccionan los tonos para que se encuentren comprendidos sólo entre aproximadamente 400 Hz y 800 Hz para el entrenamiento de alfa y beta. Sin embargo, en el entrenamiento de theta, un problema importante es la somnolencia, durmiéndose el practicante, por lo que un tono de tono más alto y penetrante resulta apropiado para el entrenamiento de theta. Lo anterior permite un no solapamiento entre los tonos de alfa (aproximadamente 400 a 800 Hz) y los tonos de retroalimentación de theta (superiores a aproximadamente 800 Hz).

La forma de onda del tono también resulta importante para el aprendizaje. Resulta fácil generar ondas cuadradas y ondas de pico de sierra electrónicamente, pero presentan una calidad desagradable, con una abundancia de armónicos generados en los bordes de inicio y final. Las ondas cuadradas resultan difíciles de oír a volumen elevado y durante los largos periodos de tiempo que resultan importantes para un aprendizaje con éxito y rápido del autocontrol del EEG. Preferentemente deberían utilizarse: (a) ondas sinusoidales puras generadas electrónicamente y de amplitud modulada, o (b) notas puras que representen tonos generados por el instrumento musical preferido por el practicante. El propósito esencial en este caso es generar tonos agradables de oír durante periodos de tiempo prolongados a volúmenes elevados y variables, con una selección de frecuencias de tono diseñadas para evitar o minimizar una retroalimentación negativa (reducción de la señales de EEG a inicio de tono).

La amplitud de la retroalimentación de tonos debe encontrarse linealmente relacionada con la amplitud del EEG filtrado instantáneo. El intervalo dinámico del sistema debe ser capaz de reflejar el intervalo completo de variaciones del EEG. Sin embargo, esta relación lineal no implica que el volumen del tono deba ir a cero cuando la señal de retroalimentación vaya a una amplitud de cero. Perturba el aprendizaje que los tonos de retroalimentación se anulen completamente y después se activen, posiblemente de manera súbita. Como resultado debe haber una descompensación de audio en la que el volumen del tono generado del primer canal del sintetizador de tonos 27 en ningún caso sea inferior al volumen del tono generado en el segundo canal del sintetizador de tonos 27. Esta continuidad del sonido facilita el aprendizaje y minimiza los efectos de perturbación del inicio de tono.

Resulta altamente deseable minimizar el retardo entre la detección de un suceso de EEG y la presentación de dicho suceso al practicante en la forma de un tono. Según la invención, el retardo de retroalimentación debería ser inferior a aproximadamente 350 ms y preferentemente inferior a 200 ms a fin de optimizar el entrenamiento de retroalimentación. En la realización preferente, el retardo de retroalimentación es inferior a 100 ms, que es inferior a un ciclo de onda alfa.

En referencia a la fig. 2, se proporciona una realización preferente del método según la invención. El método implementa un régimen de entrenamiento para permitir que un individuo se entrene para una amplitud incrementada del EEG en la energía pico de aparición natural de una banda o sub-banda deseada.

- 5 En primer lugar, se coloca una serie de cables de EEG en los sitios corticales seleccionados del practicante (etapa A). Se proporciona una tierra y dos referencias, así como electrodos activos cuidadosamente situados, típicamente en parejas lateralmente simétricas con el fin de detectar potenciales cerebrales en superficie representativos de señales de ondas cerebrales que deben someterse a entrenamiento. A continuación, el practicante entra en la cámara de entrenamiento utilizada para el entrenamiento de retroalimentación, preferentemente una sala de iluminación tenue e insonorizada con una silla confortable y se conectan los electrodos al aparato de EEG y se colocan los auriculares estereofónicos en las orejas del practicante (etapa B).
- 10 A continuación, generalmente se llevan a cabo los ensayos de línea base. Se realiza un ensayo de línea base "de ojos abiertos" que está diseñado para revelar los niveles alfa mínimos del practicante y para permitir que el operador compruebe y calibre todos los instrumentos (etapa C). La línea base "de ojos abiertos" se realiza generalmente en presencia de luz brillante y con un tono de fondo uniforme en ambos auriculares configurados a la frecuencia del tono que se creará en el primer canal del sintetizador de tonos. Durante el ensayo se pide al practicante que se concentre en un objeto específico en el campo de visión. Si se desea, pueden realizarse ajustes al volumen de los tonos con el fin de que el entrenamiento resulte cómodo para el practicante. Se recogen los datos de amplitud y frecuencias de energía de la actividad de ondas cerebrales y se almacenan en la memoria del microordenador. A continuación se ejecuta una línea base "de ojos cerrados" para determinar la naturaleza de la actividad de ondas cerebrales en ausencia de los estímulos convencionales (etapa D). Lo anterior se lleva a cabo a oscuras con un tono de fondo uniforme que se creará en el primer canal del sintetizador de tonos. Se recogen los datos de amplitud y frecuencias de energía de la actividad de ondas cerebrales y se almacenan en la memoria del microordenador. A continuación se realiza un ensayo de línea base "de ruido blanco" en preparación para las sesiones de entrenamiento mismas, o segmentos (etapa E). El ensayo de ruido blanco se utiliza para preparar al practicante para que atienda a una señal auditiva, permitiendo que la mente se relaje sin pérdida de capacidad de recuerdo. A partir de los altavoces de los auriculares estereofónicos se proporciona ruido blanco o quasi-blanco gaussiano. Se recogen datos de amplitud y frecuencias de energía de la actividad de las ondas cerebrales y se almacenan en la memoria del microordenador.
- 15 20 25
- 30 Las sesiones de entrenamiento consisten de dos segmentos que pueden repetirse varias veces. El segmento de retroalimentación biológica se lleva a cabo durante un periodo de aproximadamente 120 segundos (etapa F). Se produce un segmento de pausa de aproximadamente ocho segundos después de cada segmento de retroalimentación biológica (etapa G). El segmento de retroalimentación biológica estándar consiste de retroalimentación de tonos en los auriculares estereofónicos. Tal como se ha indicado anteriormente, el tono de un altavoz se configura a una frecuencia constante dentro del intervalo de 400 a 800 Hz y el volumen varía en proporción a la amplitud de las ondas cerebrales que se monitorizan dentro de la banda de frecuencias seleccionada. El tono del otro altavoz se configura a un volumen constante muy inferior a los niveles de volumen del primer altavoz y se configura a una frecuencia que es inferior a la frecuencia de la señal del primer canal por la frecuencia a la que se produce la energía pico dentro de la banda o sub-banda deseada. Durante el segmento de pausa, se suprime la retroalimentación auditiva. Si se desea, pueden proporcionarse puntuaciones discretas al practicante 1 para cada cable de EEG activo o combinación seleccionada de cables de EEG resumiendo el rendimiento inmediatamente anterior según la integral de la amplitud durante el periodo de medición previo. La presentación de esta información de puntuación discreta puede ser visual, mediante lectura digital o auralmente por medios tales como un sintetizador digital de voz. A continuación, generalmente se repite varias veces la sesión de entrenamiento hasta completarse el número deseado de sesiones de entrenamiento (etapa H).
- 35 40 45
- 50 Tras completar el número deseado de sesiones de entrenamiento, se llevan a cabo más ensayos de línea base, es decir, de línea base de ojos abiertos (etapa I) y de línea base de ojos cerrados (etapa J). Los auriculares estereofónicos y los cables de EEG se retiran del practicante y se finaliza el régimen (etapa K). Además, la etapa de ensayo de línea base de ruido blanco podría llevarse a cabo (no mostrada) inmediatamente después de completarse la sesión (etapa H) y podría invertirse el orden en el que se realiza el ensayo de línea base de ojos abiertos (etapa I) y de línea base de ojos cerrados (etapa J). El operador podría analizar los datos recogidos durante las sesiones y entrevistar al practicante para reforzar cualquier control de ondas cerebrales que haya sido demostrado. Las entrevistas son importantes debido a que se requiere que el practicante verbalice sus estrategias de reacción, lo que refuerza la memoria de las estrategias de entrenamiento para el futuro.
- 55 60
- Tal como resultará evidente para el experto en la materia, pueden realizarse algunas variaciones y modificaciones al sistema y método descritos anteriormente sin apartarse el alcance de la presente invención. La totalidad de dichas modificaciones y modificaciones se encuentran contempladas como comprendidas dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de entrenamiento de una persona para desarrollar grados útiles de control voluntario de la actividad electroencefalográfica (EEG) personal, comprendiendo dicho método las etapas siguientes:

- 5
- (a) fijar los cables de EEG (21) a la persona,
 - (b) recibir una señal de EEG de la persona,
 - (c) transmitir la señal de EEG resultante a un filtro (23),
 - (d) filtrar la señal de EEG,
 - 10 (e) monitorizar una banda o sub-banda predeterminada de frecuencias de EEG,
 - (f) determinar el valor de frecuencia de EEG de un aspecto preseleccionado de dicha señal de EEG, y
 - (g) generar una primera señal auditiva a una primera frecuencia que es proporcionada al primer oído de dicha persona con un retardo mínimo y generar una segunda señal auditiva que se proporciona al segundo oído de dicha persona concurrentemente con dicha primera señal auditiva, presentando dicha segunda señal auditiva una segunda frecuencia que difiere de dicha primera frecuencia en el valor de dicho valor de frecuencia de EEG,
 - 15 caracterizado por que dicho aspecto preseleccionado es la frecuencia a la que se produce la energía pico de la señal de EEG o la frecuencia a la que se produce la energía media más alta de la señal de EEG en un intervalo preseleccionado de tiempo.

20 2. Método según la reivindicación 1, en el que la frecuencia de la primera señal auditiva es constante y el volumen de la primera señal auditiva varía en proporción a la amplitud de dicha señal de EEG.

25 3. Método según la reivindicación 1, en el que el volumen de la primera señal auditiva en ningún caso es inferior al volumen de la segunda señal auditiva.

4. Método según la reivindicación 1, en el que dicha primera señal auditiva presenta un tono superior a aproximadamente 800 Hz como señal representativa del entrenamiento de theta.

30 5. Método según la reivindicación 1, en el que dicho retardo mínimo es inferior a 350 ms.

6. Aparato (2) para entrenar a una persona en el desarrollo de grados útiles de control voluntario de la actividad electroencefalográfica (EEG) personal, comprendiendo dicho aparato (2):

- 35
- (a) una pluralidad de sensores de EEG (21), siendo dichos sensores (21) para la colocación en una pluralidad de sitios corticales sobre la cabeza de dicha persona,
 - (b) amplificadores (22) acoplados a dichos sensores de EEG (21) para amplificar una pluralidad de señales de canal en una pluralidad de canales,
 - 40 (c) una pluralidad de filtros de paso de banda (23) acoplados a dichos amplificadores (22) que presentan una característica de paso de banda de un espectro predefinido de frecuencias con un valor de corte abrupto en una cola de baja frecuencia, un corte abrupto en una cola de alta frecuencia y una propagación prácticamente instantánea para el procesamiento de acuerdo con las restricciones de tiempo limitadas por la reactividad neurológica natural con el fin de obtener una señal resultante para cada uno de dichos canales,
 - 45 (d) un dispositivo de computación (26) para llevar a cabo la operación de determinar el valor de la frecuencia de EEG basándose en un aspecto preseleccionado de una o más de las señales resultantes, y
 - (e) un sintetizador de tonos (27) que reciben input de dicho dispositivo de computación (26) y generar una primera señal auditiva a una primera frecuencia que es proporcionada al primer oído de dicha persona y generar una segunda señal auditiva que es proporcionada al segundo oído de dicha persona que presenta una segunda frecuencia que difiere de dicha primera frecuencia en el valor de dicho valor de frecuencia de EEG,
 - 50 caracterizado por que dicho aspecto preseleccionado es la frecuencia a la que se produce la energía pico de la señal de EEG o la frecuencia a la que se produce la energía media más alta de la señal de EEG durante un intervalo preseleccionado de tiempo.

55 7. Aparato (2) según la reivindicación 6, en el que la frecuencia de la primera señal auditiva es constante y el volumen de la primera señal auditiva varía en proporción a la amplitud de dicha señal de EEG.

60

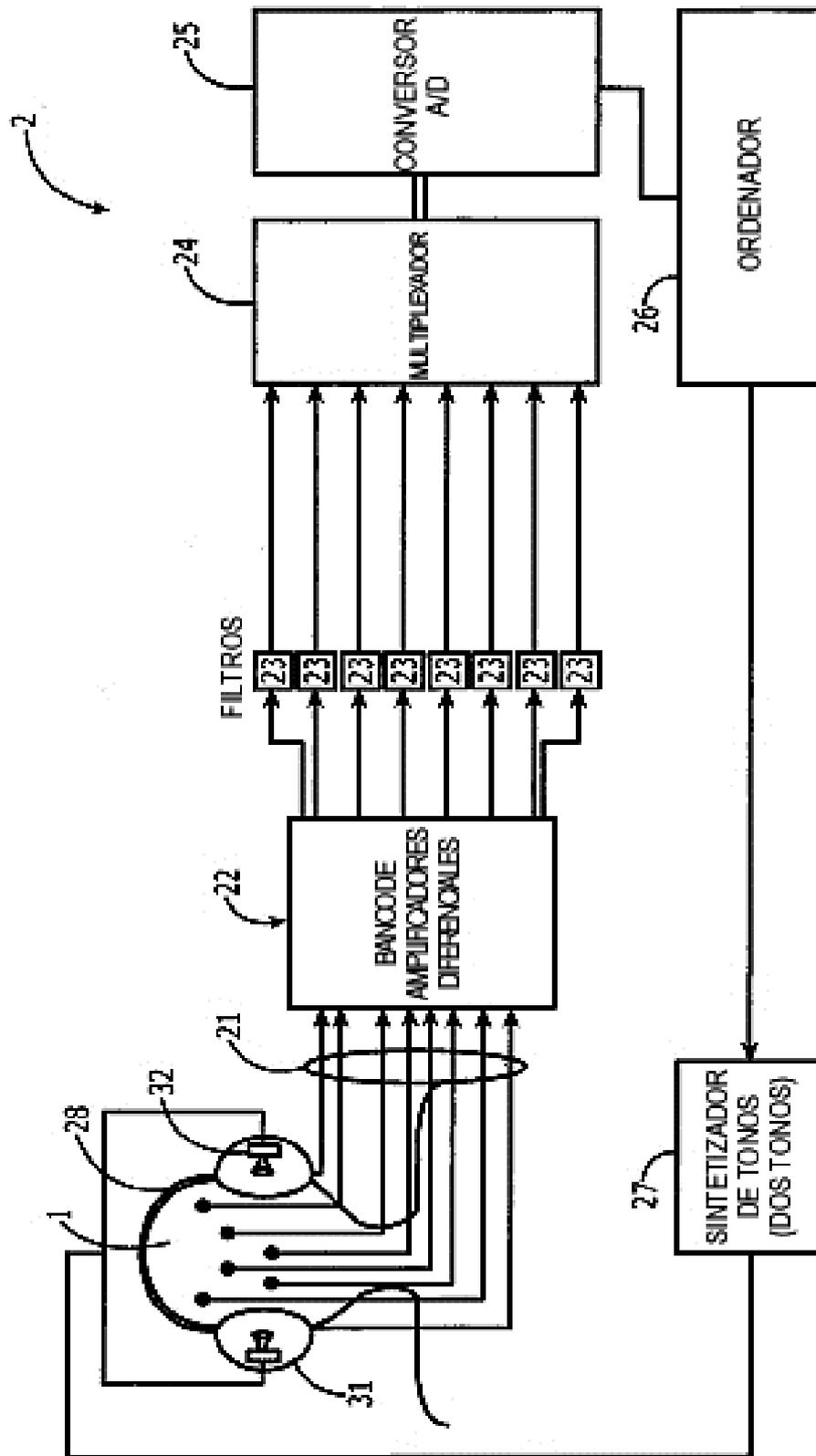


FIG. 1

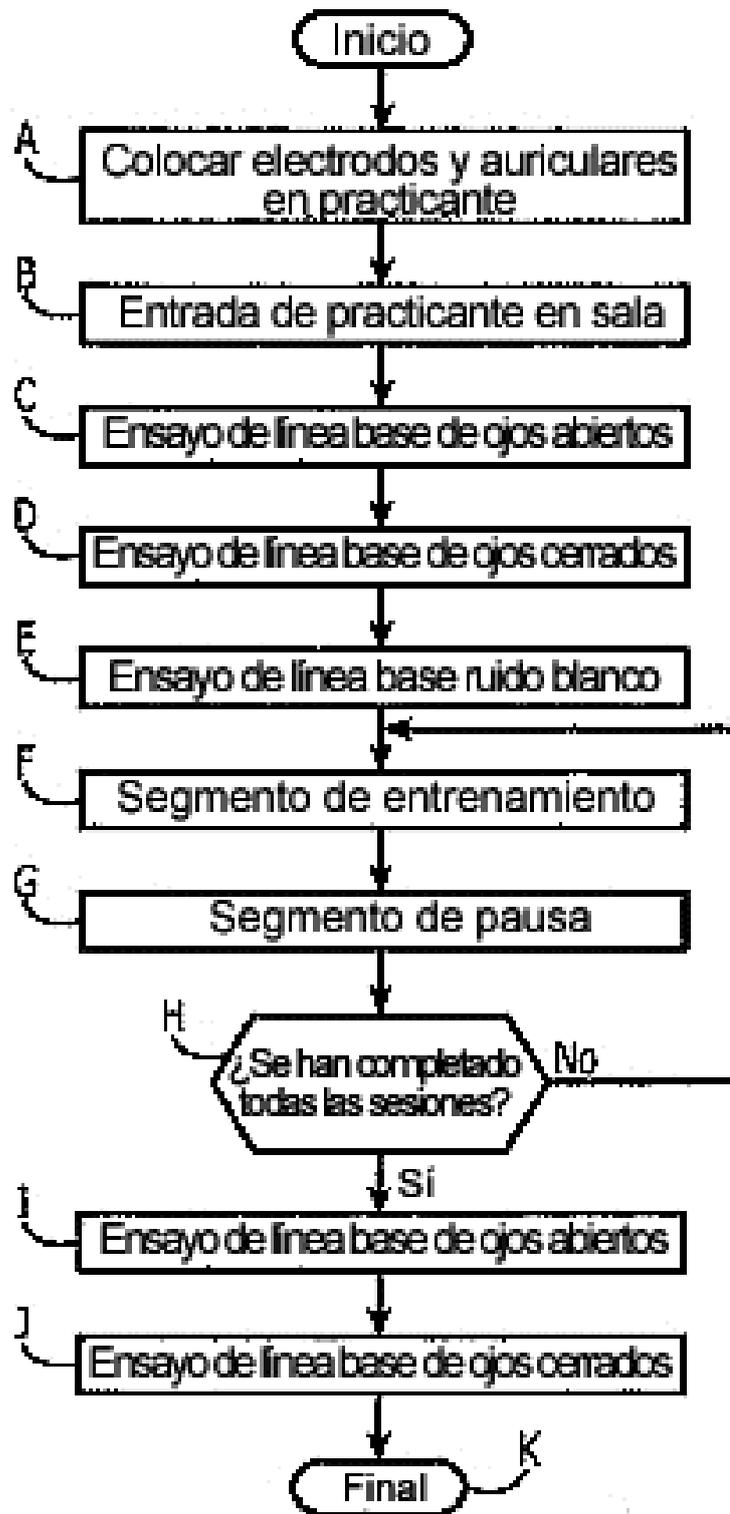


FIG. 2