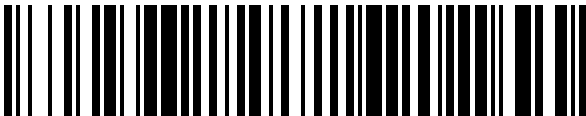


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 307 022**

21 Número de solicitud: 202430510

51 Int. Cl.:

A61B 3/113 (2006.01)
G06F 3/01 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22

Fecha de presentación:
15.03.2024

43

Fecha de publicación de la solicitud:
30.04.2024

71

Solicitantes:
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (100.0%)
C/ Molinos de agua s/n. AP:456
38200 La Laguna (Santa Cruz de Tenerife) ES

72

Inventor/es:
GONZÁLEZ MORA, José Luis;
MODROÑO PASCUAL, Cristián David;
VILLARROEL RAMÍREZ, Rebeca José;
GARCÍA RAMOS, Bárbara Rachel y
MARCO RODRÍGUEZ, Isaac

74

Agente/Representante:
TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54

Título: **SISTEMA DE NEURORREHABILITACIÓN**

ES 1 307 022 U

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE NEURORREHABILITACIÓN

5 **Campo del invento**

La presente invención consiste en un sistema de rehabilitación neurológica que tiene como objetivo el ayudar a pacientes con lesiones cerebrales o trastornos neurológicos a recuperar habilidades motoras y cognitivas, y concretamente, el sistema está configurado para para que pacientes neurológicos controlen elementos virtuales con el movimiento de sus ojos usando la tecnología de seguimiento ocular conocida como “eye-tracking”.

Esta invención se encuadra dentro del sector de la tecnología médica y la salud, concretamente, dentro de los equipos, sistemas y tecnologías relacionadas con la rehabilitación neurológica.

Estado de la técnica

Como es sabido dentro de este sector industrial, los déficits motores constituyen una de las principales consecuencias negativas de los daños cerebrales. Las complicaciones que afectan a los miembros superiores están entre las más incapacitantes, llegando a imposibilitar las acciones de la vida cotidiana. Estas afecciones en los miembros superiores son muy habituales y se estima que entre un 50% y un 75% de las personas que han sufrido un accidente cerebrovascular (ACV) las presentan.

El tratamiento habitual se basa en terapia física, lo cual requiere la conservación de ciertas capacidades motoras en los miembros afectados. Sin embargo, dichas capacidades pueden encontrarse muy limitadas o incluso no estar presentes, precisamente, por el daño cerebral. Por eso, muchas veces se requiere otro tipo de aproximaciones que ayuden a la recuperación de las funciones sin que las personas afectadas tengan que realizar movimientos de manera explícita.

Es sabido que para la recuperación de las funciones motoras es esencial incrementar la actividad cerebral. Hasta la fecha esta activación se ha conseguido utilizando diversas aproximaciones y una forma de ver esta activación ha sido la imagen por resonancia magnética funcional (fMRI).

Una primera aproximación está basada en movimientos pasivos causados por un agente externo, como un terapeuta moviendo un miembro, donde esos movimientos pueden activar la corteza cerebral a través de aferencias propioceptivas que llevan información a regiones sensoriomotoras.

5

Una segunda aproximación es la imaginería motora, donde el enfermo simula mentalmente un movimiento.

Hay una tercera aproximación, conocida como “action observation therapy”, que se basa únicamente en estímulos visuales y utiliza las propiedades del sistema frontoparietal de neuronas espejo o “mirror neurons”. Dicho sistema no sólo se activa cuando una persona ejecuta una acción concreta, por ejemplo, mover un brazo para coger un objeto, sino que también se activa cuando la persona observa a otra realizando esa misma acción.

10 Todos estos métodos incrementan de algún modo la actividad en regiones motoras en sujetos clínicos y han mostrado mejoras objetivas en la función motora. Sin embargo, presentan diversas limitaciones. Por ejemplo, estudios que han utilizado imaginería motora, han mostrado que la estimulación se produce sobre todo en el hemisferio cerebral no afectado. A veces a los pacientes les resulta difícil imaginar los movimientos, y los
15 terapeutas tienen pocas posibilidades de verificar si los están imaginando correctamente. En cuanto a los movimientos pasivos, si bien generan mucha actividad, precisan la dedicación de un terapeuta, lo que supone un coste. Por otra parte, la observación pasiva puede resultar aburrida y además es difícil comprobar si realmente están atendiendo a los movimientos presentados. Por todo esto, se subraya la necesidad de desarrollar nuevos
20 métodos para activar las regiones motoras.

En esta línea, diversos estudios muestran que las representaciones corticales para los movimientos oculares y de los miembros superiores, están ampliamente distribuidas y sobrepuestas en diversas regiones (frontales y parietales) en el cerebro humano. Este
25 solapamiento de circuitos no es tan sorprendente si se tiene en cuenta que los movimientos de los ojos y de los miembros superiores están naturalmente acoplados en la vida diaria. Así, parece razonable pensar que los movimientos oculares se podrían aprovechar para generar actividad cerebral que esté relacionada con los movimientos de los brazos. Partiendo de este acoplamiento entre ojos y brazo, y de previos sistemas de rehabilitación
30 en los cuales los pacientes controlan elementos virtuales a través del movimiento de sus miembros, se parte para el desarrollo de la presente invención, donde se estructura un

sistema donde se utilizan los ojos para controlar objetos en un entorno virtual, y de esta manera aumentar la actividad cerebral en regiones motoras.

5 En este punto, es conocido el uso de herramientas de rehabilitación basadas en realidad virtual que están diseñadas para trabajar con pacientes y proporcionar retroalimentación multimodal, siendo este uso una alternativa y complemento a la terapia convencional. De hecho, los hallazgos más recientes indican que la terapia de realidad virtual, junto con la terapia convencional, conduce a una mayor mejora en la función motora, las extremidades superiores de motor grueso, las habilidades motoras finas y las actividades de la vida diaria
10 en comparación con la terapia convencional sola en pacientes post-accidente cerebrovascular.

Todas estas tecnologías de realidad virtual conocidas ofrecen la posibilidad de entrenamiento físico y mental, en algunos casos sin tener que salir de casa. Estas terapias
15 combinan la mejora física con la motivación e implican la reducción de costos al tiempo que promueven la percepción de autoeficacia de los pacientes. Sin embargo, estas tecnologías se dirigen a la recuperación motora en pacientes que ya ha sido de alta y son capaz de mover en alguna medida el miembro afectado por la lesión cerebral.

20 Por tanto, habida cuenta de las diferentes tecnologías conocidas en el estado de la técnica, la presente invención solventa el problema técnico de permitir acceder a pacientes que no puede mover los miembros superiores, ya sea por falta de tonicidad, elevados grados de espasticidad, por un grado elevado de dolor o simplemente por problemas motivacionales, estando concretamente dirigida a pacientes en una fase temprana del ictus, cuando aún el
25 paciente está ingresado o acaba de volver a casa y los sistemas de salud pública aún no han asignado cita para la rehabilitación con cualquiera de los métodos previamente indicados. Es precisamente en esta fase temprana el cerebro de los pacientes tiene mayor potencial de plasticidad cognitiva y se beneficia en gran medida de cualquier intervención que potencia la activación de nuevas conexiones cerebrales, por tanto, la presente
30 invención aporta esta ventaja en cuanto a permite ser utilizada en un momento esencial para la rehabilitación del paciente.

Además, frente a cualquier otra tecnología conocida, el sistema de neurorrehabilitación que a continuación se describe, permite un control completo a través del movimiento ocular
35 voluntario en un entorno de ludificación, garantizando así la accesibilidad para personas con discapacidad motriz en las extremidades superiores en fases iniciales del ictus u otras

patologías. Esto no solo facilita la intervención en neurorrehabilitación, sino que también proporciona entretenimiento constructivo y lúdico durante el tiempo libre, ayudando a los pacientes con baja motivación, depresión y ansiedad, propias de este momento post ACV.

- 5 En esta línea, el sistema se basa en un control o seguimiento ocular (“eye-tracking”) voluntario de elementos virtuales, lo que aporta también la ventaja de que no hay necesidad de un profesional, sino que el sistema es un formato portátil y ligero, pudiéndose usar acostado en una cama y a un coste muy bajo.
- 10 Teniendo en cuenta todo lo previamente indicado, la presente invención es un sistema útil en neurorrehabilitación que permite aumentar la actividad cerebral mediante la activación de los sistemas motores para ayudar a mejorar la recuperación en supervivientes de accidentes cerebrovasculares en fases tempranas, permite que el paciente pueda estar en la cama, sin necesidad de estar erguido y sin exigencias a su musculatura. Está adaptado
- 15 para personas que personas con afectación en la lectura. Este sistema de neurorrehabilitación incorpora un control voluntario de elementos virtuales en la pantalla con los ojos, se puede promover la plasticidad cerebral en estas zonas sensoriomotoras e iniciar la recuperación del paciente antes, cuando el cerebro está más sensible a recibirlas.
- 20 El solicitante no conoce una solución a estos problemas tan eficaz como la reivindicada.

Explicación del invento.

- 25 La presente invención consiste en un sistema de rehabilitación neurológica que tiene como objetivo el ayudar a pacientes con lesiones cerebrales o trastornos neurológicos, en un estadio temprano de dicha lesión, y donde el sistema está configurado para para que pacientes neurológicos, dentro de un entorno interactivo, controlen elementos virtuales con el movimiento de sus ojos usando la tecnología de seguimiento ocular conocida como “eye-tracking”.

- 30 Concretamente, el sistema está constituido por una computadora que comprende un módulo de control con un programa informático donde se ejecutan una pluralidad de juegos lúdicos, y comprende una pantalla de visualización, donde se visualiza la interfaz del juego; y un dispositivo de seguimiento ocular que registra la posición de los ojos del usuario,
- 35 estando el dispositivo de seguimiento en conexión con el módulo de control, y donde una vez registrada la posición de los ojos del usuario, en el programa informático permite

visualizar en la pantalla el juego.

Entrando en un mayor grado de detalle, la computadora es preferentemente un ordenador, que puede ser portátil o de sobre-mesa, comprende:

- 5 una pantalla de al menos 15" para que los estímulos que se proyectan sean fácilmente perceptibles y seleccionados por el usuario; y
un módulo de control, que es un módulo programable, que comprende al menos un submódulo de comunicación receptor, con el que está en contacto con el dispositivo de seguimiento ocular, de hecho, están conectados entre sí, ya sea por cableado o
10 inalámbricamente; y comprende también un programa informático que se ejecuta con el movimiento ocular voluntario detectado por el dispositivo de seguimiento ocular, y donde este programa comprende una pluralidad de juegos desarrollados por herramientas informáticas.
- 15 Por otro lado, el dispositivo de seguimiento ocular, es un dispositivo externo a la computadora, que comprende una pluralidad de sensores en su superficie exterior orientados hacia la cara del usuario (o paciente) que obtiene en tiempo real las posiciones de los ojos del usuario, y comprende un controlador con un submódulo de comunicación que traslada estos datos al módulo de control de la computadora, lo que permite, como se
20 ha comentado previamente, el control y ejecución de los juegos y su visualización en la pantalla.

El sistema está pensado para que el usuario controle íntegramente elementos virtuales mediante el movimiento de sus ojos. No obstante, la computadora también puede
25 comprender medios de ejecución convencionales como, por ejemplo, que los elementos virtuales también controlen con un ratón convencional en los paneles de ingreso para la selección del perfil y juego, con la finalidad que lo pueda realizar un cuidador o terapeuta en el caso de que el nivel de funcionamiento del usuario no permita hacerlo de forma autónoma.

30

A título meramente informativo y para mejorar la explicación del invento, a continuación, se describe el funcionamiento del sistema, sin que este funcionamiento o el método de funcionamiento sea objeto de protección.

- 35 En este sentido, el sistema parte de un cursor en la pantalla de la computadora, mostrado como un punto, que es una señal visual que sirve de referencia sobre la posición y

movimiento de la mirada en la pantalla. Para que el usuario pueda seleccionar elementos, una vez que con la mirada mueve el cursor y este se coloca el cursor sobre un objeto o elemento que se desea seleccionar, el usuario debe mantener la mirada en esa posición durante al menos 2 segundos para seleccionar dicho elemento. Para que el usuario sepa que está seleccionando correctamente lo que está mirando, aparece un aro que se va completando. Cuando el aro se cierra por completo, se realiza la selección.

Esto permite que se pueda entrar en una pantalla de inicio donde se puede seleccionar:

- una pantalla de selección del usuario, y que se trata de una pantalla con los nombres de los usuarios, lo cuales se seleccionan moviendo el cursor con la mirada y fijando la mirada en el nombre deseado; y
- una pantalla de selección del juego, en esta pantalla se muestran los juegos, los cuales se seleccionan libremente, donde en una esquina inferior se tiene la opción de salida del juego, y a esta pantalla se vuelve cada vez que se salga de un juego.

Y donde, a modo de ejemplo y no pretendiendo ser limitativo, en una realización del invento hay cinco juegos, que pueden ser:

- Golpear a un animal, que es un juego que busca replicar la acción clásica de golpear a los topos, pero depende de la mirada, y que se basa el usuario selecciona con su mirada el animal que fija el juego, cuando aparece un estímulo objetivo, el jugador fija la mirada en él. Este juego va orientado a potenciar las habilidades cognitivas como la atención selectiva y el control inhibitorio.
- Juego de memoria, que consiste en mostrar cartas con diferentes ilustraciones de objetos cotidianos (puertas, lámparas, cubiertos, etc.) para garantizar que sean fácilmente reconocibles y estén incluidos en el léxico del jugador y el objetivo del juego es emparejar las cartas con el mismo dibujo. Para seleccionar las cartas, los usuarios deben enfocar su mirada en una carta específica y esperar a que el círculo se complete. Este juego va dirigido a que el usuario ejercite la memoria de trabajo verbal y la atención
- Juego de aventuras, que consiste en la exploración libre de entornos virtuales que deben ser recorridos para recolectar objetos, esquivando obstáculos y peligros fijos o móviles, para lo cual el usuario se mueve con la mirada controlando un punto azul, que sirve como retroalimentación para indicar hacia dónde está mirando el usuario. Este juego va orientado a que los usuarios trabajen en funciones ejecutivas como la planificación, el control inhibitorio y la atención.
- Tiro al blanco, que consiste en disparar con una pistola láser de juguete a dianas que aparecerán aleatoriamente en toda la pantalla del juego con un tiempo límite,

siendo posicionado la dirección del disparo con los ojos, y donde a medida que el usuario avanza, se encontrarán con blancos fijos o móviles. Este juego va orientado a mejorar la velocidad de procesamiento, el control inhibitorio y la atención.

- Caminos, que es un juego que consiste en realizar un recorrido con la mirada a través de una cuadrícula para llevar al elemento inicial a un elemento objetivo, evitando el estímulo obstáculo. Este juego va orientado a ejercitar predominantemente la memoria de trabajo espacial.

En el módulo de control de la computadora se tiene un submódulo de registro en el que se guarda cada sesión de juego de cada usuario, donde se puede generar un histórico y almacenar datos generales como nombre del usuario; fecha en las que se ha jugado cada partida; hora en las que se ha jugado cada partida; posición de la mirada en cada momento del juego; tiempo que se emplea en jugar cada partida; último nivel jugado de cada juego; puntuación obtenida en el último nivel que se ha conseguido superar de cada juego.

Se ha de decir que el sistema de neurorrehabilitación ha sido probado en dos entornos: a) en los hogares de los participantes; y b) en instituciones donde iban a su rehabilitación física diaria. En ambos casos, tanto los participantes como sus cuidadores o terapeutas han recibido capacitación sobre la calibración del seguimiento ocular, acceso y los mecanismos del juego. Los participantes han estado 4 semanas con entrenamiento virtual que consistía en varios juegos, como los que arriba se han descrito a modo de ejemplo. Se ha practicado diariamente durante un período de 20 a 30 minutos. Es importante indicar que se en las pruebas realizadas se exploró antes y después de la intervención a través de la técnica de resonancia magnética funcional (fMRI). La tarea de fMRI consistió en el seguimiento continuo de un objetivo que se movía horizontalmente en la cual el participante debía tratar de seguir el objetivo lo más cerca posible utilizando un sensor. Se mostraba un círculo rojo (cursor) en una pantalla negra para rastrear el círculo gris. La tarea experimental tenía dos condiciones: fijación (el participante debía enfocar su mirada en una cruz gris, es decir, una condición basal) y seguimiento (bloques de seguimiento). Los resultados neuronales para cada participante mostraron un aumento de la actividad en la corteza motora, el ganglio basal y el cerebelo para ambos efectores (mano u ojo). Estos resultados indican que la práctica con los juegos de entrenamiento controlados por el ojo podría haber llevado a un mejor desempeño en la tarea sensoriomotora controlada por el ojo, es decir, transferencia intertarea de aprendizaje motor, y, en menor medida, en la tarea controlada por la mano, es decir, transferencia intertarea e interefectora de aprendizaje motor.

En cualquier caso, se puede decir que el sistema objeto difiere en su configuración de cualquier otro conocido en el estado de la técnica y, a su vez, mejora los sistemas dado que aumenta la actividad cerebral mediante la activación de los sistemas motores para
5 ayudar a mejorar la recuperación en supervivientes de accidentes cerebrovasculares en fases tempranas, y permite que el paciente pueda estar en la cama, sin necesidad de estar erguido y sin exigencias a su musculatura, por lo que es un sistema más versátil que los conocidos en el estado de la técnica.

10 Se ha de tener en cuenta que, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, el término “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas o elementos adicionales.

Breve descripción de los dibujos

15

Con el objeto de completar la descripción y de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se presenta un juego de figuras y dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente:

20 Figura 1.- Muestra una representación esquemática del sistema de rehabilitación neurológica objeto de la presente invención.

Figura 2.- Muestra una vista frontal y exterior del sistema.

25 Explicación detallada de un modo de realización del invento

Tal y como se puede observar en el juego de figuras previamente indicado, una posible realización del sistema objeto del invento, comprende

una computadora (1) que comprende un módulo de control (2) donde se ejecuta un
30 programa informático (3) con una pluralidad de juegos lúdicos interactivos; comprende una pantalla (4) donde visualiza la interfaz de los juegos; y comprende un submódulo de comunicación (5) de recepción de datos de un dispositivo de seguimiento ocular (6) externo; y

un dispositivo de seguimiento ocular (6) que comprende una pluralidad de sensores (7)
35 dispuestos en su superficie exterior orientados hacia la cara del usuario de obtención en tiempo real de las posiciones de los ojos del usuario, y comprende un controlador (8) con

un submódulo de comunicación (9) que traslada estos datos al módulo de control (2) de la computadora;

donde los submódulos de comunicación (5,9) conectados entre sí, ya sea por cableado o inalámbricamente; y

- 5 donde el programa informático (3) se ejecuta con los datos de movimiento ocular voluntario detectados por el dispositivo de seguimiento ocular (6) y donde el juego se visualiza en la pantalla (4).

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema de neurorrehabilitación que se caracteriza por que comprende:
una computadora (1) que comprende un módulo de control (2) donde se ejecuta un
5 programa informático (3) con una pluralidad de juegos lúdicos interactivos; comprende una
pantalla (4) donde visualiza la interfaz de los juegos; y comprende un submódulo de
comunicación (5) de recepción de datos de un dispositivo de seguimiento ocular (6)
externo; y
un dispositivo de seguimiento ocular (6) que comprende una pluralidad de sensores (7)
10 dispuestos en su superficie exterior orientados hacia la cara del usuario de obtención en
tiempo real de las posiciones de los ojos del usuario, y comprende un controlador (8) con
un submódulo de comunicación (9) que traslada estos datos al módulo de control (2) de la
computadora;
donde los submódulos de comunicación (5,9) están conectados entre sí; y
15 donde el programa informático (3) se ejecuta con los datos de movimiento ocular voluntario
detectados por el dispositivo de seguimiento ocular (6) y el juego se visualiza en la pantalla
(4).
- 2.- Un sistema, según la reivindicación 1, donde la computadora (1) es un ordenador portátil
20 o un ordenador de sobremesa.
- 3.- Un sistema, según la reivindicación 1, donde la pantalla (4) es de al menos 15".

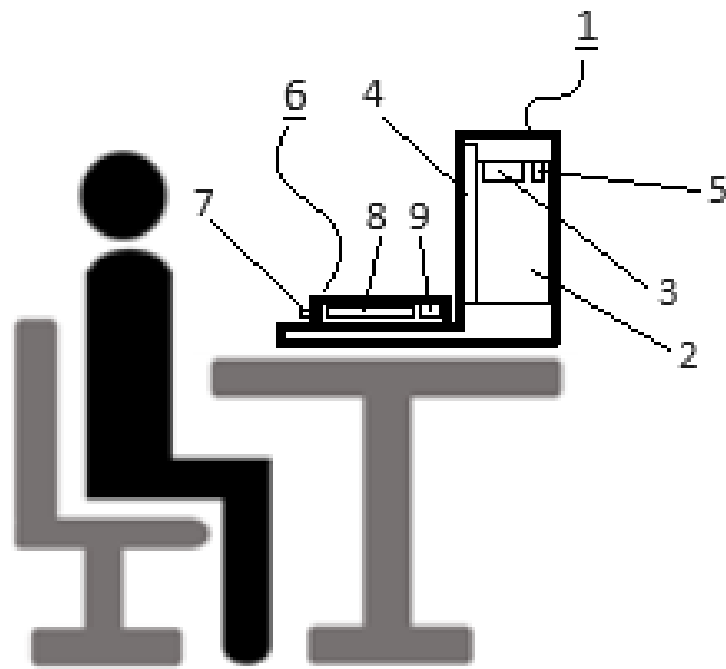


FIG.1

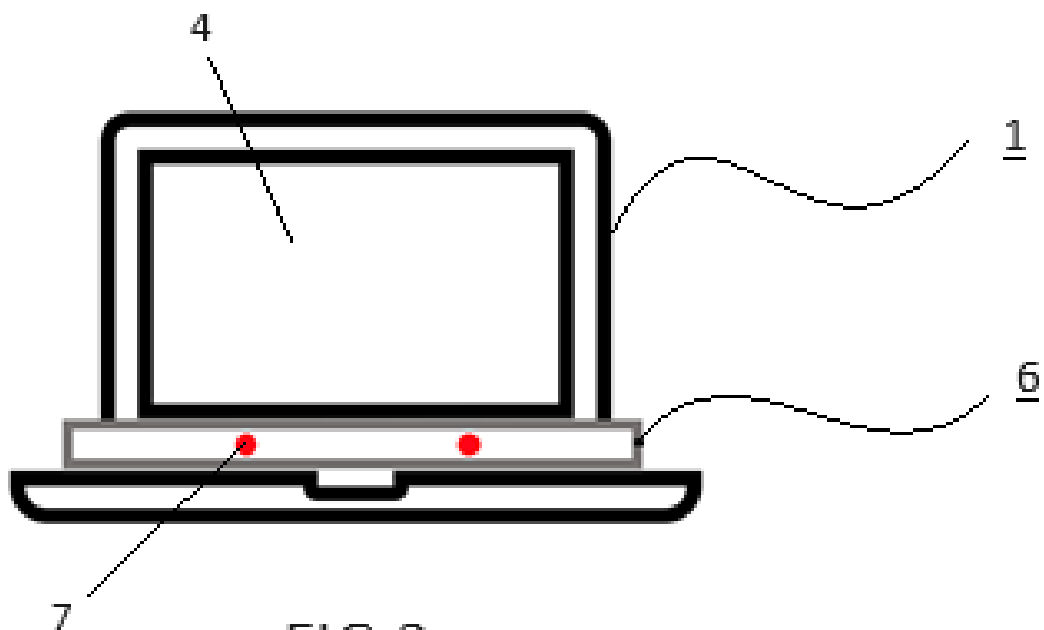


FIG.2