

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 550**

51 Int. Cl.:

A61B 5/11

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2010 PCT/IS2010/000010**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.01.2011 WO11004403**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2010 E 10745437 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2451352**

54 Título: **Procedimiento para valoración precisa y entrenamiento graduado de funciones sensitivomotrices**

30 Prioridad:

07.07.2009 IS 8835

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

13.10.2017

73 Titular/es:

**NECKCARE LLC (100.0%)
16880 Colony Lakes Blvd.
Fort Myers, FL 33908, US**

72 Inventor/es:

KRISTJANSSON, EYTHOR

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 637 550 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

Procedimiento para valoración precisa y entrenamiento graduado de funciones sensitivomotrices

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere, en general, al campo de la valoración y el entrenamiento del movimiento sensitivomotor del cuerpo, y en particular a un procedimiento, que puede crear un número casi infinito de casos de dificultad incremental de patrones de movimiento impredecibles de acuerdo con criterios específicos.

10

ANTECEDENTES TÉCNICOS Y TÉCNICA ANTERIOR

[0002] El dolor de cuello persistente de más de seis meses de duración es un caso frecuente tanto en hombres como en mujeres y los pacientes con dolor de cuello son el segundo grupo más grande (por detrás de los
15 pacientes con dolor lumbar) que acuden a clínicas de fisioterapia y quiroprácticas para el alivio de sus síntomas. Además, la investigación muestra que solamente aproximadamente un tercio de los pacientes diagnosticados con trastornos asociados con latigazo cervical, (diversas manifestaciones clínicas debidas a lesiones del tejido óseo o blando del cuello después de una transferencia de energía de aceleración-deceleración sostenida por causa de un accidente de automóvil), obtienen alivio a corto plazo mediante enfoques musculoesqueléticos convencionales, que
20 por definición son un tratamiento ineficaz. Prevenir que una parte de pacientes con dolor de cuello entre en la fase crónica de su afección impone un gran desafío a los facultativos.

[0003] Se han desarrollado procedimientos no invasivos para cuantificar movimientos anormales de los segmentos cervicales de la columna vertebral usando parámetros biomecánicos. La solicitud de patente WO
25 91/15148 describe un procedimiento que usa eje de rotación instantáneo (IAR) de un rango de movimiento normal y anormal. La medición del IAR detecta la función cinemática de la articulación pero no la función sensitivomotriz. Lo mismo se aplica a procedimientos descritos en la patente de Estados Unidos 5.954.674, donde cada paciente es entrenado para mover su cabeza de una manera predeterminada en planos de movimiento predeterminados a una velocidad predeterminada. Mientras el paciente mueve la articulación en el plano de movimiento único
30 predeterminado mencionado anteriormente, se recopilan datos biomecánicos que son relativos al eje de rotación helicoidal instantáneo de los segmentos cervicales de la columna vertebral. La solicitud de patente WO 2004/043257 describe un dispositivo para el diagnóstico y/o la terapia de trastornos funcionales de la columna vertebral cervical. Al paciente se le requiere que siga una señal óptica con la cabeza mediante un sistema de rastreo que se mueve a lo largo de una línea/trayectoria horizontal o vertical predeterminada
35 a una velocidad predeterminada de manera recurrente. La trayectoria es habitualmente una línea recta pero con un desplazamiento/desvío o amplitud vertical u horizontal específico. Para hacer la trayectoria de movimiento más fácil o más difícil, la longitud de la línea de movimiento puede acortarse o alargarse y la velocidad a la que las señales ópticas se mueven para una trayectoria dada puede reducirse o incrementarse. El documento WO 2004/043257 usa señales de electromiografía (EMG) procedentes de los músculos, especialmente *m. semispinalis capitis*, como una
40 medida de efecto.

[0004] La individualidad observada en alteraciones sensitivomotrices en pacientes con dolor de cuello sugiere que puede ser importante desarrollar programas de rehabilitación específicos para disfunciones específicas y usar procedimientos objetivos y cuantitativos para evaluación de los efectos de rehabilitación. El término "sensitivomotor"
45 incorpora todos los componentes aferentes, eferentes, y de integración central y procesamiento implicados en mantener la estabilidad en el sistema de control postural a través de propiedades de control motor intrínsecas. Desde una perspectiva ortopédica clínica, los mecanorreceptores periféricos son los más importantes en estabilidad articular (muscular - neural) funcional pero en la región cervical también son importantes para estabilidad postural, control del movimiento de cabeza-cuello y ocular.

50

[0005] En consecuencia, enfoques musculoesqueléticos convencionales pueden ser suficientes solamente para pacientes con dolor de cuello y alteraciones sensitivomotrices mínimas. La experiencia y la investigación clínicas indican que, en casos de alteraciones sensitivomotrices significativas, esto podría ser un factor importante en el mantenimiento, la recurrencia o la progresión de diversos síntomas en pacientes con dolor de cuello. En estos
55 casos, se necesitan procedimientos de tratamiento más específicos y novedosos que aborden progresivamente la detección de la posición y el movimiento del cuello así como alteraciones oculomotrices cervicogénicas, estabilidad postural, y mareo cervicogénico.

[0006] Desde que fueron presentadas en 1906 por Slinger y Horsley (Slinger (1906)), las tareas de

emparejamiento de dianas individuales se han usado ampliamente clínicamente para medir la precisión del movimiento. El mecanismo neuromuscular que controla la cabeza en el cuerpo ha sido ensayado mediante reubicación de la postura natural de la cabeza (NHP) (Revel (1991), Heikkilä (1996), Rix (2001)) o reubicación de un punto establecido en el rango. (Loudon (1997)) estos ensayos cervicocefálicos tradicionales son limitados dado que miden solamente un aspecto de la función propioceptiva: sensación de posición. Una importante función del sistema propioceptivo en el control neuromuscular es corregir el movimiento de un momento a otro. Éste es especialmente el caso cuando se realizan movimientos complejos no aprendidos.

5 **[0007]** En un estudio anterior (Kristjansson (2001)) a los sujetos se les requirió que trazaran una figura discreta de movimiento en 8 mediante movimientos repetidos de su cabeza. Cada vez que se realizaba un cruce en la figura del 8, a los sujetos se les pidió que movieron su nariz a través de la postura natural de la cabeza (NHP) de partida de forma tan precisa como fuera posible. Este ensayo era demasiado difícil tanto para sujetos asintomáticos como sintomáticos para ser clínicamente útil.

15 **[0008]** Un "método del rayo láser" ha sido usado ampliamente por algunos terapeutas para rastrear patrones predeterminados tales como una figura de un ocho, elipsoides, polígonos y similares, colocadas frente al paciente (véase la solicitud de patente WO 01/76478). Los patrones de movimiento en el método del rayo láser son altamente predecibles y, por lo tanto, no estimulan el sistema propioceptivo, que necesita patrones de movimiento impredecibles de dificultad incremental para una valoración precisa y para mejorar la progresión del tratamiento. Además, las medidas de efecto en el método del rayo láser no están fácilmente disponibles para valoración clínica de la capacidad del paciente para trazar el patrón de forma precisa y suavemente y las variables más importantes (precisión de amplitud, precisión direccional e índice de sobreaceleración), no se usan (como en la presente invención) para monitorizar el estado del control del movimiento sensitivomotor de cada paciente para valoración objetiva y para mejorar la progresión graduada en el tratamiento de dicho deterioro sensitivomotor.

20 **[0009]** El procedimiento clínico presentado previamente del inventor mide la capacidad del paciente para corregir movimientos de la columna vertebral cervical de un momento a otro, que es una importante función propioceptiva para la regulación de movimientos, es decir detección y corrección de errores, cuando se realizan movimientos activos, mediante mecanismos de retroalimentación y reflejos. Este procedimiento y sistema, llamado "the Fly" (la mosca) demostró patrones de movimiento deteriorados en pacientes con una lesión por latigazo cervical en comparación con controles. (Kristjansson (2004)).

25 **[0010]** Diferentes teorías sobre control motor tales como teorías de reflejos, jerárquica y del sistema apuntalan el diseño de este ensayo anterior. (Shumway (2001)). Estas teorías sugieren que el movimiento de ensayo necesita ser lento, impredecible y de corta duración con el fin de estimular déficits en la entrada acumulativa procedente de los mecanorreceptores que dan origen a la propiocepción del cuello. La velocidad lenta garantiza que se evita sobre-estimulación de los mecanorreceptores del cuello y de los mecanorreceptores especializados en el sistema vestibular. Una velocidad lenta también es necesaria para que los sujetos sean capaces de confiar en la retroalimentación procedente de los mecanorreceptores del cuello durante el movimiento. La trayectoria de movimiento debe ser impredecible y de corta duración para evitar efectos de programación y aprendizaje. Además, las teorías del sistema dicen que, debido al que objetivo final de un movimiento tiene prioridad respecto a todo lo demás durante la realización de tareas, las trayectorias de movimiento para la misma tarea pueden diferir cada vez que la tarea es repetida. Por lo tanto, se prefiere una trayectoria de ensayo impredecible.

35 **[0011]** En "The Fly" (Kristjansson (2004)), el paciente se sienta frente a un ordenador con uno o más sensores montados en la cabeza, que mide de forma precisa las posiciones y los movimientos de la cabeza - cuello en el espacio. Dos cursores son visibles en la pantalla del ordenador: uno negro que indica los movimientos del sensor de cabeza-cuello y el otro azul, el cursor de diana derivado del programa informático "The Fly", cursor de diana que traza la trayectoria a seguir. Al comienzo del ensayo ambos cursores coinciden entre sí en el medio de la pantalla. A continuación, el cursor de diana azul comienza a moverse. Al paciente se le ordena que siga el cursor de "The Fly", trazando patrones de movimiento lento de corta duración, con el cursor negro, moviendo la cabeza-cuello y, por lo tanto, el sensor montado, de forma tan precisa como sea posible. La desviación o la precisión de amplitud entre los dos cursores se registran de forma continua durante tres secuencias de ensayo ordenadas aleatoriamente.

45 **[0012]** Se apreciaría, sin embargo, ser capaces de graduar de forma más precisa el nivel de deterioro de un paciente individual y usar dichos procedimiento y sistema de rastreo de movimiento como un procedimiento de tratamiento, comenzando en el nivel de deterioro respectivo de cada individuo y pasando por niveles de entrenamiento progresivamente más difíciles.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

- [0013]** La presente invención proporciona un procedimiento y un sistema usado para valorar de forma precisa los déficits del control de movimiento y otros déficits sensitivomotores de la región de cabeza/cuello o los miembros.
 5 En consecuencia, puede prescribirse un tratamiento que comienza en el nivel de deterioro sensitivomotor de cada paciente usando el mismo procedimiento.
- [0014]** La solución proporcionada por la presente invención resuelve dos problemas relacionados, siendo el primero un procedimiento de valoración y siendo el segundo un procedimiento de ejercicio. Ambas soluciones se
 10 proporcionan como programas informáticos implementados como una combinación de software, ordenadores, monitores y sensores de movimiento, donde patrones de movimiento generados son importados desde un programa de generación de patrones en dos otros programas informáticos nuevos. Estos programas informáticos pueden ponerse a disposición de los pacientes desde un servidor remoto en Internet.
- [0015]** Un objetivo principal de la invención es proporcionar un procedimiento mejorado para valoración y
 15 entrenamiento de déficits de control sensitivomotor de una persona. La presente invención mejora el sistema desarrollado anteriormente generando patrones de movimiento con niveles de dificultad incrementales. El procedimiento se materializa a través de un nuevo programa informático, que puede generar un número casi infinito de patrones de movimiento de acuerdo con criterios específicos. Los criterios específicos se basan en parámetros
 20 predefinidos que forman los límites para cada una de las diferentes clases de patrones de movimiento generados. De este modo, pueden generarse y aplicarse muchas clases de patrones de movimiento de acuerdo con la presente invención.
- [0016]** En aprendizaje de habilidades motrices es importante que el nivel de dificultad de la tarea sea
 25 ajustable al nivel de habilidad del paciente individual para garantizar que el ejercicio no sea demasiado difícil ni demasiado trivial de realizar. Este aspecto ha sido destacado en la teoría de marco de puntos de desafío. El punto de desafío óptimo representa el grado de dificultad de la tarea necesario para que un individuo de un nivel de habilidad específico optimice el aprendizaje. Ajustando la dificultad de la tarea al cambio de capacidad, se mantiene el punto de desafío óptimo. Esto se consigue pasando al siguiente nivel de dificultad en dicho conjunto incremental
 30 de patrones de movimiento impredecibles.
- [0017]** En un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para valorar la función sensitivomotriz de un sujeto humano que se define en la reivindicación 1.
- [0018]** En un aspecto adicional, se proporciona un sistema para valorar y entrenar la función sensitivomotriz
 35 de un sujeto humano, que se define en la reivindicación 9.
- [0019]** En aún un aspecto adicional, la invención proporciona un producto de programa informático para valorar y entrenar la función sensitivomotriz de un sujeto humano, que se define en la reivindicación 15.
 40
- [0020]** Los parámetros para crear clases de dificultad incremental de patrones de movimiento y que forman los límites entre cada clase de patrones de movimiento preferentemente incluyen uno o más de los siguientes parámetros, que se describen y se definen con más detalle en la descripción detallada:
 45
- El número de curvaturas (número de curvas en la trayectoria del patrón),
 - La agudeza de curvaturas en una clase de movimiento dada (cuán precisas son las curvas),
 - El umbral que define dónde comienza una curvatura en un patrón de movimiento dado,
 - La longitud de la trayectoria de un patrón,
 - La relación entre las partes curvas frente a las más rectas de un patrón de movimiento dado,
 - 50 • La velocidad de la diana en las partes curvas de un patrón por un lado y en las partes más rectas en un patrón por otro lado,
 - Ajuste de la sensibilidad al movimiento del cursor/cursor en cruz guiado por el sensor en la cabeza del paciente, es decir la velocidad y el tiempo de reacción del cursor/cursor en cruz,
 - La velocidad de la diana entre dos puntos de píxel en el dispositivo de visualización, y
 - 55 • El tamaño de la trama dentro de la cual la diana se está moviendo en el dispositivo de visualización.
- [0021]** En algunas realizaciones, dos o más de los parámetros mencionados anteriormente se usan para crear las clases de dificultad, tal como al menos tres parámetros, o al menos cuatro o cinco de los parámetros

anteriores, tal como seis o más de los parámetros. En una realización preferida, todos los parámetros anteriores se usan en el procedimiento.

5 **[0022]** En realizaciones donde se usan menos de todos los parámetros anteriores, algunos de los parámetros, aquellos no usados, simplemente pueden estar fijados permanentemente para no tener ningún efecto variable sobre los patrones creados y la clasificación del nivel de dificultad.

10 **[0023]** Después de que diferentes clases de patrones de movimiento se han generado una vez, siempre pueden añadirse nuevos patrones dentro de una clase de movimiento. Siempre pueden generarse nuevas clases de patrones de movimiento cambiando los valores de los parámetros mencionados anteriormente. Un patrón preseleccionado en cualquier clase de movimiento también se puede cambiar para hacerla más fácil o más difícil sin cambiar otros patrones al mismo tiempo.

15 **[0024]** Se deduce que, cuando se ejecuta el procedimiento, un patrón adecuado puede ser seleccionado aleatoriamente por el ordenador en una clase de dificultad definida a partir de una base de datos de patrones generados, o se puede hacer circular aleatoriamente un nuevo patrón usando uno o más de los parámetros mencionados en el presente documento y generados *in situ*, es decir, antes de la ejecución instantánea. Dicho patrón generado *in situ* puede añadirse posteriormente a una base de datos de patrones.

20 **[0025]** Se apreciará que la invención permite la selección de una clase de dificultad adecuada de patrones basándose en una valoración anterior de un sujeto particular, es decir un sujeto que necesita valoración sensitivomotriz puede ser evaluado y, basándose en el efecto, puede ser enrolado en un programa de ejercicios, comenzando a un nivel de dificultad seleccionado basándose en la valoración.

25 **[0026]** Los resultados de cada serie que indican función sensitivomotriz pueden presentarse de diversas maneras, de acuerdo con la invención. Preferentemente, el resultado proporciona más de un indicador y estos pueden combinarse en un grado. Preferentemente, el efecto indica uno o más de los siguientes: precisión de amplitud, precisión direccional, e índice de sobreaceleración, tal como se definen en el presente documento.

30 **[0027]** En la realización más sencilla de la invención, los patrones son bidimensionales y producidos en cualquier tipo de visualizador convencional. Sin embargo, en una realización más avanzada, los patrones también pueden calcularse en tres dimensiones, donde puede usarse cualquier tipo de visualizador de salida tridimensional, tal como gafas estereoscópicas en 3-D.

35 **[0028]** Son posibles varias variaciones de los patrones con el fin de modificar la dificultad y/o hacer el entrenamiento más interesante y divertido para el sujeto. En algunas realizaciones, el patrón comprende un fondo en el que se dibuja la trayectoria. El fondo puede ser un cuadro de paisaje o cualquier foto o dibujo o cualquier fondo de patrón abstracto. En algunas realizaciones, el fondo se mueve con respecto al patrón de trayectoria. El movimiento del fondo puede ser en la misma dirección general que el cursor de diana o en una dirección diferente, tal como en
40 una dirección que es generalmente opuesta a la dirección del cursor de diana. Los cursores (cursor de diana y/o cursor de rastreo) pueden tener cualquier forma general. En una realización general, uno o ambos cursores están conformados simplemente como un cursor en cruz. Sin embargo, el cursor can puede tener por ejemplo la forma de una flecha, puntero, persona, animal o forma similar.

45 **[0029]** Con el fin de ser más estimulantes y entretenidos, los patrones pueden generarse como un juego de ordenador, tal como, aunque sin limitarse a, diseños donde el sensor de rastreo es un pico de un ave que rastrea una diana tal como una mosca, en dichas realizaciones pueden usarse patrones de fondo, por ejemplo como paisajes peligrosos, pistas de slalom, y similares, que pueden moverse o no con respecto a la diana, tal como se ha descrito anteriormente. En ciertas realizaciones, la diana no se mueve a lo largo de una trayectoria continua pero
50 puede aparecer y desaparecer en puntos temporales diferentes, de este modo el sujeto puede "perseguir" a la diana.

[0030] En algunas realizaciones, se usa un parámetro para ajustar el patrón de trayectoria para que aparezca más en un cuarto particular del visualizador, por ejemplo en el cuarto inferior izquierdo. Esto puede ser particularmente útil en los ejercicios de entrenamiento, cuando el sujeto necesita entrenar movimientos de la cabeza
55 y el cuello que implican flexionar el cuello abajo a la izquierda.

[0031] En otras realizaciones, los patrones pueden ajustarse para estar más en un plano particular, que se denominan en el presente documento como patrones "específicos del plano de movimiento". De este modo, los patrones en dichas realizaciones pueden estar más en, por ejemplo, planos sagital, frontal o transversal,

respectivamente, o más en dos de dichos planos que en el tercero. En esas realizaciones, será particularmente útil ser capaces de proporcionar y visualizar patrones de trayectoria tridimensionales.

[0032] Tal como será evidente a partir de los ejemplos detallados descritos en el presente documento, la invención es particularmente adecuada para la evaluación de la función sensitivomotriz de la cabeza y el cuello, tal como después de traumatismo de cuello por latigazo cervical u otras afecciones relacionadas con lesión o estrés/trabajo. Sin embargo, la invención también puede ponerse en práctica para valoración y entrenamiento sensitivomotor de otras partes del cuerpo y zonas musculares, tales como la mano, la muñeca, el codo o el brazo, y también el pie o la pierna. Esto se consigue fácilmente colocando el sensor en una ubicación adecuada tal como la mano, el antebrazo, el brazo, el pie, la pantorrilla, la rodilla u otra ubicación adecuada dependiendo de la parte o partes del cuerpo que se están valorando y entrenando. En dicha realización, el procedimiento y el sistema de la invención se usan para valorar temblores en las manos. Entonces, el sensor de movimiento está en forma de un lápiz óptico y el sujeto sujeta el lápiz óptico en la mano y rastrea un cursor de diana visualizado en este caso en un tablero de dibujo de panel táctil. La realización puede usarse adecuadamente para entrenar sujetos, por ejemplo sujetos con diversos trastornos neurológicos y sujetos ancianos con función sensitivomotriz deteriorada que afecta a movimientos finos de las manos, por ejemplo, al escribir.

[0033] En realizaciones útiles, el procedimiento comprende además aplicar estímulos y/o perturbaciones externas en cualquier forma al sujeto durante la valoración y/o el ejercicio. Dichas perturbaciones externas pueden implicar estímulos de vibración a diversas frecuencias, en particular para los músculos superficiales del cuello y/o para los músculos superficiales en un punto remoto del cuerpo. Dichas perturbaciones externas también pueden implicar superficies inestables al sentarse o estar de pie o pesos externos aplicados al cuerpo del sujeto.

[0034] La invención es útil para evaluación de trastornos asociados con latigazo cervical (WAD). De personas que buscan atención médica después de un accidente de tráfico por dolor en el cuello, aproximadamente el 20-40% siguen siendo sintomáticos después de seis meses y desarrollan trastornos asociados con latigazo cervical (WAD) crónicos. Un WAD crónico es difícil de tratar y de valorar de forma precisa, dado que habitualmente no pueden detectarse signos de trayectoria-anatómicos demostrables que justifiquen y se correlacionen de forma precisa con el trastorno. El personal médico tiene que depender, por lo tanto, de la propia experiencia del paciente. Existe una preocupación sostenida de que una proporción de aquellos que reclaman una indemnización por lesión por latigazo cervical están exagerando o falseando los síntomas. Esto también afecta negativamente a la mayoría de demandantes con auténticos síntomas, cuyas reclamaciones pueden enfrentarse a dudas.

[0035] El presente procedimiento ha demostrado diferenciar de forma estadísticamente fiable entre respuestas auténticas de personas que padecen disfunción sensitivomotriz, y personas que intentan inventar dichos síntomas. Los encuestados auténticos muestran una mejor coherencia entre ensayos y la diferencia esperada entre diferentes clases de dificultad, mientras que los sujetos de ensayo a los que se les ordenó que fingieran los síntomas no lo hacen.

[0036] El procedimiento y sistema para medir la capacidad de una persona para seguir patrones de movimiento de dificultad incremental generados es proporcionado por el software para valorar de forma precisa los déficits de control del movimiento y otros déficits sensitivomotores de la región de cabeza/cuello o los miembros. El procedimiento proporciona tres mediciones de resultados complementarias, Precisión de amplitud, Precisión direccional e Índice de sobreaceleración. La precisión de amplitud representa la desviación entre una diana y un cursor (el sensor) colocado en el cuerpo del paciente, que es medida de forma continua entre cada punto de píxel en un dispositivo de visualización y convertida en milímetros. La precisión direccional representa "tiempo en la diana", "subimpulsos" (tiempo detrás de la diana) frente a "sobreimpulsos" (tiempo delante de la diana), estando cada uno indicado como el porcentaje del tiempo total usado para realizar un ensayo para un patrón de movimiento dado. El Índice de sobreaceleración representa una medición de la suavidad de movimiento de la ejecución de cada individuo para cada patrón de movimiento indicado por un índice cuantitativo de 0-10 u otra cuantificación numérica.

[0037] El procedimiento y sistema para mejorar la coordinación de movimientos de la columna vertebral cervical se proporciona mediante un programa que contiene varios agrupamientos (bancos) de patrones para cada clase/grado de patrones de movimiento de dificultad incremental. La dificultad de un ensayo de ejercicio dentro de cada agrupamiento (banco) de patrones de movimiento se regula seleccionando una o más de las siguientes opciones: 1) velocidad de el cursor de diana en las partes rectas de la trayectoria de un patrón, (pueden seleccionarse varias velocidades del cursor de diana); 2) el tamaño de la trayectoria del patrón puede reducirse o aumentarse (pueden seleccionarse varios tamaños de la trayectoria del patrón); 3) el tamaño del cursor de diana puede reducirse o agrandarse (pueden seleccionarse varios tamaños); 4) la dirección del cursor de diana se puede

cambiar para apuntar en diferentes direcciones (pueden seleccionarse varias direcciones).

[0038] En una realización de la presente invención, retroalimentación es proporcionada por el programa de ejercicio durante y después de un ensayo de ejercicio. La retroalimentación puede estar en forma de resultados de ejecución donde al paciente se le proporciona retroalimentación constante durante la ejecución del ensayo de ejercicio. La visualización del cursor de rastreo desde el sensor montado en el paciente se puede cambiar dependiendo de la distancia a la que está el cursor de la diana. Esta retroalimentación indica la precisión direccional de los movimientos de la columna vertebral cervical. Un segundo tipo de retroalimentación es los resultados de efecto en la finalización del ensayo mostrados de dos maneras:

1) Mediante una visualización gráfica, tal como una columna, tartas o mediante cualesquiera otros elementos de visualización, que indica la edad porcentual de a) el tiempo en la diana, b) el tiempo detrás de la diana o subimpulsos, y c) el tiempo delante de la diana o sobreimpulsos. La retroalimentación puede visualizarse dentro de la misma columna mediante, por ejemplo, diferentes patrones de colores o en columnas independientes.

2) Mediante una visualización gráfica de la trayectoria del patrón del cursor de diana y el patrón trazado por el paciente después de que el ensayo de ejercicio ha finalizado. Esta retroalimentación expresa visualmente la precisión de amplitud del paciente. La visualización puede hacerse mediante diferencia de color o forma de la trayectoria del patrón del cursor de diana que indica la diferencia entre la trayectoria trazada por el cursor de diana y el patrón trazado por el paciente con el cursor de rastreo.

[0039] En una realización de la presente invención se repiten ejercicios, a intervalos regulares, durante un periodo de tiempo tal como una o dos semanas. Diariamente o ejercicios regulares a intervalos regulares, durante un tiempo predeterminado tal como 1-60 minutos, o 5-45 minutos, o 20-30 minutos o, 10-15 minutos de entrenamiento son realizados por el paciente y a continuación se realiza una revaloración. La revaloración decidirá si el paciente puede comenzar en una fase más difícil en el programa de ejercicio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0040]

La figura 1 es una captura de pantalla del menú en un programa de generación de patrones de acuerdo con la invención.

La figura 2 ilustra cómo los procedimientos de valoración y tratamiento novedosos se ponen a disposición de profesionales sanitarios en Internet a través de un servidor.

La figura 3 muestra ejemplos de patrones generados en diferentes clases de dificultad

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0041] El procedimiento de la presente invención puede realizarse adecuadamente en cualquier ubicación tal como en el domicilio del paciente o el centro de atención sanitaria local. El sujeto necesitará obtener el dispositivo sensor de movimiento y un ordenador. En una realización, el sistema es operado en una red, de modo que el sujeto inicia sesión a través de un acceso de inicio de sesión a la interfaz del usuario del sistema informático. En dicho sistema, los patrones pueden almacenarse y/o generarse adecuadamente en un ordenador central y un patrón adecuado es enviado al ordenador del usuario. El ordenador del usuario está conectado al sensor de movimiento, de modo que el ordenador recibe datos que representan los movimientos del sensor durante el uso. La correlación/desviación pueden calcularse con una rutina del programa bien en el ordenador del usuario o preferentemente en el ordenador central. El ordenador central preferentemente recopila algunos o todos los datos de medición, haciendo posible mejorar la comparación basándose en retroalimentación y recopilación en curso de datos históricos.

[0042] En una realización de la invención, los patrones de movimiento generados son importados desde un Programa de Generación de Patrones en otros dos nuevos programas informáticos, un programa de valoración y otro programa de ejercicio, que pueden ponerse a disposición de los pacientes desde un servidor remoto a través de Internet.

[0043] Los dos programas informáticos son los siguientes:

1. El programa informático de valoración Fly: Este programa mide la capacidad de una persona para seguir los patrones de movimiento de dificultad incremental generados mediante tres mediciones de resultados

complementarias:

- 5 • Precisión de amplitud: la desviación entre una diana (la mosca) y un cursor (sensor) colocado en el cuerpo del paciente es medida de forma continua entre cada punto de píxel en un dispositivo de visualización y convertida en milímetros.
- Precisión direccional: Tiempo en la diana, Subimpulsos frente a Sobreimpulsos son indicados, cada uno, como el porcentaje del tiempo total usado para realizar un ensayo para un patrón de movimiento dado.
- 10 • Índice de sobreaceleración: mide la suavidad de movimiento para cada patrón de movimiento indicada mediante un índice numérico, por ejemplo de 0 - 10.

2. El programa de ejercicios Fly: es un nuevo programa de ejercicios generados por ordenador diseñado para mejorar la coordinación de movimientos de la columna vertebral cervical. El programa contiene varios bancos para cada clase/grado de patrones de movimiento de dificultad incremental. Una o más de las siguientes opciones puede seleccionarse para hacer a un ensayo de ejercicio más fácil o más difícil para cada patrón y/o banco respectivamente:

- 20 • La velocidad del cursor de diana en las partes rectas de la trayectoria de un patrón, pueden seleccionarse varias velocidades del cursor de diana;
- El tamaño de la trayectoria del patrón puede reducirse o agrandarse, pueden seleccionarse varios tamaños de la trayectoria del patrón;
- El tamaño del cursor de diana puede reducirse o agrandarse; pueden seleccionarse varios tamaños
- 25 • La dirección del cursor de diana puede cambiarse para apuntar en diferentes direcciones; pueden seleccionarse varias direcciones

La retroalimentación durante y después de un ensayo de ejercicio es una parte esencial del programa de ejercicios Fly

30 **[0044]** Se proporciona la siguiente retroalimentación:

1. Resultados de ejecución: al paciente se le proporciona retroalimentación constante mientras realiza el ensayo de ejercicio. El cursor de rastreo desde el sensor montado en el paciente cambia de color de acuerdo con cuán cerca o cuán lejos está el cursor en relación con el cursor de diana. Cuando el cursor de rastreo y el cursor de diana están en aproximación cercana el cursor de rastreo es verde. Cuando el cursor de rastreo está detrás o delante del cursor de diana, el cursor de rastreo es rojo y amarillo respectivamente. Esta retroalimentación indica la precisión direccional de los movimientos de la columna vertebral cervical.

35 2. Resultados de efecto: los resultados de efecto en la finalización del ensayo pueden mostrarse de las dos maneras siguientes para el paciente, como un ejemplo.

40 **[0045]** En primer lugar: visualizando una columna, que indica en porcentaje a) el tiempo en la diana, indicado mediante el color verde en el medio de la columna b) el tiempo detrás de la diana o subimpulsos, indicado por el color amarillo en el extremo inferior de la columna y c) el tiempo delante de la diana o sobreimpulsos, indicado por el color rojo en la parte superior de la columna.

45 **[0046]** En segundo lugar: La trayectoria del patrón del cursor de diana y el patrón trazado por el paciente se visualiza gráficamente después de que el ensayo de ejercicio ha finalizado para expresar visualmente la precisión de amplitud del paciente. El color azul representa la trayectoria trazada por el cursor de diana y el color verde representa el patrón trazado por el paciente con el cursor de rastreo.

50 **[0047]** Después de una o dos semanas con ejercicios diarios o regulares a intervalos regulares, generalmente 10-15 minutos de entrenamiento, se realiza revaloración, que decidirá si el paciente puede comenzar en una fase más difícil en el programa de ejercicio.

55 **[0048]** De este modo, la presente invención comprende tanto una nueva valoración como un procedimiento de tratamiento para medir objetivamente y tratar un déficit sensitivomotor de control de los movimientos de la columna vertebral cervical. Esto se consigue por medio de la creación de patrones de movimiento de dificultad incremental de acuerdo con parámetros (criterios) predefinidos. Mediante este medio, el potencial de rehabilitación de las funciones sensitivomotrices de una persona que depende de la función sensorial y motriz del cuello aumenta.

[0049] Ventajas y características adicionales de la invención se definen adicionalmente en las reivindicaciones dependientes así como en la siguiente descripción más detallada de realizaciones preferidas de la presente invención.

- 5 **[0050]** La figura 1 es una captura de pantalla del menú en el programa de generación de patrones. Éste visualiza gráficos, parámetros y sus datos respectivos en la pantalla. Se proporcionan cuatro recuadros en el medio del menú para ver el o los patrones generados en diferentes formas después de que se ha generado un patrón.
- 10 • La figura del recuadro central izquierdo superior muestra una pista de patrón particular.
 - El gráfico del recuadro central derecho superior muestra un gráfico lineal de la velocidad de trayectoria de un patrón - cómo varía la velocidad en un patrón desde el principio (izquierda) hasta el final (derecha). La parte más superior del gráfico muestra las partes más rectas de la trayectoria de un patrón con velocidades más rápidas mientras que la parte inferior del gráfico muestra las partes más curvas (angulares) de la trayectoria de un patrón con velocidades más lentas.
 - 15 • El recuadro central izquierdo inferior muestra un diagrama de barras de la trayectoria de un patrón - cuánto tiempo transcurre relativamente en diferentes secciones de velocidad de un patrón, comenzando en el lazo inferior izquierdo (0%) y continuando hasta el lado inferior derecho (100%). Este gráfico es principalmente para mejorar la comprensión visual del gráfico lineal (el recuerdo superior derecho).
 - 20 • El recuadro central derecho inferior enumera los datos de la trayectoria de un patrón (trayectoria) en más detalle.

[0051] Los parámetros o criterios predefinidos para generar diferentes clases incrementales de patrones de movimiento se dividen en cuatro grupos o selecciones principales: Primeras selecciones y Terceras selecciones en el lado más a la derecha en el menú y Segundas selecciones y Cuartas selecciones en el lado más izquierdo en el menú.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA:

- 30 **[0052]** Una comprensión más completa de las mencionadas anteriormente y otras características y ventajas de la presente invención quedará clara a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas y definición de términos, donde se hace referencia a los números adjuntos en la figura 1, en la que:
- 35 1. El número de curvaturas o segmentos decide cuán a menudo se implementan cambios de dirección en cada clase de patrones de movimiento.
 2. El valor en "Agudeza del ángulo" o la agudeza de una curvatura decide cuán agudas/anchas son las curvaturas en cada clase de patrones de movimiento. Cuanto más bajo es el valor más agudos son los ángulos (curvatura) y, por lo tanto, más difícil. La agudeza de una curva determina la velocidad de la diana en la curva de acuerdo con la ley de potencia 2/3 que está programada en el Software. En la formulación original de la ley de potencia 2/3, la *velocidad angular* y la *curvatura* están relacionadas. La *velocidad angular* es el cociente de la velocidad instantánea y el radio de curvatura, y la *curvatura* es la inversa del radio de curvatura. Básicamente la ley de potencia de dos tercios afirma que la velocidad instantánea es más baja en las partes más curvas que en las partes menos curvas de la trayectoria.
 - 40 3. El valor del umbral define dónde comienza una curvatura en un patrón de movimiento dado. Éste es, por lo tanto, un valor de corte. En este caso particular, el valor del umbral se establece en 2,5, lo que significa que se calculan menos puntos de píxel en la fórmula en comparación con cuando el umbral se establece en un valor más elevado. La ley de potencia 2/3 junto con el valor para el umbral (3) decide el valor en el índice de dificultad 1 (ID1). Cuanto mayor es el ID1, más difícil es el patrón de movimiento.
 - 45 4. Los límites de longitud de las trayectorias en cada clase de patrones de movimiento también deciden la dificultad. Cuando más larga es la trayectoria, más difícil es el patrón de movimiento. Esta opción también se refiere al número de segmentos (curvaturas) en dicha clase de movimiento, dado que los números de curvas en un patrón dado dependen de trayectorias más largas.
 - 50 5. Los valores en las "Partes rectas" frente a "Ángulos" deciden la relación entre las partes más rectas frente a las partes curvas de un patrón de movimiento dado. El valor para el índice de dificultad 2 (ID2) representa las partes rectas o límites superiores en una trayectoria o gráfico lineal de patrón dado, respectivamente. El índice de dificultad 3 (ID3) representa las partes curvas o límites inferiores en una trayectoria o gráfico lineal de patrón dado, respectivamente. ID2: éste es un porcentaje de puntos totales que tienen velocidad entre "Máximo de partes rectas" y "Mínimo de partes rectas" es decir $ID2 = 100 * (\text{Número de puntos entre estos límites}) / \text{Puntos totales}$. ID3: éste es el porcentaje de puntos totales que tienen velocidad entre "Máximo de ángulos" y "Mínimo
 - 55

de ángulos" es decir $ID3 = 100 * (\text{Número de puntos entre estos límites}) / \text{Puntos totales}$.

6. "Interfaz de velocidad máxima" en la opción de velocidad máxima controla la velocidad en las partes rectas en el patrón (límites superiores). Seleccionando el mismo valor que en umbral (2) la velocidad en las partes rectas (límites superiores) se vuelve inalterada. Seleccionando un valor más elevado para la velocidad máxima en esta opción, la velocidad en las partes rectas se vuelve más rápida.

7. La opción de cursor en cruz se refiere a los dos cursores en la pantalla. A) Éste es un cursor en cruz que representa el cursor de rastreo, que se refiere al sensor (rastreador) en la cabeza del paciente. B) Éste es un cursor en cruz que representa el cursor de diana.

7A) "Escala de movimiento" se usa para atenuar o multiplicar el "movimiento del cursor en cruz" derivado del sensor, ajustando la sensibilidad al movimiento del sensor/rastreador. Cuanto más elevado es este valor, menos movimiento es requerido por el sensor (rastreador) para mover el cursor de rastreo la misma distancia en la pantalla. Un valor más elevado aquí indica un ángulo más amplio y el alcance del cursor en cruz aumenta - y el paciente se mueve en un espacio más grande en la pantalla. Entonces se requerirá un menor esfuerzo por un paciente para moverse cuando se especifica un valor de escala de movimiento elevado. Por lo tanto, es más fácil para el paciente seguir el cursor de diana en la pantalla derivado del programa informático. Lo contrario es cierto cuando se selecciona un valor más bajo para la "escala de movimiento" dado que el ángulo se vuelve más estrecho y el alcance del cursor en cruz en la pantalla disminuye. Un ejemplo: si el valor de la escala de movimiento se establece en 10, entonces cada movimiento del sensor aumenta en 10 en la pantalla, lo que acelera el movimiento del cursor en cruz en la pantalla. El movimiento en la pantalla se representa en píxeles, así que cada movimiento de 1 píxel por paciente (cursor en cruz) es en realidad un movimiento de 11 píxeles (1+10).

7B) Intervalo de tiempo decide la velocidad del cursor en cruz de diana entre dos puntos de píxel en el dispositivo de visualización. Este cursor en cruz se deriva del programa informático (en forma de una mosca en este caso). Seleccionando un intervalo más elevado, la velocidad de la mosca se vuelve más lenta. Intervalo de tiempo al comienzo está ajustado en un valor y controla un "temporizador" que dibuja la mosca (intervalo del temporizador). Este "temporizador" hace tictac y dibuja "la mosca" produciendo una función de "Velocidad Suave()". Cada vez que la mosca es dibujada, su velocidad se compara con la "Velocidad máxima" - si la velocidad de la mosca está por debajo de la "Velocidad máxima" entonces el "intervalo del temporizador" se prolonga multiplicando el valor establecido original por velocidad máxima/velocidad. Por otro lado, si la velocidad supera la velocidad máxima entonces el "intervalo del temporizador" se establecerá en el valor original en "Intervalo de tiempo".

8. El porcentaje de altura en la opción de trama decide la relación de la trama en la que los patrones aparecen en relación con el tamaño del visualizador. Por lo tanto, la toma de la trayectoria del patrón está limitado por una trama dentro del visualizador global, que se hace invisible en el programa informático. Esta invisibilidad es necesaria de modo que el paciente no sabe cuándo el cursor de diana en la pantalla tiene que cambiar de dirección a medida que se acerca a la trama.

9. El valor en "Conversión a escala de velocidad" decide la toma o la conversión a escala del gráfico lineal y el diagrama de barras en el recuadro superior derecho y el recuadro inferior izquierdo, respectivamente. Se usa simplemente para visualización de cómo varía la velocidad (gráfico lineal) y cuánto tiempo transcurre relativamente en diferentes secciones de velocidad (diagrama de barras) de un patrón generado.

10. La línea azul horizontal en el recuadro superior derecho en el gráfico lineal visualiza el umbral. Las líneas, por encima del umbral, representan las partes rectas (con velocidades más rápidas) y las líneas, por debajo del umbral, representan las curvas en la trayectoria del patrón (con velocidades más lentas).

11. La línea roja horizontal y la línea verde horizontal en el recuadro superior derecho en el gráfico lineal visualiza los límites superiores (partes rectas) frente a los límites inferiores (ángulos)

12. Añadir patrón requiere el número de segmentos y el número de trayectorias (patrones). Con estos valores rellenos, después de que una o más clases de patrones de movimiento han sido generadas una vez, junto con sus criterios predefinidos de acuerdo con los valores de otros campos obligatorios marcados con un asterisco rellenos, siempre pueden añadirse nuevos patrones en la base de datos para una clase de movimiento existente. Una nueva clase de patrón de movimiento también puede generarse relleno de diferentes criterios en los recuadros mencionados anteriormente.

13. El botón de búsqueda enumerará todos los patrones que concuerdan con los criterios de "selección de trayectoria". Si no se introducen criterios de selección de trayectoria, entonces se enumerarán todos los patrones en el banco de datos.

14. La opción de seleccionar trayectorias actualmente permite que un patrón se seleccione y se recalculen

15. Recálculo permite que un patrón existente pre-seleccionado en la lista de "seleccionar trayectorias" (14) se

actualice. El botón de recálculo es activado después de que las alteraciones deseadas se han realizado en los uno o más de los criterios mencionados anteriormente en la figura 1. El botón de recálculo es, por lo tanto, una manera de editar y guardar un patrón existente en la base de datos.

5 16. Los patrones pueden borrarse usando el botón de borrar. El botón borrar se activa solamente después de seleccionar el patrón de la lista de "seleccionar trayectoria".

17. Los patrones son de tres tipos, implementados en una de tres categorías: Ejercicio, Medición y Pre-ensayo.

El valor seleccionado a partir del nivel de usuario decide el nivel de dificultad del patrón; en una realización actual se pueden seleccionar tres niveles: Fácil, Medio o Difícil (figura 3).

10

[0053] La invención no está limitada a las realizaciones descritas anteriormente y mostradas y numeradas en la figura 1, que solamente tienen el propósito de ilustrar y ejemplificar. Esta solicitud de patente pretende cubrir todas las adaptaciones y variantes de las realizaciones preferidas descritas en el presente documento y, en consecuencia, la presente invención se define por la redacción de las figuras adjuntas. De este modo, el procedimiento puede modificarse de todas las maneras viables dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

15

[0054] Debe señalarse que la creación de las curvas en dichos patrones de movimiento de dificultad incremental puede generarse mediante diferentes enfoques en gráficos por ordenador. La curva de Bézier (véase <http://www.moshplant.com/direct-or/bezier/>) es una manera de crear las curvas en gráficos por ordenador para dicho procedimiento. Otro procedimiento es el procedimiento de curva para animación cúbica natural (<http://mathworld.wolfram.com/CubicSpline.html>), que es más preciso en el campo matemático de análisis numérico y es, por lo tanto, preferido para dicho procedimiento. De este modo, la creación de patrones puede modificarse de todas las maneras viables de acuerdo con enfoques de gráficos por ordenador existentes y enfoques de gráficos por ordenador desarrollados en el futuro.

20

[0055] Debe señalarse que, en otras realizaciones del nuevo procedimiento, pueden implementarse mediciones de efecto diferentes de las presentadas en la realización ejemplificada en el presente documento, en una fase posterior. Lo mismo se aplica para la retroalimentación, que puede implementarse de numerosas y diversas maneras en versiones alternativas contempladas del procedimiento de la invención.

25

[0056] Debe señalarse que toda la información relativa a términos y parámetros solamente indica relación mutua en las realizaciones descritas, relación que puede cambiar si el procedimiento de acuerdo con la invención se proporciona con otro diseño.

30

[0057] Debe señalarse que, incluso aunque no se mencione explícitamente, características de una realización específica pueden combinarse con las características de otra realización, esto debe considerarse evidente cuando sea posible.

35

[0058] En aún una realización adicional de la invención, el procedimiento y sistema pueden configurarse como una parte integrada de un software y un sistema informático más exhaustivos, denominados en el presente documento como una "unidad NeckCare", que contiene auto-valoración del paciente, mediciones y procedimientos de tratamiento (ejercicios).

40

[0059] La figura 2 muestra cómo los procedimientos de valoración y tratamiento novedosos se ponen a disposición de profesionales sanitarios en Internet a través de un servidor. Hay tres estaciones informáticas implicadas en esta configuración: 1. La estación "NeckCare", que contiene el programa de generación de patrones tal como se ha descrito anteriormente en el presente documento y controla todas las conexiones a internet con las clínicas. 2. Estaciones del facultativo, que descargan procedimientos de valoración y tratamiento para uso por el paciente en las clínicas. 3. Estaciones de paciente, que descargan la parte de tratamiento (ejercicio) del programa de escritorios del facultativo para auto-tratamiento del paciente en cada ola ubicación de elección tal como en una oficina.

45

La correcta colocación del sensor en la cabeza del paciente es importante para obtener resultados estandarizados. Además, dado que los datos residen en el servidor - una conectividad a Internet a buena velocidad es obligatoria con el fin de realizar un ensayo. Si debido a la latencia de la red o debido a otro error de la red - la conexión entre la clínica y la estación NeckCare se pierde, entonces el ensayo debe reiniciarse una vez restablecida la conectividad.

50

[0060] La invención proporciona los beneficios de ser capaz con la combinación de patrones fáciles y más difíciles, de diferenciar sujetos con síntomas biológicamente genuinos y sujetos que intentan falsear resultados para beneficio personal, un problema muy preocupante para pacientes con dolor de cuello después de colisiones en

55

vehículo automóvil y sus compañías de seguros debido a las implicaciones médico-legales.

Referencias

- 5 1. Slinger RT, Horsley V. Upon the orientation of points in space by the muscular, arthroclial, and tactile senses of the upper limbs in normal individuals and in blind persons. *Brain* 1906; 29:1-27.
2. Revel M, Andre-Deshays C, Minguet M. "Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain" *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72: 288-91.
- 10 3. Heikkilä H, Åström PG "Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with whiplash injury" *Scand J Rehabil Med* 1996; 28: 133-138.
4. Rix GD, Bagust J. "Cervicocephalic kinaesthetic sensibility in patients with chronic, nontraumatic cervical spine pain" *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 911-919.
5. Loudon JK, Ruhl M, Field E. "Ability to reproduce head position after whiplash injury" *Spine* 1997; 22: 865-868.
- 15 6. Kristjansson E, Dall'Alba P, Jull G. "Cervicocephalic kinaesthesia: reliability of a new test approach" *Physiother Res Int* 2001; 6: 224-235.
7. Kristjansson E, Hardardottir L, Ásmundardottir M, Gudmundsson K. "A new clinical test for cervicocephalic kinesthetic sensibility: "The Fly"" *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 490-495.
8. Shumway Cook A, Woolacott A. "Motor control: Theory and Practical Application" Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia; 2001

20

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para valorar y para entrenar la función sensitivomotriz de un sujeto humano, que comprende
- 5 a) generar en un ordenador un patrón que comprende una trayectoria,
 b) colocar un sensor de movimiento en la cabeza o un miembro de dicho sujeto, sensor que está conectado a dicho ordenador de modo que dicho ordenador pueda rastrear los movimientos de dicho sensor, y producir un cursor de rastreo en un visualizador,
 10 c) dibujar dicha trayectoria en dicho visualizador con un cursor de diana después de que al sujeto se le ha ordenado que siga el cursor de diana moviendo el cursor de rastreo, en el que la agudeza de las curvas en la trayectoria y la velocidad del cursor de diana están relacionadas como se define mediante la ley de potencia 2/3,
 d) medir la correlación y/o desviación de dicho cursor de rastreo respecto a dicho cursor de diana, en el que la medición de correlación comprende determinar la precisión de amplitud y la precisión direccional,
 15 e) proporcionar una valoración de la función sensitivomotriz de dicho sujeto, basada en la correlación y/o desviación medidas en la etapa d),
 en el que el procedimiento se **caracteriza porque** dicho patrón generado se pre-clasifica en una clase entre una pluralidad de clases de dificultad de patrones de dificultad incremental, dichas clases de dificultad definidas por parámetros, que incluyen (a) número de curvas en la trayectoria del patrón, (b) agudeza de las curvas en la trayectoria del patrón, (c) velocidad del cursor de diana en partes curvas de la trayectoria del patrón y en partes
 20 rectas de la trayectoria del patrón, y (d) la relación entre las partes curvas frente a las rectas en el patrón.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, para valorar y además para entrenar la función sensitivomotriz de dicho sujeto humano, en el que se genera un patrón en una clase de dificultad seleccionada basándose en una valoración previa de dicho sujeto mediante dicho procedimiento.
- 25 3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que dicha pluralidad de clases de dificultad están definidas, además, por uno o más de los siguientes parámetros:
 (e) un umbral que define dónde comienza una curva en la trayectoria del patrón,
 (f) longitud de la trayectoria del patrón,
 30 (g) la velocidad de la diana entre dos puntos de píxel en el dispositivo de visualización,
 (h) el tamaño y/o parte de una trama dentro del dispositivo de visualización dentro de la cual la diana se está moviendo en el dispositivo de visualización.
4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que dicho patrón se selecciona entre
 35 un patrón bidimensional y un patrón tridimensional en cuyo caso dicho visualizador proporciona visionado tridimensional, tal como a través de gafas estereoscópicas.
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para valorar la función sensitivomotriz de una parte del cuerpo seleccionada entre el grupo que consiste en zona de cabeza/cuello, brazo y
 40 codo, mano, pie.
6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que pueden crearse dichos patrones que son específicos del plano de movimiento, de modo que el cursor de diana se mueve más en un plano seleccionado entre los planos sagital, frontal y transversal.
- 45 7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además someter al sujeto a perturbaciones externas seleccionadas entre estímulos de vibración para los músculos superficiales del cuello y para los músculos superficiales en un sitio remoto del cuerpo, superficies inestables al sentarse o estar de pie, pesos externos aplicados al cuerpo del sujeto.
- 50 8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha valoración de la función sensitivomotriz comprende una valoración de si desviaciones de el cursor de rastreo respecto al cursor de diana se deben a efectos simulados o auténticos sobre la función sensitivomotriz.
- 55 9. Un sistema para valorar y entrenar la función sensitivomotriz de un sujeto humano, comprendiendo el sistema:
 un ordenador instalado con un programa informático,
 un visualizador de salida conectado a dicho ordenador,
 un sensor de rastreo de movimiento conectado a dicho ordenador,

- dicho programa informático cuando se ejecuta en el ordenador genera un patrón que comprende una trayectoria que es trazada en dicho visualizador con un cursor de diana, en el que la agudeza de las curvas en la trayectoria y la velocidad del cursor de diana están relacionadas tal como se define mediante la ley de potencia $2/3$,
 el programa produce además en el visualizador un cursor de rastreo, que sigue el movimiento de dicho sensor de movimiento,
 el programa calcula una correlación y/o desviación entre dicha trayectoria del cursor de diana y la trayectoria del sensor de rastreo, y produce datos indicativos de la función sensitivomotriz del sujeto, en el que la medición de correlación comprende determinar una precisión de amplitud y una precisión direccional,
 el programa capaz de generar una pluralidad de clases de dificultad de patrones de dificultad incremental,
 10 **caracterizado porque** dichas clases de dificultad están definidas por parámetros, que incluyen (a) número de curvas en la trayectoria del patrón, (b) agudeza de las curvas en la trayectoria del patrón, (c) velocidad del cursor de diana en partes curvas de la trayectoria del patrón y en partes rectas de la trayectoria del patrón, y (d) la relación entre las partes curvas frente a las rectas en el patrón.
- 15 10. El sistema de la reivindicación 9, en el que dicha pluralidad de clases de dificultad están definidas además por uno o más de los siguientes parámetros:
 a) un umbral que define dónde comienza una curva en la trayectoria del patrón,
 b) longitud de la trayectoria del patrón,
 c) la velocidad de la diana entre dos puntos de píxel en el dispositivo de visualización
 20 d) el tamaño y/o parte de una trama dentro del dispositivo de visualización dentro de la cual la diana se está moviendo en el dispositivo de visualización.
11. El sistema de la reivindicación 9, en el que dicho patrón es un patrón tridimensional y dicho visualizador proporciona visionado tridimensional, tal como gafas estereoscópicas.
 25 12. El sistema de la reivindicación 9, en el que dicho visualizador de salida está conectado a distancia a dicho ordenador, de modo que dicho sujeto humano con dicho sensor de rastreo de movimiento y el visualizador de salida está en una primera ubicación y dicho ordenador en una segunda ubicación.
- 30 13. El sistema de la reivindicación 9, que comprende un segundo ordenador en una tercera ubicación, a través del cual un proveedor de servicios puede proporcionar a dicho sujeto humano valoración y/o entrenamiento controlados en la primera ubicación.
14. El sistema de la reivindicación 9, que es capaz de realizar, para un sujeto humano, el procedimiento
 35 tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
15. Un producto de programa informático para valorar y entrenar la función sensitivomotriz de un sujeto humano, que, cuando se instala y se ejecuta en un ordenador, genera en un visualizador un patrón que comprende una trayectoria que es trazada en dicho visualizador con un cursor de diana, en el que la agudeza de las curvas en la trayectoria y la velocidad del cursor de diana están relacionadas tal como se define mediante la ley de potencia $2/3$,
 el programa produce además en el visualizador un cursor de rastreo, basándose en una señal recibida desde un sensor de movimiento conectado a dicho ordenador, de este modo el cursor de rastreo sigue el movimiento detectado por dicho sensor de movimiento,
 45 el programa calcula una correlación y/o desviación entre dicha trayectoria del cursor de diana y la trayectoria del sensor de rastreo, y produce datos indicativos de la función sensitivomotriz del sujeto, en el que la medición de correlación comprende determinar la precisión de amplitud y la precisión direccional, siendo capaz el programa de generar una pluralidad de clases de dificultad de patrones de dificultad incremental, y seleccionar y/o sugerir un nivel de dificultad adecuado para un sujeto dado basándose en la valoración de dicho
 50 sujeto, **caracterizado porque** dichas clases de dificultad están definidas por parámetros, que incluyen (a) número de curvas en la trayectoria del patrón, (b) agudeza de las curvas en la trayectoria del patrón, (c) velocidad del cursor de diana en partes curvas de la trayectoria del patrón y en partes rectas de la trayectoria del patrón, y (d) la relación entre las partes curvas frente a las rectas en el patrón.

Fig. 1

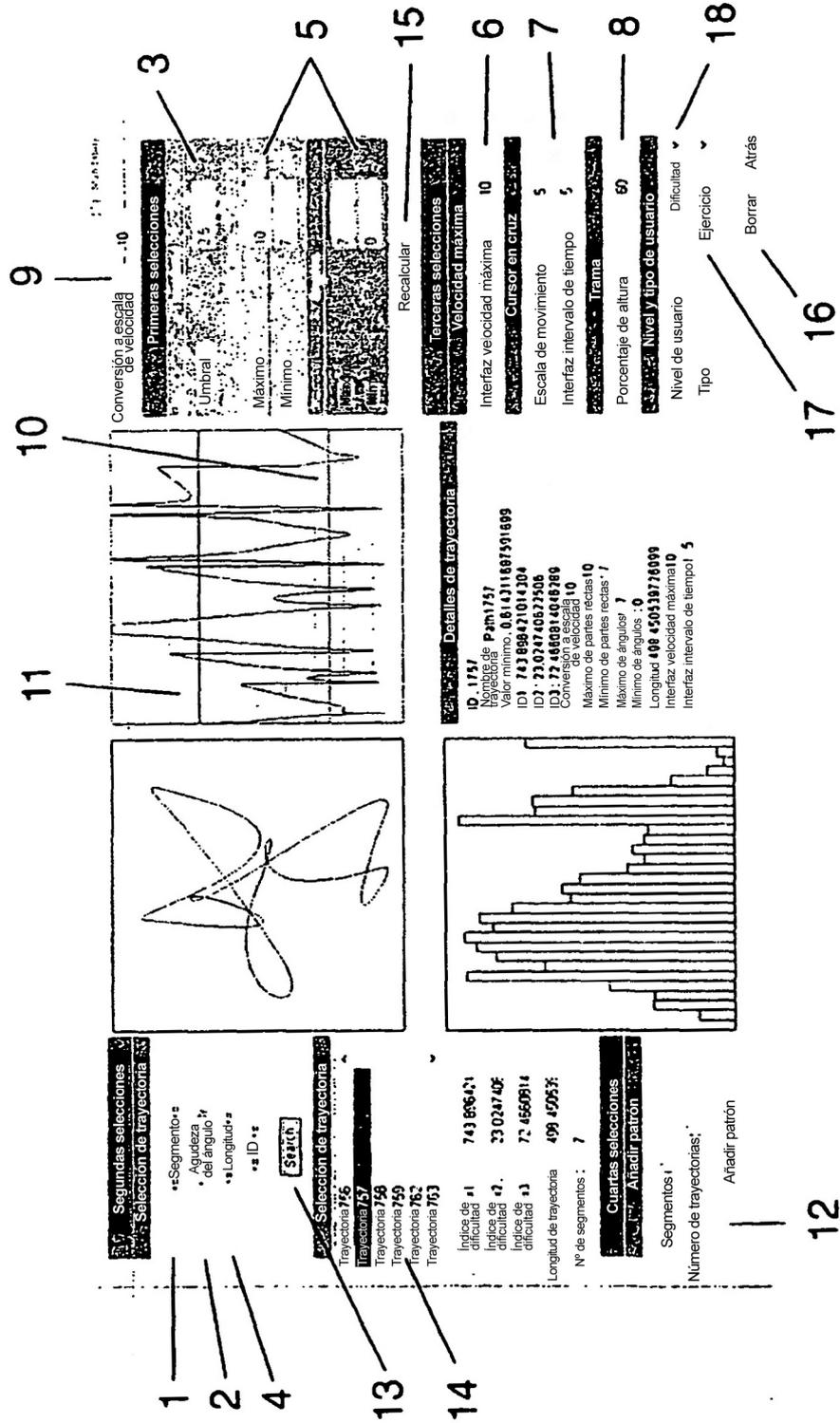
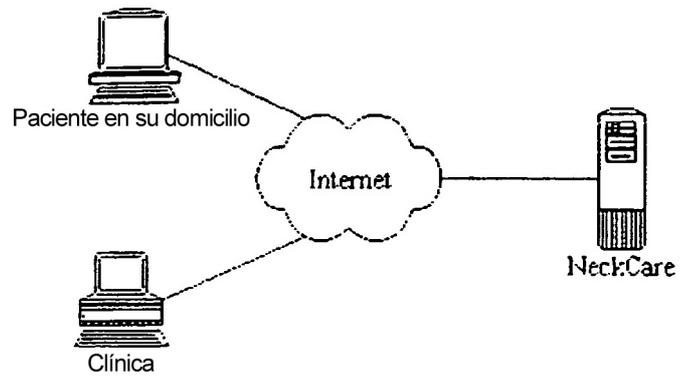


Fig. 2



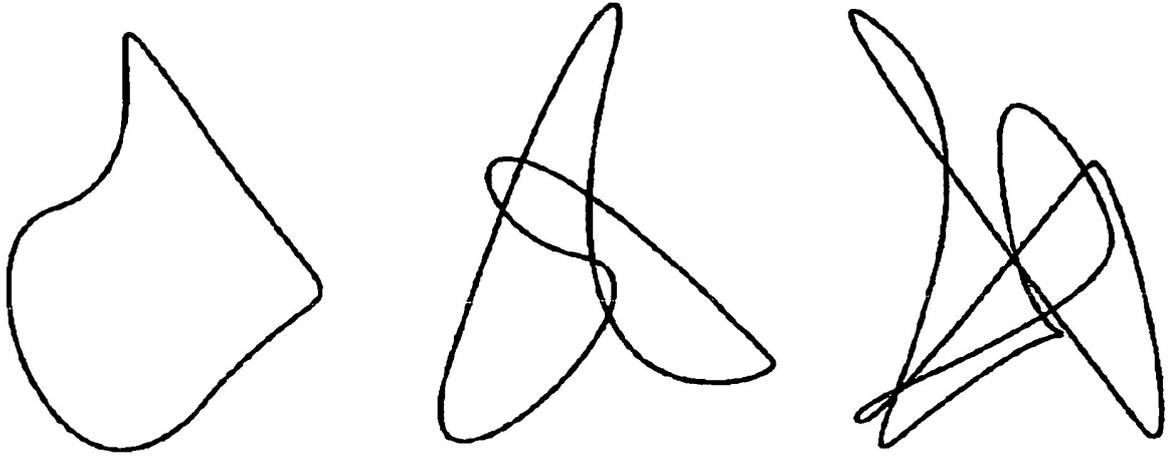


Fig. 3