

---

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Eficacia de la realidad virtual en la  
rehabilitación del trastorno del equilibrio  
en pacientes con ictus cerebeloso

---

Máster en Neurorehabilitación. Trabajo final de máster.

**Nombre:** Sandra García Sáez

**Tutores:** Josep M. Tormos, Manel Ochoa, Albert Calsada

**Fecha:** 2021-2022

## ÍNDICE

<u>INTRODUCCIÓN</u> .....	4
<u>ANTECEDENTES</u> .....	4
<b>A) PROBLEMA CLÍNICO A ABORDAR: EL EQUILIBRIO</b>	
1. DEFICINIÓN EQUILIBRIO .....	4
2. EL TONO MUSCULAR .....	4
2.1. Las motoneuronas .....	4
2.2. La unidad motora motoneuronas .....	4
2.3. Regulación de la fuerza muscular .....	5
2.4. Arco reflejo miotático o reflejo de estiramiento muscular .....	6
3. SISTEMA VISUAL .....	6
3.1. Movimientos oculares .....	7
3.2. Colículo superior .....	7
4. SISTEMA VESTIBULAR .....	8
4.1. El laberinto vestibular .....	8
4.2. Las vías vestibulares .....	8
4.2.1. Vía vestibular-cerebelosa y vía vestibular al tálamo y la corteza .....	8
5. CEREBELO .....	9
5.1. Proyecciones aferentes del cerebelo .....	10
5.2. Proyecciones eferentes del cerebelo .....	10
5.3. Circuitos internos del cerebelo .....	11
6. GANGLIOS BASALES .....	11
7. ENCÉFALO .....	12
7.1. Vía piramidal .....	12
7.2. Vía extrapiramidal .....	12
7.3. Corteza cerebral .....	13
7.3.1. Vía somatosensorial .....	14
8. INTEGRACIÓN SENSORIOMOTORA A NIVEL CORTICAL .....	14
8.1. Paradigma reticular de la memoria cortical .....	14
8.1.1. Plasticidad neuronal .....	15
<b>B) PATOLOGÍA NEUROLÓGICA: ACCIDENTE CEREBROVASCULAR</b>	
9. TRASTORNOS NEUROLÓGICOS .....	15
10. ACCIDENTE CEREBROVASCULAR (AVC) .....	16
10.1. Irrigación cerebral .....	16
11. EPIDEMIOLOGÍA DEL AVC .....	17
12. MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS DEL AVC .....	17
13. ETIOLOGÍA DEL AVC .....	18
14. CLASIFICACIÓN DEL AVC .....	19
15. SINTOMATOLOGÍA SEGÚN LA ZONA AFECTADA .....	20
16. FACTORES DE RIESGO .....	21
17. DIAGNÓSTICO DEL AVC .....	21

18.	EL ICTUS Y EL EQUILIBRIO .....	22
18.1.	Infarto cerebeloso .....	23
19.	TRATAMIENTO DEL AVC .....	24
19.1.	Tratamiento del equilibrio en AVC .....	24
19.1.1.	Tratamiento del equilibrio mediante la realidad virtual .....	25

#### PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1.	RESUMEN .....	26
2.	HIPÓTESIS .....	26
3.	OBJETIVOS .....	26
4.	METODOLOGÍA .....	27
4.1.	Diseño del estudio .....	27
4.2.	Participantes .....	27
4.2.1.	Criterios de inclusión – exclusión – retirada .....	27
4.3.	Intervención .....	28
4.3.1.	Valoración (escalas) .....	28
4.3.2.	Intervención Fisioterapia Convencional .....	30
4.3.3.	Intervención mediante Realidad Virtual .....	31
5.	RESULTADOS ESPERADOS .....	31
6.	CONCLUSIONES .....	32
	<u>ANEXOS</u> .....	33
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	55

## INTRODUCCIÓN:

El accidente cerebrovascular (AVC) o ictus es el trastorno neurológico más común y de mayor importancia para la salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el accidente cerebrovascular es la causa más frecuente de muerte en la mayoría de los países desarrollados y es una de las principales causas de discapacidad y dependencia en el adulto, por lo que supone un elevado coste económico para el sistema de salud pública.

La gran mayoría de las personas que sufren un ictus acaban con secuelas que limitan su independencia funcional, afectando así a su calidad de vida. Las secuelas más importantes dentro de la rehabilitación son aquellas que afectan al equilibrio, la coordinación y la marcha.

El equilibrio es la facultad por la que nuestro cuerpo puede mantener la postura tanto en bipedestación como en sedestación y de conocer la orientación en el espacio y posición. La falta de equilibrio provoca un aumento en el riesgo de caídas y es muy incapacitante para la persona, ya que afecta a la vida personal, laboral y social.

Hoy en día existen muchos tratamientos útiles en la rehabilitación para mejorar las secuelas que producen los AVC. Están los tratamientos más conservadores, que son los que se llevan utilizando hace años, y las técnicas más innovadoras como la utilización de la realidad virtual.

La realidad virtual es una técnica muy novedosa estudiada durante esta última década que puede ayudar tanto en la evaluación como el tratamiento del equilibrio. La realidad virtual es una tecnológica con un programa de simulación interactiva que crea un entorno parecido al mundo real pero más seguro y controlado. Además, el uso de la realidad virtual ofrece mayor feedback tanto para el paciente como para el fisioterapeuta y ayuda a mejorar la motivación y la adherencia al tratamiento.

La finalidad que se busca en esta investigación es proponer un ensayo clínico aleatorizado controlado para saber si la intervención mediante realidad virtual es efectiva para la mejora del equilibrio en pacientes que han sufrido un ictus cerebeloso en comparación con las técnicas de fisioterapia más conservadoras.

## ANTECEDENTES

### A) PROBLEMA CLÍNICO A ABORDAR: EL EQUILIBRIO

#### 1. DEFINICIÓN EQUILIBRIO

El equilibrio es el estado por el cual nuestro cuerpo se puede mantener en bipedestación o sedestación sin caerse al suelo ni desestabilizarse, oponiéndose a la fuerza de la gravedad mediante movimientos compensatorios. Existe un equilibrio estático y un equilibrio dinámico.

Para poder mantener un equilibrio es necesario tener tono muscular y un control postural. Por ello, es necesario la integración de la información mediante un trabajo en conjunto de varios sistemas como el sistema neuromuscular, el sistema nervioso y el sistema sensorial. Mediante esta integración de sistemas, el sistema nervioso puede adaptarse y procesar un input sensorial determinado para cada situación, dependiendo de las aferencias externas que reciba el sistema sensorial. (1,2)

#### 2. EL TONO MUSCULAR

El tono muscular es la fuerza con que el músculo se resiste al estiramiento. Es el estado en que el músculo se encuentra en contracción para mantener la postura corporal. (1,2,3)

El tono muscular se mantiene mediante la acción del arco reflejo miotático (o reflejo de estiramiento miotático). Este influye tanto en la orientación postural como en la marcha. Para poder mantener el tono muscular y la postura es necesario una coordinación entre las motoneuronas  $\alpha$ , que inervan las fibras musculares extrafusales, y las motoneuronas  $\gamma$ , que inervan las fibras intrafusales, provenientes de los receptores propioceptivos del músculo. Estos receptores propioceptivos son sensibles a los cambios de longitud y de tensión de las fibras musculares. (1,2,3,4)

##### 2.1. LAS MOTONEURONAS

Las motoneuronas que inervan los músculos que mantienen la postura del tronco se encuentran situados en el asta ventral de la medula espinal en una zona más medial en comparación con las motoneuronas que inervan la musculatura de los hombros. Más lateralmente encontramos a las motoneuronas inferiores que inervan la musculatura proximal del brazo, seguidamente de las neuronas que inervan la parte distal de las extremidades.

Las motoneuronas inferiores que controlan la postura y el equilibrio reciben información de las motoneuronas superiores situadas en los núcleos vestibulares del tronco del encéfalo y la formación reticular (Anexo I). (4)

##### 2.2. LA UNIDAD MOTORA MOTONEURONAS

El músculo está compuesto por fibras musculares. Estos músculos son activados a través de una motoneurona. Este conjunto de motoneurona y fibras musculares se le denomina unidad motora.

Las fibras musculares extrafusales están inervadas por motoneurona  $\alpha$ . Los axones motores se ramifican dentro del músculo y realizan sinapsis en las fibras extrafusales dentro del músculo en

un área extensa para asegurar que se realice una fuerza contráctil uniforme y así evitar cualquier posible lesión en las motoneuronas  $\alpha$ .

La motoneurona  $\alpha$  y sus fibras musculares forman la unidad de fuerza más pequeña que es capaz de ser activada por el músculo. La unidad motora y la motoneurona  $\alpha$  pueden tener diferentes tamaños, por lo que si una motoneurona es pequeña inervará pocas fibras musculares, y por lo tanto, tendrá una unidad motora que efectuará poca fuerza. Y, por el contrario, si es una motoneurona grande, inervará más unidades motoras, por lo que la fuerza que realizará será mayor.

Las unidades motoras pequeñas y lentas suelen presentar umbrales de activación más bajos que las unidades más grandes. (4,5)

Las unidades motoras se diferencian según el tipo de fibra muscular que inerve:

	TIPO DE FIBRAS MUSCULARES	DIAMETRO	CONTRACCIÓN	RESISTENCIA A LA FATIGA	FUERZA
Unidad motora lenta (S)*	I "rojas"	Pequeño	Lenta	Alta	Pequeña
Unidad motora de fatiga rápida (FF) **	IIb	Grande	Rápida	Baja	Grande
Unidad motora rápida resistente a la fatiga (FR)	Ila	Intermedio	Rápida	Intermedia	Grande

\* Importantes cuando se quiere mantener una contracción muscular constante como por ejemplo mantener la postura.

\*\* Importantes para esfuerzos breves que necesiten mucha fuerza.

### 2.3. REGULACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR

La fuerza del muscular viene determinada por la cantidad de unidades motoras que se activan. El aumento del reclutamiento de unidades motoras se realiza de forma gradual según su tamaño, es decir, primero se activan las unidades pequeñas, si la entrada sináptica es débil. Si esta aumenta, se reclutan unidades motoras mayores que generan más fuerza. Por lo tanto, primero se reclutan unidades motoras tipo S, después la FR y por último las FF.

La frecuencia de los potenciales de acción de las motoneuronas también regula la tensión muscular. Si existe una frecuencia constante de potenciales de acción, hacen que las fibras musculares sean activadas contantemente sin que tengan tiempo a la relajación.

El órgano tendinoso de Golgi es un receptor sensorial relevante en la regulación de la actividad de la fuerza muscular. Los órganos tendinosos de Golgi son terminaciones nerviosas aferentes. Estos órganos se encuentran ubicados en la unión de un músculo y un tendón y están inervados por un axón Ib de tipo sensitivo. Cuando el músculo se contrae, la fuerza actúa sobre el tendón que hace que las fibrillas de colágeno que hay en el órgano de Golgi aumenten de tamaño, y por lo tanto, se produzca una compresión de las terminaciones nerviosas sensoriales que están alrededor. Al producirse esta compresión se genera un potencial de acción que se acabará propagando durante todo el recorrido del axón Ib hasta llegar a la medula espinal. En la medula

espinal, los axones de los órganos tendinosos de Golgi conectan con interneuronas inhibitoras Ib que a su vez realizan una sinapsis con las motoneuronas  $\alpha$  que inervan el mismo músculo relajándolo. Estos aferentes Ib también realizan a su vez una sinapsis con interneuronas excitatorias que producen una excitación en las motoneuronas  $\alpha$  del músculo antagonista.

Por lo tanto, el Órgano tendinoso de Golgi regula la tensión muscular y disminuye su activación cuando existen fuerzas grandes para proteger el músculo. (4,5)

#### 2.4. ARCO REFLEJO MIOTÁTICO O REFLEJO DE ESTIRAMIENTO MUSCULAR

El reflejo de estiramiento muscular o miotático es el arco reflejo más simple que tenemos. Este reflejo implica una respuesta sensorial al estiramiento del músculo producida por los husos musculares. Este reflejo protege al músculo de un estiramiento excesivo, mediante la contracción muscular. También mantiene la longitud del músculo para ejecutar la fuerza necesaria para el control del movimiento y la postura.

El reflejo miotático es un reflejo monosináptico. Este se realiza mediante la estimulación de los husos musculares (contienen de 4 a 8 fibras musculares intrafusales paralelamente a las fibras extrafusales del músculo). Existen dos clases de fibras intrafusales: las fibras de bolsa nuclear (estática y dinámica) y las fibras de cadena nuclear. Los aferentes sensoriales se enrollan alrededor de la parte central del huso intrafusar y son las encargadas de enviar el estímulo sensitivo a través de la medula espinal, mientras que los aferentes del grupo II forman terminaciones secundarias en las fibras de la cadena nuclear. Cuando se realiza un estiramiento en el músculo, se deforman las fibras intrafusales que hace que se desencadene un potencial de acción enviado a la sustancia gris de la medula espinal a través de la entrada de la información por la asta dorsal mediante las fibras aferentes Ia. En la medula espinal las fibras realizarán una sinapsis con una motoneurona  $\alpha$  que inervará al mismo músculo para que este pueda realizar la contracción.

Las motoneuronas  $\alpha$  regulan la ganancia del reflejo de estiramiento ajustando el nivel de tensión en las fibras musculares intrafusales del huso muscular para evitar que se dañen.

El sistema del huso muscular es un sistema de retroalimentación que controla y mantiene la longitud del músculo, mientras que el sistema del tendón de Golgi es un sistema de retroalimentación que controla y mantiene la fuerza muscular. (4,6)

### 3. SISTEMA VISUAL

Los estímulos visuales son captados por receptores sensibles a la luz situados en la retina llamados conos y bastones. Estos dos receptores integran la información captada desde la retina y la envían hasta el núcleo geniculado dorsolateral, situado en el tálamo, y hasta la corteza visual primaria en el lóbulo occipital, aunque por el camino también transcurren por el lóbulo parietal y el temporal. Las áreas del lóbulo temporal son las encargadas de reconocer los objetos, las del lóbulo parietal se ocupan del movimiento y la ubicación. La visión comprende la interacción de estas áreas. (6,7)

El nervio óptico es una agrupación de axones de células ganglionares que una vez salen de la retina pasan por el disco óptico y se acaban juntando. Este conjunto de axones de células ganglionares, siguen un trayecto hasta el quiasma óptico, en la base del diencefalo. En el

quiasma óptico, un 60% de las fibras se cruzan hacia el otro lado, permitiendo que la información de las dos retinas sea procesada por la misma zona cortical. El otro 40% continúan hacia el tálamo y el mesencéfalo homolateral hasta llegar al colículo superior para encargarse del reflejo pupilar.

En quiasma óptico, como se ha comentado anteriormente, cruza la información procedente de las dos retinas de modo que la información del campo visual derecho de cada ojo está representada en el hemisferio izquierdo y la información del campo visual izquierdo de cada ojo se verá en el hemisferio derecho. Pasado el quiasma óptico, los axones de ambos lados se agrupan y crean un tracto óptico. (4,6,7)

### 3.1. MOVIMIENTOS OCULARES

Los movimientos oculares son importantes para dirigir la fovea hacia nuestro objetivo del campo visual o compensar las posibles alteraciones. Estos movimientos cambian la vista varias veces por segundo para dirigir la fovea hacia el lugar de interés.

Existen seis músculos extraoculares (inervados por motoneuronas inferiores procedentes de los pares craneales) cada uno específico para una posición determinada del ojo y un conjunto de movimientos oculares estereotipados que ayudan a controlar los movimientos. (4)

Existen cinco tipos de movimientos oculares. Están los que sirven para cambiar la dirección de la mirada, como los movimientos sacádicos, los movimientos suaves de persecución y los movimientos de vergencia, y los que sirven para estabilizar la mirada, como los movimientos vestibulooculares y los optocinéticos. Los cambios en la posición de los ojos son necesarios para fovear nuevos objetivos y seguirlos a medida que se mueven en el espacio visual (Anexo II). (4,7)

### 3.2. COLÍCULO SUPERIOR

El colículo superior se encuentra en el mesencéfalo y es importante en el procesamiento de la visión, ya que está involucrada en los reflejos visuales.

La corteza visual y la retina proyectan información de las motoneuronas superiores al colículo superior, así como información de las neuronas visuales, auditivas y motoras. Gracias a esta gran cantidad de entradas diferentes al colículo se pueden realizar una gran cantidad de movimientos de cabeza y ojos frente a un estímulo sensorial, así como saber la ubicación de un objeto en el espacio. Los movimientos oculares también están bajo el control de los ganglios basales y el cerebelo. De esta manera, nos aseguramos de que el movimiento ocular se realice de manera adecuada y eficiente con el entorno visual.

El colículo superior está organizado en capas y cada capa está dispuesta en un mapa organizado topográficamente. Este mapa está alineado con las células de la retina, lo que permite la activación de diferentes células de la retina, desencadenando una respuesta correspondiente en el mapa según el estímulo que ha tenido. Esto provocaría que el colículo superior orientara los ojos y la cabeza en la dirección donde apareció el estímulo, induciendo un movimiento ocular sacádico. El colículo superior envía conexiones al tracto espinal cervical para obtener movimientos de orientación. Estas proyecciones pasan por el tronco del encéfalo hasta llegar al cordón cervical. Estas señales ayudan al cuerpo a orientar la cabeza en la dirección de los



estímulos. Las células en el colículo superior de un lado orientan el movimiento de los ojos del lado contrario, ya que las señales visuales cruzan hacia el hemisferio cerebral contralateral. (4)

#### **4. SISTEMA VESTIBULAR**

El sistema vestibular se encarga de mantener el equilibrio y la postura en relación con la gravedad, coordinar los movimientos de la cabeza y del cuerpo y de estabilizar la mirada en un punto del espacio.

El sistema vestibular está formado por estructuras del oído interno que nos informan continuamente sobre los movimientos y la posición de la cabeza y transporta la información a los centros integradores en el tronco del encéfalo, cerebelo y corteza cerebral. Este está compuesto por núcleos vestibulares que conectan con el tronco del encéfalo y las estructuras cerebelosas. Estos núcleos también inervan motoneuronas que controlan los músculos de los ojos, los músculos cervicales y lo que mantienen la postura.

El sistema vestibular está compuesto por el laberinto vestibular, formado por el utrículo y el sáculo y los canales semicirculares (Anexo III). (4,6,9,10,11)

##### **4.1. EL LABERINTO VESTIBULAR**

El laberinto vestibular es un conjunto de cámaras interconectadas continuo con la cóclea. El laberinto utiliza unas células sensoriales, llamadas células ciliadas, para transducir el movimiento físico en una señal nerviosa.

El laberinto consta de dos órganos otolíticos (utrículo y sáculo), y tres canales semicirculares. El utrículo y el sáculo se encargan de las inclinaciones de la cabeza, en concreto, el utrículo se encarga de los movimientos de traslación de la cabeza en un plano horizontal y en las inclinaciones laterales y el sáculo se encarga de los movimientos de traslación verticales y a las inclinaciones de la cabeza de arriba abajo, mientras que los canales semicirculares se encargan de las rotaciones de la cabeza. (4,6,10)

##### **4.2. LAS VÍAS VESTIBULARES**

La vía vestibular comienza con los receptores del laberinto vestibular (canales semicirculares y utrículo y sáculo). Estos se unen con la neurona bipolar del ganglio vestibular situada en el conducto auditivo. El otro axón forma el nervio vestibular, que inerva los conductos semicirculares, el utrículo y el sáculo. El nervio vestibular sale del conducto auditivo hacia el surco bulboprotuberencial. Una vez ahí, se dirige en dirección a los núcleos vestibulares, donde realizan sinapsis con núcleos motores y participan en la creación de reflejos.

Las proyecciones del sistema vestibular participan en dos tipos de reflejos. Los que se encargan de mantener el equilibrio y la mirada durante cualquier movimiento, coordinando los movimientos de los ojos y la cabeza para fijar un objetivo y los que mantienen la postura corporal (Anexo IV). (4,10)

###### **4.2.1. VÍA VESTIBULAR-CEREBELOSA Y VÍA VESTIBULAR AL TÁLAMO Y LA CORTEZA**

El cerebelo es importante para las vías vestibulares ascendentes y para los núcleos vestibulares. La vía vestibular-cerebelosa realiza la integración de las señales vestibulares y permite distinguir los movimientos de cabeza y cuerpo y los cambios del reflejo vestibulo-ocular. Las células de

Purkinje, situadas en el cerebelo, transmiten señales inhibitorias al núcleo vestibular, por lo que cambian las propiedades de activación. Además, estas células son capaces de integrar señales de los órganos otolitos y de los canales semicirculares y diferenciar el movimiento de traslación o de inclinación de la cabeza.

La vía vestibular al tálamo y la corteza comienza en los núcleos vestibulares superior y lateral que envían axones al complejo nuclear ventral posterior del tálamo. El tálamo acaba proyectando la información a diferentes áreas corticales para procesar la información vestibular. Una de estas áreas corticales es la segunda y tercera área de Brodmann, importantes para el sentido del automovimiento y la orientación espacial. Estos dos últimos son fundamentales para saber detectar la dirección del movimiento y distinguir ese movimiento con los de alrededor. (4)

## 5. CEREBELO

El cerebelo está situado en la zona posterior de la cabeza, entre el cerebro y el tronco del encéfalo. El cerebelo influye en el control postural y la coordinación, además, interviene en la planificación y ajuste del movimiento durante los cambios rápidos de posición del cuerpo, gracias a que recibe las aferencias sensoriales del sistema nervioso central. Además, de esto, es capaz de realizar las correcciones necesarias durante el movimiento gracias a la comparación que realiza entre el movimiento previsto y el movimiento real, y es capaz de almacenar estas correcciones en forma de aprendizaje motor gracias al núcleo olivar inferior ubicado en el bulbo raquídeo.

El cerebelo está formado por dos estructuras: una corteza laminada (superficial) y unos núcleos profundos. La información que llega al cerebelo proviene de la corteza cerebral y se proyecta mediante axones que envía ramas a la corteza o a los núcleos profundos. Estos últimos son la salida más importante de información del cerebelo. La información que sale del cerebelo es integrada junto con la información del tronco del encéfalo hacia las motoneuronas superiores situadas en la corteza cerebral. (4,6,12)

Las conexiones entre el cerebelo y el sistema nervioso se realizan mediante los pedúnculos cerebelosos, que se pueden dividir en tres partes: superior, medio, inferior.

- El pedúnculo cerebeloso superior es una vía eferente (motora). Las neuronas de esta vía se encuentran en los núcleos cerebelosos profundos. Estos axones se dirigen hacia los núcleos motores del tálamo que a su vez van a parar a los circuitos de las motoneuronas situadas en la corteza motora primaria y en la premotora. Sin embargo, algunos axones del pedúnculo también se proyectan hacia motoneuronas superiores situadas en el colículo superior.

- El pedúnculo cerebeloso medio es una vía aferente (sensitivo) al cerebelo. Los cuerpos celulares se encuentran en la base de la protuberancia contralateral formando los núcleos protuberanciales.

- El pedúnculo cerebeloso inferior contiene vías aferentes y eferentes (sensitivas y motoras). Las vías aferentes incluyen axones de los núcleos vestibulares, la médula espinal y del tronco encefálico, mientras que las vías eferentes se proyectan hacia los núcleos vestibulares y la formación reticular.

El cerebelo está dividido en tres partes según la fuente de información: vestibulocerebelo, espinocerebelo y cerebrocerebelo.

- Cerebrocerebelo (Arquicerebelo): Es la subdivisión más grande del cerebelo, por lo que recibe la información de muchas áreas de la corteza cerebral. Se encarga de la planificación e iniciación de los movimientos voluntarios y del aprendizaje motor.

- Espinocerebelo (Paleocerebelo): Se encuentra al lado del cerebrocerebelo. Es el único que recibe información de la medula espinal. Este se encarga de los movimientos del control de la musculatura axial y proximal de las extremidades y del tono postural. El espinocerebelo representa las aferencias somatosensitivas en un mapa somatotópico.

- Vestibulocerebelo (neocerebelo): Es el responsable de recibir la información de los núcleos vestibulares del tronco del encéfalo, por lo que se encarga del mantenimiento de la postura y el equilibrio, del movimiento de los ojos, cabeza y cuello y del reflejo vestibuloocular. (4,11)

### 5.1. PROYECCIONES AFERENTES DEL CEREBELO

El cerebelo recibe aferencias de la medula espinal, del tronco del encéfalo y del núcleo vestibular, aunque la aferencia principal es la corteza cerebral. Las proyecciones aferentes pasan a través de los núcleos pontinos de la protuberancia donde realizan una sinapsis homolateral. Los axones de los núcleos pontinos cruzan la línea media y entran al pedúnculo cerebeloso medio contralateral.

Las vías sensitivas son proyectadas al vestibulocerebelo, desde los núcleos vestibulares y el VIII par craneal, y al espinocerebelo, desde el núcleo dorsal de Clarke (medula espinal) y el núcleo cuneiforme externo (bulbo raquídeo). Las entradas vestibular y espinal permanecen homolaterales cuando pasan a través del pedúnculo cerebeloso inferior y entran al cerebelo.

Las aferencias provenientes de los núcleos vestibulares proporcionan información del sistema vestibular y los husos musculares. La información visual y auditiva se transmite al cerebelo a través del tronco del encéfalo.

También existen aferencias desde núcleo olivar inferior (tronco del encéfalo), que participan en el aprendizaje y en la memoria. (4)

### 5.2. PROYECCIONES EFERENTES DEL CEREBELO

Las neuronas eferentes son conducidas a través de las células de Purkinje hacia los núcleos profundos del cerebelo y hacia los núcleos vestibulares. Estas neuronas acaban proyectando hacia las motoneuronas superiores del tronco del encéfalo y hacia los núcleos talámicos.

Existen 4 núcleos cerebelosos profundos: un núcleo dentado, dos núcleos interpósitos y un núcleo del fastigio. El cerebrocerebelo proyecta al núcleo dentado que acaba proyectando al núcleo del tálamo contralateral y acabando en la corteza premotora. A lo largo de su curso hacia el tálamo, esta vía envía axones a las motoneuronas superiores en el colículo superior encargadas del movimiento ocular y envía ramas colaterales al núcleo rojo (mesencéfalo) donde finalmente proyecta los axones a la oliva inferior. El espinocerebelo envía sus axones a los núcleos interpósitos y al núcleo del fastigio. Los axones de los núcleos interpósitos proyectan a circuitos del tálamo y acaban en la corteza motora y premotora encargada del movimiento

voluntario. Los axones del núcleo del fastigio proyectan a la formación reticular y a los núcleos vestibulares. Y, por último, el vestibulocerebelo proyecta aferencias a los núcleos vestibulares a través del pedúnculo cerebeloso inferior. (4)

### 5.3. CIRCUITOS INTERNOS DEL CEREBELO

Todas las vías eferentes proyectan como destino final a las células de Purkinje que terminan en los núcleos pontinos de la protuberancia que, a su vez, se proyectan al cerebelo contralateral. Los axones de los núcleos pontinos se denominan fibras musgosas. Estas fibras envían ramas colaterales que realizan sinapsis en las neuronas, los núcleos cerebelosos profundos y en las células granulares de la corteza cerebelosa. Las células granulares del cerebelo, dan lugar a axones llamados fibras paralelas que ascienden a la capa molecular más externa de la corteza cerebelosa. Las fibras paralelas se bifurcan en la capa molecular para formar ramas en forma de T y dan lugar a sinapsis excitatorias con las dendritas de las células de Purkinje.

Las células de Purkinje originan una actividad inhibitoria y se proyectan hacia el cerebelo profundo. Sin embargo, las neuronas de los núcleos cerebelosos profundos también reciben impulsos excitatorios de las fibras musgosas y trepadoras, por lo que se crea un fenómeno excitatorio e inhibitorio que permite corregir errores y modificar los movimientos y permitir el aprendizaje motor. (4,12)

## 6. GANGLIOS BASALES

Los ganglios basales son un conjunto de núcleos (caudado, putamen y globo pálido) que se encuentra en las profundidades de los hemisferios cerebrales. Además, también incluye la substancia negra y el núcleo subtalámico, que están relacionados con las funciones motoras de estos núcleos. Todos estos conforman un bucle subcortical que une las áreas de la corteza cerebral y terminan dentro de los ganglios basales, en las motoneuronas superiores situadas en el área motora primaria, la premotora y en el colículo superior. Los ganglios basales influyen en el movimiento y la postura al regular la actividad de los circuitos neuronales motores superiores.

El núcleo motor más grande de los ganglios basales es el núcleo estriado, que comprende el núcleo caudado y el putamen. Es la zona de entrada de los ganglios basales, ya que la gran mayoría de vías van a parar al núcleo estriado. La información procedente de este núcleo viene de estructuras corticales, talámicas y del tronco del encéfalo. Sin embargo, pese a estar juntos, ambos núcleos (putamen y caudado) tienen diferentes funciones, ya que reciben la información de diferentes áreas. El núcleo caudado recibe proyecciones de cortezas de asociación multimodal y de áreas motoras en el lóbulo frontal, que son las encargadas del movimiento de los ojos. En cambio, el núcleo Putamen recibe la información de la corteza somatosensorial, la corteza visual y la asociación auditiva.

Los ganglios basales no tienen conexión directa con la medula espinal, sino que lo hacen a través de otras estructuras del sistema motor.

Las principales aferencias de los ganglios basales proceden de la corteza cerebral y el tálamo, mientras que sus eferencias se dirigen de nuevo a la corteza y al tronco del encéfalo, pasando por el tálamo. Estas eferencias son la mayoría inhibitorias y gabaérgicas por lo que previenen el movimiento no deseado al inhibir tónicamente las células en el tálamo y el colículo superior.

La principal fuente de salida de los ganglios basales es la sustancia negra y el globo pálido. Ambos comparten los mismos tipos de neuronas y realizan funciones comparables, influyendo en la actividad de las motoneuronas superiores de la corteza motora y del tronco del encéfalo.

Existen dos tipos de vía, una directa y otra indirecta. La vía directa comienza en la corteza y realiza una sinapsis con el núcleo estriado y el globo pálido, para después ir a parar al tálamo antes de volver de nuevo a la corteza cerebral realizando un circuito en bucle. Esta vía tiene como función liberar conductas motoras y cognitivas. La vía indirecta también comienza en la corteza cerebral para después realizar una sinapsis con el núcleo estriado. Una vez realizada esta sinapsis vuelve a sinaptar en el globo pálido externo y en el núcleo subtalámico saliendo de los ganglios basales por el globo pálido interno hacia el tálamo y después hacia la corteza cerebral.

Los ganglios basales deben de realizar una buena regulación y un control del movimiento para equilibrar el funcionamiento de las dos vías. (4,13)

## 7. ENCÉFALO

El encéfalo está compuesto por el cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo. El cerebro es la parte más grande del encéfalo y controla el pensamiento, el aprendizaje, las emociones, la memoria, el habla, los movimientos voluntarios... El cerebelo controla la motricidad fina, el equilibrio y la postura. Y, por último, el tronco del encéfalo se encarga de la respiración, la frecuencia cardíaca y la musculatura. El tronco del encéfalo está conectado con la médula espinal.

La corteza cerebral ejerce control a través de las vías nerviosas. Según la trayectoria de los axones motores en la medula espinal podemos encontrar dos tipos de vías motoras: la vía piramidal (cruzada o directa) y la extrapiramidal. (4,6)

### 7.1. VÍA PIRAMIDAL

La vía piramidal cruzada comienza en el área motora de la corteza cerebral. Durante el recorrido descendente, decusa hacia el lado contralateral a la altura del bulbo raquídeo, en las pirámides, hasta llegar a la medula espinal, formando el tracto corticoespinal lateral.

La vía piramidal directa no llega a cruzar hacia el lado contralateral a nivel del bulbo raquídeo, sino que continúa por el mismo lado descendiendo por la medula espinal, donde decusará más abajo de las pirámides. Esta vía forma el tracto corticoespinal anterior. Los axones de la vía corticoespinal descienden por la medula espinal donde realizan sinapsis con interneuronas que acaban inervando a las motoneuronas  $\alpha$ . (4,6,14,16)

### 7.2. VÍA EXTRAPIRAMIDAL

La vía extrapiramidal tiene origen en la corteza cerebral en una zona diferente a la de la vía piramidal. Los axones que forman esta vía inervan motoneuronas  $\alpha$ . Esta vía, también decusa en su trayectoria descendente que a su vez sus axones van inervando neuronas de los núcleos cerebrales, ganglios basales, núcleo rojo o núcleos del tronco del encéfalo, del mismo lado. (6,15,16)

- **Tracto Rubro-Espinal:** Se encuentra en la sustancia blanca de la medula espinal en la parte más lateral. Los axones acaban terminando en los circuitos de las motoneuronas

inferiores encargados de la musculatura distal de las extremidades superiores. Este tracto surge de neuronas grandes del núcleo rojo, situado en el mesencéfalo. Esta vía recibe impulsos aferentes a través de conexiones de la corteza cerebral y del cerebelo que influyen en la actividad de las motoneuronas  $\alpha$  y  $\gamma$ . Algunas neuronas del núcleo rojo acaban proyectando información a la oliva inferior, importante para el cerebelo, para el aprendizaje motor.

- **Tracto Retículo-Espinal:** Formado por dos vías (medial y lateral). Ambas vías tienen su origen en la formación reticular del tronco del encéfalo. El tracto retículo-espinal sale de la formación reticular de la protuberancia y continua homolateralmente por el fascículo longitudinal medial y la parte anterior de la medula espinal, saliendo a todos los niveles espinales. Esta vía se encarga del control de la postura, estimulando motoneuronas extensoras e inhibiendo las flexoras. El tracto-retículo espinal lateral sale de la formación reticular donde se mantiene homolateralmente a través de la parte anterior de la médula espinal hasta salir a todos los niveles. Algunas fibras de este tracto cruzan la línea media para hacerse contralaterales. Esta vía es la encargada del control postural y del movimiento.
- **Tracto Vestíbulo-Espinal:** Participa en el equilibrio postural. La vía vestíbulo-espinal tiene como origen el núcleo vestibular lateral, gracias a las entradas de los órganos de otolito que se acaban proyectando en el núcleo vestibular. Este se acaba dirigiendo hacia la medula espinal, pasando por el cordón lateral. El tracto vestíbulo-espinal se reparte en dos: El tracto vestíbulo-espinal lateral que realiza un trayecto homolateral, acabando en las fibras de las motoneuronas espinales de la asta anterior de la medula espinal. Esta vía estimula los músculos extensores e inhibe los flexoras, lo que nos da una contracción de la musculatura antigravitatoria. Y el tracto vestíbulo-espinal medial que acaba homolateralmente en la asta ventral medial de la medula espinal donde regula la posición de la cabeza gracias a la activación de la musculatura del cuello mediante los conductos semicirculares. Esta vía es la encargada de la musculatura axial y la compensación de los movimientos de la cabeza del conducto semicircular. (4,16)

### 7.3. CORTEZA CEREBRAL

La corteza cerebral es la capa externa de sustancia gris del cerebro. Esta capa está formada por neuronas. La corteza cerebral presenta surcos y circunvoluciones que hacen que haya una mayor área de superficie y, por lo tanto, más cantidad de neuronas. La corteza está organizada en diferentes áreas según las funciones que tengan (sensitiva, motora y de asociación). Gracias a ella tenemos la capacidad de percibir el mundo exterior, tomar decisiones, pensar, tener memoria....

Como ya se ha comentado anteriormente, la corteza cerebral se puede dividir en diferentes áreas según su función.

- **Área motora:** Corteza motora y premotora y el área de Broca. Se encarga del lóbulo frontal. La corteza motora se sitúa delante de la Cisura de Rolando y controla los músculos del cuerpo. La corteza premotora, situada delante de la corteza motora, se encarga de los movimientos coordinados de músculos y de la combinación de varios músculos para realizar una acción.

- Área somatosensitiva: Esta área se encarga de las sensaciones del cuerpo y está presente en el lóbulo parietal. El área somatosensitiva primaria percibe las señales directamente de los receptores sensitivos y los transmite a otras partes de la corteza cerebral. El área somatosensitiva secundaria recibe señales procesadas en otras áreas de la corteza cerebral.
- Área visual: Localizada en el lóbulo occipital. El área visual primaria es la encargada de la detección de luz y oscuridad. Las áreas visuales secundarias interpretan la información visual.
- Área auditiva: Esta área se encuentra localizada en el lóbulo temporal. Es la encargada de detectar sonidos. El área auditiva secundaria es la que puede interpretar el habla.
- Área de Wernicke: Localizado en el lóbulo temporal y en contacto con el lóbulo occipital y parietal. Es la responsable de la interpretación de la información sensitiva y la comprensión del lenguaje.
- Área prefrontal: Situada en el lóbulo frontal. Permite la capacidad para la elaboración del pensamiento. (6,16)

### 7.3.1. VÍA SOMATOSENSORIAL

Esta vía conduce los estímulos captados por los receptores hasta la corteza cerebral, situada en el encéfalo. La transmisión de la información comienza con la activación de un receptor mediante un estímulo externo o interno que acaba creando un potencial de acción. Esta información entra por la neurona sensitiva de primer orden o primera neurona y penetra en la medula espinal por la raíz posterior del nervio espinal. Esta fibra permanece en el mismo lado de la medula, es decir, se mantiene homolateralmente y acaba realizando una sinapsis con la segunda neurona, localizada en la sustancia gris medular. La neurona de segunda orden o segunda neurona, decusa hacia el lado contrario y asciende hasta llegar al tálamo donde acaba realizando una sinapsis con una neurona de tercer orden o tercera neurona. Esta tercera neurona se acaba proyectando homolateralmente en la corteza somatosensorial del lóbulo parietal. (4,6)

## 8. INTEGRACIÓN SENSORIOMOTORA A NIVEL CORTICAL

### 8.1. PARADIGMA RETICULAR DE LA MEMORIA CORTICAL

Gracias a la neurociencia cognitiva se ha podido saber que la memoria está conectada a través de las diferentes áreas del cerebro gracias a las neuronas corticales que sinaptan entre ellas según la experiencia personal.

Según Fuster, desde el nacimiento y gracias a la experiencia, se van formando redes o cógnitos entre las áreas sensoriales y motoras y estos cógnitos a su vez, se van organizados según su procedencia. Los cógnitos de base sensorial se sitúan en la corteza posterior, en el área sensorial primaria, y los de percepción se sitúan en áreas asociativas posteriores. Los cógnitos de base motora, procedentes de las áreas motoras frontales, se sitúan en la corteza prefrontal.

El cógnito es una unidad de conocimiento o memoria situado en la corteza cerebral que contienen información relacionada con las experiencias vividas formando redes neuronales.

La formación de la memoria y el aprendizaje es gracias a la modulación sináptica de la membrana neuronal a través de la llegada de estímulos, asociados entre ellos, que van formando redes

neuronales entre los diferentes estímulos para formar redes de memoria junto con las estructuras límbicas como el hipocampo o la amígdala. Esta última es importante para la formación de la memoria, ya que atribuye a los cógnitos un significado emocional. Además, de crear nueva memoria a través de las conexiones de nuevos estímulos, también se asocian con redes neuronales ya creadas anteriormente para modificarlas y consolidarlas.

En nuestra vida diaria es necesaria la activación de la memoria y de los conocimientos, por lo que es necesario la activación de cógnitos almacenados a largo plazo. Esta activación se puede realizar de manera inconsciente, como en la percepción o la conducta automática y refleja, o de manera consciente, como con el recuerdo y la memoria. (17)

#### 8.1.1. PLASTICIDAD NEURONAL

La formación de la memoria en la corteza es un proceso plástico por las continuas modificaciones de las redes neuronales a través de las experiencias vividas. Gracias a las experiencias, se pueden producir cambios en la conectividad cortical que pueden llegar a mejorar o sustituir redes neuronales antiguas.

A partir de la tercera edad, se alcanza la madurez estructural y comienza el deterioro de la plasticidad de las redes cognitivas. Este deterioro afecta a la adquisición de la nueva memoria junto con la falta para recordarla. En las primeras etapas de la edad adulta el deterioro de la memoria se realiza de manera lenta, pero con el envejecimiento este deterioro se realiza más rápidamente, afectando las asociaciones débiles y específicas. El conocimiento abstracto es el más lento de perder gracias a sus múltiples conexiones.

La rehabilitación de la memoria reticular cortical debe de ir enfocada a reforzar las redes neuronales ya existentes y a aumentar el número de nuevas asociaciones, realizando ejercicios mentales que usen estas redes para evitar perderlas y así fortalecerlas gracias al uso continuo, y creando nuevas asociaciones para facilitar la reactivación. (17)

### B) PATOLOGÍA NEUROLÓGICA: ACCIDENTE CEREBROVASCULAR

## 9. TRASTORNOS NEUROLÓGICOS

Los trastornos neurológicos son enfermedades del sistema nervioso central y periférico (*comprende al cerebro, a la médula espinal, a los nervios craneales y periféricos, a las raíces nerviosas, al sistema nervioso autónomo, a la placa neuromuscular, y a los músculos*). (31)

Las enfermedades neurodegenerativas y los trastornos neurológicos pueden dar lugar a una afectación del equilibrio, produciendo así una falta de equilibrio o mareos.

Algunos de estos trastornos neurológicos que pueden afectar al equilibrio son:

- Enfermedad de Parkinson
- Accidente cerebrovascular
- Enfermedad de Alzheimer
- Lesión traumática



- Enfermedad de Huntington.
- Demencia

De estas enfermedades, la más frecuente es el accidente cerebrovascular, seguida de la enfermedad de Alzheimer y la demencia. Según la OMS, millones de personas en todo el mundo sufren un trastorno neurológico y 6 millones de personas mueren cada año por accidentes cerebrovasculares, 47.5 millones padecen demencia, con un diagnóstico de 7.7 millones de casos nuevos al año.

Los trastornos neurológicos suponen un gran problema para la salud pública por la carga económica y social. Además, también supone un problema para el enfermo, ya que puede producir séquelas graves e irreversibles o incluso poner la vida del enfermo en peligro. (32,33)

## **10. ACCIDENTE CEREBROVASCULAR (AVC)**

El accidente cerebrovascular o ictus es el trastorno neurológico más común y de mayor importancia para la salud pública. El accidente cerebrovascular es la causa más frecuente de muerte en la mayoría de los países desarrollados. En nuestro país, además, es la primera causa de muerte en las mujeres y la tercera del hombre. (33,34)

El accidente cerebrovascular o ictus es una enfermedad cerebrovascular que consiste en la interrupción repentina del flujo sanguíneo a una parte del cerebro (isquemia cerebral) o de la ruptura de una arteria o vena cerebral con la consecuente falta de oxígeno (hemorragia cerebral). Cuando la sangre no llega de manera adecuada al cerebro, la parte afectada puede quedar gravemente dañada, provocando la disminución o anulación de la función de la parte afectada y produciendo así la destrucción de esas células. El tiempo de respuesta es muy importante, ya que puede comprometer las funciones cognitivas, sensitivas o motoras. El tiempo de respuesta ha de ser rápido para evitar una gran pérdida de células nerviosas y evitar así grandes secuelas. (34,35,36,37)

### **10.1. IRRIGACIÓN CEREBRAL**

El sistema de irrigación está compuesto por varias arterias colaterales para que en caso de sufrir un accidente cerebrovascular no se impida el flujo sanguíneo y se produzca un ictus. Por ese motivo, no todas las personas sufren el mismo grado o problema, ya que cada individuo presenta un tamaño diferente en sus arterias.

El cerebro está irrigado a través de dos arterias grandes situadas ambos lados. La arteria carótida interna (transporta la sangre desde el corazón por la parte anterior del cuello) y la arteria vertebral (transporta la sangre desde el corazón por la parte posterior del cuello). Las dos arterias vertebrales acaban uniéndose para formar la arteria basilar. Esta arteria, junto a las dos arterias carótidas internas se dividen en varias ramas, entre las que se encuentra la arteria cerebral. Estas ramas arteriales acaban formando el polígono de Willis y conectando así las arterias vertebrales y las arterias carótidas internas. (40)

## **11. EPIDEMIOLOGÍA DEL AVC**

El ICTUS es la segunda causa de muerte en el mundo, la primera en mujeres y la tercera en hombres. Cada año, el ICTUS causa alrededor de 5,54 millones de muertes a nivel mundial, de las cuales dos terceras partes ocurren en los países menos desarrollados.

Los accidentes cerebrovasculares suelen producirse con más frecuencia en personas de mayor edad, hombres y con menos nivel de estudios en comparación con otras enfermedades. Además, es considerado como la primera causa de invalidez en el adulto. Se estima que la mitad de los pacientes que sobreviven tres meses después del ICTUS, estarán vivos 5 años más tarde, y un tercio de ellos sobrevivirán por 10 años. El 60% de los sobrevivientes recuperan la independencia, el 20% necesita atención hospitalaria y el otro 20 % necesitará ser atendido por algún familiar o acompañante, lo que conlleva un gran impacto emocional y socioeconómico. (37,41,42)

En el año 2019 en España, la incidencia anual del ICTUS era de 187,4 casos por cada 100.000 habitantes, lo que supone un total de 71.780 nuevos casos de ictus, estas cifras, hoy en día, han ido en aumento a causa del envejecimiento de la población y de los malos hábitos. En Cataluña aparecen aproximadamente 100.000 casos de ICTUS, de los cuales unos 5.000 casos acaban en defunción. (33,38,42)

Estudios epidemiológicos prospectivos han estimado que 1 de cada 6 españoles sufrirá un ICTUS a lo largo de su vida. (38)

## **12. MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS DEL AVC**

El cerebro requiere de flujo continuo de sangre, ya que no almacena ni oxígeno ni glucosa. Aproximadamente el 20% del gasto cardiaco lo recibe el cerebro.

Después de la isquemia o la hemorragia se produce una alteración en el flujo sanguíneo que acaba provocando una hipoxia y anoxia celular y produciendo necrosis y muerte neuronal. Cuando ocurre esto, la circulación colateral, gracias a la anastomosis en el polígono de Willis, puede mantener el flujo sanguíneo en el área circundante.

Algunas neuronas pueden morir cuando la entrada de sangre es menor de 5% de lo normal durante un tiempo mayor a 5 minutos, pero esto depende de la gravedad del ICTUS. Si se produce un daño lentamente, sería de carácter leve, por lo que puede tardar entre 3-6 horas para que se pierda completamente tejido encefálico. Si, por el contrario, se produce un daño grave y este dura más de 15 minutos, todo el tejido afectado queda infartado.

Después de producirse la isquemia se produce una acumulación de lactato y iones hidrogeno que hace que se altere el gradiente y el flujo iónico de la membrana celular, provocando así, una alteración en la apertura de canales y produciendo una despolarización iónica con liberación de potasio, sodio, cloro, entrada de calcio y síntesis de aminoácidos excitadores que provocan un aumento en la toxicidad del tejido nervioso. Los aminoácidos excitadores, como el glutamato, activan receptores postsinápticos contribuyendo al aumento del calcio intracelular, que a su vez participa en la activación de nucleasas, y fosfolipasas que lesionan más la membrana neuronal. Gracias a la liberación de estos lípidos se produce la formación de ácido araquidónico y la

generación de radicales libres. Todo este proceso acaba favoreciendo aún más la muerte celular. (44,45)

### **13. ETIOLOGÍA DEL AVC**

Existe una gran variedad de enfermedades que pueden llegar a producir un accidente cerebrovascular.

Las causas más comunes en los ICTUS hemorrágicos son por:

- Aneurisma cerebral: Debilidad en la pared del vaso sanguíneo que hace que este se quede abultado debido a la presión sanguínea y finalmente acaba produciéndose una rotura. Los aneurismas se sitúan en los vasos sanguíneos más superficiales.
- Malformación arteriovenosa: Conexión anormal entre las arterias y las venas (sin unión de capilares) y por lo cual debido a la diferencia de presiones que existe entre arteria y vena acaba produciéndose una rotura.
- Traumatismo: La hemorragia intracerebral suele ocurrir a causa de un traumatismo craneoencefálico. La aparición de estas hemorragias puede aparecer incluso 24h después de la lesión.
- Hemorragia producida después de un infarto cerebral: A causa de una debilidad en el tejido cerebral afectado que puede llevar a una ruptura de los vasos sanguíneos pequeños.
- Hemorragia por tumores: Algunos tumores como el glioblastoma multiforme, melanoma, coriocarcinoma y carcinoma pueden dar lugar a una hemorragia.
- Coagulopatías: La hemorragia cerebral se puede originar cuando existe algún problema en la coagulación, ya que la persona puede sangrar en exceso.

Los ICTUS isquémicos son los más comunes, siendo un 70% de todos los accidentes cerebrovasculares. Sus causas pueden ser por trastornos vasculares, trastornos cardíacos o trastornos hematológicos:

- Ateroesclerosis: En grandes arterias elásticas y musculares, donde se acumula una placa (grasa, colesterol, calcio y otras sustancias de la sangre) que provocan un endurecimiento y estrechamiento en las arterias, limitando así la entrada de sangre.
- Arteritis de células grandes o arteritis temporal: Cambios inflamatorios que afectan a ramas de la carótida o de la arteria vertebral. Esos cambios pueden producir una adhesión y agregación de plaquetas que pueden provocar la oclusión vascular.
- Lupus eritematoso sistémico: Vasculopatía que afecta a vasos sanguíneos pequeños produciendo una inflamación y con ello la oclusión que pueden llegar a producir múltiples microinfartos.
- Angitis granulomatosa: Enfermedad inflamatoria que afecta a arterias y venas pequeñas en el sistema nervioso central que pueden llegar a producir lesiones multifocales transitorias.
- Displasia fibromuscular: Adelgazamiento de la túnica media y fragmentación de la lámina elástica en las grandes arterias. Suele afectar a vasos extracraneales y sobre todo a la arteria carótida interna.
- Arritmia: La fibrilación auricular y el síndrome de bradicardia-taquicardia puede producir un accidente cerebrovascular, ya que puede causar hipoperfusión pancerebral.

- Endocarditis: Endocarditis bacteriana puede dar lugar a un infarto cerebral embólico durante la fase activa de la infección, aunque algunas veces también puede producir un ICTUS hemorrágico a causa del sangrado dentro del infarto. Suele producirse en la arteria cerebral media. La endocarditis no bacteriana suele ser frecuente en pacientes con cáncer y es el más común en los accidentes cerebrovasculares isquémicos.
- Embolia paradójica: Anomalía congénita en el corazón que produce una comunicación entre el lado izquierdo y el derecho que permite el paso de material embólico a la circulación sanguínea.
- Trombocitosis: Puede llegar a ocurrir una isquemia cerebral si el nivel de plaquetas es superior a 1.000.000/MI, ya que pueden llegar a formar un coágulo e impedir la circulación sanguínea.
- Enfermedad células falciformes: Deformación de los eritrocitos cuando hay una reducción de la presión de oxígeno en sangre que pueden llegar a producir anemia hemolítica y la oclusión de los vasos sanguíneos. Suele afectar a la arteria cerebral media o anterior.
- Leucocitos: Puede provocar isquemia cerebral transitoria en pacientes con leucemia y una cantidad de glóbulos blancos superior a 150.000/ $\mu$ L. (44,45,46)

#### 14. CLASIFICACIÓN DEL AVC

El ICTUS puede ocurrir de manera gradual o súbitamente. Se puede clasificar en:

1. Accidente Cerebrovascular Asintomático → pacientes que realizando examen clínico y estudio de neuroimagen se descubre una lesión cerebral isquémica, pero que no ha producido ninguna clínica.
2. Accidente Cerebrovascular con focalidad neurológica →
  - 2.1. Ataque isquémico transitorio (AIT): Breve pérdida función focal neurológica por una isquemia cerebral de manera temporal. Aproximadamente dura menos de 2 horas y no se prolonga más allá de las 24 horas. No produce grandes secuelas y es reversible. Entre 20% a 45% de los pacientes que presentan un ataque isquémico transitorio y no reciben tratamiento presentaran un infarto cerebral de tipo isquémico en los siguientes 5 años.
    - Carotídeo: Puede producir debilidad en una extremidad, afasia, amaurosis fugaz o ceguera monocular transitoria.
    - Vertebro-basilar: Puede tener tanto síntomas motores como sensitivos. Afectan a los nervios craneales. Puede producir ataxia, desequilibrio y disartria, lo que puede provocar un riesgo de caídas.
  - 2.2. ICTUS
    - Infarto cerebral "isquémico": Es el más frecuente. Se produce cuando un vaso sanguíneo que transporta la sangre al cerebro es taponado por un coágulo, por lo que no es posible el flujo de sangre y, por lo tanto, las neuronas acaban sin oxígeno y mueren produciendo un infarto cerebral.
- Trombótico: El coágulo se crea en el mismo vaso sanguíneo.
- Embólico: El coágulo se origina en otra parte del cuerpo, generalmente cerca del corazón, una arteria mucho más grande. Una parte se desprende y viaja a través de la sangre hasta llegar a un vaso más pequeño donde se queda bloqueado.

- Lacunar: Es un accidente cerebrovascular de pequeño tamaño (menor de 1,5 cm). Se produce cuando una pequeña arteria se obstruye a causa del deterioramiento de la pared. Ocurre en personas mayores con diabetes o hipertensión arterial.
- Hemorrágico: Se produce a raíz de una rotura del vaso sanguíneo dentro del cerebro o en sus alrededores a causa de una debilidad, malformación o por sufrir una presión inusual. Esta sangre al no poder salir hace presión contra el tejido blando cerebral e impide el paso del oxígeno. Suelen dar una clínica de cefalea, náuseas, vómito y vértigo, ataxia y deterioro del estado de alerta, parálisis homolateral facial y de la vista.
- Hemorragia intracerebral: Es la rotura espontánea de los vasos sanguíneos dentro de la cavidad craneal. Generalmente, ocurre en personas mayores de 50 años con problemas de hipertensión arterial.
  - Hemorragia Profunda: Localizada en los ganglios basales y tálamo. Las hemorragias intracerebrales en los ganglios basales son las más frecuentes (35-45%) y el tálamo (20%). Suele presentar hemiplejía y alteración sensitiva.
  - Hemorragia Lobar: Se puede localizar en cualquier parte de los hemisferios. Puede ser cortical o subcortical (25%) Su causa suele ser por una malformación vascular.
  - Hemorragia Cerebelosa: El sangrado se localiza en el cerebelo (15%). Suele presentar deterioro cognitivo.
  - Hemorragia del Tronco Cerebral: Se localiza en el tronco, protuberancia y el bulbo, aunque este último es menos frecuente (5%). Suele presentar pupilas puntiformes.
- Hemorragia subaracnoidea: Es la rotura de vasos sanguíneos en el espacio situado entre el cerebro y la parte interna del cráneo [espacio subaracnoideo] de manera espontánea. La causa más frecuente es por un aneurisma.
- Hemorragia Intraventricular: El sangrado se produce en el interior de los ventrículos cerebrales. La clínica suele ser parecida a la hemorragia subaracnoidea.

Aproximadamente el 75% de los accidentes cerebrovasculares son de tipos isquémicos, el otro 25% restante son de tipos hemorrágico, de los cuales entre un 10-15% son hemorragia intracerebral y un 5-10% hemorragia subaracnoidea. (34,41,43)

## **15. SINTOMATOLOGÍA SEGÚN LA ZONA AFECTADA**

El ICTUS producirá unos síntomas u otros según el área cerebral que quede afectado.

- Lado afectado en región izquierda del cerebro, quedará afectada la parte derecha del cuerpo y aparecerán síntomas como parálisis del lado derecho del cuerpo, alteración sensitiva, problemas en el habla o el lenguaje y pérdida de memoria.
- Lado afectado en región derecha del cerebro, quedará afectada la parte izquierda del cuerpo, provocando síntomas como parálisis del lado izquierdo del cuerpo, heminegligencia izquierda, alteraciones sensitivas y pérdida de memoria.

Si existe una destrucción de la corteza motora del lóbulo frontal o de sus vías a nivel de la sustancia blanca puede ocasionar una parálisis o una hemiparesia tanto en la musculatura facial, como en extremidades superiores o inferiores. Hay que tener en cuenta, que al realizarse una decusación de la vía motora (vía corticoespinal o piramidal) a nivel del bulbo raquídeo hace que la parálisis afecte al lado contralateral de donde se originó el accidente cerebrovascular. La

alteración de la sensibilidad puede estar afectada por un daño en el lóbulo parietal o en las vías sensitivas. Esto provocará una pérdida de sensibilidad contralateral a la localización del daño cerebral, como ocurre con la vía motora, ya que las vías sensitivas también decusan, pero a distinto nivel. Una afectación en el lóbulo occipital o vía visual ocasionará la pérdida de visión en el lado opuesto (hemianopsia). Y si se afecta el lóbulo temporal izquierdo provocará afasia de Wernicke. La lesión en el tronco del encéfalo puede manifestarse con vértigos, visión doble, alteración de la marcha, pérdida de la fuerza o sensibilidad. El daño al cerebelo puede producir ataxia, vértigo, cefaleas o alteración del nivel de conciencia (somnolencia, estupor y coma).

Los ICTUS de tipo hemorrágico producen un patrón menos impredecible, ya que pueden producir más complicaciones posteriores al accidente cerebrovascular a causa del aumento de la presión intracraneal, compresión de tejidos cerebrales y vasos sanguíneos, producción de edema cerebral o a la dispersión de la sangre. (45,46)

- Circulación Anterior (formada por carótida interna, arteria coroidea anterior y arteria cerebral anterior y cerebral medial) → Corteza cerebral, ganglios basales y materia blanca subcortical. Cuando se produce un accidente cerebrovascular en la circulación anterior se producirán síntomas como afasia, apraxia, agnosia, hemiparesia, trastorno sensorial y defectos en el campo visual.
- Circulación Posterior (formado por arterias vertebrales y arterias cerebelosa inferoposterior e inferoanterior, arteria cerebelosa superior y arteria cerebral posterior) → Tronco del encéfalo, el cerebelo, el tálamo y los lóbulos occipitales y temporales. La afectación de estas arterias producirá síntomas como crisis atónica, coma, vértigo, náuseas y vomito, parálisis de nervios craneales, ataxia, déficits sensoriomotores, hemiparesia, trastornos sensoriales y déficit en el campo visual (nistagmo). (44, 45,46)

## **16. FACTORES DE RIESGO**

La manera de prevenir el ictus es realizando una buena prevención. La prevención puede ser primaria (evitar que se produzca un ICTUS en pacientes que nunca han sufrido ninguno) o secundaria (evitar que se repita el ICTUS).

Para realizar una correcta prevención hay que saber los factores de riesgo del accidente cerebrovascular. Algunos de estos factores de riesgo se pueden modificar (diabetes, obesidad, colesterol, hipertensión arterial, consumo de tabaco o alcohol, estilo de vida sedentario y estrés) y otros no (edad, sexo, historia familiar, genética). (34,44,46)

## **17. DIAGNÓSTICO DEL AVC**

El ICTUS se diagnostica mediante la evaluación de los síntomas y signos que presenta el paciente mediante una evaluación clínica y una exploración física. En la evaluación clínica es de gran importancia conocer la historia clínica del paciente para saber sus antecedentes y los hábitos que llevaba y realizar una exploración física.

Durante la exploración física es importante mirar la presión arterial, ya que esta es un factor de riesgo para los accidentes cerebrovasculares. También se debe realizar una comparación de ambos pulsos y mirar la presión sanguínea para diferenciar con otras enfermedades que pueden

dar síntomas parecidos. Otra exploración que se debe hacer es una palpación de las arterias y realizar un examen cardíaco para detectar posibles arritmias.

Entre un 25-70% de los pacientes presentan cefalea al inicio del accidente y deterioro cognitivo, por lo que también se puede realizar una exploración neurológica.

Como técnica complementaria también se pueden realizar diferentes técnicas diagnósticas que ayuden a diferenciar el tipo de ICTUS, la zona afectada y confirmar que se ha tenido un accidente cerebrovascular. (34, 44, 45)

Las técnicas complementarias más utilizadas son:

- Tomografía cerebral computadorizada (TAC) → Es la técnica diagnóstica más importante para el diagnóstico del ICTUS. Ayuda a diferenciar entre hemorragia e infarto cerebral. En el ICTUS de tipo hemorrágico se puede observar un aumento de la densidad del tejido nervioso en el lugar lesionado. Esta imagen solo se puede observar 24-48 horas después del infarto cerebral.
- Resonancia Magnética (RM) → Se suele emplear cuando hay sospecha de accidente cerebrovascular en el tallo cerebral. No suele ser necesaria.
- Angiografía por resonancia magnética (ARM) → Es un tipo de RM que examina los vasos sanguíneos del cerebro y el cuello.
- Ecografía Doppler → Es una prueba que utiliza las ondas de sonido para examinar los vasos sanguíneos.
- Electrocardiograma (ECG) → Permite ayudar en la evaluación de la etiología del accidente. Además, puede detectar arritmias o problemas cardíacos.
- Rayos X de tórax → Nos ayudan a evaluar la imagen de la silueta cardíaca y las lesiones pulmonares.
- Estudios hematológicos → Como el hemograma, el recuento de plaquetas, tiempo de protrombina (TP) y tiempo parcial de tromboplastina (TPT), son útiles cuando hay que anticoagular al paciente.

También es importante saber las concentraciones de glucosa en sangre, ya que la baja concentración (hipoglucemia) puede dar síntomas que se puedan confundir con los de un accidente cerebrovascular. (44,45,46)

## **18. EL ICTUS Y EL EQUILIBRIO**

El trastorno del equilibrio puede producir sensación de inestabilidad y reducir la confianza de la persona a la hora de realizar un movimiento, por lo que a la larga puede disminuir la calidad de vida de la persona y aumentar el riesgo de sufrir caídas.

El ICTUS puede afectar de diversas formas al equilibrio: produciendo mareos, debilidad muscular, pérdida del campo de visión, dificultad en la coordinación...

El equilibrio suele estar afectado cuando ocurre un infarto o una hemorragia localizada en el cerebelo o el tronco del encéfalo. (47)

## 18.1. INFARTO CEREBELOSO

El cerebelo es la estructura del cuerpo que nos permite integrar la información necesaria para realizar el movimiento e integrar al mismo nivel la información visual, vestibular y somestésica.

El cerebelo es irrigado por tres arterias: cerebelosa superior, cerebelosa inferior anterior y cerebelosa inferior posterior, estos irrigan respectivamente al pedúnculo cerebeloso superior, medio e inferior. La mayor parte del cerebelo es irrigado por la arteria cerebelosa inferior posterior. Esta arteria nace del segmento distal de la arteria vertebral e irriga la mitad caudal de los hemisferios cerebelosos y el vermis.

El infarto del cerebelo ocurre por la oclusión de alguna de estas arterias cerebelosas, aunque los accidentes cerebrovasculares cerebelosos representan el 2% de todos los ICTUS. El 50% de los casos de accidente cerebrovascular cerebelosos ocurre por la afectación de la arteria cerebelosa inferior anterior. La irrigación cerebelosa presenta gran cantidad de variantes anatómicas, por lo que se pueden observar infartos atípicos.

Cuando la lesión cerebelosa se encuentra en el vermis, quedará más afectado la estática y la marcha, en cambio, si la afectación es hemisférica estará presente una disimetría e hipotonía de extremidades homolateralmente y temblores. Si la lesión ocurre de manera más central, la persona no podrá realizar los ajustes posturales necesarios ni el SNC recibir la información de los movimientos. Una alteración en el vestibulocerebelo producirá una afectación en los ojos y el equilibrio, la alteración espinocerebelosa afectará a los movimientos de las extremidades tanto superiores como inferiores y las alteraciones en el cerebrocerebelo darán lugar a temblores y problemas a la hora de hablar y escribir. (51,52,53)

Los signos clínicos más comunes que se presentan en un infarto en la arteria cerebelosa inferior posterior son cefalea, vómitos, vértigo, nistagmo horizontal homolateral y ataxia. El infarto en la arteria cerebelosa inferior anterior puede llegar a producir disimetría, síndrome de Horner, pérdida auditiva unilateral, parálisis facial homolateral, pérdida sensorial del dolor y de temperatura del hemicuerpo contralateral. Y una obstrucción en la arteria cerebelosa superior puede producir ataxia, disartria y nistagmo. (45, 47,48, 49,50)

La ataxia, es un trastorno motor muy presente en el infarto cerebeloso que se caracteriza por presentar una falta de coordinación en la realización de los movimientos voluntarios. Esta da lugar, por tanto, a una disminución del equilibrio tanto estático como dinámico y puede dar lugar a un aumento del riesgo de caídas. Se produce, además, una marcha tambaleante con cabeza inclinada hacia el lado de la lesión cerebelosa. También produce una inestabilidad a la hora de realizar la marcha, provocando un aumento en la base de apoyo. La afectación en el cerebelo frecuentemente produce fatiga y debilidad, lo que aumenta aún más el riesgo de caídas.

Otra clínica presente en el infarto cerebeloso es el nistagmo. El nistagmo es el deterioramiento de la visión y de la percepción de la profundidad. Este se caracteriza por presentar movimientos oculares descontrolados, repetitivos e involuntarios hacia todas las direcciones de movimiento, por lo que impide que la visión se estabilice y se fije en un punto u objeto, dando lugar a una inestabilidad. (51,53)



## 19. TRATAMIENTO DEL AVC

El tratamiento de los accidentes cerebrovasculares debe ser individualizado para cada paciente, teniendo en cuenta los factores de riesgo, su situación, el estado de sus arterias y su sintomatología. Existen tratamientos farmacológicos y no farmacológicos.

Los tratamientos farmacológicos que se suelen administrar son antiagregantes plaquetarios como la aspirina o el clopidogrel (evitan la acumulación de las plaquetas, ya que son las principales en la formación de trombos) y anticoagulantes como el acenocumarol "Sintrom" o la warfarina "Aldocumar" (reducen el riesgo de sufrir una trombosis y la coagulación de la sangre).

Dentro del tratamiento no farmacológico podemos encontrar la cirugía. La cirugía adecuada en los ICTUS isquémicos es la endarterectomía carotídea, consiste en la limpieza quirúrgica de la arteria afectada y angloplastia carotídea, que consiste en la introducción de un catéter con un balón en la arteria lesionada para que esta se ensanche y no se impida el paso de la sangre. En los ICTUS hemorrágicos se realizará una embolización endovascular, que consiste en el rellenando de la arteria dañada con una red de hilos metálicos para conseguir un taponamiento en la arteria y que esta no se vuelva a romper.

Otro tratamiento clave en los ICTUS es el control de los factores de riesgo cardiovascular, como la hipertensión, la diabetes y el colesterol, modificando los hábitos de vida e introduciendo una alimentación sana y equilibrada junto con actividad física.

El tratamiento rehabilitador entraría dentro del no farmacológico. Este tratamiento ha de realizarse de manera inmediata tras el accidente cerebrovascular, ya que la mayor parte de recuperación neurológica se realiza en los tres primeros meses, aunque aún puede verse una mejoría hasta los seis meses. El tratamiento contribuye a recuperar la máxima independencia funcional del paciente, ejecutando no solo ejercicios de movilidad, sino también de equilibrio, coordinación, fuerza, lenguaje, sensibilidad y control postural. (33, 35, 38, 41, 49)

### 19.1. TRATAMIENTO DEL EQUILIBRIO EN AVC

Una de las secuelas más importantes tras sufrir un ICTUS es el déficit de equilibrio. Este se produce por una alteración tanto en el sistema sensitivo como en el motor.

Cuando se produce un déficit de equilibrio se puede observar una debilidad muscular, una disminución de la flexibilidad de los tejidos blandos, deterioro del control motor y trastornos sensitivos.

Los programas de rehabilitación se han mostrado efectivos en la mejora de los reflejos posturales del equilibrio y de la movilidad, disminuyendo así el riesgo de sufrir caídas. Los ejercicios tienen que combinar todos los componentes sensoriales que participan en el equilibrio (sistema visual, sistema vestibular y sistema somatosensorial). Tras sufrir un ICTUS, el 50% de los pacientes sufren alteración del sistema somatosensorial esto contribuye a que haya una alteración del esquema corporal.

En el accidente cerebeloso se ve afectado el movimiento voluntario del individuo, por lo que es importante realizar un ejercicio en alta repetición para ayudar a estimular el cerebro y el cerebelo y desencadenar la neuroplasticidad. La activación del cerebelo disminuye con la

automatización de la tarea, por lo que hay que proponer diferentes propuestas de recuperación para que el cerebelo tenga que elaborar una solución al problema. (54)

#### 19.1.1. TRATAMIENTO DEL EQUILIBRIO MEDIANTE LA REALIDAD VIRTUAL

En los últimos años han aumentado las nuevas tecnologías, y con ello, nuevas técnicas de terapia para tratar diversas patologías, entre ellas el accidente cerebrovascular. Una de esas técnicas es la utilización de realidad virtual para mejorar el equilibrio en pacientes que han sufrido algún daño cerebral y con ello la pérdida de equilibrio. (55, 56, 57, 58, 59, 60)

La realidad virtual combina las imágenes en 3D y la interacción del paciente basándose en una simulación de un entorno real generado por ordenador. Gracias a esas imágenes, el cerebro obtiene una información sensorial diferente a la que está acostumbrado y la interpreta como si fuera real, por lo que hace que el cuerpo del paciente tome otras estrategias de control y movimiento, favoreciendo así la neuroplasticidad y el aprendizaje motor. (55, 57, 58, 59, 60)

Cuando se emplea la realidad virtual, el entorno virtual puede proporcionar a la persona información visual, auditiva, táctil y de movimiento. Además, estos sistemas virtuales pueden combinarse mediante otros aparatos de rehabilitación como cintas de marcha o exoesqueletos y permitir manipular la duración, la intensidad y el contenido, mejorando la participación y motivación del paciente.

Existen dos tipos de realidad virtual, los sistemas inmersivos, donde la persona se integra completamente dentro del mundo virtual, ausente del mundo real, como el sistema Glasstrom o IREX y los sistemas no inmersivos en el cual la persona percibe el mundo real y el mundo virtual como el sistema Virtual Reality Motion, Nintendo Wii, Cyberglobe o Virtual Teacher. (55, 56, 57, 59, 60)

Actualmente, la rehabilitación mediante realidad virtual se está empezando a utilizar en pacientes neurológicos, ya que ayuda a crear nuevas organizaciones corticales mediante la plasticidad neuronal y conseguir así una mejora del equilibrio. (55, 56, 57, 58, 59, 60)

La realidad virtual puede ayudar a la rehabilitación del equilibrio, ya que gracias a las nuevas tecnologías y al ser un sistema inmersivo podemos reducir o intensificar la cantidad de información y las entradas sensoriales deseadas, y gracias a eso, modular la información que queremos que le llegue al paciente.

Además, al ser una técnica muy novedosa y que emplea juegos, genera mayor adherencia al tratamiento y permite realizar una actividad repetida, controlada e individualizada que ayuda a estimular los procesos motores y cognitivos. (61,62)

## PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

### 1. RESUMEN

**Introducción:** El ictus es el trastorno neurológico más común y de mayor importancia para la salud pública. Una de las secuelas más importantes tras un ictus es la afectación del equilibrio, imprescindible para poder mantener la postura y evitar las caídas. Actualmente, existen muchos métodos de rehabilitación del equilibrio, y uno de los más innovadores es la realidad virtual. Esta técnica nos ayuda tanto en la evaluación como en el tratamiento, además ofrece mayor feedback entre paciente-fisioterapeuta.

**Hipótesis:** Un programa de intervención con realidad virtual es eficaz para la mejora de la rehabilitación del equilibrio tanto estático como dinámico, así como la reducción del riesgo de caídas y por consecuencia la mejora de la calidad de vida de los pacientes con AVC cerebeloso.

**Material y métodos:** Se ha realizado una propuesta de investigación de un ensayo clínico aleatorizado controlado con pacientes que han sufrido un ictus cerebeloso que cumplían los criterios de inclusión. La investigación consta de una n=20, con un grupo control (fisioterapia convencional) y un grupo experimental (fisioterapia convencional + terapia con RV). Se realiza una valoración pre y post intervención donde se evalúa el equilibrio, la calidad de vida, el deterioro cognitivo, la dependencia de las actividades de la vida diaria y la motivación del paciente.

**Resultados esperados:** Se esperan cambios estadísticamente significativos entre ambos grupos en cuanto a la mejoría del equilibrio y la disminución del riesgo de caídas, sin embargo, se espera obtener mejores resultados en el grupo experimental, así como una mayor motivación y adherencia al tratamiento. En cuanto a la calidad de vida, se espera obtener resultados similares en ambos grupos.

**Conclusiones:** Esta intervención pretende mejorar el estado de salud de los pacientes que han sufrido un ictus cerebeloso y con ello una alteración del equilibrio. Los estudios analizados han demostrado buena evidencia, aunque hay presente algunas limitaciones como el tamaño de la muestra o el tipo específico de ictus que se pide en este estudio.

**Palabras clave:** equilibrio, accidente cerebrovascular, rehabilitación, accidente cerebrovascular cerebeloso, realidad virtual.

### 2. HIPÓTESIS:

- Un programa de intervención con realidad virtual es eficaz para la mejora de la rehabilitación del equilibrio tanto estático como dinámico.
- La rehabilitación del equilibrio mediante realidad virtual ayuda a reducir el riesgo de caídas y así mejorar la calidad de vida de los pacientes con AVC cerebeloso.
- La adherencia al tratamiento y la motivación del paciente es mayor con un programa de intervención con realidad virtual.

### 3. OBJETIVOS:

- Determinar la eficacia de la realidad virtual en pacientes que presentan falta de equilibrio a causa de un AVC cerebeloso, en comparación con las técnicas de intervención conservadoras utilizadas en la rehabilitación.

Objetivos secundarios:

- Observar las posibles diferencias respecto a la calidad de vida y el riesgo de caídas en los pacientes con AVC cerebeloso entre el tratamiento conservador o el tratamiento mediante realidad virtual.
- Evaluar el impacto que tiene el programa de realidad virtual en cuanto a la motivación del paciente a la hora de realizar el tratamiento rehabilitador.

#### **4. METODOLOGÍA**

##### 4.1. Diseño del estudio

Ensayo clínico aleatorizado controlado abierto, donde el paciente y el investigador saben a qué grupo son asignados y, por lo tanto, que tratamiento reciben. Es una investigación donde se realiza una comparación del tratamiento del grupo experimental (consiste en realizar rehabilitación convencional junto con un programa de rehabilitación mediante realidad virtual) con el tratamiento del grupo control (consiste en realizar un tratamiento de rehabilitación convencional), ambos grupos han de realizarse de manera simultánea. Los pacientes son asignados de manera aleatoria a los diferentes grupos mediante un programa de ordenador.

La intervención se llevará a cabo durante 2 meses y constará de 24 sesiones, estructuradas en 3 sesiones a la semana. En la primera y última sesión se realizará una valoración inicial, antes de realizar la intervención y una valoración final.

##### 4.2. Participantes

Para realizar esta propuesta de investigación serán necesarios 20 pacientes, 10 de ellos formarán parte del grupo control y los otros 10 pacientes formarán parte del grupo experimental. Todos los pacientes deberán haber leído y firmado el consentimiento informado, antes de comenzar el protocolo de intervención (Anexo V).

Todos los pacientes que participen en el estudio tienen que seguir los criterios de inclusión, exclusión y de retirada.

##### 4.2.1. Criterios de inclusión – exclusión - retirada

Los criterios de inclusión de esta propuesta de investigación son: pacientes diagnosticados de ictus cerebeloso, edad comprendida entre los 40-70 años, que se encuentren medicamente estables, con un estado agudo de la enfermedad (menos de 3 meses de evolución) y que se encuentren hospitalizados o hayan sido intervenidos en un hospital ubicado en Cataluña con disponibilidad y compromiso para realizar la intervención y hayan firmado el consentimiento informado.

También deberán presentar una puntuación mayor o igual a 21 en la escala Berg y una puntuación de 4 o más en la escala Rankin.

Los criterios de exclusión serán presentar deterioro cognitivo grave que dificulte la capacidad para comprender la valoración y el tratamiento (Examen Cognoscitivo Mini-Mental deberán de tener una puntuación mayor a 24 para realizar el tratamiento) y presentar alguna fractura o lesión que impida la bipedestación o cualquier movimiento.

Por último, los criterios de retirada son: no presentarse alguno de los días propuestos para realizar la valoración y la intervención y no poder contactar con la persona, presentar una actitud inadecuada y poco colaboradora a la hora de realizar el estudio o pacientes que durante el transcurso del estudio hayan sufrido alguna fractura o lesión.

### 4.3. Intervención

Los participantes serán distribuidos aleatoriamente en 2 grupos, grupo experimental y grupo control, por medio de una aleatorización simple para evitar el sesgo de selección.

Durante los 2 meses de intervención, los pacientes recibirán 3 sesiones semanales de fisioterapia, por lo que realizarán 24 sesiones de tratamiento. En la primera sesión, los participantes serán evaluados mediante diferentes escalas de evaluación clínica para valorar así el estado inicial del paciente y determinar si cumplen o no con los criterios para participar en el estudio. También serán reevaluados una vez acabado el programa de rehabilitación propuesto para observar los cambios (Anexo VI). En la segunda sesión ya se comenzará a realizar el tratamiento según el grupo en el que se encuentren, además, al finalizar la actividad se les pasará dos cuestionarios para evaluar la motivación de la persona en cuanto al tratamiento que ha realizado, y así tener un feedback con el paciente.

Los pacientes asignados al grupo experimental realizarán el número de sesiones comentadas anteriormente. Estas constarán de una intervención de fisioterapia convencional de unos 45min. y una intervención mediante el programa de realidad virtual de unos 45 min.

Por otro lado, el grupo control realizará el mismo tratamiento de fisioterapia con la misma duración y número de sesiones, pero sin realizar la actividad de realidad virtual.

#### 4.3.1. Valoración (escalas)

- Examen Cognoscitivo Mini-Mental (MMSE): test para evaluar el deterioro cognitivo. La puntuación determina la normalidad o el grado de deterioro que puede sufrir una persona. (Anexo VII)

Puntuación 30-27	Puntuación 26-25	Puntuación 24-10	Puntuación 9-6	Puntuación <6
No deterioro cognitivo	Posible deterioro	Demencia Leve o Moderada	Demencia Moderada -Severa	Demencia severa

Tabla 1: Puntuación de la escala MMSE

- Escala Rankin: Escala para medir el grado de incapacidad o dependencia a la hora de realizar las actividades de la vida diaria en personas que han sufrido un ictus.

0	No hay síntomas	No presenta ninguna limitación.
1	Muy leve (no discapacidad significativa)	Presenta algunos síntomas, pero sin limitaciones para realizar sus actividades habituales y su trabajo.
2	Leve	presenta limitaciones en sus actividades habituales y laborales, pero es independiente en las actividades básicas de la vida diaria.
3	Moderada	Requiere asistencia para algunas de las actividades instrumentales, pero no para las actividades básicas de la vida diaria.
4	Moderadamente grave	Necesita asistencia para las actividades básicas de la vida diaria, pero no necesita supervisión de forma continua.
5	Grave	Totalmente dependiente, necesita asistencia continuamente.
6	Exitus	

Tabla 2: Puntuación de la escala Rankin

- Balance Evaluation Systems Test (Mini-BEST Test): evaluación cuantitativa del equilibrio. Esta prueba consta de 14 ítems que permite evaluar ajustes anticipatorios, las estrategias reactivas, la orientación sensorial y la marcha dinámica. Cada ítem se valora

del 0 “nivel funcional bajo” al 2 “nivel funcional alto”, la puntuación máxima es 28 (buen equilibrio). (Anexo VIII)



Figura 1: Síntesis del mini-Balance Evaluation Systems Test (BESTest) propuesto por Horak para evaluar los diferentes sistemas implicados en el equilibrio.

- Escala de Berg: escala para valorar el equilibrio estático y el riesgo de caída en población adulta. En la escala se valora 14 actividades estáticas y dinámicas de diferente dificultad que se puntúan de 0 a 4. (Anexo IX)

Puntuación 0-20	Alto riesgo de caída
Puntuación 21-40	Moderado riesgo de caída
Puntuación 41-56	Leve riesgo de caída

Tabla 4: Puntuación de la escala de Berg

- Escala de Tinetti: Escala para evaluar las habilidades involucradas en el equilibrio y la marcha en actividades estáticas y dinámicas, y observar así el riesgo de caída en la población adulta. La escala consta de 16 ítems (9 de equilibrio y 7 de marcha) que se valora de 0 a 1 o de 0 a 2. (Anexo X)

Puntuación <19	Alto riesgo de caídas
Puntuación 19-23	Moderado riesgo de caídas
Puntuación 24-28	Leve o bajo riesgo de caídas

Tabla 5: Puntuación de la escala de Tinetti

- Evaluación de Brunel: Escala para medir el equilibrio en individuos con ictus. Consiste en una escala de 12 ítems que evalúan el equilibrio a partir de la realización de tareas de dificultad cada vez mayor, tanto de manera estática como dinámica. Para realizar cada ítem se tienen 3 intentos. (Anexo XI)

Puntuación 0/12	Bajo equilibrio
Puntuación 12/12	Alto equilibrio

Tabla 6: Puntuación de la evaluación de Brunel

- WHOQOL-100: Cuestionario para evaluar la calidad de vida. Este cuestionario consta de 26 ítems que observan la salud física, la salud psicológica, las relaciones sociales y el ambiente. La puntuación va de 1 “muy insatisfecho/a” al 5 “muy satisfecho/a”, por lo que, a mayor puntuación, mayor calidad de vida. (Anexo XI)

En la segunda sesión se pasarán dos pequeños cuestionarios para evaluar la motivación y feedback del paciente en cuanto al tratamiento.

- Short Feedback Questionnaire modificado: Cuestionario de 13 preguntas que mira la dificultad, disconformidad y diversión del paciente en cuanto al tratamiento, así como los posibles efectos adversos que puedan tener durante la actividad. (Anexo XIII)
- Intrinsic Motivation Inventory: Cuestionario que consta de 4 ítems que valora la motivación del paciente con relación al tratamiento rehabilitador. (Anexo XIV).

#### 4.3.2. Intervención Fisioterapia Convencional

La actividad se realizará delante de un espejo para que el paciente en todo momento tenga conciencia de su postura y movimiento. Los ejercicios se realizarán con una dificultad de manera gradual según vaya mejorando el paciente (en las primeras sesiones el paciente realizará el ejercicio agarrado a las paralelas y a medida que vaya mejorando el equilibrio se aumentará la dificultad hasta realizar el ejercicio sin paralelas u ojos cerrados). Realizar descansos según lo requiera el paciente. Se realizarán las siguientes actividades:

- Ejercicio estático en bipedestación en diferentes posturas. Mantener la postura sin desestabilizarse en posición apoyo bipodal (pies juntos), tándem o semi-tandem y apoyo monopodal. (Anexo XV). Mantener la posición 20 segundos.
- Transferencias de peso en bipedestación. Transferir el peso de un lado a otro con los pies juntos en apoyo bipodal y en posición tándem transferir el peso del pie que se encuentra delante al de atrás, y después a la inversa, cambiando la posición de los pies. Este ejercicio se puede realizar con ayudas visuales o verbales indicando el lado donde tiene que llevar el peso. Realizar 10 repeticiones para cada ejercicio.
- Ejercicio dinámico en bipedestación con apoyo bipodal. Levantar una pierna y después la otra “marcha militar”. Levantar una pierna lateralmente y posteriormente cambiar la pierna. Realizar 10 repeticiones para cada ejercicio.
- Ejercicio estático en bipedestación en diferentes posiciones. Mantener la postura sin desestabilizarse en posición apoyo bipodal, tándem o semi-tandem y apoyo monopodal en un plano inestable. Cambiar el plano inestable según la dificultad que queramos obtener. Mantener la posición 20 segundos.
- Ejercicio de alcance de objetos. Primero realizar la actividad en sedestación y cuando el paciente coja mas confianza realizarlo en bipedestación. Colocar diferentes objetos alrededor del paciente y que este los tenga que coger. Realizar la actividad durante 2 minutos.
- Ejercicio estático en sedestación. Mantener el equilibrio sentado en un fitball con los dos pies en el suelo. Para más dificultad, hacer el ejercicio sin agarrarse o solo con apoyo monopodal. Mantener la posición durante 1 minuto.
- Ejercicio dinámico en marcha. Realizar marcha con ayuda de las paralelas. Para aumentar la dificultad, realizar la actividad en marcha de tándem o sin ayuda de las paralelas. Realizar 10 repeticiones.
- Rotaciones de cabeza y tronco durante la marcha nombrando los objetos que tiene alrededor, y movimientos de extremidad superior recogiendo objetos durante la marcha. Realizar 2 repeticiones para cada actividad.

#### 4.3.3. Intervención mediante Realidad Virtual

El dispositivo que se empleará para esta actividad será el HTC-Vive, desarrollado por la empresa HTC. Este dispositivo cuenta con un seguimiento basado en láser que obtiene la rotación de la cabeza y la posición en el espacio. Además, cuenta con dos controles que sirven para controlar la posición de las manos durante el juego. Para realizar el ejercicio se empleará el videojuego comercial VR Super Sports. Este videojuego consta con varios juegos deportivos con 3 modos de dificultad. Los juegos deportivos que incluye son: bolos, boxeo, baloncesto, fútbol, tiro con arco, tiro al plato, tenis de mesa, golf y beisbol. (62)

Esta actividad tendrá una duración de 45 minutos y se realizarán todos los ejercicios durante 4 minutos con un descanso de 1 minuto entre juegos. Durante las primeras sesiones el paciente ejecutará la actividad sentado en una silla para evitar caídas y que así se pueda familiarizar con el juego, una vez vaya ganando más estabilidad y confianza podrá realizar la actividad en bipedestación.

Durante la realización de esta intervención se deberá tener en cuenta diversos aspectos:

- Sensación de mareo, malestar o vómitos: en caso necesario se deberá de parar la actividad.
- Golpe con objetos o personas: realizar la actividad en un área sin obstáculos y sin personas.
- Caídas: para evitar caídas hacer la actividad en sedestación durante las primeras sesiones o cuando el paciente lo requiera.

### 5. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados se analizarán estadísticamente con el programa SPSS realizando una comparación entre los resultados obtenidos del grupo control y los resultados del grupo experimental.

Tras 2 meses de intervención se esperan cambios estadísticamente significativos entre ambos grupos en los diferentes ámbitos evaluados (analizados con las escalas Mini-BEST Test, Berg, Tinneti y Brunel para observar el equilibrio y el riesgo de caídas, WHOQOL-100 para observar la calidad de vida del paciente y Rankin para mirar la dependencia en las actividades de la vida diaria).

Gracias a la revisión bibliográfica realizada, podemos esperar que tras el programa de intervención se observe una mejoría del equilibrio en ambos grupos, así como una disminución del riesgo de caídas y por consecuencia una mejor calidad de vida e independencia.

Sin embargo, se esperan mejores resultados en el grupo experimental en cuanto a la mejora del equilibrio y el riesgo de caídas, gracias también a los 45 minutos que hacen de más de rehabilitación en comparación con el grupo control. En cuanto a la calidad de vida, se esperan obtener resultados similares en ambos grupos.

A través del cuestionario realizado en la segunda sesión podremos obtener resultados sobre la motivación del paciente y la adherencia al tratamiento, en los que se espera un resultado más favorable en el grupo experimental, puesto que es una tecnología novedosa que llama la atención al paciente y las sesiones de rehabilitación son más extensas.



## 6. CONCLUSIONES

Como se ha comentado anteriormente en el trabajo, la afectación del equilibrio es una de las principales secuelas después de haber sufrido un ictus. Esta afectación causa problemas no solo a nivel personal, sino también a nivel social y laboral, lo que acaba afectando a la calidad de vida y la independencia del paciente.

En la actualidad existen muchos tratamientos de rehabilitación del equilibrio, entre ellos está el uso de los sistemas de realidad virtual. La realidad virtual nos ayuda a la hora de realizar el tratamiento, ya que permite realizar una actividad repetida, controlada e individualizada que ayuda a estimular los procesos motores y cognitivos y crea mayor adherencia y motivación al paciente. Además, una de las ventajas de la realidad virtual es que cualquiera puede tener esta tecnología en casa a un precio asequible.

Los estudios analizados en este trabajo han presentado buena evidencia con resultados óptimos en la mejora del equilibrio, pero aun así hay presente una limitación en cuanto al tamaño de la muestra. La mayoría de los estudios analizados son tamaños de muestra relativamente pequeñas, igual que el de esta propuesta de investigación, por lo que no se pueden obtener resultados fiables. Otra limitación que puede haber presente en este estudio es en cuanto al hecho de encontrar pacientes que hayan tenido un ictus cerebeloso, ya que solo un 2% de todos los ictus son de este tipo, por lo que esta limitación también afectaría al tamaño de la muestra.

Como futura línea de investigación, se podría abordar la limitación del tamaño de la muestra aumentándola de tamaño de participante, modificando los criterios de inclusión y exclusión, para así llegar a conclusiones más veraces.

Sería interesante que en futuros estudios esta prueba observara los resultados conseguidos a largo plazo y realizara una comparación entre ambos grupos. También se podría proponer mirar cómo afecta este nuevo método de rehabilitación en la marcha tras una afectación del equilibrio y aumentar el número de sesiones propuestas para obtener mejores resultados.

Por último, esta intervención pretende mejorar el estado de salud de los pacientes que han sufrido un ictus cerebeloso y con ello una alteración del equilibrio. Con esta propuesta se ha querido mejorar no solo el equilibrio del paciente sino también mejorar su calidad de vida a través de una propuesta de tratamiento más innovadora e interesante para la población, como es el uso de las nuevas tecnologías.

ANEXOS:

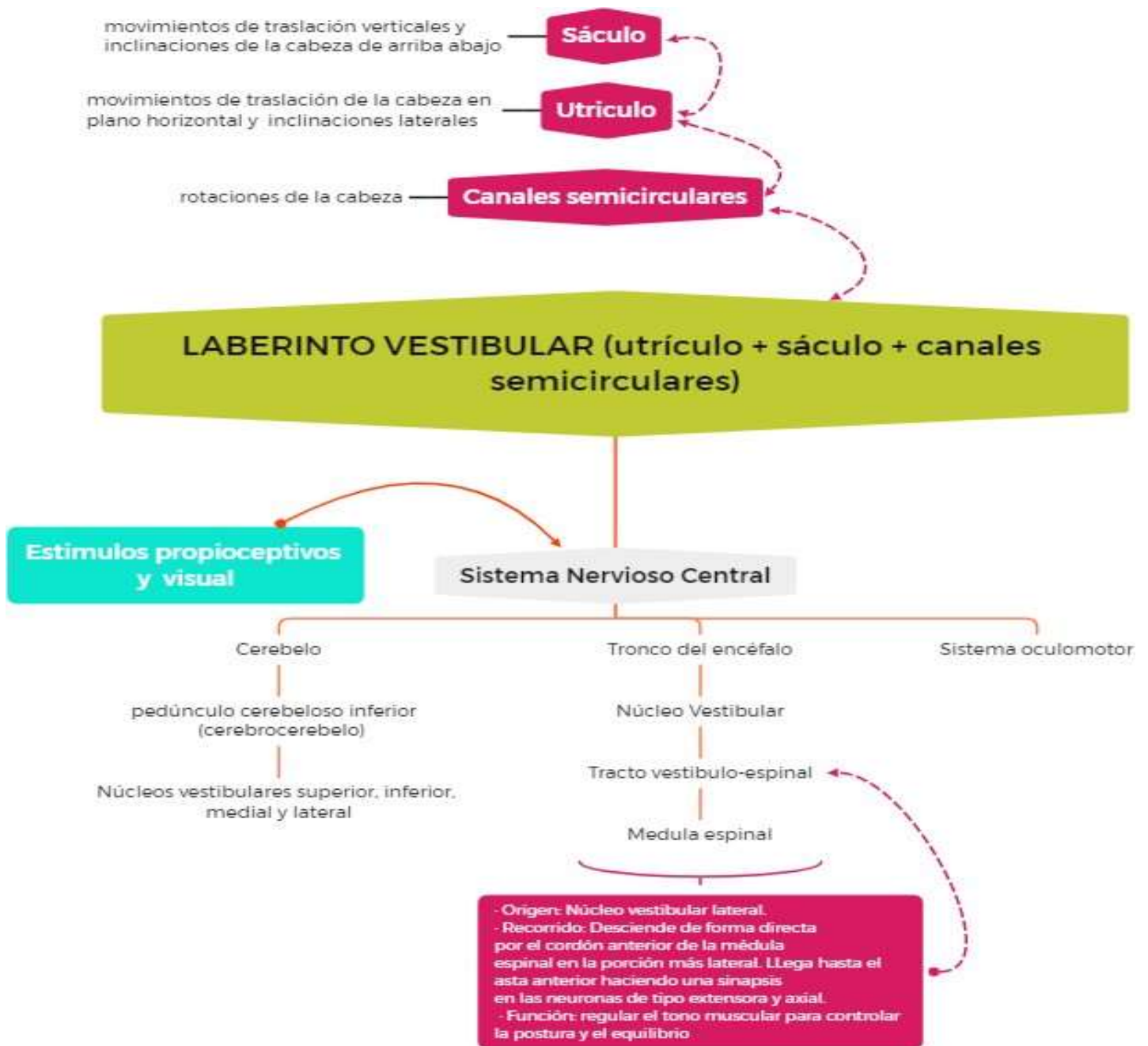
ANEXO I: TABLA TIPOS DE MOTONEURONAS INFERIORES

TIPOS DE MOTONEURONA	TAMAÑO	INERVACIÓN
Motoneurona $\alpha$	Grandes	Fibras musculares para el mantenimiento de la postura y movimiento
Motoneuronas $\gamma$	Pequeñas	Husos musculares

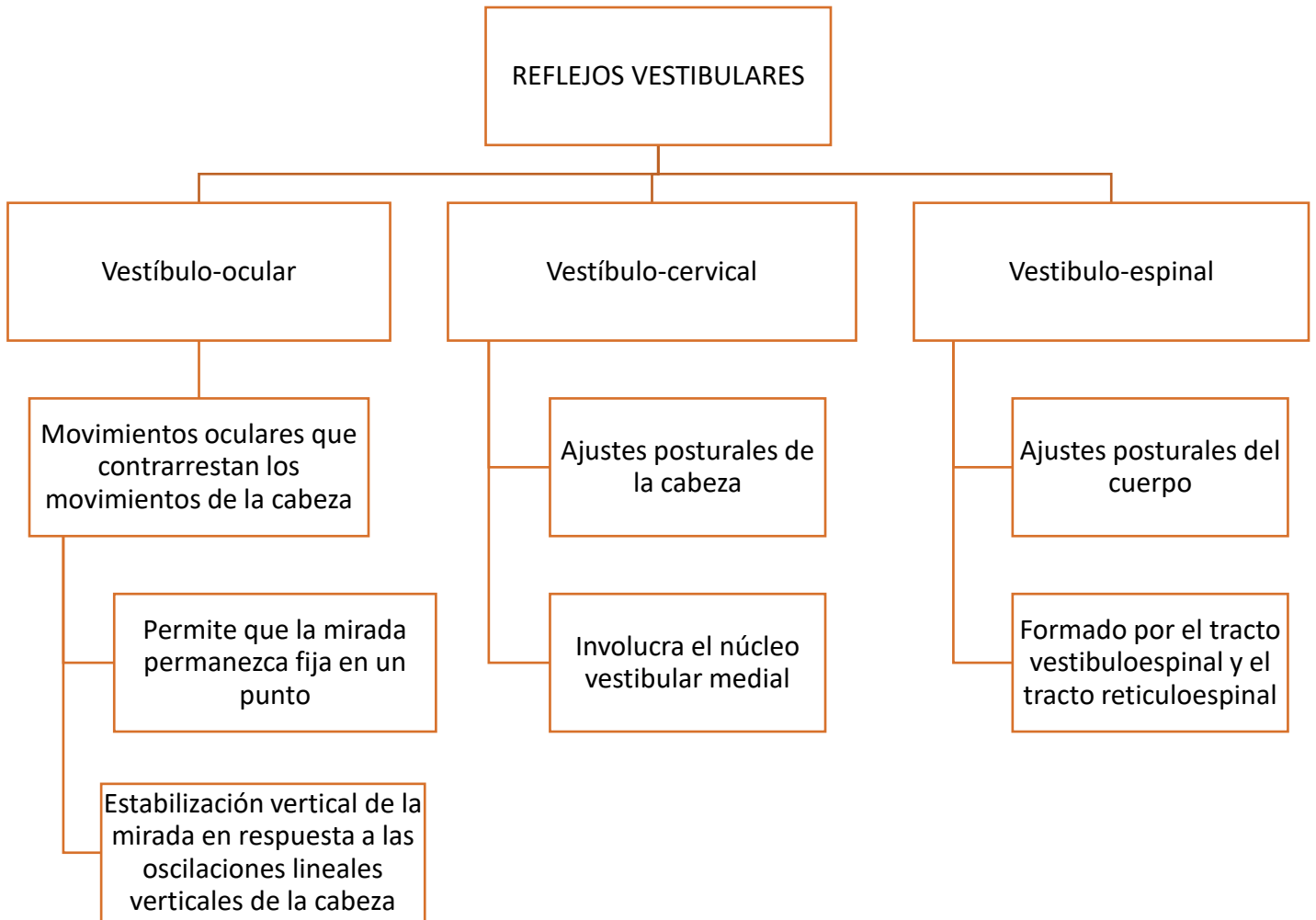
## ANEXO II: ESQUEMA TIPOS DE MOVIMIENTOS OCULARES



ANEXO III: ESQUEMA DEL SISTEMA VESTIBULAR



ANEXO IV: ESQUEMA REFLEJOS VESTIBULARES



### CONSENTIMIENTO INFORMADO

La investigadora principal Sandra García Sáez informa al participante Sr/a..... de la existencia de un proyecto de investigación sobre el uso de la realidad virtual en la rehabilitación del equilibrio en pacientes que han sufrido un ictus cerebeloso, y se le pide su participación.

#### **Eficacia de la realidad virtual en la rehabilitación del trastorno del equilibrio en pacientes con ictus cerebeloso**

Este proyecto tiene como objetivo determinar la eficacia de la realidad virtual en pacientes que presentan falta de equilibrio a causa de un AVC cerebeloso, en comparación con las técnicas de intervención conservadoras utilizadas en la rehabilitación y de observar así las posibles diferencias respecto a la calidad de vida y el riesgo de caídas en los pacientes con AVC cerebeloso entre el tratamiento conservador o el tratamiento mediante realidad virtual.

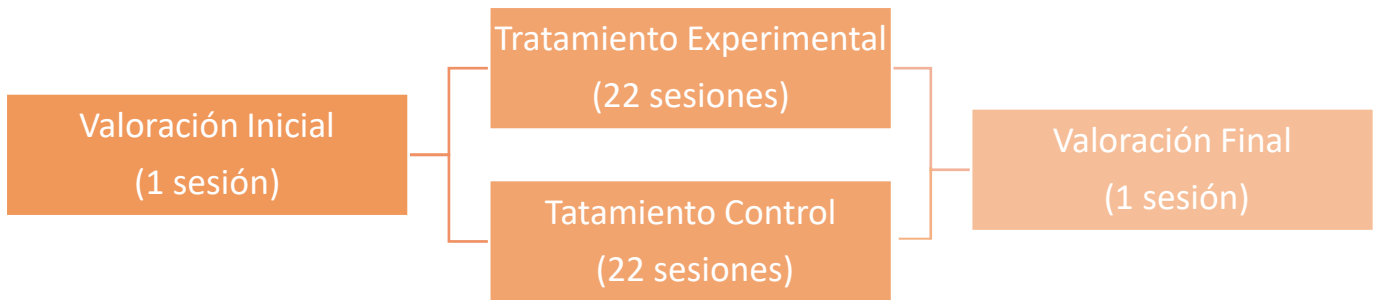
El beneficio del estudio es profundizar en el conocimiento y la eficacia del empleo de las nuevas tecnologías en la rehabilitación del equilibrio en personas que han sufrido un AVC. El estudio puede beneficiar directamente al participante ya que recibirá un tratamiento que pretende mejorar el equilibrio y por consecuencia reducir así el riesgo de caídas y mejorar su calidad de vida.

La investigadora garantiza la confidencialidad en cuanto a la identidad del participante asegura que los datos y resultados derivados de la investigación serán utilizados para los fines descritos.

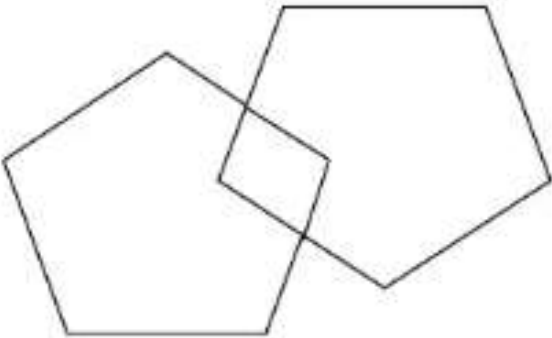
He sido informado de la naturaleza del estudio que se resume en esta hoja, he podido realizar preguntas que resuelvan mis dudas y finalmente, he tomado la decisión de participar, sabiendo que la decisión no afecta a mi atención terapéutica en el centre y que me puedo retirar del estudio en cualquier momento.

	Nombre y apellidos	Fecha	Firma	DNI
Paciente				
Informador				

ANEXO VI: PLAN DE TRABAJO



ANEXO VII: EXAMEN COGNOSCITIVO MINI-MENTAL (MMSE)

<b>ORIENTACIÓN</b>	<b>PUNTOS</b>
¿Qué año-estación-fecha-día-mes es?	( 5 )
¿Dónde estamos? (estado-país-cuidad-hospital-piso)	( 5 )
<b>MEMORIA INMEDIATA</b>	
Repetir 3 nombres ("mesa", "llave", "libro"). Repetirlos de nuevo hasta que aprenda los tres nombres y anotar el número de ensayos.	( 3 )
<b>ATENCIÓN Y CÁLCULO</b>	
Restar 7 a partir de 100, 5 veces consecutivas. Como alternativa, deletrear "mundo" al revés.	( 5 )
<b>RECUERDO DIFERIDO</b>	
Repetir los 3 nombres aprendidos antes.	( 3 )
<b>LENGUAJE Y CONSTRUCCIÓN</b>	
Nombrar un lápiz y un reloj mostrados	( 2 )
Repetir la frase "Ni sí es, ni no es, ni peros"	( 1 )
Realizar correctamente las tres órdenes siguientes: "Tome este papel con la mano derecha, dóblelo por la mitad y póngalo en el suelo"	( 3 )
Leer y ejecutar la frase "Cierre los ojos"	( 1 )
Escribir una frase con sujeto y predicado	( 1 )
Copiar este dibujo:	( 1 )
	
Puntuación total:	



ANEXO VIII: MINI-BEST TEST

Nombre / código del sujeto	Fecha	Evaluadora
----------------------------	-------	------------

**ANTICIPATORIO**

**SUBPUNTUACIÓN: /6**

**1. SENTADO A DE PIE**

Instrucción: "Cruce los brazos sobre el tórax". Intente no usar las manos salvo que lo necesite. No deje que sus piernas se apoyen contra el borde de la silla cuando esté de pie. Por favor, ahora póngase de pie.

- (2) Normal: Se pone de pie sin usar las manos y se estabiliza independientemente.
- (1) Moderado: Se pone de pie USANDO sus manos en el primer intento.
- (0) Grave: Incapaz de ponerse de pie desde la silla sin ayuda de un asistente O precisa de varios intentos con la ayuda de sus manos.

**2. PONERSE DE PUNTILLAS**

Instrucción: "Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros. Coloque sus manos en sus caderas. Intente ponerse tan alto como pueda de puntillas. Contaré en voz alta hasta 3. Intente mantenerse en esa posición al menos 3 segundos. Mire al frente. Levante ahora."

- (2) Normal: Estable durante 3 segundos con la altura máxima.
- (1) Moderado: Levanta los talones, pero no con el rango máximo (más pequeño que cuando se sujeta con las manos) O notable inestabilidad durante 3 s.
- (0) Grave: < 3 s.

**3. APOYO MONOPODAL**

Instrucción: "Mire al frente. Mantenga las manos en sus caderas. Póngase a la pata coja (levantando su pierna hacia atrás). No toque con su pierna elevada la pierna de apoyo. Permanezca sobre la pierna tanto como pueda. Mire al frente. Levante ahora."

- |   |                                |   |                                |
|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| Izda: Tpo en s Prueba 1: <input type="text"/> | Prueba 2: <input type="text"/> | Dcha: Tpo en s Prueba 1: <input type="text"/> | Prueba 2: <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> (2) Normal: 20 s     |                                | <input type="checkbox"/> (2) Normal: 20 s     |                                |
| <input type="checkbox"/> (1) Moderado: < 20 s |                                | <input type="checkbox"/> (1) Moderado: < 20 s |                                |
| <input type="checkbox"/> (0) Grave: incapaz   |                                | <input type="checkbox"/> (0) Grave: incapaz   |                                |

Para registrar cada lado por separado use la prueba de mayor duración. Para calcular la subpuntuación y la puntuación total use el lado [izdo o dcho] con la puntuación numérica más baja [el lado peor].

**CONTROL POSTURAL REACTIVO**

**SUBPUNTUACIÓN: /6**

**4. CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO- HACIA DELANTE**

Instrucción: "Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros, brazos a los lados. Inclínese hacia delante apoyándose en mis manos más allá de sus límites anteriores. Cuando lo suelte haga lo que sea necesario, incluido dar un paso, para evitar una caída."

- (2) Normal: Recupera de forma independiente con un solo y gran paso (el segundo paso de realineación es permitido).
- (1) Moderado: usa más de un paso para recuperar el equilibrio.
- (0) Grave: sin paso O podría caer si no fuera cogido O cae de manera espontánea.

**5. CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO- HACIA ATRÁS**

Instrucción: "Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros, brazos a los lados. Inclínese hacia detrás contra mis manos más allá de sus límites posteriores. Cuando lo suelte haga lo que sea necesario, incluido dar un paso, para evitar una caída."

- (2) Normal: Recupera de forma independiente con un solo y gran paso (el segundo paso de realineación es permitido).
- (1) Moderado: usa más de un paso para recuperar el equilibrio.
- (0) Grave: sin paso O podría caer si no fuera cogido O cae de manera espontánea.

**6. CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO- LATERAL**

Instrucción: "De pie con los pies juntos, brazos a los lados. Inclínese hacia mi mano más allá de sus límites laterales. Cuando lo suelte, haga lo que sea necesario, incluido dar un paso, para evitar una caída."

- |  |  |
|--|--|
| Izquierda  | Derecha  |
| <input type="checkbox"/> (2) Normal: recupera de forma independiente con un paso (cruza-<br>do o lateral es correcto). | <input type="checkbox"/> (2) Normal: recupera de forma independiente con un paso (cruza-<br>do o lateral es correcto). |
| <input type="checkbox"/> (1) Moderado: varios pasos para recuperar el equilibrio.                                      | <input type="checkbox"/> (1) Moderado: varios pasos para recuperar el equilibrio.                                      |
| <input type="checkbox"/> (0) Grave: caída o no puede dar el paso.  | <input type="checkbox"/> (0) Grave: caída o no puede dar el paso.  |

Use el lado con la puntuación más baja para calcular la subpuntuación y la puntuación total.



## 7. DE PIE (PIES JUNTOS); OJOS ABIERTOS, SUPERFICIE FIRME

Instrucción: "Coloque sus manos en sus caderas. Coloque sus pies juntos hasta que casi se toquen. Mire al frente. Permanezca tan estable como sea posible, hasta que yo diga que pare."

Tiempo en segundos: \_\_\_\_\_

- (2) Normal: 30 s.  
 (1) Moderado: < 30 s.  
 (0) Grave: incapaz.

## 8. DE PIE (PIES JUNTOS); OJOS CERRADOS, SUPERFICIE GOMAESPUMA

Instrucción: "Póngase en la gomaespuma. Coloque sus manos en las caderas. Coloque sus pies tan juntos que casi se toquen. Permanezca tan estable como sea posible, hasta que le diga que pare. Comenzaré a cronometrar cuando cierre sus ojos"

Tiempo en segundos: \_\_\_\_\_

- (2) Normal: 30 s.  
 (1) Moderado: < 30 s.  
 (0) Grave: incapaz.

## 9. INCLINADO- OJOS CERRADOS

Instrucción: "Sítuese en la rampa inclinada. Coloque los dedos de sus pies en la parte más elevada de la rampa. Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros y sus brazos abajo a ambos lados del cuerpo. Comenzaré a cronometrar cuando cierre sus ojos."

Tiempo en segundos: \_\_\_\_\_

- (2) Normal: Bipedestación independiente 30 s y se alinea con la gravedad.  
 (1) Moderado: Bipedestación independiente <30 s O se alinea con la superficie.  
 (0) Grave: incapaz.

## MARCHA DINÁMICA

SUBPUNTUACIÓN: /10

## 10. CAMBIO EN LA VELOCIDAD DE MARCHA

Instrucción: "Comience a caminar a su velocidad normal. Cuando le diga "más rápido", camine tan rápido como pueda. Cuando le diga "lento", camine muy lentamente."

- (2) Normal: Cambios significativos en la velocidad de marcha sin desequilibrio.  
 (1) Moderado: Incapaz de cambiar la velocidad de marcha o signos de desequilibrio.  
 (0) Grave: Incapaz de realizar cambios significativos en la velocidad de marcha Y signos de desequilibrio.

## 11. CAMINAR CON GIROS DE CABEZA – HORIZONTAL

Instrucción: "Comience caminando a su velocidad habitual. Cuando le diga "derecha", gire su cabeza y mire hacia la derecha. Cuando le diga "izquierda", gire su cabeza y mire hacia la izquierda. Intente mantenerse caminando en línea recta".

- (2) Normal: realiza los giros de cabeza sin cambios en la velocidad de marcha y con buen equilibrio.  
 (1) Moderado: realiza giros de cabeza con disminución de la velocidad de marcha.  
 (0) Grave: realiza giros de cabeza con desequilibrio.

## 12. CAMINAR CON GIROS DE PIVOTE

Instrucción: "Comience caminando a su velocidad habitual. Cuando le diga "gire y pare", dé la vuelta tan rápido como pueda y pare. Después del giro sus pies deben estar próximos."

- (2) Normal: gira con los pies próximos RÁPIDO (< 3 pasos) con buen equilibrio.  
 (1) Moderado: Gira con los pies próximos DESPACIO (>4 pasos) con buen equilibrio.  
 (0) Grave: No puede girar con los pies próximos a ninguna velocidad sin desequilibrio.

## 13. PASO POR ENCIMA DE OBSTÁCULOS

Instrucción: "Comience caminando a su velocidad habitual. Cuando le diga "a la caja", pase por encima de ella, no alrededor y siga caminando".

- (2) Normal: Capaz de pasar por encima de la caja con cambio mínimo en la velocidad de marcha y con buen equilibrio.  
 (1) Moderado: Pasos por encima de la caja pero la toca O lo hace con prudencia enlenteciendo la marcha.  
 (0) Grave: Incapaz de pasar por encima de la caja O pasos alrededor de la caja.

## 14. TEST UP &amp; GO (TUG) (en español: "LEVANTARSE E IR") CRONOMETRADO CON DOBLE TAREA (MARCHA 3 METROS)

Instrucción TUG: "Cuando le diga "vaya", levántese de la silla, camine a su velocidad normal cruzando la cinta del suelo, dé la vuelta y siéntese en la silla".

Instrucción TUG con doble tarea: "Cuente hacia atrás de 3 en 3 comenzando en ... . Cuando le diga "vaya", levántese de la silla, camine a su velocidad normal cruzando la cinta del suelo, dé la vuelta y siéntese en la silla. Continúe contando hacia atrás todo el tiempo."

TUG: \_\_\_\_\_ segundos

TUG doble tarea: \_\_\_\_\_ segundos

- (2) Normal: Sin cambios reseñables en sentarse, ponerse de pie o caminar mientras cuenta hacia atrás comparado con el TUG sin doble tarea.  
 (1) Moderado: La tarea dual afecta al contar O al caminar (>10%) comparado con el TUG sin doble tarea.  
 (0) Grave: Para de contar mientras camina O para de caminar mientras cuenta.

Cuando puntúe el ítem 14, si la velocidad del sujeto se enlentece más del 10% entre el TUG sin y con tarea dual, la puntuación debería disminuir en un punto.



## Instrucciones para el Mini-BESTest

**Condiciones del sujeto:** el sujeto debería ser valorado con zapatos planos O sin zapatos ni calcetines.

**Equipamiento:** Gomaespuma Tempur® (también llamada T-foam™ de 10 cm de grosor, densidad media (T41, clasificación de firmeza), silla sin reposabrazos o ruedas, rampa inclinada, cronómetro, una caja (de 23 cm altura) y una marca con cinta adhesiva a 3 metros de distancia de la silla, pegada en el suelo.

**Puntuación:** El test tiene una puntuación máxima de **28 puntos para 14 ítems**, valorados cada uno de ellos de 0 a 2.

"0" indica el nivel de función más bajo y "2" el nivel de función más alto.

Si un sujeto necesita asistencia para un ítem, puntúe ese ítem una categoría más baja. Si un sujeto requiere asistencia física para realizar el ítem, puntúe "0" para ese ítem.

Para el ítem 3 (de pie en una pierna) e ítem 6 (paso compensatorio-lateral) sólo se incluye la puntuación para un lado (la peor puntuación). Para el ítem 3 (de pie en una pierna) seleccione el mejor tiempo de los dos registros (para un lado) para la puntuación.

Para el ítem 14 (Test Up & Go cronometrado con doble tarea) si la persona camina lentamente más de un 10% entre el TUG sin y con doble tarea, entonces la puntuación debe disminuir en un punto.

1.SENTADO A DE PIE	Anote el inicio del movimiento y el uso de las manos del sujeto en la silla, los muslos o el empuje de los brazos hacia delante.
2.PONERSE DE PUNTILLAS	Permita al sujeto dos intentos. Puntúe el mejor de ellos. (Si sospecha que el sujeto consigue menos que la máxima altura, pídale alzarse mientras coge las manos del examinador). Asegúrese de que el sujeto mira a un objetivo fijo situado a 1 - 4 m por delante.
3.MANTENERSE EN UNA PIERNA	Permita al sujeto dos intentos y registre los tiempos. Registre el número de segundos que el sujeto puede sostenerse, hasta un máximo de 20 s. Pare el tiempo cuando el sujeto mueva las manos de sus caderas o ponga un pie abajo. Asegúrese de que el sujeto mira a un objetivo fijo situado a 1 - 4 m por delante. Repita del otro lado.
4.CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO-HACIA DELANTE	Sitúese delante del paciente con una mano en cada hombro y pídale inclinarse hacia delante. (Asegúrese de que haya espacio libre para dar un paso). Solicite al sujeto que se incline hasta que sus hombros y caderas estén frente a los dedos de los pies. Después de que sienta el peso del sujeto en sus manos, bruscamente quite su apoyo. El test debe producir un paso. NOTA: esté preparado para coger al sujeto.
5.CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO-HACIA ATRÁS	Sitúese por detrás del paciente con una mano en cada escápula y pídale inclinarse hacia atrás (Asegúrese de que hay espacio libre para dar un paso atrás.) Pida al paciente que se incline hasta que sus hombros y caderas estén por detrás de sus talones. Después de que sienta el peso del sujeto en sus manos, bruscamente quite su apoyo. El test debe producir un paso. NOTA: esté preparado para coger al sujeto.
6.CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO-LATERAL	Sitúese de lado al sujeto, coloque sus manos en la hemipelvis homolateral del sujeto. Pídale que se incline hasta que la línea media de la pelvis esté por encima del pie dcho (o izdo) y después quite bruscamente su apoyo. NOTA: esté preparado para coger al sujeto.
7.DE PIE (PIES JUNTOS), OJOS ABIERTOS, SUPERFICIE FIRME	Registre el tiempo que el sujeto es capaz de estar de pie con los pies juntos hasta un máximo de 30 segundos. Asegúrese de que el sujeto mira a un objetivo fijo situado a 1 - 4 m por delante.
8.DE PIE (PIES JUNTOS), OJOS CERRADOS, SUPERFICIE GOMAESPUMA	Use una gomaespuma de densidad media tipo Tempur® de 10 cm de grosor. Asista al sujeto para colocarse sobre ella. Registre el tiempo que el sujeto ha sido capaz de estar en esa condición hasta un máximo de 30 segundos. Entre los dos intentos el sujeto se coloca fuera de la gomaespuma. Dé la vuelta a la gomaespuma entre registros para que el material recupere su forma original.
9.INCLINADO OJOS CERRADOS	Ayude al sujeto en la rampa. Una vez que haya cerrado los ojos, comience a contar el tiempo y regístrelo. Anote si hay una oscilación excesiva.
10.CAMBIOS EN LA VELOCIDAD	Permita al paciente dar entre 3 y 5 pasos a una velocidad normal y después diga "rápido". Después de 3-5 pasos rápidos, diga "despacio". Permita de 3 a 5 pasos antes de que el sujeto pare de caminar.
11. CAMINAR CON GIROS DE CÁBEZA - HORIZONTAL	Permita al sujeto alcanzar su velocidad normal y dé las órdenes "dcha, izda" cada 3-5 pasos. Registre si ve algún problema en cualquier dirección. Si el sujeto tiene limitaciones cervicales, permita movimientos combinados de cabeza y tronco.
12.CAMINAR CON GIROS DE PIVOTE	Muestre un giro de pivote. Una vez que el sujeto camine a velocidad normal, diga "gire y pare." Cuente el número de pasos para "girar" hasta que el sujeto esté estable. El desequilibrio puede evidenciarse por una bipedestación con una base amplia, pasos extra o movimiento del tronco.
13. PASO POR ENCIMA DE OBSTÁCULOS	Coloque dos cajas de zapatos encintadas juntas (de 23 cm de altura cada una de ellas) a 3 metros de donde el sujeto comenzará a caminar.
14. TEST UP & GO CRONOMETRADO CON DOBLE TAREA	Use el TUG cronometrado para determinar los efectos de la tarea dual. El sujeto debe caminar una distancia de 3 metros. TUG: El sujeto ha de estar sentado con su espalda en contacto con el respaldo. Se le cronometrará desde el momento en el que diga "vaya" hasta que vuelva a sentarse. Pare el tiempo cuando las nalgas del sujeto estén en el asiento y su espalda contra el respaldo. La silla debe ser firme sin reposabrazos. TUG con doble tarea: Mientras esté sentado estime cómo de rápido y seguro el sujeto puede contar hacia atrás de 3 en 3 comenzando en un número entre 100-90. Después, pida al sujeto que cuente desde un número diferente y tras varios números diga "vamos". Registre el tiempo desde que dice "vamos" hasta que el sujeto vuelva a la posición sentada. Puntúe la tarea dual que afecta al contar o al caminar si la velocidad de marcha se ralentiza (>10%) con respecto al TUG y/o nuevos signos de desequilibrio.



ANEXO IX: ESCALA DE BERG

Prueba	Puntuación
<b>1. Sedestación a bipedestación</b>	
Necesita ayuda moderada o elevada para mantener la bipedestación	0
Necesita ayuda mínima para levantarse o estabilizarse	1
Capaz de levantarse usando las manos y tras varios intentos	2
Capaz de mantener la bipedestación usando las manos y de forma independiente	3
Capaz de levantarse sin usar las manos y de forma independiente	4
<b>2. Bipedestación sin apoyos/ayuda</b>	
Incapaz de mantener la bipedestación 30 s sin apoyo	0
Necesita varios intentos para mantener la bipedestación 30 s	1
Capaz de mantener la bipedestación 30 s sin apoyos	2
Capaz de mantener la bipedestación dos minutos con supervisión	3
Capaz de mantener la bipedestación segura dos minutos	4
<b>3. Sedestación sin apoyos</b>	
Incapaz de mantener la sedestación sin apoyo 10 s	0
Capaz de mantener la sedestación 10 s	1
Capaz de mantener la sedestación 30 s	2
Capaz de mantener la sedestación dos minutos con supervisión	3
Capaz de mantener la sedestación segura dos minutos	4
<b>4. Bipedestación a sedestación</b>	
Necesita ayuda para sentarse	0
Se sienta de forma independiente pero el descenso es incontrolado	1
Usa la parte posterior de las piernas contra la silla para controlar el descenso	2
Controla el descenso con las manos	3
Se sienta de forma segura con un uso mínimo de manos	4
<b>5. Transferencias</b>	
Necesita asistencia o supervisión de dos personas	0
Necesita asistencia de una persona	1
Capaz de realizar transferencias con ayuda verbal y/o supervisión	2
Capaz de realizar transferencias con uso elevado de las manos	3
Capaz de realizar transferencias con uso mínimo de las manos	4
<b>6. Bipedestación sin apoyo y ojos cerrados</b>	
Necesita ayuda para evitar caídas	0
Incapaz de mantener los ojos cerrados 3 s	1
Capaz de mantener la bipedestación 3 s	2
Capaz de mantener la bipedestación 10 s con supervisión	3
Capaz de mantener la bipedestación 10 s sin supervisión	4

7. Bipedestación sin ayuda con los pies juntos	
Necesita ayuda para estabilizar la posición y es incapaz de mantenerla 15 s	0
Necesita ayuda para estabilizar o mantener la posición y es incapaz de mantener bipedestación 15 s	1
Capaz de colocar los pies juntos de forma independiente pero incapaz de mantenerla 30 s	2
Capaz de colocar los pies juntos de forma independiente y de mantener la bipedestación 60 s con supervisión	3
Capaz de colocar los pies juntos de forma independiente y de mantener la bipedestación 60 s	4
8. Alcanzar algo con los brazos	
Pierde el equilibrio mientras lo intenta y requiere ayuda	0
Capaz de alcanzar pero necesita supervisión	1
Capaz de alcanzar algo con confianza a una distancia > 5 cm	2
Capaz de alcanzar algo con confianza a una distancia > 12 cm	3
Capaz de alcanzar algo con confianza a una distancia > 25 cm	4
9. Recoger un objeto del suelo	
Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para no perder el equilibrio	0
Incapaz de hacerlo y necesita supervisión	1
Incapaz de hacerlo pero se queda a 2-5 cm manteniendo el equilibrio	2
Capaz de hacerlo pero precisa supervisión	3
Capaz de hacerlo de forma segura y fácil	4
10. Girarse para mirar hacia atrás	
Necesita ayuda para no perder el equilibrio o caer	0
Necesita supervisión cuando gira	1
Capaz girarse ligeramente hacia los lados manteniendo el equilibrio	2
Capaz de mirar hacia atrás pero maneja peor el peso hacia uno de los lados	3
Capaz de mirar hacia atrás a ambos lados y maneja bien el peso	4
11. Giro de 360°	
Necesita ayuda física	0
Necesita supervisión cercana o ayuda verbal	1
Capaz de girar 360° de manera segura pero despacio	2
Capaz de girar 360° de manera segura sólo hacia un lado en 4 s o menos	3
Capaz de girar 360° de manera segura en 4 s o menos	4
12. Subir escaleras	
Incapaz o necesita asistencia para evitar caer	0
Capaz de completar más de dos pasos con asistencia mínima	1
Capaz de completar cuatro pasos sin ayuda pero con supervisión	2
Capaz de completar ocho pasos de forma segura en más de 20 s	3
Capaz de completar ocho pasos en 20 s de forma segura	4

13. Tándem	
Pierde el equilibrio mientras mantiene la bipedestación o da el paso	0
Necesita ayuda para dar el paso pero puede mantenerse 15 s	1
Capaz de dar un pequeño paso de forma independiente y mantener la postura 30 s	2
Capaz de colocar un pie delante del otro sin que se toquen de forma independiente y mantener la postura 30 s	3
Capaz de colocarse en posición de tándem de forma independiente y de mantener la postura 30 s	4
14. Bipedestación sobre un pie	
Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para evitar caer	0
Capaz de mantenerse erguido de forma independiente. Intenta levantar una pierna, pero es incapaz de mantenerla 3 s	1
Capaz de mantenerse erguido de forma independiente durante 3 s o más	2
Capaz de mantenerse erguido de forma independiente durante 5-10 s	3
Capaz de mantenerse erguido de forma independiente durante más de 10 s	4



## ANEXO X: ESCALA DE TINETTI

Prueba	Puntuación
1. Equilibrio sentado	
Se inclina o se desliza en la silla	0
Se mantiene seguro	1
2. Levantarse	
Imposible sin ayuda	0
Capaz, pero usando los brazos	1
Capaz sin usar los brazos	2
3. Intentos para levantarse	
Imposible sin ayuda	0
Capaz pero necesita más de un intento	1
Capaz de levantarse con un único intento	2
4. Equilibrio en bipedestación inmediata (primeros 5 s)	
Inestable. Se tambalea, se mueve y/o muestra un marcado balanceo de tronco	0
Estable pero usa el andador, bastón o se agarra a otro objeto para no caer	1
Estable sin andador, bastón u otro soporte	2
5. Equilibrio en bipedestación	
Inestable	0
Estable pero con apoyo amplio (talones de más de 10 cm), bastón u otro soporte	1
Estable sin ayudas	2
6. Empujes	
Empieza a caerse	0
Se tambalea, se agarra, pero se mantiene	1
Estable sin ayudas	2
7. Ojos cerrados	
Inestable	0
Estable	1
8. Vuelta de 360°. Pasos	
Pasos discontinuos	0
Pasos continuos	1
8. Vuelta de 360°. Estabilidad	
Inestable	0
Estable	1
9. Sentarse	
Inseguro, calcula mal la distancia, cae en la silla	0
Usa los brazos o el movimiento es brusco	1
Seguro, movimiento suave	2

Prueba	Puntuación
1. Iniciación de la marcha (inmediata tras dar la orden)	
Algunas vacilaciones o múltiples intentos para empezar	0
No vacila	1
2. Longitud y altura de paso. Movimiento del pie derecho	
El pie derecho no se separa completamente del suelo con el paso	0
El pie derecho se separa completamente del suelo	1
El pie derecho no sobrepasa al pie izquierdo	0
El pie derecho sobrepasa al pie izquierdo	1
El pie izquierdo no se separa completamente del suelo con el paso	0
El pie izquierdo se separa completamente del suelo	1
El pie izquierdo no sobrepasa al pie derecho	0
El pie izquierdo sobrepasa al pie derecho	1
3. Simetría de paso. Movimiento del pie izquierdo	
La longitud de los pasos con los pies izquierdo y derecho no es igual	0
La longitud parece igual	1
4. Fluidez del paso	
Paradas entre los pasos	0
Los pasos parecen continuos	1
5. Trayectoria	
Desviación grave de la trayectoria	0
Desviación leve o moderada o usa ayudas técnicas para mantener la trayectoria	1
Sin desviación o ayudas	2
6. Tronco	
Balanceo marcado o usa ayudas	0
No balancea pero flexiona las rodillas o espalda, o separa los brazos al caminar	1
No se balancea, no se flexiona, ni usa otras ayudas	
7. Postura al caminar	
Talones separados	0
Talones casi juntos	1



## ANEXO XI: EVALUACIÓN DE BRUNEL

Prueba	Criterio
1. Equilibrio estático en sedestación con soporte de los miembros superiores	Aguantar durante 30 s
2. Elevación de los brazos en sedestación estática	Tres elevaciones en 15 s
3. Alcances anteriores en sedestación	Alcanzar una distancia de 11 cm (media de dos intentos)
4. Equilibrio estático en bipedestación con soporte de los miembros superiores	Aguantar durante 30 s
5. Elevación de los brazos en bipedestación estática	Tres elevaciones en 15 s
6. Alcances anteriores en bipedestación	Alcanzar una distancia de 7 cm (media de dos intentos)
7. Equilibrio estático en bipedestación sin soporte	Aguantar durante 30 s
8. Marcha con ayuda	Recorrer 5 m en un minuto (media de dos intentos)
9. Transferencias de peso	Tres transferencias en 15 s
10. Marcha sin ayuda	Recorrer 5 m en un minuto (media de dos intentos)
11. Subir pierna sana sobre <i>step</i> de 10 cm	Dos elevaciones en 15 s
12. Subir pierna afectada sobre <i>step</i> de 10 cm	Una elevación en 15 s

ANEXO XII: CUESTIONARIO WHOQOL-100

¿Cuánto se preocupa por su salud física?

	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F1.2	¿Se preocupa de su dolor o malestar?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F1.3	¿Qué difícil le es controlar cualquier tipo de dolor o malestar?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F1.4	¿Hasta qué punto piensa que el dolor le impide hacer lo que necesita?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F2.2	¿Con qué facilidad se cansa?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F2.4	¿Cuánto le molesta sentirse fatigado?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F3.2	¿Tiene dificultad para dormir?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F3.4	¿Cuánto le preocupa cualquier problema de sueño?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F4.1	¿Cuánto disfruta de la vida?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F4.3	¿Qué positivo(a) se siente sobre su futuro (en qué grado se siente positivo(a) sobre el futuro)?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F4.4	¿Cuánto (o en qué grado) experimenta sentimientos positivos en su vida?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F5.3	¿Cuál es su capacidad de concentración?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F6.1	¿Cuánto se valora a sí mismo(a)?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5

F6.2	¿Cuánta seguridad tiene en sí mismo(a)?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F7.2	¿Se siente cohibido(a) por su apariencia?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F7.3	¿Hay alguna parte de su apariencia que le hace sentir incómodo(a)?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F8.2	¿Qué preocupado(a) se siente?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F8.3	¿Cuánto interfiere cualquier sentimiento de tristeza o depresión con el funcionamiento de su vida diaria?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F8.4	¿Cuánto le molestan los sentimientos de depresión?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F10.2	¿Hasta qué punto tiene dificultades para realizar las actividades de rutina (de la vida diaria)?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F10.4	¿Cuánto le molesta cualquier limitación para realizar las actividades de la vida diaria?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F11.2	¿Cuánto necesita de cualquier medicación para funcionar en su vida diaria?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F11.3	¿Cuánto necesita de cualquier tratamiento médico para funcionar en su vida diaria?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F11.4	¿Hasta qué punto su calidad de vida depende del uso de sustancias o ayudas médicas?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F13.1	¿Qué grado de soledad siente en su vida?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F15.2	¿En qué medida están satisfechas sus necesidades sexuales?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F15.4	¿Le molesta cualquier dificultad en su vida sexual?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5
F16.1	¿Cuánta seguridad siente en su vida diaria?				
	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
	1	2	3	4	5

F16.2	¿Siente que vive en un ambiente seguro?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F17.2	¿Hasta qué punto la calidad de su casa satisface sus necesidades?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F16.3	¿Cuánto se preocupa por su seguridad?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F18.1	¿Tiene suficiente dinero para cubrir sus necesidades?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F17.1	¿Qué grado de confort tiene el lugar donde vive?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F20.1	¿Qué disponible tiene la información que necesita en su vida diaria?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F17.4	¿Cuánto le gusta el lugar donde vive?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F20.2	¿Hasta qué punto tiene oportunidad para conseguir la información que piensa que necesi	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F18.2	¿Tiene dificultades económicas?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

21.1	¿Hasta qué punto tiene oportunidad para realizar actividades de ocio?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F18.4	¿Cuánto le preocupa el dinero?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F21.2	¿Qué capacidad tiene de relajarse y disfrutar de sí mismo(a)?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F19.1	¿Con qué facilidad es capaz de obtener un buen cuidado médico?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F23.1	¿Hasta qué punto tiene los medios adecuados de transporte?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F21.3	¿Cuánto disfruta de su tiempo libre?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

G2	¿Cuán satisfecho(a) está con la calidad de su vida?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F22.1	¿Cuán saludable es el ambiente físico de su alrededor?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

G3	En general, ¿Cuán satisfecho(a) está con su vida?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F22.2	¿Cuánto le preocupa el ruido del área donde vive?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

G4	¿Cuán satisfecho(a) está con su salud?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F23.2	¿Hasta qué punto tiene problemas con el transporte?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F2.3	¿Cuán satisfecho(a) está con la energía que tiene?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F23.4	¿Cuánto le limita su vida las dificultades con el transporte?	Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
		1	2	3	4	5

F3.3	¿Cuán satisfecho(a) está con su sueño?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F2.1	¿Tiene energía suficiente para la vida diaria?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F5.2	¿Cuán satisfecho(a) está con su capacidad de aprender información nueva?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F7.1	¿Es capaz de aceptar su apariencia física?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F5.4	¿Cuán satisfecho(a) está con su capacidad para tomar decisiones?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F10.1	¿Qué capacidad tiene para realizar sus actividades diarias?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F6.3	¿Cuán satisfecho(a) está de sí mismo?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F11.1	¿Cuánto depende de las medicaciones?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F6.4	¿Cuán satisfecho(a) está con sus capacidades?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F14.1	¿Obtiene de otros el apoyo que necesita?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F7.4	¿Cuán satisfecho(a) está con su físico?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5

F14.2	¿Hasta qué punto puede contra con sus amigos cuando los necesita?	Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
		1	2	3	4	5

F10.3	¿Cuán satisfecho(a) está con su capacidad para realizar sus actividades de la vida diaria?	Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
		1	2	3	4	5



F13.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con sus relaciones personales?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F15.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con su vida sexual?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F14.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con el apoyo que obtiene de su familia?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F14.4 ¿Qué satisfecho(a) está con el apoyo que obtiene de sus amigos?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F13.4 ¿Cuán satisfecho(a) está con su capacidad de proporcionar o dar apoyo a otros?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F16.4 ¿Cuán satisfecho(a) está de su seguridad física?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F17.3 ¿Cuán satisfecho(a) está de las condiciones del lugar donde vive?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F18.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con su situación económica?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F19.3 ¿Cuán satisfecho está con el acceso que tiene a los servicios sanitarios?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F19.4 ¿Cuán satisfecho(a) está con los servicios sociales?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F20.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con las oportunidades de adquirir habilidades nuevas?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F20.4 ¿Cuán satisfecho(a) está con las oportunidades de aprender información nueva?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F21.4 ¿Cuán satisfecho(a) está de la manera como usa su tiempo libre?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F22.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con su medio ambiente (ejemplo, polución, clima, ruido, belleza)?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F22.4 ¿Cuán satisfecho(a) está con el clima del lugar donde?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F23.3 ¿Cuán satisfecho(a) está con su transporte?

Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
1	2	3	4	5

F13.2 ¿Se siente feliz de su relación con los miembros de su familia?

Muy infeliz	Poco	Lo normal	Bastante feliz	Muy feliz
1	2	3	4	5

G1 ¿Cómo puntuaría su calidad de vida?

Muy mal	Poco	Lo normal	Bastante bien	Muy bien
1	2	3	4	5

F15.1 ¿Cómo puntuaría su vida sexual?

Muy mal	Poco	Lo normal	Bastante bien	Muy bien
1	2	3	4	5

F3.1 ¿Cómo duerme?

Muy mal	Poco	Lo normal	Bastante bien	Muy bien
1	2	3	4	5

F5.1 ¿Cómo puntuaría su memoria?

Muy mal	Poco	Lo normal	Bastante bien	Muy bien
1	2	3	4	5

F19.2 ¿Cómo puntuaría la calidad de los servicios sociales a su disposición?

Muy mal	Poco	Lo normal	Bastante bien	Muy bien
1	2	3	4	5

F1.1 ¿Con qué frecuencia sufre dolor físico?

Nunca	Raramente	Medianamente	Frecuentemente	Siempre
1	2	3	4	5

F4.2 ¿Generalmente se siente contento(a)?

Nunca	Raramente	Medianamente	Frecuentemente	Siempre
1	2	3	4	5

F12.2 ¿Se siente capaz de realizar sus obligaciones?

Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
1	2	3	4	5

F12.4 ¿Cuán satisfecho(a) está con su capacidad de trabajo?

Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
1	2	3	4	5

F12.3 ¿Cómo puntuaría su capacidad para trabajar?

Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
1	2	3	4	5

F9.1 ¿Es capaz de desplazarse de un lugar a otro?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F9.3 ¿Cuánto le molesta cualquier dificultad para moverse?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F9.4 ¿Hasta qué punto cualquier dificultad de movimiento afecta su manera de vivir?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F9.2 ¿Está satisfecho con su capacidad de desplazarse?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F24.1 ¿Sus creencias personales dan sentido a su vida?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F24.2 ¿Hasta qué punto siente que su vida tiene sentido?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F24.3 ¿Hasta qué punto sus creencias personales le dan fuerza para hacer frente a las dificultades?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

F24.4 ¿Hasta qué punto sus creencias personales le ayudan a entender las dificultades de la vida?

Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
1	2	3	4	5

ANEXO XIII: SHORT FEEDBACK QUESTIONNAIRE MODIFICADO

Preguntas	Puntuación				
	Nada				Mucho
1. ¿Te has divertido realizando los ejercicios?	1	2	3	4	5
2. ¿Te has sentido como si estuvieras dentro de los ejercicios?	1	2	3	4	5
3. ¿Superaste con éxito los ejercicios?	1	2	3	4	5
4. ¿Has sentido que tenías el control de la situación?	1	2	3	4	5
5. ¿Te ha parecido que el entorno era real?	1	2	3	4	5
6. ¿Te ha parecido clara la información que te ha dado el sistema (imágenes, sonido, resultados)?	1	2	3	4	5
7. ¿Te has sentido incómodo en algún momento?	1	2	3	4	5
8. ¿Has sentido sensación de mareo o náuseas?	1	2	3	4	5
9. ¿Has sentido alguna sensación de molestia en los ojos?	1	2	3	4	5
10. ¿Te has sentido desorientado?	1	2	3	4	5
11. ¿Crees que este tratamiento te resulta útil?	1	2	3	4	5
12. ¿Te han resultado difíciles los ejercicios?	1	2	3	4	5
13. ¿Te ha resultado difícil utilizar el material (sensores, pantalla)?	1	2	3	4	5

ANEXO XIV: INTRINSIC MOTIVATION INVENTORY

Preguntas	Puntuación						
	Falso		Cierto				
<b>1. Interés/Diversión</b>							
Me gusta mucho hacer esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
Esta actividad resulta divertida	1	2	3	4	5	6	7
Pienso que es una actividad aburrida	1	2	3	4	5	6	7
Esta tarea no mantuvo mi atención en absoluto	1	2	3	4	5	6	7
Describiría esta actividad como muy interesante	1	2	3	4	5	6	7
Pienso que esta actividad es muy agradable	1	2	3	4	5	6	7
Mientras hacía esta actividad pensaba en lo mucho que me divertía	1	2	3	4	5	6	7
<b>2. Competencia percibida</b>							
Creo que soy bastante bueno en esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
Creo que lo he hecho bastante bien	1	2	3	4	5	6	7
Después de usarlo un rato, sentí que lo hacía bastante bien	1	2	3	4	5	6	7
Estoy satisfecho con mi ejecución	1	2	3	4	5	6	7
Soy bastante habilidoso en esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
No he podido hacer muy bien esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
<b>3. Presión/Tensión</b>							
No me he sentido nervioso en absoluto durante la actividad	1	2	3	4	5	6	7
Me he sentido muy tenso durante esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
He estado muy tranquilo durante esta actividad	1	2	3	4	5	6	7
Me he sentido ansioso durante la actividad	1	2	3	4	5	6	7
Me sentí presionado durante la actividad	1	2	3	4	5	6	7
<b>4. Utilidad/Valía</b>							
Creo que esta actividad podría ser valiosa para mi rehabilitación	1	2	3	4	5	6	7
Creo que esta actividad puede ser beneficiosa para mejorar mi equilibrio	1	2	3	4	5	6	7
Creo que es importante realizar esta actividad porque puede ayudarme a mantener el control de mi postura	1	2	3	4	5	6	7
Repetiría esta actividad porque puede resultarme beneficiosa	1	2	3	4	5	6	7
Creo que este ejercicio podría ayudarme a mejorar mi estado	1	2	3	4	5	6	7
Creo que realizar esta actividad es beneficioso para mí	1	2	3	4	5	6	7
Creo que es una actividad importante	1	2	3	4	5	6	7

ANEXO XV: FIGURA DE LAS DIFERENTES POSICIONES DE LAS PIERNAS

Pies juntos



Semi-Tandem



Tandem



## BIBLIOGRAFÍA:

- (1) OPS/OMS| Trastornos neurológicos: un serio desafío para la salud [Internet]. Washington: Organización Panamericana de la Salud; 2008 [actualizado marzo 2022; consultado 11 de marzo de 2022]. Disponible en:  
[https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=240:2008-trastornos-neurologicos-un-serio-desafio-salud-publica-americas-todo-mundo&Itemid=40595&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=240:2008-trastornos-neurologicos-un-serio-desafio-salud-publica-americas-todo-mundo&Itemid=40595&lang=es)
- (2) NIDCD: Trastorno del equilibrio: Acerca de causas y tipos [Internet]. Bethesda: National Institute on Deafness and other Communication Disorders; Dic 2017 [actualizado 6 de marzo de 2018; consultado 11 de marzo de 2022]. Disponible en:  
<https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/trastornos-del-equilibrio>
- (3) World Health Organization. Neurological disorders : public health challenges. World Health Organization; 2006.
- (5) Agencia valenciana de Salut. Guia de información al paciente con ICTUS. Valencia: Generalitat valenciana. Conselleria de Sanitat; 2007.
- (6) Ustrell X, Serena J. Ictus. Diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cerebrovasculares. Rev Esp Cardiol. 2007; 60 (7): 753-69.
- (7) ClinicBarcelona.org: Què és un ictus? [Internet]. Barcelona: Clinic Barcelona Hospital Universitari; 2018 [actualizado 8 de agosto 2018; consultado 11 de marzo 2022]. Disponible en:  
<https://www.clinicbarcelona.org/ca/asistencia/malalties/ictus/definicio>
- (8) Rodés J, Piqué JM, Trilla A. Libro de la salud del Hospital Clínic de Barcelona y la Fundación BBVA. Bilbao: Fundación BBVA; 2007.
- (9) Grupo de Estudio de Enfermedades Cerebrovasculares de la SEN. El atlas del Ictus. Madrid: Weber; 2019.
- (10) Simal P, Guiu-Guia JM, Hernández T, Aparicio P, Montaner J, Martínez G et al. Logros y retos en la atención del Ictus en España: Desde la estrategia del sistema nacional de salud al plan de acción europeo 2018-2030. Revista Española de Salud Pública. 29 Oct 2021.
- (11) Introducción a los accidentes cerebrovasculares [Internet]. Kenilworth: MSD; 2020 [consultado 17 de marzo de 2022]. Disponible en:  
<https://www.msmanuals.com/es/hogar/enfermedades-cerebrales,-medulares-y-nerviosas/accidente-cerebrovascular-acv/introducci%C3%B3n-a-los-accidentes-cerebrovasculares>
- (12) Grupo de trabajo del Ministerio de Sanidad y Política Social. Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social; 2009.
- (13) Serrano J, Serrano FJ, Rodriguez F. Iniciación al ICTUS. En: Intervenciones de enfermería al paciente cerebrovascular. Jaen: Formación continuada Logoss; 2007.
- (14) Gonzáles R, Landínez D. Epidemiología, etiología y clasificación de la enfermedad vascular cerebral. Archivos de Medicina. Dic 2016; 2 (16): 495-507.
- (15) Arana A, Santiago C, Muñoz A, Alonso F, Celis JI. Guías de prácticas clínica basadas en la evidencia. Enfermedad cerebrovascular. Asociación Colombiana de Facultades de Medicina (ASCOFAME). 2012.
- (16) Simon RP, Greenberg DA, Aminoff MJ. Neurología clínica. 7ª ed. San Francisco: MCGrawHill; 2012.



- (17) Bardaji T. Enfermedad cerebrovascular: estudio de un caso. *Nursing*. Mar 2003; 3 (21).
- (18) ACV cerebelosa rehabilitación: síntomas, tratamiento y recuperación [Internet]. California: FlintRehab; [consultado 20 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.flintrehab.com/es/acv-cerebelosa-rehabilitacion/>
- (19) Santos AM, Figueredo CJ, Cabrera N. Ictus cerebeloso bilateral. Presentación de un caso y revisión de la literatura. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación* 2017; 9 (1).
- (20) Cano LM, Cardona P, Quesada H, Mora H, Rubio F. Infarto cerebeloso: pronóstico y complicaciones de sus territorios vasculares. *Neurología*. 2012; 6(27): 330-335.
- (21) Ioannides K, Tadi P, Naqvi IA. *Cerebellar Infarct*. StatPearls Publishing; 2021.
- (22) Vacca VM. El punto de mira en la disfunción cerebelosa en adultos. *Nursing*. 2018; 3 (35): 46-51.
- (23) Villalba A, Orejana AM. Ataxia cerebelosa. *Reduca*. 2011; 3(1): 144-155.
- (24) Secorún LR, Morales S, Abos I, Monfort S. Tratamiento del equilibrio en un paciente con antecedente de Ictus. A propósito de un caso. *Rev Sanitaria de Investigación*. 2022.
- (25) Domínguez P, Moral JA, Casado E, Salazar A, Lucena D. Efectos de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en el ictus: revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Neurol* 2019;69(06):223-234.
- (26) Viñas S, Sobrido-Prieto M. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review. *Neurología*. 1 May 2016; 31(4):255–77.
- (27) Marques E, Arnal A, Buitrago G, Suso L, Cuenca F, Espí GV. Effectiveness of Nintendo Wii and Physical Therapy in Functionality, Balance, and Daily Activities in Chronic Stroke Patients. *J Am Med Dir Assoc*. May 2021; 22(5):1073-1080.
- (28) Lee HS, Park YJ, Park SW. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. Jun 2019.
- (29) Cano Porras D, Siemonsma P, Inzelberg R, Zeilig G, Plotnik M. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: Systematic review. *Neurology*. 29 May 2018; 90(22):1017-1025.
- (30) Rutkowski S, Kiper P, Cacciante L, Cieślik B, Mazurek J, Turolla A, Szczepańska-Gieracha J. Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 19 Nov 2020; 52(11).
- (31) OPS/OMS| Trastornos neurológicos: un serio desafío para la salud [Internet]. Washington: Organización Panamericana de la Salud; 2008 [actualizado marzo 2022; consultado 11 de marzo de 2022]. Disponible en: [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=240:2008-trastornos-neurologicos-un-serio-desafio-salud-publica-americas-todo-mundo&Itemid=40595&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=240:2008-trastornos-neurologicos-un-serio-desafio-salud-publica-americas-todo-mundo&Itemid=40595&lang=es)
- (32) NIDCD: Trastorno del equilibrio: Acerca de causas y tipos [Internet]. Bethesda: National Institute on Deafness and other Communication Disorders; Dic 2017 [actualizado 6 de marzo de 2018; consultado 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/trastornos-del-equilibrio>
- (33) World Health Organization. *Neurological disorders : public health challenges*. World Health Organization; 2006.
- (34) Agencia valenciana de Salut. *Guía de información al paciente con ICTUS*. Valencia: Generalitat valenciana. Conselleria de Sanitat; 2007.

- (35) Ustrell X, Serena J. Ictus. Diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cerebrovasculares. Rev Esp Cardiol. 2007; 60 (7): 753-69.
- (36) ClinicBarcelona.org: Què és un ictus? [Internet]. Barcelona: Clinic Barcelona Hospital Universitari; 2018 [actualizado 8 de agosto 2018; consultado 11 de marzo 2022]. Disponible en:  
<https://www.clinicbarcelona.org/ca/asistencia/malalties/ictus/definicio>
- (37) Rodés J, Piqué JM, Trilla A. Libro de la salud del Hospital Clínic de Barcelona y la Fundación BBVA. Bilbao: Fundación BBVA; 2007.
- (38) Grupo de Estudio de Enfermedades Cerebrovasculares de la SEN. El atlas del Ictus. Madrid: Weber; 2019.
- (39) Simal P, Guiu-Guia JM, Hernández T, Aparicio P, Montaner J, Martínez G et al. Logros y retos en la atención del Ictus en España: Desde la estrategia del sistema nacional de salud al plan de acción europeo 2018-2030. Revista Española de Salud Pública. 29 Oct 2021.
- (40) Introducción a los accidentes cerebrovasculares [Internet]. Kenilworth: MSD; 2020 [consultado 17 de marzo de 2022]. Disponible en:  
<https://www.msmanuals.com/es/hogar/enfermedades-cerebrales,-medulares-y-nerviosas/accidente-cerebrovascular-acv/introducci%C3%B3n-a-los-accidentes-cerebrovasculares>
- (41) Grupo de trabajo del Ministerio de Sanidad y Política Social. Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social; 2009.
- (42) Serrano J, Serrano FJ, Rodríguez F. Iniciación al ICTUS. En: Intervenciones de enfermería al paciente cerebrovascular. Jaen: Formación continuada Logoss; 2007.
- (43) González R, Landínez D. Epidemiología, etiología y clasificación de la enfermedad vascular cerebral. Archivos de Medicina. Dic 2016; 2 (16): 495-507.
- (44) Arana A, Santiago C, Muñoz A, Alonso F, Celis JI. Guías de prácticas clínica basadas en la evidencia. Enfermedad cerebrovascular. Asociación Colombiana de Facultades de Medicina (ASCOFAME). 2012.
- (45) Simon RP, Greenberg DA, Aminoff MJ. Neurología clínica. 7ª ed. San Francisco: MCGrawHill; 2012.
- (46) Bardaji T. Enfermedad cerebrovascular: estudio de un caso. Nursing. Mar 2003; 3 (21).
- (47) ACV cerebelosa rehabilitación: síntomas, tratamiento y recuperación [Internet]. California: FlintRehab; [consultado 20 de marzo de 2022]. Disponible en:  
<https://www.flintrehab.com/es/acv-cerebelosa-rehabilitacion/>
- (48) Santos AM, Figueredo CJ, Cabrera N. Ictus cerebeloso bilateral. Presentación de un caso y revisión de la literatura. Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación 2017; 9 (1).
- (49) Cano LM, Cardona P, Quesada H, Mora H, Rubio F. Infarto cerebeloso: pronóstico y complicaciones de sus territorios vasculares. Neurología. 2012; 6(27): 330-335.
- (50) Ioannides K, Tadi P, Naqvi IA. Cerebellar Infarct. StatPearls Publishing; 2021.
- (51) Vacca VM. El punto de mira en la disfunción cerebelosa en adultos. Nursing. 2018; 3 (35): 46-51.
- (52) Villalba A, Orejana AM. Ataxia cerebelosa. Reduca. 2011; 3(1): 144-155.
- (53) Secorún LR, Morales S, Abos I, Monfort S. Tratamiento del equilibrio en un paciente con antecedente de Ictus. A propósito de un caso. Rev Sanitaria de Investigación. 2022.

- (54) Domínguez P, Moral JA, Casado E, Salazar A, Lucena D. Efectos de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en el ictus: revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Neurol* 2019;69(06):223-234.
- (55) Viñas S, Sobrido-Prieto M. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review. *Neurología*. 1 May 2016; 31(4):255–77.
- (56) Marques E, Arnal A, Buitrago G, Suso L, Cuenca F, Espí GV. Effectiveness of Nintendo Wii and Physical Therapy in Functionality, Balance, and Daily Activities in Chronic Stroke Patients. *J Am Med Dir Assoc*. May 2021; 22(5):1073-1080.
- (57) Lee HS, Park YJ, Park SW. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. Jun 2019.
- (58) Cano Porrás D, Siemonsma P, Inzelberg R, Zeilig G, Plotnik M. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: Systematic review. *Neurology*. 29 May 2018; 90(22):1017-1025.
- (59) Rutkowski S, Kiper P, Cacciante L, Cieślik B, Mazurek J, Turolla A, Szczepańska-Gieracha J. Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 19 Nov 2020; 52(11).
- (60) Gatica V, Méndez G. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural Regen Res*. 15 Abr; 9(8):888-96.
- (61) Li Z, Han XG, Sheng J, Ma SJ. Virtual reality for improving balance in patients after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. May 2016; 30(5):432-40.
- (62) Rodríguez L, Sierra JE, Medina B. Sistema de rehabilitación mediante técnicas de realidad virtual y video juegos para mejoramiento del control postural en personas con daño cerebral adquirido. *Rev Espacios*. 27 Ago 2020; 41(32).