

INSTITUT GUTTMANN
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA
MÁSTER UNIVERSITARIO EN NEUROREHABILITACIÓN EDICIÓN 2021-2022

Intervención basada en realidad virtual para la reeducación del equilibrio de sujetos con accidente cerebrovascular isquémico

Trabajo Final de Máster

AUTOR: Josué García Florido

**TUTORES: Dr. Josep M. Tormos Muñoz
Albert Calsada Gómez
Manel Ochoa Jufre**

Contenido

1. Control motor y equilibrio.....	4
2. Fisiología del control motor	5
2.1 Aferencias	5
2.1.1 Sistema somatosensorial.....	5
2.1.1.1 Receptores periféricos.....	5
2.1.1.2 Conexiones centrales	6
2.1.2 Sistema Visual.....	7
2.1.2.1 Receptores Periféricos	7
2.1.2.2 Conexiones centrales	8
2.1.3 Sistema vestibular	9
2.1.3.1 Receptores periféricos	9
2.1.3.2 Conexiones centrales	10
2.2 Eferencias.....	10
2.2.1 Áreas de asociación del nivel superior	10
2.2.2 Corteza motora	10
2.2.3 Cerebelo.....	10
2.2.4 Ganglios basales	11
2.2.5 Tracto corticoespinal	12
3. Centros neuronales responsables del movimiento.....	12
3.1 Control suprasegmentario.....	12
3.2 Control Segmentario	13
4. Daño cerebral adquirido.....	14
4.1 Epidemiología	15
4.2 Etiología	16
4.2.1 Enfermedad cerebrovascular	16
4.2.1.1 Isquemia cerebral	16
4.2.1.2 ACV hemorrágico	17
4.2.2. Traumatismo craneoencefálico	17
4.2.2.1. Según el traumatismo	18
4.2.2.1.1 Naturaleza de agente traumático	18
4.2.2.1.2 Intensidad del agente traumático	18
4.2.2.1.3 Localización y dirección del agente traumático	18
4.2.2.2. Según la lesión.....	19
4.2.2.2.1 Cuero cabelludo.....	19
4.2.2.2.2 Fracturas de cráneo.....	19

4.2.2.2.3 Lesiones cerebrales	20
4.2.2.3 Según el resultado	20
4.2.2.3.1 Estado de conciencia	20
4.2.2.3.2 Signos neurológicos.....	21
4.2.2.3.3 Signos vitales	21
4.3 Mecanismos fisiopatológicos del ACV isquémico	21
4.4 Principales estrategias de diagnóstico.....	22
4.5 Tratamientos de rehabilitación más utilizados en las alteraciones anteriores.....	23
4.5.1 Tratamiento de la conciencia alterada	23
4.5.2 Manejo de la vía aérea y ventilación	23
4.5.3 Deglución	23
4.5.4 Rehabilitación de la extremidad superior	23
4.5.5 Manejo de la espasticidad.....	23
4.5.6 Comunicación	23
4.5.7 Tratamiento de los déficits neurosensoriales y de la negligencia espacial	24
4.5.8 Manejo de la cognición, emoción y fatiga	24
5. Terapia con realidad virtual	25
6. Propuesta de intervención	26
6.1 Antecedentes.....	26
6.2 Objetivos.....	27
6.3 Hipótesis	27
6.4 Metodología	27
6.4.1 Materiales y métodos.....	27
6.4.2 Variable del estudio.....	27
6.4.3 Escalas de valoración clínica.....	28
6.4.4 Instrumentos técnicos	28
6.4.5 Diseño del estudio	29
6.4.6 Duración del estudio.....	29
6.4.7 Protocolo de estudio	29
6.4.8 Intervención.....	30
6.5 Resultados esperados.....	31
6.6 Valoración crítica y conclusiones del proceso de aprendizaje.....	31
Anexos	32
Anexo I: Clasificación etiológica del ictus isquémico según la TOAST	33
Anexo II: Hemorragias intracerebrales	34
Bibliografía.....	35

1. Control motor y equilibrio

El control motor es la capacidad de regular o dirigir los mecanismos esenciales del movimiento. Es el mecanismo por el cual el sistema nervioso central recibe información sensorial del entorno y selecciona y controla el movimiento, organizando músculos individuales y articulaciones en funciones coordinadas. En relación con el individuo, el movimiento surge del esfuerzo de diferentes estructuras y procesos cerebrales, no solo motores sino también cognitivos. La naturaleza de la tarea realizada determina el tipo de movimiento requerido. Finalmente, además de las características de la misión, el movimiento también está limitado por las características del entorno. En resumen, el movimiento es creado para satisfacer las necesidades de una tarea que debe realizarse en un entorno (1).

El equilibrio es un claro ejemplo de control motor. El equilibrio o estabilidad postural se entiende como el mantenimiento de nuestro centro de masas en la base de apoyo. El centro de gravedad se proyecta verticalmente, normalmente situado en S2, y debe proyectarse dentro de la base de apoyo o sustentación (2).

Estas oscilaciones posturales están reguladas por el procesamiento sensoriomotor, en el que el sistema nervioso central genera respuestas motoras basadas en la información sensorial recopilada por los receptores sensoriales. El objetivo de este proceso es detectar el centro de masa y generar las respuestas motoras necesarias para mantener la postura y el equilibrio (3).

La información sobre la posición del cuerpo depende de la información recopilada por varias modalidades sensoriales, incluidas la visual, la somatosensorial y la vestibular. Durante esta integración, el sistema nervioso es capaz de procesar una determinada entrada sensorial, dependiendo de las condiciones ambientales o en caso de alteración sensitiva. Aun así, es importante tener en cuenta que los sentidos no se procesan de forma independiente sino en conjunto, y el sistema nervioso central elige en qué información enfocarse en función de las demandas ambientales (4).

Así, el control postural se produce gracias a la interacción de diferentes sistemas sensoriomotores que se activan conjuntamente para controlar el cuerpo en el espacio, cuya organización depende de la actividad y del entorno en el que se desarrolla (5).

Por lo tanto, los componentes que participan en el control de la postura son: componentes musculoesqueléticos, sinergias neuromusculares, sistemas y estrategias sensoriales, mecanismos adaptativos, representaciones internas y los procesos de nivel cognitivo superior, que incluyen aspectos como la atención, motivación e intención (5).

2. Fisiología del control motor

El control motor nace como respuesta del SNC a los estímulos sensoriales detectados por los sistemas propioceptivo, vestibular y visual. Los receptores periféricos, sensibles a estímulos sensoriales de distinta naturaleza, generan impulsos nerviosos que codifican la actividad detectada y que ascienden por la médula espinal hasta el cerebro. En su ascenso, la información es procesada por distintos núcleos, los cuales generan impulsos que son enviados hacia los sistemas de acción. Se denominan aferentes a los impulsos nerviosos que se transmiten hacia los centros superiores. Se denominan eferentes a los impulsos nerviosos generados como respuesta a las señales aferentes por los centros de procesamiento, los cuales se transmiten a los sistemas de acción.

2.1 Aferencias

2.1.1 Sistema somatosensorial

El sistema somatosensorial proporciona información del tacto, la temperatura, la propiocepción (posición del cuerpo) y la nocicepción (dolor). Los receptores sensoriales actúan en la piel, el epitelio, el músculo esquelético, los huesos y las articulaciones, los órganos internos y el sistema cardiovascular. Las señales somatosensoriales aferentes son empleadas en diversos niveles de la jerarquía del SNC. En niveles inferiores causan la activación refleja de los músculos, mientras que, en niveles superiores, la información se emplea de forma más compleja.

2.1.1.1 Receptores periféricos

Huso muscular

La mayoría de los husos musculares se encuentran en los músculos esqueléticos. Hay dos tipos de fibras musculares: las fibras extrafusales son fibras normales y las más grandes y las fibras intrafusales son fibras especializadas rodeadas de tejido conectivo. A su vez, existen dos tipos de fibras intrafusales: fibras con saco nuclear y fibras con cadena de núcleos. Las fibras con saco son más gruesas, poseen diversos núcleos esféricos en la región ecuatorial y producen una contracción espasmódica lenta. Las fibras con cadena producen una contracción espasmódica rápida.

Los husos musculares envían información al sistema nervioso mediante dos tipos de fibras aferentes: el grupo de aferentes Ia y el grupo II. Las aferentes Ia se origina tanto en las fibras con saco nuclear como en las fibras con cadena de núcleos, mientras que las aferentes del grupo II se generan principalmente en las fibras con cadena.

Ambas fibras musculares son inervadas por neuronas motoras $\gamma\gamma$, cuyos cuerpos celulares se encuentran dentro de la médula espinal, entremezclados con las neuronas motoras $\alpha\alpha$, que inervan las fibras extrafusales.

Una elongación muscular pasiva causa un estiramiento del centro de las fibras intrafusales. El centro de la fibra con saco se estira fácilmente debido a que es muy elástico, mientras que el centro de la fibra con cadena se estira con más dificultad ya que es más rígido, con menos núcleos. Las fibras Ia se encuentran en el centro de ambas fibras, por lo que poseen un umbral de estiramiento bajo y detectan fácilmente cambios en la elongación. De esta

manera, las aferentes la codifican el estiramiento. Cuando se estira un músculo, se estira su huso muscular, estimulando las fibras Ia, que poseen conexiones con las neuronas motoras $\alpha\alpha$, las cuales activan sus propios músculos y sinergias musculares, que posteriormente inhiben las neuronas motoras $\alpha\alpha$ de los músculos antagonistas.

Las señales aferentes son empleadas en diversos niveles de la jerarquía del SNC. En el nivel inferior, están involucradas en la activación refleja de los músculos.

Órgano tendinoso de Golgi

Están ubicados en la unión tendón-músculo, conectando de 15 a 20 fibras musculares. El órgano tendinoso de Golgi (OTG) es sensible a los cambios de tensión producidos por el estiramiento o la contracción de un músculo. La información aferente del OTG se transmite al sistema a través de las fibras aferentes Ib. A diferencia de los husos musculares, no tienen conexiones por lo que no están sujetos a cambios en el SNC. El reflejo del OTG es un reflejo disináptico inhibitorio, que inhibe su propio músculo y estimula el antagonista. Los husos musculares y el OTG controlan la rigidez muscular. En concreto, el OTG controla la fuerza y el huso muscular el estiramiento.

Receptores articulares

Hay diferentes receptores dentro de la misma articulación, como las terminaciones de Ruffini y Pacini, receptores de ligamentos y terminaciones nerviosas libres, que son sensibles a los ángulos articulares. Su información aferente asciende a la corteza cerebral y contribuye a la percepción de nuestra posición en el espacio.

El SNC determina la posición de la articulación mediante el registro de receptores que se activan al mismo tiempo, lo que permite determinar la posición exacta de la articulación.

Receptores cutáneos

Existen varios tipos de receptores cutáneos: los mecanorreceptores que detectan estímulos mecánicos, los termorreceptores que detectan cambios de temperatura y los nociceptores que detectan posibles daños en la piel. La información del sistema cutáneo también es utilizada de diferentes formas en el procesamiento jerárquico. En los niveles inferiores, la información cutánea origina los movimientos reflejos. Esta información asciende y proporciona información relativa a la posición del cuerpo, que es fundamental para la orientación dentro del entorno.

2.1.1.2 Conexiones centrales

Vías Ascendentes

La información del tronco y las extremidades se envía a los circuitos de la médula espinal que controlan funciones básicas como el movimiento, así como a la corteza y el cerebelo. Dos sistemas ascienden en paralelo a la corteza cerebral: el sistema lemniscal medial de la columna dorsal que envía información sobre la sensibilidad de los músculos, los tendones y las articulaciones a la corteza somatosensorial y el sistema anterolateral que transmite la información de tacto y presión en bruto, los factores térmicos y la nocicepción.

Tálamo

La información de ambos tractos somatosensoriales ascendentes, así como prácticamente todos los sistemas sensoriales, pasa a través del tálamo y se proyecta a la corteza somatosensorial.

Corteza somatosensorial

Se divide en dos áreas principales: la corteza somatosensorial primaria y la secundaria. En la S1, la información táctil y cinestésica proveniente de la sección contralateral del cuerpo están organizadas de forma somatotópica y abarcan las áreas de Brodmann 1, 2, 3a y 3b.

La información de los receptores articulares, los husos musculares y la cutánea se integra para proporcionar información sobre el movimiento de una determinada zona del cuerpo. El área de la corteza cerebral no está distribuida uniformemente en todas las áreas del cuerpo. Áreas como la garganta, la boca y las manos están fuertemente representadas porque se necesita más información para respaldar los movimientos realizados por estas estructuras.

Éste es el comienzo del procesamiento espacial, esencial para moverse en el espacio. Los movimientos coordinados requieren información sobre la ubicación del cuerpo en relación con el entorno y la posición de una sección del cuerpo en relación a las otras. La corteza somatosensorial también tiene conexiones descendentes con el tálamo, el núcleo de la columna dorsal y la columna vertebral, por lo que posee la capacidad de cambiar la información ascendente de estas estructuras.

Corteza de asociación

Las áreas de asociación, ubicadas en los lóbulos parietal, temporal y occipital, incluyen centros para el procesamiento sensorial y el cognitivo abstracto de nivel superior.

De la S1, se envían las reacciones al área 5, la cual integra la información de las partes del cuerpo. El área 5 se conecta con el área 7 del lóbulo parietal, la cual recibe la información visual procesada. De esta forma, se integra la información visual con la posición del cuerpo en el espacio

2.1.2 Sistema Visual

La visión nos permite identificar objetos en el espacio para determinar su movimiento, pero también proporciona información sobre la posición de nuestro cuerpo en el espacio, sobre la relación de una parte del cuerpo con otro y el movimiento del cuerpo. Para estas dos funciones, la visión tiene un papel en el control de la postura, locomoción y manipulación.

2.1.2.1 Receptores Periféricos

Fotorreceptores

La luz entra al ojo a través de la córnea y es enfocada por la lente en la retina, donde se encuentran ubicados distintos fotorreceptores: los bastones y los conos. Los conos son los encargados de la visión de los colores (visión diurna) los bastones son más sensibles (visión nocturna).

Células verticales

Los bastones y conos hacen contacto sináptico directo con las células bipolares, las cuales, a su vez, se conectan con las células ganglionares, las cuales transmiten la información visual al SNC, enviando axones al núcleo geniculado lateral y al colículo superior, así como al núcleo del tronco encefálico.

Células horizontales

Las células horizontales y amacrinas conectan las células verticales de forma lateral, alterando el flujo de información dentro de la retina. Existen dos tipos de vías que utilizan células bipolares: la vía directa, un bastón o cono se conecta a una célula bipolar, que, a su vez, se conecta a una célula ganglionar y la vía lateral, la actividad del cono se transmite a las células ganglionares laterales a través de células horizontales o amacrinas. Las células horizontales transmiten las interacciones entre los receptores y las células bipolares, mientras que las células amacrinas transmiten las interacciones entre las células bipolares y las ganglionares. Ambas células permiten generar la sensibilidad de contraste

Las células bipolares poseen campos receptivos centrados o descentrados. El campo receptivo de una célula es el área específica de la retina a la que es sensible cuando esa retina está iluminada. En el centro de la retina, los campos receptivos son pequeños, mientras que en la periferia, son grandes. El término centrado significa que la célula tiene un campo excitatorio en el centro del campo receptor, con un área circundante inhibitoria. La configuración de células horizontales y amacrinas establece una red inhibitoria de células centradas y descentradas que permite detectar los contrastes entre objetos, en lugar de la intensidad absoluta de la luz producida o reflejada por los objetos.

Las células ganglionares envían sus axones a través del nervio óptico a tres regiones diferentes del cerebro: el núcleo lateral, el pretectum y el colículo superior.

2.1.2.2 Conexiones centrales

Núcleo geniculado lateral

Los nervios ópticos salen de la retina hacia el quiasma óptico, donde se unen, transformándose en la vía óptica. Los axones del lado nasal del ojo se entrecruzan, aunque no los de la parte temporal, por lo que la vía óptica derecha posee un mapa del campo visual izquierdo y viceversa. La vía óptica alcanza el núcleo geniculado lateral del tálamo. En él, las áreas se representan de manera desigual. Por ejemplo, la fovea, que se usa para alta precisión, está mucho más representada que el periférica

El NGL tiene seis capas de células. Los primeros son responsables del análisis motor de la imagen y de los detalles generales de los objetos, por lo que son importantes para el control del equilibrio y para tomar objetos en movimiento. Las últimas capas se ocupan de la visión del color y un detalle estructural más detallado, por lo que son importantes en las etapas finales de tomar un objeto.

Colículo superior

Los axones de las células ganglionares de la vía óptica también terminan en el colículo superior. Los mapas visuales, auditivos y somatosensoriales están alineados con el colículo, que controla los movimientos oculares sacádicos que mueven el ojo hacia un estímulo específico. El colículo envía retroalimentación al tracto tectoespinal, que transmite el control reflejo del cuello y la cabeza, y al tracto tectopontino, que se proyecta al cerebelo, para el procesamiento del control ojo-cabeza.

Región pretectal

Las células ganglionares también terminan en la región pretectal, un importante centro del reflejo visual involucrado en los reflejos oculares pupilares, en los que la pupila se contrae en respuesta al brillo de la luz en la retina.

Corteza visual primaria

Desde el núcleo geniculado lateral (NGL), los axones se proyectan hacia la corteza visual del área 17 de Brodmann, ubicada en el lóbulo occipital. Posteriormente, las células de respuesta de la corteza visual primaria se proyectan hacia el área 18 y, desde esta área, hacia la corteza temporal medial, la corteza inferotemporal y parietal posterior. Las áreas de nivel superior están involucradas en la integración de información somatosensorial y visual necesaria para la orientación espacial, una parte esencial de cualquier actividad.

2.1.3 Sistema vestibular

El sistema vestibular proporciona información sobre la posición y la aceleración que sufre la cabeza. Los aportes vestibulares son importantes para la coordinación de las respuestas motoras, la estabilización ocular y la estabilidad durante la bipedestación y la marcha.

2.1.3.1 Receptores periféricos

Conductos semicirculares

Los conductos semicirculares son perpendiculares entre sí y funcionan como acelerómetros angulares. Cuando la cabeza comienza a rotar, el fluido en los conductos tiene una tendencia a no moverse debido a sus características de inercia. Como resultado, la cúpula, junto con sus células pilosas, se doblan en la dirección opuesta al movimiento, provocando un aumento en la velocidad de disparo del nervio. El doblamiento de las células ciliadas da como resultado un aumento o una disminución en la tasa de activación de las células bipolares del par craneal VIII.

Utrículo y Sáculo

El utrículo y el sáculo brindan información sobre la posición del cuerpo en relación con la fuerza de la gravedad y sobre aceleraciones lineales o movimientos cefálicos en línea recta. Si la cabeza se inclina o acelera, las células pilosas se doblan bajo el movimiento de la masa gelatinosa. El utrículo y el sáculo responden de forma selectiva a las fuerzas lineales horizontales y verticales, respectivamente.

2.1.3.2 Conexiones centrales

Las neuronas de las células ciliadas del utrículo y sáculo atraviesan el nervio VIII y sus cuerpos celulares se sitúan en el ganglio vestibular. Los axones ingresan al cerebro a través de la protuberancia. La mayoría de ellos van al fondo del bulbo donde se sitúan los núcleos vestibulares. Cierta parte de las neuronas vestibulares van desde los receptores al cerebelo, a la formación reticular, al tálamo y la corteza cerebral. Los tractos ascendentes unen conexiones centrales al complejo oculomotor, cuyo propósito es estabilizar la vista. El sistema vestibuloespinal descendente conecta las conexiones centrales con motoneuronas para transmitir información sobre la postura y el equilibrio.

2.2 Eferencias

2.2.1 Áreas de asociación del nivel superior

Las áreas de asociación de las regiones frontales son importantes para la planificación motora y otras conductas cognitivas. Integra la información sensorial y luego seleccionan la respuesta motora adecuada entre las diversas reacciones posibles. La cisura principal está fuertemente interconectada con las áreas posteriores. Las áreas de asociación trabajan muy de cerca en las actividades espaciales que requieren atención.

2.2.2 Corteza motora

La corteza motora está ubicada en el lóbulo frontal y consta de diferentes áreas de procesamiento, incluidas la corteza motora primaria, el área motora suplementaria y la corteza premotora.

Estas regiones interactúan con las áreas de procesamiento sensorial del lóbulo parietal, así como con los ganglios basales y las áreas cerebelosas para identificar hacia dónde va el movimiento, para posteriormente planificarlo, y en última instancia, ejecutar acciones. Estas tres áreas tienen sus propios mapas somatotópicos del cuerpo, de los cuales son similares al mapa sensorial en que distorsionan las representaciones corporales.

Aunque su función no está nada clara, se ha propuesto que el área motora suplementaria se activa cuando se planifica una secuencia de movimiento simple. Así, esta zona participa en el montaje del programa motor o forma un subprograma motor. En cambio, la zona premotora sólo se activa cuando se establece un programa motor o cuando se modifica un programa previamente aprendido. Se ha sugerido que ambas áreas se encuentran en la realización de tareas motoras secuenciales. Las neuronas premotoras se activan principalmente cuando la secuencia se guía visualmente, mientras que se activan neuronas adicionales cuando se memoriza la secuencia (6).

2.2.3 Cerebelo

El cerebelo no tiene ningún papel principal en la función sensorial o motora. Sin embargo, sus lesiones producen cambios devastadores en la capacidad de realizar movimientos, desde los más simples hasta los más precisos. Para ello, recibe información del córtex primario, que sería una copia directa de la respuesta del córtex motor a la médula espinal, y del feedback de movimiento de los receptores sobre los movimientos que son realizados.

Después de procesar esta información, las reacciones se propagan del cerebelo a la corteza motora o a otros sistemas dentro del tronco del encéfalo para afinar el movimiento. El cerebelo se puede dividir en tres áreas.

Lóbulo floclonodular

El lóbulo floclonodular recibe información del sistema visual y del vestibular y sus respuestas regresan al núcleo vestibular. Actúa en el control de los músculos axiales utilizados para controlar el equilibrio.

Vermis y hemisferios intermedios

El vermis y los hemisferios intermedios reciben información propioceptiva y cutánea de la médula espinal (mediante el tracto espinocerebelar) además de visual, vestibular y auditiva. Corrigen las desviaciones de una acción intencionada mediante la comparación del feedback de la médula espinal con el comando motor deseado. También alteran el tono muscular.

Hemisferios laterales

Recibe los estímulos del tronco encefálico que transmiten información proveniente de varias áreas de la corteza cerebral. Sus respuestas van al tálamo, la corteza motora y la corteza premotora.

Esta parte del cerebelo actúa en la preparación del movimiento, mientras que los lóbulos intermedios trabajan en la ejecución del movimiento y en el ajuste de la acción en curso mediante la información del feedback. Se ha propuesto que el cerebelo lateral aporta una función sincronizada que afecta tanto a la percepción como a la acción.

2.2.4 Ganglios basales

El complejo de ganglios basales está compuesto por un conjunto de núcleos ubicados en la base de la corteza que incluye el putamen, el núcleo caudado, el globo pálido, el núcleo subtalámico y la sustancia negra.

Las principales conexiones de los ganglios basales incluyen conexiones aferentes principales, centrales y eferentes. Los principales núcleos de entrada del complejo de ganglios basales son el caudado y el putamen. Sus impulsos primarios provienen de áreas extensas de la corteza, como la sensorial, la motora y la de asociación. El globo pálido posee dos segmentos, interno y externo, y está localizado al lado del putamen. Los segmentos internos de las dos estructuras son las principales áreas de respuesta de los ganglios basales. Sus reacciones terminan en las áreas de la corteza prefrontal y premotora, pasando por el tálamo. El subtalámico, se sitúa debajo del tálamo. Las conexiones dentro de los ganglios basales son múltiples.

Los ganglios basales y el cerebelo tienen muchas similitudes en la forma en que interactúan con otros elementos del sistema motor, pero tienen diferencias. Por un lado, mientras que el cerebelo recibe estímulos de las áreas sensorial y motora de la corteza cerebral, y somatosensorial directamente de la médula espinal, los ganglios basales son el final de las vías de toda la corteza cerebral, pero no para la médula espinal. Por otro lado, mientras los ganglios basales mandan sus respuestas a las áreas de la corteza prefrontal y premotora, involucradas en el procesamiento motor de nivel superior, las respuestas del cerebelo vuelven a la corteza motora y también a la médula espinal mediante las vías del tronco encefálico.

La misión de los ganglios basales puede ser menos obvia, incluyendo funciones relacionadas con la planificación del control de comportamientos motores más complejos (7).

2.2.5 Tracto corticoespinal

Las respuestas de la corteza motora contribuyen al tracto corticoespinal y a menudo establecen conexiones excitatorias monosinápticas con motoneuronas $\alpha\alpha$, así como conexiones polisinápticas con motoneuronas $\gamma\gamma$, controlan la extensión de los husos musculares. El tracto incluye neuronas de la M1, de la SMA, áreas premotoras e incluso de la S1.

Las acciones están controladas por una población de neuronas corticoespinal. La tasa de descarga de estas codifica la fuerza para mover una extremidad y, en algunos casos, la variación de esta fuerza (8).

3. Centros neuronales responsables del movimiento

3.1 Control suprasegmentario

Existen cuatro conjuntos neurales altamente interconectados que se encargan del control de movimiento:

Corteza áreas somatosensitivas y de asociación

El primer subsistema integra las aferencias sensitivas recibidas, los centros superiores generan proyecciones descendentes hacia el tronco encéfalo y la médula espinal, hasta la musculatura encargada del control postural y el movimiento.

Tronco encéfalo

En el segundo subsistema se agrupan las neuronas motoras superiores ubicadas en el tronco encéfalo y la corteza cerebral, que reciben aferencias sensitivas. Las proyecciones descendentes de la corteza motora primaria y la corteza pre motora (4 y 6 de Brodman) son imprescindibles para dar inicio al movimiento voluntario y el control de secuencias espaciotemporales complejas de movimiento. Los núcleos de las neuronas motoras superiores se encuentran en el tronco encéfalo, cumplen un rol importante en el desarrollo del control postural. Estas neuronas se encargan de regular el tono muscular, orientación de los ojos, de la cabeza y el cuerpo. Con aferencias recibidas desde los distintos sistemas (somático, auditivo, vestibular, visual). Información interoceptiva y exteroceptiva (corporal/sentidos y el entorno).

Los siguientes subsistemas involucran circuitos que integran eferencias corticales de neuronas superiores con las neuronas inferiores de forma indirecta mediante dos centros neuronales:

Cerebelo

El tercer subsistema integra información en el cerebelo que se encarga de la regulación de sinergias musculares que controlan el movimiento y la postura, modulando la velocidad, la fuerza y dirección del movimiento, involucra procesos complejos de planificación anticipada del movimiento, control de movimiento voluntario (precisión y coordinación). ** El cerebelo, se encarga principalmente de regular las sinergias musculares. Además, cumple un rol fundamental en el aprendizaje motor. Se encarga además de ajustar el movimiento ante el contexto y tipo de tarea motora, así como la intensidad de fuerza utilizada por los músculos involucrados para mantener el tono postural. Varía en tarea efectuada y ambiente.

Ganglios basales:

El cuarto subsistema integra las aferencias neuronas motoras superiores en ganglios basales, cuyo rol consiste en inhibir los movimientos no deseados y preparar los movimientos voluntarios ordenados desde la corteza. son los responsables de los ajustes posturales anticipatorios (Feedforward) y adaptativos (Feedback)

3.2 Control Segmentario

Cada neurona inferior se dirige a fibras musculares orientadas a un músculo específico. En la médula espinal podemos identificar dos grandes vías en su porción ventral (anterior y medial). Que regulan en forma sinérgica los músculos para generar el movimiento. Las neuronas motoras gama que inervan las fibras musculares intrafusales. y las neuronas motoras alfa, que inervan las fibras musculares extrafusales. Esta sinergia de regulación del tono para mantener la postura y realizar movimiento, considera la información recibida de receptores interoceptivos ubicados en el músculo: los husos neuromusculares, receptores ubicados en el vientre muscular, que sensan los cambios de longitud de las fibras musculares. Y el órgano tendinoso de Golgi: ubicados en la unión miotendinosa, que sensan cambios de tensión de fibras del tendón. Los circuitos locales de aferencias sensitivas, las neuronas de circuito local y neuronas motoras alfa y gamma son de especial importancia para el control reflejo de la actividad muscular, los cuales incluyen el reflejo de estiramiento, el reflejo tendinoso y el reflejo de retirada; además de la activación de los circuitos denominados generadores centrales de patrones, los cuales aportan gran parte de la coordinación espacial y temporal de los movimientos rítmicos como la locomoción. (9)

Ahora bien, nuestro sistema también considera aferencias provenientes de otros sistemas para regular el control postural Estos son: Sistema sensorial, sistema cognitivo y sistema Motor.

El componente motor del control postural involucra la coordinación y fuerza apropiada para asegurar la adecuada orientación y estabilidad durante una acción motora o al mantener una postura

4. Daño cerebral adquirido

Se entiende por daño cerebral adquirido (DCA) el daño de cualquier origen que surge de forma aguda en las estructuras cerebrales de las personas que nacen sin ningún tipo de daño, y que provoca un deterioro neurológico permanente en el individuo en relación con la situación anterior, lo que condiciona una alteración de su capacidad funcional y de su calidad de vida.

De esta definición se pueden extraer cuatro criterios que deberían cumplirse para que un caso sea catalogado como DCA:

- la lesión afecta a parte o a la totalidad del encéfalo (cerebro, tronco cerebral y cerebelo)
- el inicio clínico de la lesión es agudo
- existe una deficiencia como consecuencia de la lesión, que es objetivable a través de la exploración clínica o una prueba diagnóstica
- esta deficiencia produce un deterioro del funcionamiento y de la calidad de vida de la persona respecto a la situación previa

En su esencia, el DCA es por tanto un concepto heterogéneo, ya que puede deberse a múltiples causas (no tiene una etiología única), porque no se trata de un síndrome clínico definido (la afectación de sistemas funcionales cerebrales puede ser única o múltiple), y porque su evolución también es variable.

De acuerdo con esta definición, cualquier lesión que pueda causar daño cerebral puede ser causa de DCA. Desde el punto de vista de su frecuencia de aparición, las principales causas de DCA son los traumatismos craneoencefálicos y los ictus. La tercera causa más común es la encefalopatía anóxica. Otro grupo menos común de enfermedades que causan DCA son las infecciones del SNC. El efecto de sustancias tóxicas, agentes físicos y ciertos tumores cerebrales también pueden ser considerados como causa de DCA. Entre las causas más raras se encuentran las enfermedades inflamatorias autoinmunes del SNC, como las vasculitis, la encefalomiелitis aguda diseminada o incluso algunos casos de brotes graves de esclerosis múltiple (Tabla 1).

Causas endógenas	Causas exógenas
Ictus isquémico o hemorrágico	Traumatismo craneoencefálico
Encefalopatía anóxica (diversas causas: parada cardiorrespiratoria)	Encefalopatía por tóxicos (fármacos, drogas de abuso o sustancias químicas)
Neoplasias primarias y secundarias	Encefalopatía por agentes físicos (radiación ionizante, electrocución, hipertermia, hipotermia)
Enfermedades inflamatorias autoinmunes (enfermedades del tejido conectivo y enfermedades desmielinizantes)	Enfermedades infecciosas (meningoencefalitis)

Tabla 1: Etiología del daño cerebral adquirido.

4.1 Epidemiología

La definición de la dimensión epidemiológica del DCA es compleja dada la heterogeneidad de la patología. Los datos de la Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia ofrecen una idea aproximada del problema. Según esta encuesta, hay 420.064 personas con daño cerebral adquirido en España, de las cuales el 78% de estos casos se deben a enfermedades cardiovasculares, mientras que el 22% restante corresponden a otras causas de DCA (TCE, anoxias, tumores e infecciones cerebrales). Los problemas más frecuentes del DCA son el autocuidado, el aprendizaje, la movilidad, las actividades domésticas, el conocimiento y la comunicación (Tabla 2).

Tipo de discapacidad	Daño Cerebral Adquirido por Accidentes Cerebrovasculares	Daño Cerebral Adquirido sin especificar causa
Discapacidad de la visión	31%	19%
Discapacidad de la audición	26%	15%
Discapacidad de la comunicación	39%	62%
Discapacidad en el aprendizaje y aplicación del conocimiento	34%	63%
Discapacidad en la movilidad	86%	72%
Discapacidad en el autocuidado	74%	73%
Discapacidad en la vida doméstica	75%	73%
Discapacidad en las interacciones personales	30%	55%

Tabla 2: Distribución de personas con DCA según tipo de discapacidad y causa del daño. Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia, EDAD 2008. Resultados detallados.

Si consideramos la distribución por edad y sexo, un el 52,5% de las personas con DCA son mujeres y el 47,5% hombres. Sin embargo, dependiendo de la edad, la proporción entre hombres y mujeres cambia (Tabla 3).

Edad (años)	Hombres	Mujeres	Total
6 - 64	85.091 (42,6 %)	61.819 (28,1 %)	146.910 (34,9 %)
≥ 65	114.643 (57,4 %)	158.511 (71,9 %)	273.154 (65,1 %)
Total	199.734 (100 %)	220.330 (100 %)	420.064 (100 %)

Tabla 3: Personas con DCA según sexo y tramos de edad. Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia, EDAD 2008. Resultados detallados.

En global, la tasa de prevalencia de personas con daño cerebral en nuestro país es de 9,3/1.000 habitantes (8,9 en varones y 9,7 en mujeres) con un máximo de 13,1 en Galicia y un mínimo de 5,8 en La Rioja. En relación a la tasa en Catalunya es de 7,6/1.000 habitantes (6,9 en varones y 8,3 en mujeres).

4.2 Etiología

A continuación, se describen las dos etiologías más comunes del DCA:

4.2.1 Enfermedad cerebrovascular

Se denomina ictus o enfermedad cerebrovascular al trastorno brusco de la circulación cerebral que altera de forma transitoria o permanente la función de una región determinada del encéfalo. El ictus se clasifica en diferentes subtipos según criterios topográficos, patogénicos, diagnósticos y pronósticos. Dependiendo de la naturaleza de la lesión, los accidentes cerebrovasculares se pueden dividir en dos grandes grupos según su mecanismo de producción: isquemia cerebral (80-85 %) y hemorragia cerebral (15-20%).

4.2.1.1 Isquemia cerebral

La isquemia cerebral se debe a la oclusión de un vaso sanguíneo. Una vez que esto ha ocurrido, si el flujo sanguíneo cerebral es inferior a 15 ml/100 g/minuto, se produce la pérdida de tejido estructural y la muerte celular.

Existen varios mecanismos que pueden producir isquemia, como trombosis in situ, embolismo, hipoperfusión e infarto venoso, pudiendo afectar diferentes territorios vasculares como el vertebrobasilar y vasos limitantes, entre otros.

Isquemia cerebral global

Es causado por la disminución del aporte sanguíneo a niveles por debajo de los necesarios para el funcionamiento del cerebro y afecta simultáneamente a todo el encéfalo. El daño anatómico no está localizado, sino que afecta de manera difusa a los hemisferios cerebrales, y puede haber lesión en el tronco encefálico y el cerebelo (10).

Son muchas las causas que pueden producir esta situación, como las resistencias periféricas, la disminución de la función cardíaca, la cirugía cardiovascular o la hipotensión durante la anestesia por cirugía general (10).

Isquemia cerebral local

Podemos diferenciar dos tipos dentro de la isquemia cerebral local:

Ataque isquémico transitorio

El AIT se define como cualquier episodio breve de disfunción neurológica con síntomas clínicos que suele durar menos de una hora sin evidencia de infarto en técnicas de neuroimagen y lesiones. Entre los accidentes cerebrovasculares isquémicos, son los menos frecuentes, en un 12% (10).

Se pueden diferenciar diferentes tipos de AIT según el territorio afectado. Distinguimos entre el carotideo, el vertebrobasilar y el indeterminado y en función de sus manifestaciones clínicas puede ser retiniano, hemisférico cortical, lacunar o atípico (10).

Infarto Cerebral

El infarto cerebral se define como la alteración del aporte circulatorio a un territorio encefálico, que produce una disfunción o déficit neurológico por más de 24 horas, y como consecuencia se produce una necrosis de tejido cerebral (10).

Para clasificarlos según su etiología, se puede utilizar la segunda versión de TOAST producida en 2005 en el que se diferencian 5 subtipos de infarto cerebral (Anexo I) (10).

4.2.1.2 ACV hemorrágico

Los accidentes cerebrovasculares hemorrágicos son aquellos que ocurren cuando la sangre se filtra al espacio extravascular, dentro del parénquima cerebral. La hemorragia puede causar isquemia o infarto. Podemos diferenciar dos tipos de ACV hemorrágicos en función de su topografía: la hemorragia subaracnoidea y la hemorragia intracerebral (11).

Hemorragia subaracnoidea

Es debido a la extravasación de sangre principal directamente en el espacio subaracnoideo. Se produce principalmente por la rotura de un aneurisma. Hay otras, como la hemorragia subaracnoidea perimesencefálica no aneurismática, con mejor pronóstico. Finalmente, también puede ser causado por otras etiologías raras. A nivel sintomático, se manifiesta por un intenso dolor de cabeza, y puede asociarse a otros signos además de pérdida de conciencia, diplopía, convulsiones o signos neurológicos focales (10).

Hemorragia intracerebral

La etiología más común es la hipertensión arterial. Las otras causas son por malformaciones vasculares, uso de fármacos o toxinas, vasculopatías, tumores primarios o metastásicos, enfermedades hematológicas, etc. En edad avanzada prevalece la angiopatía amiloide. Este tipo de hemorragia se ha relacionado con el consumo de alcohol, antecedentes familiares de hemorragia subaracnoidea, ciertas enfermedades hereditarias del tejido conectivo, deficiencia de alfa-1-antitripsina, enfermedad de células falciformes, poliquistosis renal, entre otras (10).

Existen varios tipos de hemorragias intracerebrales según su ubicación y extensión (Anexo II).

4.2.2. Traumatismo craneoencefálico

El TCE es la consecuencia de una fuerza externa ejercida sobre el cráneo, bien por contacto directo o por inercia. Las fuerzas por contacto suelen causar lesiones focales (fractura, contusión y/o hemorragia subdural o epidural), mientras que las fuerzas de inerciales provocan lesiones a través de mecanismos de aceleración-desaceleración, que pueden provocar lesiones focales (por contragolpe) o lesiones difusas (daño axonal difuso).

Aspectos que ayudan a sistematizar el estudio y comprensión de los TCE, nos lo aporta Hooper, con un modelo de TCE que seguiremos a continuación.

En este modelo, se diferencia el agente traumático (naturaleza, intensidad, lugar y dirección en que incide en el cráneo), de la lesión que llega a producir (a nivel de cuero cabelludo, cráneo y encéfalo) y sus resultados finales (sobre los signos vitales, la conciencia y el resto del sistema nervioso central).

4.2.2.1. Según el traumatismo

4.2.2.1.1 Naturaleza de agente traumático

Lesión craneoencefálica por contusión Roma

La cabeza entra en contacto con una superficie lisa y plana. Se produce una deformación brusca del cráneo que dependerá de la elasticidad del cráneo y de la arquitectura ósea local. Se puede producir una fractura con lesión, primero, de la tabla interna; después se fractura la tabla externa y, si sigue actuando el agente traumático, se produce un hundimiento.

Por consiguiente, un agente traumático obtuso puede llegar a producir: lesiones de golpe y contragolpe, lesiones por cizalladura y lesiones difusas a nivel cerebral y de tronco cerebral.

Lesiones cráneo-cerebrales penetrantes

Corresponde a lesiones por objetos puntiagudos. El área de impacto es pequeña y las lesiones del cuero cabelludo se superponen con las del cráneo y del cerebro. No hay gran energía en el agente traumático como para producir los fenómenos mencionados en la contusión por Roma.

Hay que excluir las lesiones provocadas por armas de fuego, que son devastadoras por la onda expansiva que las acompaña.

Lesiones por compresión

Pueden ser muy graves porque pueden producir estallidos del cráneo y aumentos repentinos de la presión intracraneal.

Ejemplos típicos son las lesiones que pueden ser por fórceps durante el parto o lesiones por quedar atrapado entre los topes de dos vagones.

4.2.2.1.2 Intensidad del agente traumático

Va a condicionar la gravedad del TCE y, por tanto, hay que ver formas de apreciar o intuir la energía con que incidió el agente traumático para comprender mejor y las consecuencias del TCE sufrido.

Para ello, la anamnesis es fundamental, requiriendo información sobre el tipo de accidente, el lugar, la altura de la caída, la velocidad...

Conocer la duración y el nivel de pérdida de la conciencia también es esencial para obtener una buena composición del lugar y sobre la energía del agente traumático.

4.2.2.1.3 Localización y dirección del agente traumático

Según la localización del impacto que apreciemos en la exploración clínica ya referida, el paciente podrá presentar una secuencia fisiopatológica y unos fenómenos clínicos consecuentes y unas posibles complicaciones.

Un impacto frontal puede provocar una fractura a nivel de base de cráneo (celdillas etmoidales), con riesgo de fístula de LCR y meningitis. O un impacto lateral, puede provocar una fractura temporal, lesión de la arteria meníngea y hematoma epidural.

4.2.2.2. Según la lesión

4.2.2.2.1 Cuero cabelludo

A nivel del cuero cabelludo, las lesiones informan del lugar de incidencia del agente traumático. Pueden ser, de menor a mayor gravedad:

1. Abrasiones de la piel: por el impacto
2. Contusión: sangre y edema en cuero cabelludo.
3. Hematoma subcutáneo. No tiene mayor trascendencia, aunque en niños puede ser difícil de diferenciar, a la palpación, con fracturas hundidas.
4. Hematoma subgaleal: Es una colección fluctuante debajo de la aponeurosis o gálea. No precisa tratamiento y no se debe puncionar, puesto que puede infectarse.
5. Hematoma subperióstico: Es una colección de sangre entre periostio y hueso. Se produce casi exclusivamente por traumas obstétricos (utilización de ventosa). Se denomina también céfalohematoma. No precisa tratamiento puesto que se reabsorbe espontáneamente e, igualmente, se recomienda no puncionar.
6. Heridas: Perforantes, Inciso-contusas, Despegamiento parcial del cuero cabelludo

4.2.2.2.2 Fracturas de cráneo

Fracturas de bóveda

Las fracturas lineales se aprecian en las radiografías como líneas que hay que diferenciar de surcos vasculares y de las suturas. Las fracturas estrelladas suponen un mayor impacto. Pueden ser aún más complejas, con hundimiento de fragmentos, impactando el hueso en la duramadre, perforándola e incluso lesionando el parénquima cerebral subyacente.

Fracturas de base de cráneo

Requieren un traumatismo más severo, dada la arquitectura especialmente resistente de la base del cráneo. Por su estructura anatómica, pueden producirse varios tipos de lesiones:

1. Rotura de senos paranasales o peñascos, con rotura de duramadre y salida de LCR: rinorrea u otorrea.
2. Lesión de pares craneales. Los que con mayor frecuencia se afectan son el VII y VIII por fractura del peñasco.
3. Lesiones vasculares (a nivel de carótida). Más raras.
4. Se puede sospechar fractura de base atendiendo a signos indirectos:
5. Hematoma en anteojos
6. Equimosis retromastoidea (signo de Battle)
7. Salida de LCR (rinorrea u otorrea).
8. Salida de masa encefálica por fosas nasales (excepcional).

4.2.2.2.3 Lesiones cerebrales

Pueden ser de dos tipos: general o difusa y focales. A su vez habría que distinguir también las lesiones de corteza cerebral de las del tronco encefálico. Así como lesiones cerebrales primarias de las secundarias (edema o complicaciones)

Lesión cerebral difusa

El impacto produce una inmediata pérdida de conciencia por lesión a nivel del tronco, así como amnesia concomitante por lesión cortical. En cuanto al nivel de conciencia, relacionado con el daño cerebral, es clásica la división:

- Conmoción cerebral: pérdida de conciencia menor a 6 horas y no hay lesión anatomopatológica.
- Contusión cerebral: la pérdida de conciencia es mayor a 6 horas y se encuentra lesión microscópica, pero no macroscópica.
- Laceración cerebral, con lesión micro y macroscópica.

Es importante tener en cuenta la división de las lesiones cerebrales en primarias y secundarias, cuyo índice se expone a continuación y que se irán viendo en los apartados siguientes:

- Primarias:
 - Contusión-hemorragia focal
 - Lesión axonal difusa (muy grave)
 - Lesión de tronco
- Secundarias
 - Edema, hipertensión intracraneal
 - Complicaciones hemorrágicas: Epidural, Subdural, Intraparenquimatosa

Lesión cerebral local

Las lesiones que se producen son fundamentalmente de dos tipos:

- Contusión cerebral, con alteración de la barrera hematoencefálica y edema cerebral postraumático (vasogénico) circundante
- Hematomas intracraneales

Ambas tienen una manifestación clínica de signos focales (pérdida de función y/o epilepsia), junto a signos de hipertensión intracraneal (HIC). Ésta, a su vez, puede llevar incluso a una afectación secundaria del tronco cerebral con disminución del nivel de conciencia, hemiparesia contralateral y midriasis ipsilateral al hemisferio cerebral donde se encuentra la lesión focal.

4.2.2.3 Según el resultado

4.2.2.3.1 Estado de conciencia

En la pérdida de conciencia están implicados factores muy complejos, pero podríamos localizar su asentamiento a nivel de la sustancia reticular del tronco cerebral. Todo TCE con energía suficiente como para llegar a afectarlo, va a producir su pérdida instantánea y posterior recuperación.

El impacto va a ocasionar, de forma instantánea, una pérdida global de casi todas las funciones cerebrales, quedando las mínimas que permiten la supervivencia.

4.2.2.3.2 Signos neurológicos

Hay un mínimo de signos que debemos conocer para explorar al paciente y sacar conclusiones, no sólo sobre su nivel de conciencia, sino sobre la posible localización de la lesión. Son 6 y muy fáciles de explorar.

4.2.2.3.3 Signos vitales

Es de extraordinaria importancia mantener al paciente con sus constantes vitales normales. A esto hay que unir la afectación respiratoria, primaria o secundaria a la lesión cerebral.

4.3 Mecanismos fisiopatológicos del ACV isquémico

El control motor en general, y el control postural y el equilibrio en particular, requieren de la interacción de diversos sistemas fisiológicos, los cuales pueden verse afectados de manera heterogénea tras un DCA.

El daño o disfunción causado por un accidente cerebrovascular isquémico, ya sea difuso, transitorio o permanente, es debido a una o una interrupción del suministro de sangre al cerebro, que incluso suprime el suministro de oxígeno y glucosa. La deficiencia de estas sustancias provoca daños cognitivos de características diferentes determinadas por la localización y el tamaño de la lesión (12).

Así, las principales alteraciones asociadas a un ictus se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Alteraciones motoras contralaterales a la localización de la lesión
- Afasia y problemas de lenguaje si la lesión afecta al hemisferio dominante
- Heminegligencia, si la lesión afecta al hemisferio parietal derecho. No se observa con la misma frecuencia la heminegligencia derecha por lesiones izquierdas, lo que evidencia una asimetría hemisférica para el sistema atencional.

4.4 Principales estrategias de diagnóstico

DIAGNÓSTICO DEL ACV

Procedimientos		Características
Anamnesis		<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar la hora de inicio - Factores desencadenantes (hipertensión, TCE, ...) - Forma de inicio y curso evolutivo - Clínica que acompaña al déficit focal - Otras enfermedades, factores de riesgo vascular, antecedentes familiares, ...
Escala	NIHSS (<i>National Institute of Health Stroke Scale</i>)	- Déficit neurológico
	Escala de Glasgow	- Nivel de alerta
	Barthel	- Nivel de funcionalidad
	Rankin Scale	- Nivel de dependencia
Estudios Diagnósticos	Tomografía computarizada	<ul style="list-style-type: none"> - A todos los pacientes - Descartar la presencia de lesiones no isquémicas del sistema nervioso central y distinguir entre isquemia y accidente cerebrovascular hemorrágico
	Resonancia magnética	<ul style="list-style-type: none"> - A todos los pacientes - Descartar la presencia de lesiones no isquémicas del sistema nervioso central y distinguir entre isquemia y accidente cerebrovascular hemorrágico
	Glucosa en sangre	- A todos los pacientes
	Saturación de oxígeno	- A todos los pacientes
	Test de función renal	- A todos los pacientes
	Análisis de sangre completo	- A todos los pacientes
	Marcadores de isquemia cardíaca	- A todos los pacientes
	Tiempo de protrombina	- A todos los pacientes
	Tiempo de la activación parcial de la tromboplastina	- A todos los pacientes
	Electrocardiograma	- A todos los pacientes
	Tiempo de trombina y/o tiempo de coagulación de la ecarina	<ul style="list-style-type: none"> - A los pacientes seleccionados - Cuando se sospecha de toma de inhibidores directos de trombina o de factor Xa
	Test de función hepática	- A los pacientes seleccionados
	Nivel de alcohol en sangre	- A los pacientes seleccionados
	Test toxicológicos	- A los pacientes seleccionados
	Test de embarazo	- A los pacientes seleccionados
	Radiografía de tórax	<ul style="list-style-type: none"> - A los pacientes seleccionados - Cuando se sospecha de enfermedad pulmonar
	Gasometría arterial	<ul style="list-style-type: none"> - A los pacientes seleccionados - Cuando se sospecha de hipoxemia
Punción lumbar	<ul style="list-style-type: none"> - A los pacientes seleccionados - Cuando se sospecha de hemorragia subaracnoidea y la tomografía computarizada no muestra presencia de sangre 	
Electroencefalograma	<ul style="list-style-type: none"> - A los pacientes seleccionados - Cuando se sospecha de convulsiones 	

Tabla 4. Procedimientos utilizados para el diagnóstico de los ACV

4.5 Tratamientos de rehabilitación más utilizados en las alteraciones anteriores

La atención especializada, incluida la rehabilitación, puede reducir la discapacidad causada por un accidente cerebrovascular. Esta discapacidad es la consecuencia de una combinación individual de posibles deficiencias sensoriales, motoras, cognitivas, trastornos emocionales y limitaciones asociadas. Los objetivos de la rehabilitación después de un accidente cerebrovascular son reducir la discapacidad y promover la participación, al mismo tiempo que se mejora la calidad de vida (13).

4.5.1 Tratamiento de la conciencia alterada

No hay suficientes estudios para poder diseñar un protocolo específico, pero es claro que es necesaria una intervención interdisciplinar para la rehabilitación de la conciencia alterada. La estimulación sensorial es uno de los métodos que se utilizan

4.5.2 Manejo de la vía aérea y ventilación

A través de un proceso integrado de destete adecuado y rehabilitación multiprofesional orientada neurológicamente, se logran resultados más apropiados.

4.5.3 Deglución

El tratamiento convencional para la disfagia generalmente incluye técnicas de deglución, técnicas compensatorias y modificaciones dietéticas

4.5.4 Rehabilitación de la extremidad superior

La función motora del brazo afectado puede explicar hasta el 50% de la variación en la autonomía funcional en el paciente con alteraciones derivadas del ACV.

Para su tratamiento se utiliza una amplia variedad de terapias como entrenamiento básico del brazo, terapia robótica, terapia con espejo, entrenamiento bilateral, terapia con realidad virtual y con soporte de peso del brazo

4.5.5 Manejo de la espasticidad

La espasticidad posterior al accidente cerebrovascular es una complicación que contribuye al desempeño de la actividad y la participación de la comunidad. Cuando la espasticidad es clínicamente relevante y no responde al tratamiento farmacológico, se debe considerar el uso de toxina botulínica. En estos casos se debe tener en cuenta que el objetivo terapéutico es apoyar las funciones pasivas (prevención de contracturas; higiene, lavado, vestimenta).

4.5.6 Comunicación

Estas alteraciones incluyen la afasia, la disartria y la apraxia verbal. Para tratarlo se utiliza constricción inducida, lectura, escritura, comprensión, lenguajes expresivos, tDCS, rTMS y procesamiento semántico; técnicas para aumentar la claridad de la comunicación; y enfoques de tratamiento conductual.

4.5.7 Tratamiento de los déficits neurosensoriales y de la negligencia espacial

Negligencia

La negligencia espacial se define como la incapacidad de responder a los estímulos sensoriales en el hemisferio o el cuerpo contra lesional de un paciente neurológico. Además de la negligencia visual, auditiva o táctil, la negligencia motora a menudo coexiste como un uso reducido de las extremidades contra lesionales, es decir, al estirarse, ponerse de pie o caminar.

Hay una variedad amplia de terapias para su rehabilitación, entre ellas encontramos la estimulación magnética transcraneal (rTMS), la estimulación cerebral con corrientes directas (tDCS), el entrenamiento visual, la práctica mental o la imaginación, la estimulación sensorial, la colocación de un parche en el ojo del lado sano, la terapia con espejos, etc....

Déficits neurovisuales

Los trastornos neurovisuales son pérdidas funcionales comunes después de una lesión cerebral y ocurren en aproximadamente 20-50 de los pacientes con trastornos cerebrovasculares.

La neurorehabilitación usa el entrenamiento de compensación sacádica, el entrenamiento de exploración visual, el entrenamiento de lectura y la terapia por insuficiencia de convergencia.

Dependiendo del caso, puede verse beneficiado por el uso de gafas tintadas o de una iluminación mayor.

4.5.8 Manejo de la cognición, emoción y fatiga

Un ictus puede tener consecuencias físicas, cognitivas, emocionales y sociales. Según el momento de la medición, el deterioro cognitivo se presenta en el 50 % al 70 % de los supervivientes de un accidente cerebrovascular.

Para su tratamiento se utiliza una amplia variedad de terapias como actividad física, técnicas de tratamiento de la fatiga, estimulación craneal con corrientes continuas, entrenamiento de la memoria, disfunciones ejecutivas, entrenamiento de la apraxia.

5. Terapia con realidad virtual

Durante la última década, han aparecido numerosos estudios que indican el potencial de la realidad virtual para superar esta y otras limitaciones de las intervenciones motoras convencionales. El uso de la realidad virtual en rehabilitación, conocida como rehabilitación virtual, viene motivado por las características de esta tecnología. La realidad virtual permite la generación de entornos virtuales diseñados que responden de forma inmediata a las acciones del usuario, retroalimentando dichas acciones en diferentes canales sensoriales de forma similar a como lo haría el mundo real. Aunque la definición clásica de RV implica sustituir estímulos reales en todos los canales sensoriales por estímulos generados sintéticamente, en la práctica, los canales auditivos y han demostrado ser los más relevantes para la inmersión de usuarios en el mundo virtual (14).

Los primeros estudios reportando el uso de la RV en la rehabilitación del equilibrio utilizaron la tecnología conocida como Interactive Rehabilitation and Exercise System o IREX. El sistema IREX se basa en un sistema de chroma key que permite modificar el fondo previamente definido con un color homogéneo por un EV con el cual los usuarios deben interactuar mediante movimientos corporales para alcanzar distintos objetivos. El sistema final surgió a partir de la modificación de la tecnología existente llevada a cabo por el departamento de terapia ocupacional de la Universidad de Haifa. Las modificaciones hicieron posible, entre otras características, la graduación de la dificultad y el registro de resultados (15). El sistema fue inicialmente utilizado en diversos estudios que involucraban a individuos que habían sufrido un TCE, en los cuales se reportaron ligeras mejorías en el equilibrio (16), en la confianza (17) y en el tiempo de reacción (18), en comparación con protocolos de entrenamiento convencionales. El sistema IREX® también ha sido utilizado en sujetos con ictus, reportando beneficios en la organización sensorial, en la función motora y el equilibrio (19). El entrenamiento de la movilidad general mediante este sistema puede justificar los beneficios en estas áreas y la ausencia de los mismos en escalas de marcha.

Otro sistema muy similar es el EyeToy para la consola PlayStation2. El sistema consta de una cámara que capta los movimientos del usuario. De manera similar, el usuario, representado en la escena, interactúa con el entorno virtual a través de sus propios movimientos. El sistema fue utilizado en un estudio de caso único con un sujeto con ictus, que mejoró su equilibrio durante la marcha ante demandas externas (20).

En 2006, Nintendo® lanzó al mercado la consola Wii™. Junto a este, el lanzamiento en 2008 del sistema Wii Fit™, orientado a la práctica de ejercicio, junto al periférico Wii Balance Board™ (WBB), supuso un avance tecnológico especialmente relevante para las intervenciones sobre el equilibrio. El sistema Wii Fit™ fue utilizado en dos sujetos con ictus, los cuales mejoraron en la marcha, la movilidad y la confianza en su equilibrio (21).

Otro de los sistemas utilizados es la Kinect™ (Microsoft®, Washington) para el sistema de entretenimiento XBOX360™ ha supuesto la última revolución tecnológica en la aplicación de terapias basadas en RV en el equilibrio (22).

Recientemente, estudios han reportado los beneficios de una intervención combinando los sistemas Wii Fit™ y '¡Kinect Adventures!' para Kinect™ en el equilibrio en personas que han sufrido un ictus. Los resultados de dichos estudios mostraron una mejoría en incorporaciones y

en la marcha, si bien se obtuvieron resultados contradictorios al comparar con intervenciones convencionales (23).

6. Propuesta de intervención

6.1 Antecedentes

Entre las secuelas del accidente cerebrovascular isquémico, se evidencian cambios sensoriales, motores, visuoperceptivos y cognitivos. Esto reduce su capacidad para mantener una posición erguida (24). La capacidad de reconocer el cuerpo es una parte importante de la recuperación de la independencia funcional, y la recuperación del control postural es el objetivo básico de la rehabilitación, ya que garantiza la estabilidad de la actividad y la orientación de las habilidades funcionales (25).

Las respuestas de equilibrio es un aspecto fundamental del control postural y la independencia funcional. En la práctica clínica, los tratamientos de rehabilitación para recuperar el equilibrio y el control del tronco mientras está en bipedestación generalmente deben alejar cuidadosamente el centro de gravedad del paciente de la base de apoyo mientras se monitorea continuamente la respuesta del paciente y la respuesta motora. A pesar de las herramientas clínicas comprobadas, el control central es secundario, técnico y menos objetivo en la vida diaria del terapeuta.

La realidad virtual utiliza estímulos visuales para medir los efectos sensoriales y las respuestas posturales cuando se exponen a estos estímulos (26). Esto le permite mejorar el control de la postura y el equilibrio. En este contexto, los pacientes pueden enfrentarse constantemente a tareas en constante cambio diseñadas para evocar respuestas de equilibrio, automatización, adaptación y aprendizaje.

El uso de dispositivos en combinación con entornos virtuales representa una alternativa a los procesos de rehabilitación tradicionales que tienen importantes resultados para los pacientes con ictus en términos de recuperación motora. Los elementos principales de este proceso de rehabilitación son la repetición de tareas, la simulación de la actividad real, la retroalimentación del paciente y la motivación.

El aspecto motivacional orientado a la tarea puede aumentar el cumplimiento de los programas de rehabilitación que incluyen estímulos multisensoriales (27).

Estos estímulos implican una participación más activa del paciente en el ejercicio requerido y pueden mejorar los resultados no solo en el aspecto motor del control postural, sino también a nivel de atención y por lo tanto del proceso de recuperación.

El desarrollo y uso de la tecnología puede optimizar el proceso de intervención al crear un entorno rico que estimule el aprendizaje motor y brinde información objetiva sobre la condición del paciente para medir el progreso.

Esto fomenta los estudios que demuestran la eficacia de la realidad virtual en la rehabilitación clínica para recuperarse de los trastornos del movimiento posteriores al accidente cerebrovascular.

6.2 Objetivos

Objetivo principal: Evaluar el efecto del entrenamiento de las estrategias de equilibrio mediante intervención basada en realidad virtual en el equilibrio de sujetos con accidente cerebrovascular isquémico

Objetivos secundarios:

- Evaluar si los estímulos visuales y vestibulares que presenta la realidad virtual en pacientes con ictus isquémico provocan una respuesta de equilibrio
- Medir la respuesta postural a nivel central a un programa de intervención de realidad virtual en pacientes con ictus isquémico
- Determinar los valores de inclinación anteroposterior e inclinaciones laterales que serán utilizadas para el estudio.

6.3 Hipótesis

Los programas de intervención de realidad virtual son efectivos para mejorar el control de la postura y el equilibrio en pacientes con accidente cerebrovascular isquémico

6.4 Metodología

6.4.1 Materiales y métodos

Se incluirá una muestra de 20 sujetos con diagnóstico de ACV isquémico en fase crónica que forman parte del programa de rehabilitación funcional de Institut Guttmann Hospital de Neurorrehabilitación.

Cálculo de la muestra en base a la recomendación de (Walter et al).

6.4.2 Variable del estudio

Criterios de inclusión:

- Pacientes diagnosticados con Ictus isquémico
- Edad entre 18 y 65 años
- Pacientes médicamente estables
- Equilibrio de tronco independiente (5 minutos la posición de bipedestación independiente)

Criterios de exclusión:

- Alteraciones visuales (Heminegligencia, hemianopsia, Diplopia).
- Alteraciones vestibulares.
- Incapacidad para mantener la posición en bipedestación durante 5 minutos. (Item 8 PASS).
- Deterioro cognitivo que impida seguir instrucciones y el cumplimiento del programa (MMSE <24).
- Movimientos involuntarios.
- Afasia Global.

6.4.3 Escalas de valoración clínica

Escalas de valoración inicial

La evaluación incluye escalas para valorar el estado funcional a nivel motor, perceptivo, sensitivas, aspectos cognitivos y las actividades de la vida diaria básicas.

- Estado general de Ictus: Escala de RANKIN.
- Estado cognitivo: Mini Mental State Examination.
- Control de tronco: Postural Assessment Scale for Stroke. (PASS)
- Riesgo de caídas intrahospitalarias Downton.
- Actividades de la vida diaria: FIM – Barthel
- Percepción visual: Line bisection Test
- Atención espacial: Test de la campana.
- Realidad virtual: Cuestionario de Consecuencias Subjetivas

Escala de valoración después de la intervención

- Prueba Observacional del Equilibrio Corporal

6.4.4 Instrumentos técnicos

Como se mencionó anteriormente, el primer entorno de realidad virtual en el que se llevará a cabo la investigación es con el juego del simon. Este entorno se puede ver con las gafas HTC Vive que se venden en el Hospital de Rehabilitación del Instituto Guttmann. La entrada visual de realidad virtual muestra una imagen del juego del simón con 4 colores diferentes que se mueven en dos direcciones (frente y atrás, izquierda y derecha). Se instalan dos ViveTrackers para registrar los movimientos del torso y seguir los movimientos y las reacciones del paciente.

Gafas HTC Vive: HTC Vive tiene dos pantallas OLED (diodo orgánico emisor de luz) de 3,5 pulgadas (9,9 cm) con una resolución de 1080 x 1200 píxeles y una resolución total de 2160 x 1200 para cada ojo. Los ojos eliminan la diferencia entre lo real y lo virtual. El científico Roger N. Clark hizo un cálculo famoso: se necesitarían 576 megapíxeles. Ocupa todo el campo de visión y no marca la diferencia. Pero la resolución de nuestros ojos no es la misma en todo nuestro campo de visión. Lo que vemos con más detalle es la fovea. Esta es el área detrás del ojo que contiene aproximadamente el 50 % de las células fotorreceptoras y ocupa solo el 2 % de lo que vemos. La imagen foveal es una técnica que aprovecha este hecho al mostrar una resolución muy alta justo en frente de la fovea y se logra mediante el seguimiento de la mirada. Además, la visión periférica no tiene que ser de alta resolución, lo que reduce los requisitos de energía.

Sensores de seguimiento Vive: estos sensores proporcionan un seguimiento avanzado a escala de habitación de 6 ejes. Esto requiere una estación de "baliza" que emita una secuencia rápida de destellos infrarrojos recibidos por el controlador y el sensor infrarrojo en las gafas. Esto se llama "sincronización óptica". Luego, cada rotor envía una señal de luz láser a la habitación. Esto permite la colocación precisa de sensores y gafas en el espacio de intervención. Para determinar la compensación exacta de estos sensores, primero debe calibrar para tener un punto de referencia dentro de los 30 segundos. Esta calibración le permite registrar objetivamente el movimiento del torso.

6.4.5 Diseño del estudio

Tipo de estudio: Experimental, muestreo aleatorio, cruzado.

Grupo Experimental: 6 semanas RV – 2 semanas de pausa – 6 semanas terapia convencional.

Grupo Control: 6 semanas Terapia convencional – 2 semanas de pausa – 6 semanas de RV.

6.4.6 Duración del estudio

Según el estudio de Aguayo et al. (25) Recomiendan dosificar moderadamente el uso de realidad virtual, en sesiones de periodos cortos y continuados a lo largo de varios días.

De esta forma, en casos de percibir cyber molestias podrían ir disminuyendo progresivamente.

- 8 minutos de intervención al día.
- 5 veces por semana
- Terapia de RV durante 6 semanas /terapia convencional.
- Pausa 2 semanas
- 6 semanas terapia convencional / Terapia de RV
- Seguimiento durante 4 semanas.

6.4.7 Protocolo de estudio

El primer día de evaluación se administrarán escalas de evaluación clínica orientadas a ver el estado inicial del paciente y decidir si cumplen o no con los criterios para participar en el análisis. Para aislar la respuesta del tronco, y eludir la activación muscular de otros segmentos corporales, situaremos a las personas encima de una plataforma plana. Evitaremos el incremento de la base de sustentación por aspectos de apoyo podal. Para medir este cambio, se ubicarán 2 sensores live tracker para lograr registrar las actitudes de balance del tronco al intentar recobrar seguridad.

Los pacientes serán re-evaluados al cabo de 6 semanas de intervención y al cabo de 4 semanas pos intervención

	SEMANA 1	6 SEMANAS	SEMANA 7	SEMANA 8	6 SEMANAS	4 SEMANAS	SEMANA 20
GRUPO EXPERIMENTAL	1ª Valoración	RV	Pausa	Pausa	Tto Convencional	Seguimiento	Valoración final
GRUPO CONTROL	1ª Valoración	Tto Convencional	Pausa	Pausa	RV	Seguimiento	Valoración final

6.4.8 Intervención

Se explicará evidentemente a cada paciente la participación, exponiéndolos tras describir detalladamente la participación y firmar el consentimiento reportado, como menciona.

Se realizarán las siguientes pruebas funcionales del paciente:

- Estado general de Ictus: Escala de RANKIN.
- Estado cognitivo: Mini Mental State Examination.
- Control de tronco: Postural Assessment Scale for Stroke. (PASS)
- Riesgo de caídas intrahospitalarias.
- Actividades de la vida diaria: FIM – Barthel
- Percepción visual: Motor free visual perception test.
- Atención espacial: Line Bisection Test.
- Realidad virtual: Cuestionario de Consecuencias Subjetivas

Se presentará un entorno tridimensional inmersivo, que muestre una animación de realidad virtual. La tarea a realizar en el ejercicio consiste en redistribuir dinámicamente el peso corporal sobre la base de sustentación para conseguir desplazar el centro de presión hacia posiciones discretas en los ejes mediolateral y anteroposterior.

El entorno virtual consiste en un dispositivo circular con cuatro botones dispuestos en cuatro coordenadas espaciales. El CDP del usuario está representado por uno o más logos cruzados que simulan los movimientos del usuario en el escenario. Cuando la intersección alcanza el borde del botón, comienza la pulsación del botón. El botón está completamente presionado cuando el cabezal de corte llega a su centro. Si no se presionan los botones después de un tiempo, el tiempo para acceder a ellos expirará, lo que se indica mediante un sonido de advertencia. El objetivo del ejercicio es repetir la secuencia jugada en la que se deben presionar los botones correspondientes, que mueven el cursor hacia ellos. Para las intervenciones presentadas aquí, se definieron cinco niveles de dificultad para este ejercicio con diferentes perfiles de parámetros descritos. La dificultad del ejercicio aumentará automáticamente cuando se complete la sesión con una precisión superior al 80%. Asimismo, la dificultad del ejercicio disminuye cuando la tasa de aciertos es inferior al 20%.



Pruebas post intervención:

- Cuestionario abreviado realidad virtual.
- Prueba Observacional del Equilibrio Corporal

Los sensores de registro aportarán información sobre la inclinación de tronco en sentido anteroposterior e inclinaciones laterales del tronco.

6.5 Resultados esperados

Los resultados se analizarán estadísticamente con el programa SPSS. El test estadístico que se utilizará será el T-test de medidas independientes con cada una de las variables, en caso de que la normalidad de la muestra lo permitan, en caso contrario se utilizará el Mann-Whitney U test.

Tras 6 semanas de intervención se esperan cambios estadísticamente significativos entre ambos grupos en diferentes ámbitos, tanto a nivel de estabilidad y coordinación como a nivel funcional (objetivable en las escalas FIM y Barthel). Estas diferencias entre grupos se esperan especialmente en el equilibrio, con una disminución de la oscilación a nivel del tronco y en la oscilación de la trayectoria del centro de presiones del grupo experimental. Dichas variables repercutirían en un menor riesgo de caídas (objetivable mediante la escala BBS) por parte del grupo experimental y en una mejor autopercepción de salud

Los resultados de este estudio sugieren que el entrenamiento experimental proporcionará mejoras estadísticamente significativas en medidas del equilibrio en comparación con el entrenamiento convencional.

6.6 Valoración crítica y conclusiones del proceso de aprendizaje

De acuerdo a los resultados, el ejercicio de entrenamiento de la estrategia podal constituye una herramienta efectiva y usable para la rehabilitación del equilibrio en individuos con daño cerebral. La validez clínica viene demostrada por la mejoría a nivel motor experimentada por los participantes del grupo experimental en comparación con la mejoría experimentada por los participantes del grupo control.

Los participantes que usaron el ejercicio experimental obtuvieron mejores resultados en las actividades dinámicas que requirieron control del equilibrio, de los cuales se deduce una supuesta transferencia en términos de independencia y funcionalidad en las AVD.

Los resultados sugieren que el ejercicio de entrenamiento de la estrategia podal puede promover la adquisición de estrategias motoras necesarias para llevar a cabo los cambios posturales requeridos para confrontar de manera rápida y segura los estímulos ambientales que amenazan la estabilidad. Este entrenamiento puede mejorar directamente la estabilidad y el equilibrio e indirectamente, mejorar la seguridad y la velocidad de la marcha de individuos con ictus.

Algunos estudios que incluyen sujetos que han sufrido un ictus en fase aguda o crónica establecieron la mínima mejoría relevante clínicamente entre 1 y 1,6 s en términos absoluto y entre 16 y 22 % en términos relativos (29). Esto también destaca los resultados obtenidos en el estudio.

Anexos

Anexo I: Clasificación etiológica del ictus isquémico según la TOAST

	Aterotrombótico	Cardioembólico	Lacunar	Inhabitual	Indeterminado
Frecuencia	15-30 %	25-30 %	20 %	1,5 %	20-30 %
Dimensiones	Medio o grande	Medio o grande	Pequeño (arteria afectada <15 mm de diámetro)	Pequeño, mediano o grande	De tamaño medio o grande
Topografía	Cortical o Subcortical, carotidea o vertebrobasilar	Cortical	Territorio de distribución de las arterias perforantes del polígono de Willis	Cortical o subcortical, carotideo o vertebrobasilar	Cortical o subcortical (tanto de territorio carotideo como vertebrobasilar)
Características	Es imprescindible que haya una Aterosclerosis con estenosis mayor del 50% de la arteria de la que depende el territorio afectado (intra o extracraneal) o Aterosclerosis sin estenosis junto con presencia de factores de riesgo vascular (edad >50 años, HTA, DM, tabaquismo o dislipemia)	Los síntomas se inician en vigilia, con presentación instantánea o aguda de focalidad neurológica y máximo déficit neurológico en las primeras fases de la enfermedad. Es imprescindible la presencia de una cardiopatía embolígena demostrada y la ausencia de oclusión o estenosis arterial significativa.	Ocasiona síndromes lacunares (hemiparesia motora pura, síndrome sensitivo puro, síndrome sensitivo motriz, hemiparesia atáxica y disartria-mano torpe). En un paciente con HTA u otros factores de riesgo vascular-cerebral.	Se produce en pacientes sin factores de riesgo vascular-cerebral, en el cual se ha descartado todas las anteriores causas. Suele estar ocasionado por una arteriopatía distinta de la aterosclerótica o por una enfermedad sistémica.	Subtipos: a) Por coexistencia de dos o más posibles etiologías: I. Fibrilación auricular + estenosis carotidea II. Valvulopatía cardíaca + infarto lacunar b) Por causa desconocida o criptogénico: Tras un estudio completo no se puede englobar en ninguna de las categorías anteriores c) Por estudio incompleto o insuficiente

Anexo II: Hemorragias intracerebrales

	Parenquimatosa	Intraventricular
Localización	Subcortical, sobre todo en los ganglios basales y tálamo.	En el interior de los ventrículos cerebrales.
Causa	Su principal factor de riesgo es la hipertensión arterial	Puede ser secundaria, debido a una hemorragia procedente del parénquima cerebral (casi siempre hematomas hipertensivos de los ganglios de la base o del tálamo) o primaria, cuando no hay evidencia de lesión parenquimatosa que la pudiera originar. Rara en adultos, suele deberse a la rotura de una pequeña malformación arteriovenosa o a la hipertensión arterial.
Clínica	Trastornos del lenguaje (hemisferio dominante) o síndrome parietal (hemisferio no dominante) incluso alteración del campo visual. Dependiendo de la gravedad también se puede asociar a pérdida de nivel de consciencia o coma.	Igual que la hemorragia parenquimatosa.
Subtipos	Según el área de afectación podemos distinguir entre: a) Tronco encefálica b) Hemisférica cerebral c) Cerebelo	

Bibliografía

- (1): Borg, F., et al., *Analyzing gastrocnemius EMG-activity and sway data from quiet and perturbed standing*. J Electromyogr Kinesiol, 2007. **17**(5): p. 622-34.
- (2): Roberto Cano de la Cuerda, Rosa Ma Martínez Piédrola JCMP. Control y Aprendizaje Motor. Editorial. 2017.
- (3): Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human postural control. Front Neurosci. 2018;12(MAR):1–9
- (4): Hwang S, Agada P, Kiemel T, Jeka JJ. Dynamic reweighting of three modalities for sensor fusion. PLoS One. 2014;9(1):1–8.
- (5): Anne Shumway-Cook PD. Control Motor. Teoría y Aplicaciones Prácticas. Williams & Wilkins, editor. Seattle, Washington; 1995.
- (6): Mushiake, H., M. Inase, and J. Tanji, *Neuronal activity in the primate premotor, supplementary, and precentral motor cortex during visually guided and internally determined sequential movements*. J Neurophysiol, 1991. **66**(3): p. 705-18.
- (7): Turner, R.S. and M. Desmurget, *Basal ganglia contributions to motor control: a vigorous tutor*. Curr Opin Neurobiol, 2010. **20**(6): p. 704-16.
- (8): Kandel, E.R., J.H. Schwartz, and T.M. Jessell, *Principles of Neural Science*. Elsevier, 1991.
- (9): Martín AM. Bases neurofisiológicas del Equilibrio Postural [Internet]. Universidad de Salamanca; 2004. Disponible en: [https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/115263/NeurofisiologiaEquilibrioPostural.AM Martin.pdf?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/115263/NeurofisiologiaEquilibrioPostural.AM%20Martin.pdf?sequence=1)
- (10): A. Arboix, J. Díaz, A. Pérez-Sempere, J. Á. S. (2006). Guía para el diagnóstico y tratamiento del ictus.
- (11): Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessel, T. M. (2000). Principios de Neurociencia (4th ed.).
- (12): Tirapu, J. U., Rios, M. L., & Maestú, F. U. (2011). Manual de Neuropsicología (2nd ed.).
- (13): Platz, T. (2021). Clinical Pathways in Stroke Rehabilitation. In Clinical Pathways in Stroke Rehabilitation. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58505-1>
- (14): Booth, V., et al., The effectiveness of virtual reality interventions in improving balance in adults with impaired balance compared with standard or no treatment: a systematic review and metaanalysis. Clin Rehabil, 2018.
- (15): Kizony, R., N. Katz, and P.L. Weiss, Adapting an immersive virtual reality system for rehabilitation. J Visual Comp Animat, 2013. 14(5): p. 261-268.
- (16): Sveistrup, H., et al., Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation. Cyberpsychol Behav, 2013. 6(3): p. 245-9.
- (17): Thornton, M., et al., Benefits of activity and virtual reality based balance exercise programmes for adults with traumatic brain injury: perceptions of participants and their caregivers. Brain Inj, 2015. p. 989-1000.

- (18): Kim, J.H., et al., Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*, 2019. 88(9): p. 693-701.
- (19): Kizony, R. and P.L. Weiss, Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony PlayStation II EyeToy, in *Proc. 5th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech*, 2014. p. 87-94.
- (20): Flynn, S., P. Palma, and A. Bender, Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *J Neurol Phys Ther*, 2017. 31(4): p. 180-189.
- (21): Deutsch, J.E., et al. Wii-based compared to standard of care balance and mobility rehabilitation for two individuals post-stroke, in *Virtual Rehabilitation International Conference*, 2019. 2019.
- (22): Krpic, A., A. Savanovic, and I. Cikajlo, Telerehabilitation: remote multimedia-supported assistance and mobile monitoring of balance training outcomes can facilitate the clinical staff's effort. *Int J Rehabil Res*, 2017. 36(2): p. 162-71.
- (23): Rajaratnam, B.S., et al., Does the inclusion of virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recent episode of stroke? *Rehabil Res Pract*, 2016. 2016: p. 6.
- (24): Ryerson S, Byl NN, Brown DA, Wong RA, Hidler JM. Altered Trunk Position Sense and Its Relation to Balance Functions in People Post-Stroke. 2008;32(March):14-20.
- (25): Ryerson S, Byl NN, Brown DA, Wong RA, Hidler JM. Altered Trunk Position Sense and Its Relation to Balance Functions in People Post-Stroke. *J Neurol Phys Ther* [Internet]. marzo de 2008 [citado 20 de mayo de 2022];32(1):14-20. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18463551>
- (26): Juliana Maria Gazzola a, b, Heloísa Helena Caovilla a FD a, Maurício Malavasi Gananc,a a FFG a. A quantitative analysis of postural control in elderly patients with vestibular disorders using visual stimulation by virtual reality. *OTORHINOLARYNGOLOGY*. 2019
- (27): Chen L, Lo WLA, Mao YR, Ding MH, Lin Q, Li H, et al. Effect of Virtual Reality on Postural and Balance Control in Patients with Stroke: A Systematic Literature Review. *Biomed Res Int*. 2016; 2016:1-8.
- (28): Tyson, S.F., et al., The relationship between balance, disability, and recovery after stroke: predictive validity of the Brunel balance assessment. *Neurorehabil Neural Repair*, 2017. 21(4): p. 341-6.
- (29): Flansbjer, U.B., et al., Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*, 2005. 37(2): p. 75-82.