



FACULTADE DE MEDICINA  
E ODONTOLOXÍA

Trabajo de fin de  
grado

**Rehabilitación de la marcha en el accidente  
cerebrovascular. Sistemas robotizados.**

**Rehabilitación da marcha no ictus.  
Sistemas robotizados.**

**Gait rehabilitation in stroke. Robotic  
systems.**

**Autor:** Francisco Javier Escalona García

**Titor/a:** Dr. Jesús Figueroa Rodríguez

**Cotitor/a:** Dra. Rosa Martín Mourelle

**Departamento:** Psiquiatría, Radiología,  
Salud Pública, Enfermería y Medicina

Junio de 2021

# ÍNDICE

Resumen castellano.....	4
Resumen gallego.....	6
Abstract.....	8
1. Introducción.....	9
1.1. Definición ictus.....	9
1.2. Epidemiología.....	9
1.3. Clínica.....	12
1.4. Manejo del ictus en fase aguda.....	12
1.5. Evaluación del ictus en fase aguda. Escalas.....	13
1.6. Concepto y fases de la marcha.....	14
1.7. Neurofisiología de la marcha.....	15
1.8. Neuroplasticidad.....	18
1.9. Tratamiento rehabilitador del ictus.....	20
1.10. Tratamiento rehabilitador de la extremidad inferior.....	21
2. Objetivo.....	24
3. Diseño y fuentes de datos.....	24
4. Resultados.....	29
5. Discusión y conclusiones.....	34
6. Bibliografía.....	38

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1. Fases de la marcha.....	15
FIGURA 2. Flujos de señales fundamentales involucrados en el control de la marcha.....	16
FIGURA 3. Diagrama de flujo mostrando el proceso de selección de artículos de la revisión sistemática.....	27

## **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1. Descripción de los artículos incluidos en la revisión sistemática.....	28
TABLA 2. Análisis de la muestra según dispositivo, tamaño, sexo y edad.....	29
TABLA 3. Análisis de la muestra según tipo de ictus, tiempo desde el ictus y lado de la lesión.....	30
TABLA 4. Resumen descriptivo del entrenamiento y parámetros de interés a evaluar.....	32

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** El ictus es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en España. Se estima que, transcurrido un periodo de tres meses, aproximadamente un 20% necesitarán silla de ruedas y un 60% tendrán marcha limitada, así que uno de los objetivos principales de la rehabilitación post-ictus será la reeducación de la marcha, ya que genera un impacto importante para el paciente, su entorno y un gasto socio-sanitario importante.

En las últimas décadas el enfoque rehabilitador está centrado en la teoría de la neuroplasticidad y el entrenamiento orientado a tareas, y en los últimos años se ha desarrollado el uso de tecnología relacionada con sistemas electromecánicos y asistencia robótica mediante suspensión parcial del peso corporal en cinta rodante. En esta revisión nos centraremos en analizar los estudios publicados sobre la eficacia de la utilización de sistemas robotizados en la rehabilitación de la marcha.

**OBJETIVO:** El objetivo será evaluar en la bibliografía disponible la eficacia de la reeducación de la marcha mediante el uso de sistemas robotizados con carga parcial en cinta rodante en pacientes con ictus.

**DISEÑO Y FUENTES DE DATOS:** En cuanto a diseño y fuentes de datos, el trabajo consistirá en una revisión sistemática cualitativa. Se realizó una búsqueda en PUBMED de enero de 2000 a octubre de 2020. Los criterios de inclusión/exclusión permitieron seleccionar estudios realizados en humanos que estudiaran la eficacia de la reeducación de la marcha mediante sistemas robotizados.

**RESULTADOS:** De los 107 artículos encontrados tras aplicar los criterios de búsqueda fueron 8 los finalmente seleccionados al cumplir los criterios de inclusión. Todos ellos ensayos clínicos aleatorizados, prospectivos y con grupo control. El número total de pacientes incluidos en dichos estudios fue de 322 con una edad media de 60,28 años. La etiología más frecuente de ictus fue isquémica con un 74,9% así como el lado más afecto fue el derecho con un 50,63%. El sistema robotizado más utilizado fue el Lokomat, presente en 7 de los 8 estudios presentes en la revisión, siendo el sistema robotizado restante no especificado. A partir de los parámetros evaluados (10MWT, mEFAP, TUG, 6MWT, FAC etc) podemos observar una mejoría estadísticamente significativa tanto en los grupos de tratamiento como en los grupos control, con disparidad de resultados en la comparación entre grupos.

**CONCLUSIÓN:** La evidencia obtenida en esta revisión sugiere que la utilización de dispositivos robóticos no es claramente mejor que la terapia convencional, aunque las recomendaciones actuales sugieren que el entrenamiento robótico, debe complementar, y no reemplazar, los tratamientos de rehabilitación de la marcha y terapias físicas no robóticas. Seguramente deberemos evaluar los resultados desde varias perspectivas para identificar respondedores y no respondedores a terapia robótica, pero la heterogeneidad de las muestras no nos permite por el momento dar datos de certeza.

PALABRAS CLAVE: (gait AND rehabilitation AND stroke) AND (bodyweight OR lokomat)

## RESUME

**INTRODUCCIÓN:** O ictus é unha das principais causas de morbilidade e mortalidade en España. Calcúlase que, despois dun período de tres meses, aproximadamente o 20% necesitará cadeira de rodas e o 60% terá unha marcha limitada, polo que un dos principais obxectivos da rehabilitación post-ictus será a reeducación da marcha, xa que xera un impacto importante para o paciente, o seu contorno e un importante gasto sociosanitario.

Nas últimas décadas, o enfoque rehabilitador estivo centrado na teoría da neuroplasticidade e na formación orientada a tarefas e, nos últimos anos, desenvolveuse o uso de tecnoloxía relacionada cos sistemas electromecánicos e a asistencia robótica mediante a suspensión parcial do peso corporal nunha fita. Nesta revisión centrarémonos en analizar estudos publicados sobre a eficacia do uso de sistemas robóticos na rehabilitación da marcha.

**OBXETIVO:** O obxectivo será avaliar na literatura dispoñible a eficacia da reeducación da marcha a través do uso de sistemas robóticos con carga parcial nunha fita en pacientes con ictus.

**DESEÑO E FONTES DE DATOS:** En canto ao deseño e ás fontes de datos, o traballo consistirá nunha revisión sistemática cualitativa. Realizouse unha busca PUBMED de xaneiro de 2000 a outubro de 2020. Os criterios de inclusión / exclusión permitiron a selección de estudos realizados en humanos que estudaron a eficacia da reeducación da marcha mediante sistemas robóticos.

**RESULTADOS:** Dos 107 artigos atopados despois de aplicar os criterios de busca, 8 foron finalmente seleccionados ao cumprir os criterios de inclusión. Todos eles foron ensaios clínicos aleatorios, prospectivos e controlados. O número total de pacientes incluídos nestes estudos foi de 322 cunha idade media de 60,28 anos. A etioloxía máis frecuente do ictus foi isquémica cun 74,9%, así como o lado máis afectado foi o dereito cun 50,63%. O sistema robótico máis utilizado foi o Lokomat, presente en 7 dos 8 estudos presentes na revisión, sendo o sistema robótico restante sen especificar. A partir dos parámetros avaliados (10MWT, mEFAP, TUG, 6MWT, FAC, etc.) podemos observar unha mellora estatisticamente significativa tanto nos grupos de tratamento como nos grupos control, con disparidade de resultados na comparación entre grupos.

**CONCLUSIÓN:** A evidencia obtida nesta revisión suxire que o uso de dispositivos robóticos non é claramente mellor que a terapia convencional, aínda que as recomendacións actuais suxiren que o adestramento robótico debería complementar e non substituír os tratamentos de rehabilitación da marcha e as terapias físicas. Seguramente teremos que avaliar os resultados desde diversas perspectivas para identificar aos que responden e non responden á terapia robótica, pero a heteroxeneidade das mostras non nos permite proporcionar datos de certeza neste momento.

PALABRAS CLAVE: (gait AND rehabilitation AND stroke) AND (bodyweight OR lokomat)

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Stroke is one of the main causes of morbidity and mortality in Spain. It is estimated that, after a period of three months, approximately 20% will need a wheelchair and 60% will have limited walking, so one of the main objectives of post-stroke rehabilitation will be gait re-education, since this has a major impact on the patient and his or her environment, as well as a significant socio-health care cost.

In recent decades, the rehabilitation approach has focused on the theory of neuroplasticity and task-oriented training, and in recent years the use of technology related to electromechanical systems and robotic assistance through partial suspension of body weight on a treadmill has been developed. In this review we will focus on analyzing published studies on the efficacy of the use of robotic systems in gait rehabilitation.

**OBJECTIVE:** The objective will be to evaluate in the available literature the efficacy of gait re-education using robotic systems with partial treadmill loading in stroke patients.

**DESIGN AND DATA SOURCES:** In terms of design and data sources, the work will consist of a qualitative systematic review. A search of PUBMED was conducted from January 2000 to October 2020. The inclusion/exclusion criteria allowed us to select human studies that studied the efficacy of gait reeducation using robotic systems.

**RESULTS:** Of the 107 articles found after applying the search criteria, 8 were finally selected as they met the inclusion criteria. All of them were randomized, prospective clinical trials with a control group. The total number of patients included in these studies was 322 with a mean age of 60.28 years. The most frequent etiology of stroke was ischemic stroke (74.9%) and the most affected side was the right side (50.63%). The most frequently used robotic system was the Lokomat, present in 7 of the 8 studies in the review, the remaining robotic system not being specified. From the parameters evaluated (10MWT, mEFAP, TUG, 6MWT, FAC etc) we can observe a statistically significant improvement in both treatment and control groups, with disparity of results in the comparison between groups.

**CONCLUSION:** The evidence obtained in this review suggests that the use of robotic devices is not clearly better than conventional therapy, although current recommendations suggest that robotic training should complement, and not replace, gait rehabilitation treatments and non-robotic physical therapies. We will certainly have to evaluate the results from various perspectives to identify responders and non-responders to robotic therapy, but the heterogeneity of the samples does not allow us to give data of certainty at this time.

**KEY WORDS:** (gait AND rehabilitation AND stroke) AND (bodyweight OR lokomat)

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 DEFINICIÓN DE ICTUS

El **ictus** es un trastorno brusco de la circulación cerebral, su nombre no es casualidad, puesto que en latín ictus significa golpe. El cerebro es un órgano muy dependiente del flujo sanguíneo para la obtención de nutrientes y oxígeno por lo tanto establecer un tratamiento efectivo con la mayor brevedad posible es un factor clave. En este caso podemos decir que “tiempo significa cerebro”.<sup>1</sup>

Los síntomas dependen de la zona del cerebro que se encuentre afectada, entre los que destacan la dificultad súbita en la producción y entendimiento del lenguaje, pérdida de fuerza o sensibilidad mayoritariamente de la mitad del cuerpo, pérdida de visión brusca, cefalea...<sup>1</sup>

Podemos encontrar dos tipos principales de ictus:

-El **isquémico**, es el más frecuente con un 80% de los casos aproximadamente. Su mecanismo de alteración vascular es la oclusión arterial.

-El **hemorrágico**, que cuenta con el 20% restante de los casos, se origina cuando se rompe un vaso sanguíneo cerebral.<sup>2</sup>

## 1.2 EPIDEMIOLOGÍA

Las enfermedades cerebrovasculares son una de las mayores causas de morbimortalidad en España, constituyendo la primera causa de muerte en mujeres y la segunda en la población general.

La edad muestra una clara relación de esta patología con el envejecimiento, observando una edad media de 75,7 años.<sup>3</sup>

La distribución por sexo y raza indica una mayor incidencia en hombres y en raza negra respectivamente.<sup>4</sup>

En cuanto a incidencia, según el estudio “Iberictus” de un total de 128 ictus observados, predomina el ictus isquémico (71%) frente al hemorrágico (11.7%). Dentro de los ictus isquémicos, los subtipos más frecuentes fueron por causa aterotrombótica (29.7%), cardioembólicos (29.7%), de pequeño vaso (14.3%). Un 23.1% corresponden a ictus de causa no determinada, y el 3.3% restante a ictus de causa inhabitual. Con respecto a los ictus hemorrágicos destacan las hemorragias cerebrales por hipertensión frente a las malformaciones vasculares, debidas a anticoagulantes y otras etiologías.<sup>3</sup>

La mortalidad del ictus al primer mes del evento es de alrededor del 23% siendo mayor en el subtipo hemorrágico (42%) que en el subtipo isquémico (16%).<sup>4</sup>

Entre los factores de riesgo más relevantes destacan:

**-Hipertensión:** es el principal factor de riesgo tanto en enfermedad cardiovascular como en la cerebrovascular.

Los fármacos antihipertensivos constituyen un pilar fundamental en el tratamiento de esta patología siendo los más utilizados: los diuréticos, beta-bloqueantes, calcio-antagonistas, inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y los bloqueadores de los receptores de angiotensina.<sup>5</sup>

Se ha observado que un tratamiento óptimo de la presión arterial puede prevenir aproximadamente un 30% de recurrencias de ictus o accidentes isquémicos transitorios previos. Este beneficio es reproducible independientemente del sexo, territorio cerebral afectado o subtipo del ictus. Sin embargo, el máximo beneficio se corresponde con el ictus de tipo hemorrágico, con un descenso del riesgo del 50%, mientras que el en isquémico desciende un 24%.<sup>4</sup>

**-Hiperlipemia:** Es otro de los factores de riesgo modificable más importante, encontrándose aproximadamente en el 50% de las personas mayores de 65 años.<sup>6</sup> Esto puede ser explicado debido a la subida observada del colesterol total, triglicéridos, y el LDL-C desde la tercera década hasta la octava, con independencia del sexo. Sin embargo, con respecto al ictus, no termina de adquirir ese fuerte vínculo que la dislipemia sí tiene con la cardiopatía isquémica, generando cierta controversia en los últimos años.<sup>7 8</sup>

Los inhibidores de la HMG-CoA reductasa y las estatinas se consideran el tratamiento médico más efectivo actualmente, demostrando beneficios en todos los rangos de edad en eventos cardiovasculares.<sup>9</sup>

Un meta-análisis reciente demostró que el tratamiento con estatinas reducía un 25% la mortalidad por ictus y otras causas en pacientes previamente afectados por cardiopatía coronaria, así como reduce la incidencia de eventos vasculares (24%) e ictus (27%) en pacientes sin accidentes cerebrovasculares previos. En pacientes con ictus previos, la toma de estatinas redujo la incidencia de eventos vasculares, siendo no objetivable el descenso de recurrencia de ictus.<sup>10</sup>

**-Diabetes:** La diabetes es un conocido factor de riesgo para todo tipo de enfermedades cardiovasculares, entre ellas el ictus, por esta razón, hemos de incluirlo como otro de los factores de riesgo modificables más importantes. Tanto es así que tener diabetes mellitus incrementa por 2.27 (1.95-2.65) el riesgo de ictus isquémico, 1.56 (1.19-2.05) el ictus hemorrágico y 1.84 (1.59-2.13) el ictus no filiable.<sup>11</sup>

Como conclusión, la diabetes mellitus es un factor de riesgo modificable muy a tener en cuenta tanto en la prevención primaria, secundaria, así como en el manejo agudo del propio ictus. Idílicamente, una vez establecida la diabetes, se debe intentar mantener unas cifras <6.5% de hemoglobina glicosilada.

**-Tabaco:** El hábito tabáquico es una práctica prevalente en todo el mundo. Se estima que el 20.8% de la población de EEUU fuma. Este hábito está relacionado con factores de inflamación, interviniendo en la patogenia del ictus.

Su relación con el ictus es clara, como así lo demuestra el OR de fumadores frente a no fumadores, siendo 1.61 (95% CI: 1.34-1.93). Además, se considera dosis-dependiente, ya que, a mayor cantidad de cigarrillos fumados, mayor riesgo de ictus.<sup>12</sup>

En adición a los factores de riesgo anteriormente mencionados, encontramos otros factores de riesgo que también influyen en la aparición del ictus, como pueden ser: La obesidad, que aumenta un 5% el riesgo de ictus isquémico; la actividad física, que puede reducir el riesgo de ictus y su mortalidad un 25-30%; y otro factor de riesgo emergente como la apnea del sueño.<sup>13</sup>

Como mencionábamos antes, el ictus constituye la segunda causa de muerte en todo el mundo; no obstante asistimos a una disminución de la mortalidad en países desarrollados. Este descenso en la mortalidad tendrá un impacto limitado en la carga asociada, dado el envejecimiento de la población que conlleva una mayor incidencia del mismo. La incidencia del ictus se estima en torno a 200 casos nuevos por 100.000 habitantes y año, aunque es difícil de establecer, en parte porque los estudios epidemiológicos están lastrados por problemas metodológicos, y además interviene la existencia de variaciones geográficas en la incidencia. Con respecto a la prevalencia se estima en torno al 6%, aunque hay variaciones en función de los grupos de edad.

De esta manera los costes atribuibles al ictus, tanto personales, como familiares o sociales son enormes, siendo miles las personas afectadas en nuestro país, así como millones las horas empleadas en el cuidado tanto por la familia como personal sanitario. En la estimación de los costes debemos tener en cuenta además los costes indirectos, como los ligados a la pérdida de la capacidad productiva, que dependerán de la edad y de la profesión del sujeto afectado.

La Rehabilitación ha contribuido a aumentar la supervivencia y mejorar la discapacidad en los pacientes con enfermedad cerebrovascular, de ahí el interés del enfoque rehabilitador de esta patología.

### **1.3 CLÍNICA**

La presentación clínica del ictus es aguda y va a depender de la etiología y de la topografía, lo que hace que la clínica sea superponible independientemente de que se trate de un ictus isquémico o hemorrágico, aunque en los hemorrágicos pueden ser más prominentes los trastornos del nivel de conciencia y los síntomas de hipertensión intracraneal. Las hemorragias lobares van a producir síntomas corticales al igual que los infartos territoriales y lo mismo sucede con los infartos lacunares y los ictus hemorrágicos de territorio posterior. Por otra parte también la enfermedad vascular puede ser subclínica y evidenciarse en un estudio radiológico realizado por otra causa.

La clínica del ictus va a depender de la topografía y extensión de la lesión y de la capacidad para compensar de la circulación colateral a través del polígono de Willis que puede paliar la falta de aporte sanguíneo a un territorio mediante el aumento compensador del flujo a través de vías alternativas. De acuerdo con estas circunstancias los ictus se van a manifestar dentro de los llamados síndromes neurovasculares.

### **1.4 MANEJO DEL ICTUS EN FASE AGUDA**

El ictus constituye una urgencia médica en la que tras la agresión vascular inicial se pone en marcha un proceso llamado cascada isquémica que conduce a la muerte tisular. El proceso es susceptible de ser revertido mediante la recanalización arterial, lo que en condiciones fisiológicas está mediado por el activador tisular del plasminógeno. No obstante, con frecuencia, es tardía e incompleta. En 1995 se aprobó el uso del activador tisular del plasminógeno recombinante en Estados Unidos y a partir de 2004 en Europa.

Sin embargo, su eficacia era limitada y las contraindicaciones al tratamiento limitaban su uso. En los años 2014 y 2015 se publicaron los ensayos de recanalización arterial mediante stents retrievers y se actualizaron las guías para su uso con un nivel de evidencia máximo, toda vez que se consiguen unas tasas altas de recanalización arterial y una mejora del pronóstico de los pacientes.

A pesar de los beneficios en el tratamiento en fase aguda no todos los pacientes pueden ser tratados con estas medidas. Sin embargo, el acceso a las Unidades de Ictus tiene efectos favorables y se considera la intervención más beneficiosa en términos poblacionales.

Las Unidades de Ictus proporcionan cuidados intermedios protocolizados y multidisciplinarios con los que se consigue un mejor manejo de aquellas variables que influyen en el pronóstico como la glucemia, temperatura e infecciones.

## 1.5 EVALUACIÓN DEL ICTUS EN FASE AGUDA. ESCALAS

La evaluación del paciente con accidente cerebrovascular en fase aguda se basa en la exploración física y en las pruebas complementarias realizadas, y esto nos permitirá definir la lesión, la extensión de la misma y su repercusión funcional.

La aplicación de las escalas que miden el déficit neurológico o funciones específicas del cuerpo, están fuertemente recomendadas para el triaje y para guiar decisiones de tratamiento en fase aguda.<sup>14</sup>

Dentro de este grupo de escalas podemos encontrarnos:

-**National Institute of Health stroke scale (NIHSS)**<sup>15</sup>: Esta escala está conformada por 15 ítems que proporcionan de manera cuantitativa las claves de la exploración neurológica general. Entre los ítems destacan: El nivel de conciencia, preguntas simples, comandos complejos, exploración de la mirada, del campo visual, parálisis facial, exploración motora de los brazos, exploración motora de las piernas, ataxia, exploración sensitiva, lenguaje, disartria y extinción.<sup>16,17</sup>

La validez clínico-predictiva de la escala NIHSS se ha podido observar en diversas investigaciones.<sup>17,18,19</sup> En un análisis a posteriori que incluía a 1268 pacientes con ictus agudo, la escala NIHSS demostró una gran capacidad para pronosticar el devenir de dichos pacientes a los 7 días y 3 meses de evolución. Dos tercios de aquellos pacientes con una puntuación menor o igual a 3 en el día 7 tenían un pronóstico excelente. Asimismo, muy pocos pacientes con una puntuación de más de 15 tenían un pronóstico similar al anterior a los 3 meses.<sup>21</sup> Esta escala, además, destaca por su sencillez en el aprendizaje y aplicación en la práctica clínica, siendo fácilmente manejable por cualquier profesional sanitario con pocas horas de entrenamiento.<sup>20</sup>

La escala está limitada por el hecho de que no pondera igual los déficits del hemisferio derecho que en el izquierdo (dominante), ya que estos puntúan más alto por una mayor afectación de funciones corticales; además la escala tampoco consigue una valoración óptima de los ictus vertebro-basilares.

Finalmente, cabe añadir que también tiene valor en la rehabilitación del paciente, o en la necesidad de cuidados a largo plazo, incluso desde el primer día de ingreso. Esta última aseveración puede corroborarse reparando en que más del 80% de los pacientes con una puntuación menor a 5 el día de admisión serán dados de alta a casa. Aquellos pacientes con una puntuación entre 6-13, normalmente requieren rehabilitación hospitalaria aguda, mientras que aquellos que puntúan 14 o más, suelen necesitar con más frecuencia cuidados a largo plazo.<sup>18,21</sup>

-**Índice de Barthel:** Creada en 1965, es una escala que mide diez aspectos acerca de las actividades básicas de la vida diaria. <sup>22,23</sup> La puntuación óptima es 100, mientras que puntuaciones inferiores se relacionan con mayores índices de dependencia <sup>23</sup>; también está diseñada para evaluar la mejoría de los pacientes con el tiempo, así como determinar la eficacia de la rehabilitación realizada. <sup>23,24</sup>

-**Escala modificada de Rankin:** Inicialmente creada en 1957, fue modificada en 1988 para incrementar su exhaustividad. <sup>25,26</sup> La finalidad de esta escala es evaluar la discapacidad después de un accidente cerebrovascular. Consta de 7 escalones diferentes de severidad donde 0= Ausencia de síntomas y 6= Fallecimiento.<sup>27</sup>

-**Glasgow outcome scale:** Esta escala utiliza diferentes escalones para evaluar discapacidad después de un ictus al alta. Estratifica desde el 1, que implica una buena recuperación, hasta el 5, que implica la muerte. <sup>28</sup> La diferencia clave frente a la escala modificada de Rankin es la falta de distinción entre pacientes con buenos resultados, abarcando este grupo tanto a la discapacidad leve como a la recuperación completa.

## 1.6 CONCEPTO Y FASES DE LA MARCHA

Uno de los objetivos principales de la rehabilitación post-ictus será la reeducación de la marcha. Para poder profundizar en la rehabilitación de la marcha debemos entender el concepto y neurofisiología de la "marcha normal".

La marcha humana o deambulación es una secuencia de movimientos repetidos de los miembros inferiores cuya unidad es el ciclo de marcha y cuyo objetivo es el desplazamiento corporal. Esta actividad locomotriz hace avanzar el cuerpo en posición erguida en la dirección deseada al tiempo que mantiene el equilibrio sobre los miembros inferiores. La función normal optimiza, además, la energía requerida para conseguir mantener la actividad en el tiempo.

Cada ciclo de la marcha normal consta de dos fases principales:

-La **fase de apoyo**, que hace referencia a la parte de la marcha en la que el pie está en contacto con el suelo.

-La **fase de balanceo**, que concierne a la parte de la marcha en la que el pie no está en contacto con el suelo.

A su vez, la fase de apoyo se subdivide en contacto inicial, respuesta de carga, fase media, fase terminal y pre-balanceo. Y la fase de balanceo se subdivide en balanceo inicial, medio y terminal. <sup>29</sup>

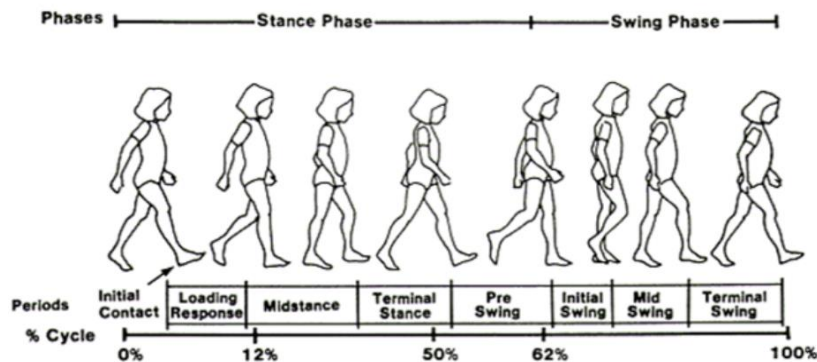


Figura 1. Fases de la marcha

Las condiciones patológicas alteran el modo y la eficiencia de la marcha y la pérdida de algunas acciones requieren su sustitución por otras para preservarla. Esta marcha resultante se denomina patológica y suele manifestarse a modo de patrones anormales con una limitada capacidad de adaptación.<sup>30</sup>

## 1.7 NEUROFISIOLOGÍA DE LA MARCHA

El control de la marcha precisa de la activación íntegra del sistema nervioso y del sistema musculo-esquelético. Los movimientos voluntarios necesitan a su vez una acción coordinada con el control postural para llevarse a cabo.<sup>3132</sup> Esta regulación postural utiliza, entre otros, a la corteza cerebral, los ganglios basales, el cerebelo y el tronco del encéfalo, que mandan señales descendentes que ejercen influencia sobre la médula espinal.<sup>313233</sup> Estos patrones de actividad neuronal se han visto tanto en humanos como en animales cuadrúpedos, lo que sugiere la preservación de este mecanismo durante la evolución de los vertebrados.<sup>34</sup>

Las señales sensoriales tienen una doble función. Una de ellas es el procesamiento cognitivo, que se encarga de la memoria de trabajo y condiciona futuros comportamientos. Los animales inician movimientos dependiendo de un acto voluntario, o de una referencia emocional.<sup>353637</sup> Independientemente de si el acto se inicia de un modo voluntario o de un modo emocional, se acompaña de procesos automáticos como, por ejemplo, la regulación postural del tono.<sup>38</sup>

Los comportamientos dirigidos pueden precisar de procesos voluntarios, emocionales y automáticos. Los procesos voluntarios derivan de la corteza cerebral, que requieren la activación de múltiples áreas corticales y envía proyecciones a través del tronco del encéfalo y médula para llevarse a cabo. A su vez, los procesos emocionales resultan de proyecciones del hipotálamo límbico al tronco del encéfalo, surgiendo así reacciones de lucha o huida.<sup>37</sup> El

cerebelo interviene en estos procesos voluntarios y emocionales regulándolos. De igual modo, los ganglios basales juegan un papel importante en la regulación de estos procesos a través de proyecciones GABA enviadas hacia corteza, tronco encéfalo y sistema límbico.<sup>35</sup>

Dentro de la médula espinal encontramos un grupo particular de interneuronas que tienen la capacidad de generar, de manera rítmica y en ausencia de estímulo superior, actividad muscular recíproca flexo-extensora llamados **Generadores Centrales de Patrones** (CPGs).<sup>36,39</sup> Estas interneuronas antagonistas son las encargadas de originar el ritmo básico de la marcha, inhibiéndose mutuamente en la flexión y extensión sucesivamente.<sup>36,39</sup> La información generada por estos CPGs es mandada a unas interneuronas de segundo orden en la lámina IV-VII de Rexed, que moldea los patrones locomotores de movimiento de cada extremidad. Acto seguido estas señales son transmitidas a la motoneurona objetivo inervando la extremidad ipsilateral confiriendo su cadencia inhibitoria-excitatoria. Por otra parte, interneuronas de la lámina VIII se proyectan hacia el lado contrario para poner en manifiesto la coordinación con la extremidad contralateral. Tanto el ritmo como el patrón se comunican con las estructuras supraespinales a través del haz espinotalámico, reticular y tractos cerebelosos para ser regulados.<sup>40,41</sup>

En el propio músculo encontramos propioceptores que en los músculos extensores regulan la transición de la fase de apoyo a la fase de balanceo. Las señales en las interneuronas Ib procedentes del tendón en el órgano de Golgi de músculos extensores inhiben a la motoneurona diana en la fase de balanceo, mientras que la excita en la fase de apoyo.<sup>42</sup> A consecuencia de este proceso, la fase de balanceo no se inicia hasta que el músculo extensor está descargado y la fuerza ejercida por estos músculos es baja.

También la piel posee un gran influjo sobre los CPGs, siendo sus receptores capaces de detectar obstáculos y ajustar la marcha para evitarlos.<sup>43</sup>

En el tronco encéfalo podemos encontrar estructuras relacionadas con la marcha y el control postural como la región locomotora mesencefálica (MLR), la región locomotora subtalámica (SLR) y la región locomotora cerebelar (CLR). La región MLR recibe inputs de áreas premotoras de la corteza cerebral y desde áreas límbicas e hipotalámicas. Las tres áreas mencionadas anteriormente se consideran las más importantes, viéndose su envergadura en un

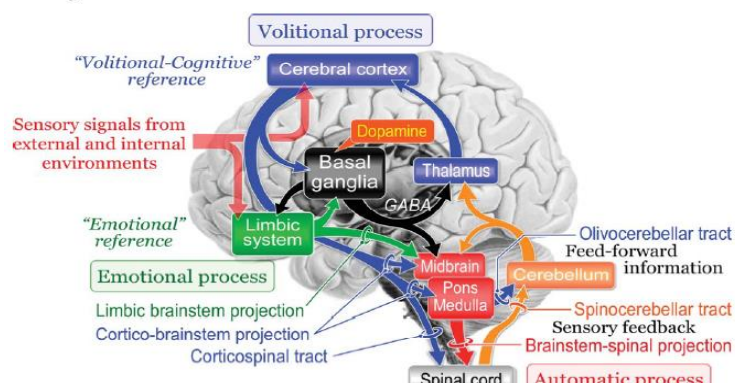


Figura 2. Flujos de señales fundamentales involucrados en el control de la marcha

estudio clínico que mostraba a un paciente con la zona MLR lesionada y era incapaz de mantenerse en pie o caminar.<sup>44</sup> Las señales procedentes de la zona MLR desencadenan los movimientos rítmicos que señalábamos antes y vías como las procedentes del locus coeruleus y de los núcleos del rafe.

La corteza cerebral contribuye a la marcha, tanto es así que pacientes con disfunción del lóbulo frontal, en el que incluimos el área premotora y el área motora suplementaria presentan alteraciones de la marcha. Las áreas anteriormente nombradas son decisivas para el inicio de la marcha.<sup>45464748</sup> También intervienen en el control postural. El área premotora, concretamente de predominio derecho, se activa durante la marcha paradójica en el Parkinson, lo que nos indica que esta área es responsable de la programación motora basada en el procesamiento visomotor.<sup>49</sup> Cuando este estímulo visual y propioceptivo se cambia, como por ejemplo bajando el nivel lumínico del ambiente, las áreas temporales y parietales bilaterales se activan, así como si nuestro sujeto de pruebas pierde el equilibrio, el estudio de neuroimagen nos muestra la activación de más áreas corticales, como la parietal anterior y la cíngula anterior. En un estudio realizado en monos cuya marcha era bípeda, se vio que al inyectar un agonista del receptor GABA en la zona cortical primaria que corresponde a la pierna (M1) resultaba en la paresia de la pierna contralateral.<sup>50</sup> Mientras que al inyectarlo en el área motora suplementaria se veía perjudicado el control postural durante la marcha sin parálisis de la misma. En conclusión, el área premotora frontal parece ser responsable de iniciar la marcha guiada sensorialmente, mientras que el área motora suplementaria se encargaría del control postural. También podemos deducir que más zonas de la corteza cerebral monitorizan y participan junto a la frontal, en el control de la postura y equilibrio durante la marcha.

A pesar de lo anteriormente comentado, no necesariamente indica que los outputs de la corteza cerebral controlen de forma directa la locomoción de la marcha. De hecho, en un estudio en el que se utilizaban pulsos de estimulación magnética transcraneal (TMS) que eran administrados durante varias fases del ciclo de la marcha, no interferían en el EMG del músculo tibial anterior, lo que sugiere que la corteza cerebral no tiene una influencia directa en la actividad muscular. Es más, esto apunta a que lo más probable es que las neuronas supra espinales regulen la sinergia de la marcha en lugar de intervenir directamente en el control de la marcha.

Por último, conexiones desde el área motora cortical hasta los ganglios de la base y el cerebelo, regulan la recalibración constante necesaria para caminar por diferentes terrenos y superar los posibles obstáculos en el camino. Además, parece que la interacción entre cerebelo, ganglios de la base y tronco del encéfalo se encargaría de la marcha automática ausentándose el control cortical.

## 1.8 NEUROPLASTICIDAD

El cerebro tiene la capacidad de reorganizarse a sí mismo a través de la estimulación periférica, el aprendizaje y las lesiones, incluyendo el ictus. Este proceso se conoce como **neuroplasticidad**. Hasta el momento se ha podido demostrar esta reorganización desde sinapsis y neuronas, hasta redes neuronales, tanto en animales como en humanos,<sup>5152</sup> estando en alza su valía como pieza fundamental en la recuperación motora post-ictus.

Las últimas investigaciones han revelado, por medio de la resonancia magnética funcional (fMRI), que en la recuperación del miembro inferior parético post-ictus se visualizaba una mayor activación en múltiples regiones cerebrales incluyendo la zona contralateral a la lesión. Estas zonas pueden incluir la corteza M1 bilateral, cortezas somatosensoriales secundarias, corteza premotora y motora suplementaria, giro cingulado, cerebelo y tálamo.<sup>5354</sup> Encontramos una fuerte relación entre la hiperactivación de estas zonas cerebrales y una mejor recuperación de la marcha.<sup>5556</sup>

Esta hiperactivación no solo ha sido observada a nivel cerebral, sino que estructuras subcorticales como el núcleo pedúnculo-pontino del lado lesionado, también correlacionado con una mejor recuperación de la marcha, destaca en la resonancia magnética funcional, así como el cerebelo y mesencéfalo.<sup>57</sup>

Además, estudiando el electromiograma de las extremidades inferiores en pacientes que habían sufrido un ictus, se asociaba al movimiento de cadera o rodilla un acoplamiento mediado por reflejos entre el recto femoral y los aductores de cadera, lo que sugiere que esta reestructuración neuroplástica se procesa en la médula después del accidente cerebrovascular.<sup>58</sup>

En un estudio que incluía 10 pacientes post-ictus, con la fMRI como prueba fundamental de imagen en el seguimiento, podemos observar una marcada activación de la zona M1 de la corteza contralateral a la lesión en pacientes con afectación parética del miembro inferior. Con el paso del tiempo la activación de la zona ipsilateral a la lesión se restablece. Los tiempos relacionados con esta transición se vinculan con la recuperación de la marcha en estos pacientes.<sup>59</sup> Otra investigación demostró que un adecuado entrenamiento en la recuperación de la marcha promueve este cambio en las representaciones somatotrópicas.<sup>60</sup> Estas investigaciones nos proporcionan conocimiento sobre la dinámica temporal de la reorganización neuroplástica, en el control motor de la marcha de pacientes post-ictus.

La dinámica temporal de esta reorganización parece estar desencadenada por un desequilibrio en la excitabilidad neuronal entre las áreas cerebrales lesionadas y aquellas áreas con las que se relacionan funcionalmente. Tras la lesión, la inhibición de la zona lesionada a la zona contralateral desaparece, explicando la hiperactivación de esa región, que a su vez puede abolir la excitabilidad de las neuronas perilesionales.<sup>6162</sup> No obstante, la excitabilidad de las neuronas perilesionales normalmente se recupera, alcanzando incluso un nivel superior al normal en torno a la semana 8 post-ictus, todo ello observado en estudios en ratones.

Además, la inhibición desde el hemisferio contralateral desciende con el tiempo. Las disimilitudes observadas en la excitabilidad facilitan el descubrimiento de sinapsis silenciosas, la creación de nuevas sinapsis y favorecen en el ajuste del umbral de selectividad en el procesamiento neuronal, permitiendo así que las neuronas previamente reclutadas para la recuperación de la marcha edifiquen **nuevas** conexiones anatómicas.<sup>63</sup>

La diferencia en la excitabilidad juega un papel importante como hemos señalado anteriormente, siendo demostrado por un estudio en el que se administraba diazepam en las tres primeras semanas después del ictus, inhibiendo esta hiperexcitabilidad, con el consecuente retraso en la recuperación funcional.<sup>64</sup>

El tamaño y la ubicación de la lesión, así como la extensión de la misma, parece contribuir a la reorganización neuroplástica anteriormente mencionada. Sin embargo, no son los únicos factores determinantes ya que se observó que a relativa homogeneidad de lesión tanto en localización, síntomas y patrones corticales de activación la reorganización neuroplástica se comportaba de maneras diferentes.<sup>65</sup>

Esta observación no es sorprendente teniendo en cuenta como el cerebro remedia la pérdida del tracto cerebro-espinal (CST) después del ictus. Después de que las proyecciones de la corteza M1 son destruidas, el cerebro tiende a reclutar las fibras descendentes dañadas que surgen de la SMC y PMC para asumir el papel del CST para ayudar en la recuperación de la marcha. Este reclutamiento se puede llevar a cabo porque tanto el SMC como el PMC tienen proyecciones hacia las cortezas M1 bilaterales y a la médula espinal, y las proyecciones de salida hacia la médula espinal tienen un efecto facilitador sobre la actividad muscular. Esta “toma de control” puede lograrse a través de diferentes vías:

1) Mejorando las conexiones dentro de los surcos, intrahemisféricas o interhemisféricas entre las dos áreas anteriormente mencionadas en los hemisferios bilaterales, así como mejorando sus conexiones con la corteza M1 afectada.<sup>666768</sup>

2) Construyendo un puente a través de la corteza corticoreticular.<sup>68</sup>

3) Reclutando conexiones adicionales en la médula espinal.<sup>69</sup>

Podemos observar diferentes vías, explicando el porqué de la gran variabilidad de persona a persona en este proceso, sugiriendo el trato individualizado en el proceso de recuperación funcional.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, existen ciertos tratamientos que favorecen la neuroplasticidad, actuando sobre la excitabilidad como son las terapias de estimulación cerebral no invasiva (NIBS), con datos prometedores en el tratamiento de la afasia, en la recuperación funcional de los miembros superiores y en la recuperación de la marcha en pacientes post-ictus.<sup>7071</sup> Aun así, estas terapias han de usarse en combinación con un efectivo entrenamiento de rehabilitación de la marcha, y no de forma exclusiva, para obtener un mejor resultado. Por entrenamiento efectivo entendemos que:

- 1) Debe centrarse en el aprendizaje de habilidades motoras.<sup>72</sup>
- 2) Debe ser específico para cada tarea aprendida.<sup>73</sup>
- 3) Los movimientos patológicos deben ser evitados.<sup>70</sup>

Para llevar a cabo esta última premisa se recomienda el uso de soportes de carga parcial o **sistemas robóticos** <sup>70</sup> en el entrenamiento de la marcha, permitiendo corregir estos movimientos de forma automática o manual.

## 1.9 TRATAMIENTO REHABILITADOR DEL ICTUS

Teniendo en cuenta los conceptos nombrados anteriormente como la **neuroplasticidad** y los **automatismos**, podemos afirmar con seguridad que tenemos posibilidad de recuperar, al menos, cierta capacidad en un paciente post ictus. Bajo esta premisa aparecen las técnicas para su rehabilitación que nombraremos a continuación.

La rehabilitación de la enfermedad cerebrovascular es un proceso dinámico y progresivo orientado al objetivo de permitir al paciente discapacitado alcanzar su máxima capacidad funcional, física, comunicativa, cognitiva, emocional y social. Permitiendo a estos pacientes aumentar las expectativas de vida activa y concentrar la vida dependiente en el periodo más corto posible antes de la muerte. <sup>74</sup>

La inclusión de la rehabilitación en Unidades de Ictus, aumenta la supervivencia y la capacidad funcional del paciente. Pero además la Rehabilitación juega un papel fundamental en la prevención secundaria de los accidentes cerebrovasculares. Para conseguir todo lo anterior debemos obtener una máxima eficacia en el tratamiento rehabilitador, para lo que se requiere un abordaje multidisciplinar de las discapacidades motoras, sensoriales y/o neuropsicológicas existentes y cuya interacción determina el grado de discapacidad tras el proceso de rehabilitación post-ictus. <sup>74</sup>El proceso de rehabilitación debe implicar activamente al paciente y sus cuidadores o familiares en el tratamiento y en la toma de decisiones.

Las principales discapacidades contra las que nos enfrentamos en estos pacientes según Sánchez Blanco serían: La hemiparesia, seguida de los trastornos sensoriales, del lenguaje (afasias), visuales (hemianopsias), cognitivas y emocionales (depresión mayor).

Éstas persisten a los 6 meses y hacen que el 50% de los pacientes a los 6 meses sean dependientes en las ABVD, llevando a una institucionalización de los enfermos entre 10-30% de los casos y en un porcentaje similar puedan incorporarse a su actividad laboral los menores de 65 años. Es indispensable para la aplicación del tratamiento rehabilitador adecuado, la valoración individual del paciente mediante una buena exploración neurológica y escalas de valoración funcional, que nos permitan cuantificar la discapacidad y la eficacia del tratamiento rehabilitador <sup>74</sup>

## 1.10 TRATAMIENTO REHABILITADOR DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

Como consecuencia de la afectación motora de un hemicuerpo secundaria a la enfermedad cerebrovascular se altera el balance muscular del miembro inferior y esto repercute en la bipedestación y en la marcha, que es primordial para conseguir la independencia en las actividades de la vida diaria.

En general la mayoría de los pacientes que realizan la bipedestación y transferencias de forma segura recuperan la deambulación, y algunos de ellos requerirán de una ayuda técnica como los bastones o el andador. Pero el 20-25% de los pacientes a los 6 meses son incapaces de caminar sin asistencia física y requerirán del uso de la silla de ruedas.

En general los pacientes se someterán a un trabajo intenso y progresivo orientado a tareas, pero adaptado al paciente con el objetivo de mejorar las transferencias y la movilidad (grado de recomendación A).<sup>75</sup>

### A) Entrenamiento del miembro inferior para la marcha:

En los pacientes con una afectación leve- moderada de la función del miembro inferior se realizará un entrenamiento de la fuerza muscular, mediante ejercicios globales o cinesiterapia analítica. El aumento de la fuerza se asocia con una mejoría de la velocidad de marcha, siendo la fuerza de los cuádriceps elementales para la estabilidad dinámica durante la fase de apoyo. Además, debemos potenciar: el glúteo mayor y mediano, los isquiotibiales, el tríceps sural y el tibial anterior, fundamentales para el soporte, el equilibrio y las funciones propulsoras durante la fase de apoyo. Los abductores y los aductores son los principales controladores del movimiento lateral de la masa corporal.<sup>75</sup>

La rehabilitación se dirigirá a la realización de tareas específicas para mejorar las transferencias de sedestación a bipedestación, la distancia y la velocidad de marcha. Existen diferentes combinaciones en cuanto a técnicas de rehabilitación de la marcha, como el uso de cinta rodante y otras posibilidades:

#### -Cinta andadora con BWS vs terapia física general:

La combinación de terapia física y cinta rodante con BWS proporciona un beneficio sustancial frente a solo la terapia física convencional en la mejora de la velocidad de la marcha en pacientes con ictus crónico.<sup>76</sup>

#### -Cinta rodante con BWS vs caminar por superficie:

Los sistemas robóticos electromecánicos no deberían sustituir a la reeducación de la marcha convencional, salvo en aquellos pacientes en que ésta no es posible. En pacientes con ictus que eran capaces de mantenerse sentados durante cinco minutos pero no podían caminar, la utilización del Lokomat® o Gait-trainer asociados a la fisioterapia convencional mejora las categorías de marcha funcional en el 60% de los pacientes, frente al tratamiento solo con la fisioterapia convencional, que solo lo logra en el 26% de los pacientes. La introducción

precoz de una rehabilitación efectiva mejora notablemente la capacidad de marcha, ayudando a los pacientes a incrementar su categoría de marcha comunitaria limitada a marcha comunitaria completa, según el 10MWT test.<sup>7778</sup>

-Cinta rodante con BWS vs cinta rodante sin BWS:

Existe una mejoría en la velocidad y distancia de la marcha, dejando clara la superioridad de la cinta andadora con BWS.<sup>79</sup>

-Electroestimulación funcional (FES):

La FES del miembro inferior afecto, mejora la fuerza y la deambulacion de estos pacientes, aunque el efecto no se mantiene en el tiempo. Y recientemente el uso de neuroprótesis con electrodos implantados en la musculatura de cadera, rodilla y tobillo, mejora la marcha de los pacientes con ictus.

La estimulación auditiva rítmica también mejorará la calidad de la deambulacion, mediante una mejoría de la velocidad, cadencia, longitud de zancada y simetría de la marcha.

-Realidad Virtual:

La realidad virtual puede ser de ayuda en la recuperacion funcional, destacando en la mejora en el campo de las actividades de la vida diaria, así como en la imaginaria mental e inmersividad en la rehabilitacion de la marcha.<sup>80</sup>

**B) Reeducación del equilibrio:**

Los trastornos del equilibrio en los pacientes con ictus se deben a:

-Una reduccion del control motor del miembro inferior afecto y del tronco.

-Una alteracion de la sensibilidad del hemicuerpo dañado y a un trastorno de la percepcion que dificulta el mantenimiento de la postura.

Como consecuencia se afecta la propulsión durante el inicio de la marcha, así como la flexión de cadera y rodilla durante la fase de balanceo y la estabilidad durante la fase de apoyo. Esto reduce la confianza del paciente y aumenta el riesgo de caídas, disminuyendo su actividad física y aislándolo socialmente, lo que afecta a su independencia.

Los tratamientos empleados para mejorar el equilibrio no han demostrado una evidencia clara en los pacientes con enfermedad cerebrovascular, pero los más recomendados serían:

-El biofeedback mediante plataformas de fuerza, que aportan al paciente un feedback para la realizacion de ejercicios de equilibrio.

-La hidrocinesiterapia, que permite la realizacion de ejercicios sin riesgo de caídas y en descarga.<sup>75</sup>

-Las bicicletas estáticas, para mejorar la coordinación y la marcha en cinta rodante con descarga de peso corporal.

### C) **Entrenamiento aeróbico:**

Para conseguir que los pacientes realicen la deambulación y la actividad física sin agotarse es fundamental el reacondicionamiento físico, para lo cual, todos los pacientes clínicamente estables deberían ser valorados médicamente para la realización de ejercicios aeróbicos.<sup>81</sup>

Si la intensidad de los programas de ejercicios es ligera (menos de un 40-45% de la frecuencia cardíaca máxima), la realización de un test clínico submáximo, como el test de los 6 metros de marcha (6MWT) podría ser suficiente para evaluar la preparación para el entrenamiento aeróbico.

Los pacientes que sean candidatos, realizarán un programa individual adaptado de entrenamiento, que implique a los grandes grupos musculares, incorporándolo dentro del programa integral de rehabilitación del ictus para mejorar la resistencia cardiovascular.

La evidencia disponible nos indica que el ejercicio aeróbico es positivo para la rehabilitación del equilibrio en pacientes con ictus crónico subagudo con hemiparesia. También nos aporta que la duración del ejercicio debe ser entre 20 minutos y 1 hora de 3 a 4 días por semana en un rango de tiempo de entre 6 a 12 semanas. Se recomienda durante el mismo, la monitorización de la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Para el mantenimiento a largo plazo de los efectos beneficiosos del ejercicio, se debería planificar un programa para que el paciente lo realice en su domicilio o en la comunidad.<sup>81</sup>

En este trabajo nos vamos a centrar en la eficacia de los sistemas robotizados como terapia rehabilitadora de la marcha y equilibrio. Destacamos el Lokomat en el que profundizaremos más adelante.

## **2. OBJETIVO**

El objetivo será evaluar en la bibliografía disponible la eficacia de la reeducación de la marcha mediante el uso de sistemas robotizados con carga parcial en cinta rodante en pacientes con ictus

## **3. DISEÑO Y FUENTE DE DATOS**

En cuanto a diseño y fuentes de datos, el trabajo consiste en una revisión sistemática cualitativa. Se realizó una búsqueda en PUBMED de enero de 2000 a octubre de 2020.

Los criterios de inclusión/exclusión permitieron seleccionar estudios realizados en humanos que estudiaran la eficacia de la reeducación de la marcha mediante sistemas robotizados.

Para establecer los términos de búsqueda se buscaron en las bases de datos citadas los siguientes términos meSH:

(gait AND rehabilitation AND stroke) AND (bodyweight OR lokomat)

Una vez definidos, se combinaron los términos de búsqueda relacionados con la rehabilitación de la marcha con los términos que representaban a la población estudiada (stroke) a través del uso de los operadores booleanos AND y OR.

En esta estrategia de búsqueda se introdujeron los siguientes límites:

- Estudios de investigación, independientemente de su diseño.
- Publicados entre enero de 2010 y octubre 2020.
- Realizados sólo en seres humanos.
- Escritos en inglés y/o español.

Se incluyeron aquellos ensayos clínicos que estaban disponibles a texto completo y que estudiaban a sujetos con secuelas de ictus tanto en fase aguda-subaguda como crónica.

Se examinaron los títulos y resúmenes pertinentes, y se obtuvieron y evaluaron los textos completos de todos los estudios relevantes para su inclusión.

También se revisó la bibliografía de estos artículos por si hubiese algún estudio adicional que no fuese identificado con la estrategia de búsqueda inicial.

Se seleccionaron todos los estudios con pacientes adultos de más de 18 años, con secuelas de accidente cerebrovascular y cuyo objetivo era evaluar el efecto de la reeducación de la marcha asistida robóticamente.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Estudios que hayan utilizado conjuntamente distintas técnicas de rehabilitación de forma simultánea.
- Estudios en los que el grupo control no realizara ningún tipo de tratamiento o bien el tratamiento que recibían no incluía la marcha sobre el suelo.
- Estudios que hayan evaluado pacientes sin accidente cerebrovascular.
- Estudios que utilicen poblaciones con un diagnóstico mixto (p. ej. Lesión medular Parálisis cerebral infantil e ICTUS) y no se haya separado el resultado.
- Estudios que se centren exclusivamente en la actividad electromiográfica o funcionamiento cardiorrespiratorio.
- Estudios en animales o niños.

El rigor y la calidad metodológica de los estudios fueron valoradas mediante dos escalas diferentes. Todos los ensayos clínicos aleatorizados (ECA) que cumplieron los criterios de inclusión fueron evaluados usando la escala de Physiotherapy Evidence Database PEDro<sup>82</sup>, que consta de 11 ítems. La puntuación máxima de esta escala es de 10, identificando con las puntuaciones más altas a los estudios de mayor calidad metodológica. Las puntuaciones se dividen en cuatro categorías cualitativas: excelente 9-10, bueno 6-8, regular 4-5 y pobre <4.

Cada estudio fue examinado independientemente, usando la escala apropiada. Se extrajeron los datos y se proporcionó una descripción detallada de cada estudio. Se realizaron varias tablas para estandarizar y registrar los siguientes datos: tipo de estudio, si tiene grupo control, calificación de ECA según la escala PEDro, tamaño de la muestra, tipo de ictus, tiempo transcurrido desde el accidente cerebrovascular, sexo, dispositivo robotizado utilizado, duración de la sesión, frecuencia semanal y el número total de sesiones de tratamiento, resultados medidos y el pre y post de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

La mejora funcional en la marcha se evaluó con los subsiguientes parámetros:

- Test de la marcha de 10 metros (10MWT)<sup>83</sup>
- Test de la marcha de 6 minutos (6MWT)<sup>83</sup>
- Timed Up & Go Test (TUG)<sup>84</sup>
- Modified Emory Functional Ambulation Profile (mEFAP)<sup>85</sup>
- Functional Ambulation Categories (FAC)<sup>86</sup>

-Rivermead Mobility Index (RMI)<sup>87</sup>

-Hochzirl Walking Aids Profile (H-WAP)<sup>88</sup>

-Activities-Specific Balance Confidence (ABC)<sup>89</sup>

El 10MWT es un test funcional que mide la velocidad de la marcha de forma estandarizada. En esta prueba se mide el tiempo en segundos que le toma al paciente caminar 10 metros, con la posibilidad de usar ayudas técnicas o asistencia.

El 6MWT mide la distancia en metros que puede recorrer nuestro paciente en 6 minutos, poniendo en manifiesto el global de la capacidad de la marcha en conjunto con la función cardiorrespiratoria, control motor, así como la competencia muscular.

El TUG es una medida funcional de la movilidad, creada inicialmente para identificar problemas en ancianos. La prueba requiere que el sujeto se levante de una silla, camine 3 metros, a una velocidad confortable, hasta una marca en el suelo, y realice el proceso a la inversa hasta volver a la silla. La medida fundamental es el tiempo.

El mEFAP es una prueba de aplicación fácil, que mide el tiempo que tarda nuestro paciente en deambular a través de cinco terrenos similares a los ambientes comunes, usando o no dispositivos de ayuda o asistencia manual.

La FAC, es una prueba de marcha funcional que evalúa la capacidad de deambulación. Esta escala de 6 puntos evalúa el estado de la deambulación determinando la cantidad de apoyo humano que el paciente necesita al caminar, independientemente de si utiliza o no un dispositivo de asistencia personal.

El Índice de Movilidad de Rivermead evalúa la movilidad funcional en la marcha, el equilibrio y las transferencias después del ictus.

La H-WAP, es una escala ordinal que consta de 7 pasos y valora la cantidad de asistencia terapéutica y ayudas para caminar que necesita el paciente.

Por último, la escala ABC consta de 16 ítems y se utiliza para evaluar la confianza en el equilibrio de los pacientes clasificando su nivel de confianza en una escala de 0% (sin confianza) a 100% (confianza total) cuando realizaban actividades como subir escaleras, alcanzar por encima de la cabeza y caminar sobre diferentes superficies.

Tras introducir las palabras clave en la base de datos PUBMED, la búsqueda aporta 107 estudios potencialmente útiles. Una vez aplicados los criterios de búsqueda anteriormente expuestos, el resultado se acotó a 33 estudios que han sido revisados exhaustivamente para determinar su validez en este trabajo. Al leer detenidamente los resúmenes, 15 de los artículos anteriormente seleccionados no cumplían los criterios establecidos, siendo excluidos. Los 18 artículos restantes se seleccionaron para una lectura completa. Tras leer detenidamente los artículos, se excluyeron 10, quedando finalmente 8, que serán los incluidos en esta revisión.

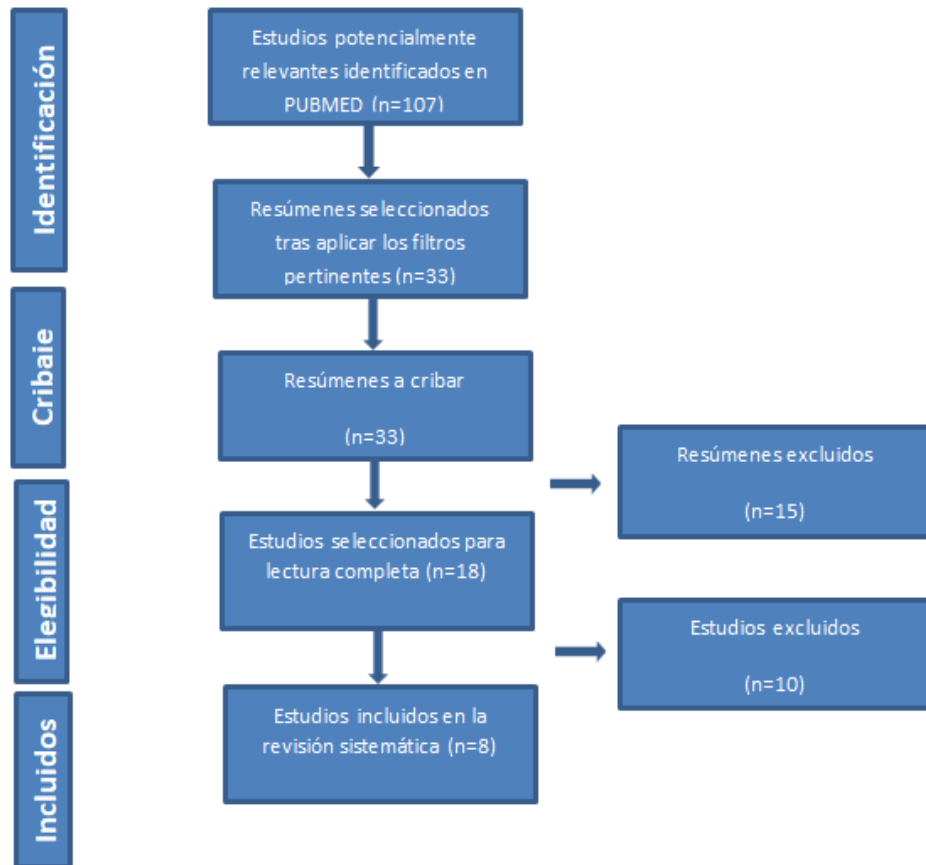


Figura 3. Diagrama de flujo mostrando el proceso de selección de artículos de la revisión sistemática

**Tabla I. Descripción de los artículos incluidos en la revisión sistemática.**

Artículos	Revista	Tipo de estudio	Grupo control	PEDro
Husemann et al. <sup>90</sup> 2007	AHA	ECA	Si	8
Hidler et al. <sup>91</sup> 2009	American Society of Neurorehabilitation	ECA	Si	8
Schwartz et al. <sup>92</sup> 2009	PM&R	ECA	Si	8
Kelley et al. <sup>93</sup> 2013	Disability and Rehabilitation Assistive Technology	ECA	Si	9
Uçar et al. <sup>94</sup> 2014	Neurorehabilitation	ECA	Si	9
Bang et al. <sup>95</sup> 2016	Neurorehabilitation	ECA	Si	10
Mayr et al. <sup>96</sup> 2018	European Journal of Physical and Rehabilitation	ECA	Si	9
Kim et al. <sup>97</sup> 2020	Scientific Report	ECA	Si	8

## 4. RESULTADOS

Los 8 artículos analizados finalmente incluyen a 322 pacientes. La media de edad se encontró en 60.28 años con una proporción de 65% de varones frente a un 35% de mujeres. El sistema robotizado más utilizado en el grupo de tratamiento fue el Lokomat, presente en 7 de los 8 artículos a estudio (87,5%) frente a un artículo que no especifica el tipo de sistema robotizado (12,5%). En el grupo control, la terapia física convencional fue el tratamiento más repetido encontrándose en 4 de los 8 artículos (50%), seguido de terapias de marcha sobre suelo (25%) y dispositivos con soporte parcial de peso sobre cinta rodante (25%).

**Tabla II. Análisis de la muestra según dispositivo, tamaño, sexo y edad.**

Artículos	Dispositivo	Tamaño muestral	Sexo		Edad
			Hombre	Mujer	
Husemann et al. <sup>90</sup> 2007	Lokomat	N=16	21	9	58.5
	vs. Conventional therapy	N=14			
Hidler et al. <sup>91</sup> 2009	Lokomat	N=33	39	24	61.7
	vs. Conventional therapy	N=30			
Schwartz et al. <sup>92</sup> 2009	Lokomat	N=37	41	26	63.5
	vs. Conventional therapy	N=30			
Kelley et al. <sup>93</sup> 2013	Lokomat	N=11	13	7	65.75
	vs. Overground gait training	N=9			
Uçar et al. <sup>94</sup> 2014	Lokomat	N=11	22	0	58.85
	vs. Conventional therapy	N=11			
Bang et al. <sup>95</sup> 2016	Lokomat	N=9	9	9	53.615
	vs. Treadmill gait training	N=9			
Mayr et al. <sup>96</sup> 2018	Lokomat	N=37	41	33	67.1
	vs. Overground gait training	N=37			
Kim et al. <sup>97</sup> 2020	e-RAGT	N=14	23	5	53.2
	vs. BWS	N=14			

**Tabla III. Análisis de la muestra según tipo de ictus, tiempo desde el ictus y lado de la lesión.**

Artículo	Tipo de ictus	Tiempo desde el ictus	Lado de la lesión
Schwartz et al. <sup>92</sup> 2009	<b>G1:</b> -23 isquémicos. -14 hemorrágicos. <b>G2:</b> -26 isquémicos. -4 hemorrágicos.	<b>G1:</b> 21,6 días. <b>G2:</b> 23,6 días.	<b>G1:</b> 17 izquierdos 20 derechos. <b>G2:</b> 8 izquierdos 22 derechos.
Mayr et al. <sup>96</sup> 2018	74 isquémicos. (100%)	<b>G1:</b> 5 semanas <b>G2:</b> 4 semanas	<b>G1:</b> 17 izquierdos 20 derechos. <b>G2:</b> 21 izquierdos 16 derechos.
Husemann et al. <sup>90</sup> 2007	<b>G1:</b> -12 isquémicos. -4 hemorrágicos. <b>G2:</b> -10 isquémicos. -4 hemorrágicos.	<b>G1:</b> 79 días. <b>G2:</b> 89 días.	<b>G1:</b> 4 izquierdos 12 derechos. <b>G2:</b> 3 izquierdos 11 derechos.
Hidler et al. <sup>91</sup> 2009	<b>G1:</b> -26 isquémicos. -7 hemorrágicos. <b>G2:</b> -21 isquémicos. -9 hemorrágicos.	<b>G1:</b> 110,9 días. <b>G2:</b> 138,9 días.	<b>G1:</b> 22 izquierdos 11 derechos. <b>G2:</b> 13 izquierdos 17 derechos.
Kim et al. <sup>97</sup> 2020	<b>G1:</b> -8 isquémicos. -6 hemorrágicos. <b>G2:</b> -9 isquémicos. -5 hemorrágicos.	<b>G1:</b> 6,14 meses. <b>G2:</b> 5,79 meses.	<b>G1:</b> 6 izquierdos 8 derechos. <b>G2:</b> 10 izquierdos 4 derechos.
Bang et al. <sup>95</sup> 2016	<b>G1:</b> -7 isquémicos. -2 hemorrágicos. <b>G2:</b> -6 isquémicos. -3 hemorrágicos.	<b>G1:</b> 11,56 meses. <b>G2:</b> 12,56 meses.	<b>G1:</b> 4 izquierdos 5 derechos. <b>G2:</b> 4 izquierdos 5 derechos.
Uçar et al. <sup>94</sup> 2014	<b>G1:</b> -10 isquémicos. -2 hemorrágicos. <b>G2:</b> -9 isquémicos. -2 hemorrágicos.	>12 meses.	-
Kelley et al. <sup>93</sup> 2013	-	<b>G1:</b> 3,71 años. <b>G2:</b> 1,44 años.	8 izquierdos. 12 derechos.

El lado predominantemente afecto en el ictus fue el derecho con 163 pacientes (50,63%) frente al izquierdo (42,54%), quedando sin determinar 22 (6,83%). El tiempo desde el ictus fue variable, abarcando desde 21,6 días a 3,71 años. Y como podemos observar finalmente en la tabla 3, la etiología más frecuente de ictus fue el isquémico (74,9%), frente al hemorrágico (19,2%) mientras que en el 5,9% no se especificó el subtipo.

En la tabla 4 encontramos de forma sintetizada la estructuración del entrenamiento realizado, así como una serie de parámetros medidos para evaluar la posible mejora en la marcha.

El número de sesiones varía desde 10<sup>94</sup> a 40<sup>909396</sup>, siendo la media redondeada de 27 sesiones. La duración de cada sesión abarcó entre 30 minutos<sup>929497</sup> y 2 horas<sup>96</sup>, siendo la duración media de 60 minutos. La frecuencia semanal osciló entre 3 días<sup>9192</sup> y 5 días por semana<sup>93-97</sup>, con una duración total de entre 2 y 10 semanas.

Los parámetros principalmente medidos en los estudios seleccionados fueron el 10MWT (m/s) el Timed Up and Go test, el 6MWT y el mEFAP, siendo el parámetro más evaluado el 10MWT, presente en 7 de los 8 artículos a estudio. El siguiente parámetro más utilizado fue el TUG, presente en 3 de los 8, y el menos utilizado fue el mEFAP, que solo fue evaluado en 1 de los artículos pertinentes.

Tras el análisis detallado de los valores del 10MWT, observamos una variabilidad en la mejoría entre un 0% en el estudio de Kelley et al,<sup>93</sup> frente a un 30% en el de Husemann et al,<sup>90</sup> con una mejoría media del 18,3% en el grupo de tratamiento con sistemas robotizados, encontrando una mayor mejoría en los pacientes subagudos como en los estudios de Hidler et al,<sup>91</sup> y Husemann et al,<sup>90</sup> frente a los crónicos como el estudio de Kelley et al,<sup>93</sup> y Kim et al.<sup>97</sup> En el grupo control, la mejoría de este parámetro varía entre un 3,38%, en el estudio de Uçar et al,<sup>94</sup> y un 41,6%, en el estudio de Hidler et al.<sup>91</sup> La mejoría media fue de un 25,76%.

En cuanto a la mejora en distancias recorridas, medidas con el 6MWT, nos encontramos con Kelley et al,<sup>93</sup> 53,94-57,02 metros (incremento del 5,4%) en el grupo de tratamiento frente a 48,77-70,26 metros (30,5%) en el grupo control. Hidler et al,<sup>91</sup> 387,8-552,4 metros (29,79%) frente a 440,7-714,7 metros (38,33%), en el grupo de tratamiento y control respectivamente, observando un incremento mayor en ambos grupos control.

La mejoría en los parámetros medidos fue razonablemente superior tanto en los grupos de tratamiento como en los grupos control de los ictus subagudos, siendo la mejoría media del 32,56% en el grupo de tratamiento y 41,9% en el grupo control, frente al ictus crónico, cuya mejoría media fue del 13,44% en el grupo de tratamiento y del 18,25% en el grupo control.

**Tabla IV. Resumen descriptivo del entrenamiento y parámetros de interés a evaluar.**

<b>Artículo</b>	<b>Sesión</b>	<b>10 MWT (m/s)</b>	<b>mEFAP</b>	<b>TUG</b>	<b>6 MWD (m)</b>
Schwartz et al. <sup>92</sup> 2009	18 sesiones, 6 semanas, 30 minutos, 3 días/semana.	32	-	30	-
		27		29	
Mayr et al. <sup>96</sup> 2018	40 sesiones, 8 semanas, 2 horas, 5 días/semana.	-	<b>G1:</b> -145 (41,6%) <b>G2:</b> -151 (44,15%)	-	-
Husemann et al. <sup>90</sup> 2007	40 sesiones, 4-5 semanas, 1 hora.	<b>G1:</b> 0,14-0,20 (30%) <b>G2:</b> 0,12-0,20 (40%)	-	-	-
Hidler et al. <sup>91</sup> 2009	24 sesiones, 8-10 semanas, 1,5 horas, 3 días/semana.	<b>G1:</b> 0,34-0,46 (26,08%) <b>G2:</b> 0,35-0,60 (41,6%)	-	-	<b>G1:</b> 387,8-552,4 (29,79%) <b>G2:</b> 440,7-714,7 (38,33%)
Kim et al. <sup>97</sup> 2020	20 sesiones, 4 semanas, 30 minutos, 5 días/semana.	<b>G1:</b> 0,32-0,35 (8,57%) <b>G2:</b> 0,32-0,40 (20%)	-	<b>G1:</b> 43,9-35,18 (19,8%) <b>G2:</b> 40,43-32,14 (20,5%)	-
Bang et al. <sup>95</sup> 2016	20 sesiones, 4 semanas, 1 hora, 5 días/semana.	<b>G1:</b> 0,48-0,64 (25%) <b>G2:</b> 0,46-0,55 (16,3%)	-	-	-
Uçar et al. <sup>94</sup> 2014	10 sesiones, 2 semanas, 30 minutos, 5 días/semana.	<b>G1:</b> 0,75-0,94 (20,2%) <b>G2:</b> 0,57-0,59 (3,38%)	-	<b>G1:</b> 14,2-12,2 (14,08%) <b>G2:</b> 17,1-16,3 (4,67%)	-
Kelley et al. <sup>93</sup> 2013	40 sesiones, 8 semanas, 1 hora, 5 días/semana.	<b>G1:</b> 0,20-0,20 (0%) <b>G2:</b> 0,18-0,27 (33,33%)	-	-	-

En cuanto a calidad y funcionalidad en la marcha, en el estudio de Schwartz et al realizado en 2009,<sup>92</sup> se mide esta variable con la escala FAC. Al inicio del estudio nos encontrábamos con una mediana de puntuación de 0 en esta escala, y con todos menos 2 pacientes asignados en el grupo control con una FAC de 3 o menos. Al finalizar las 6 semanas de tratamiento, 20 de los 37 pacientes del grupo asignado al Lokomat alcanzó una puntuación mayor o igual a 3 comparado con el grupo control, en el que solo alcanzaron esta puntuación 8 de 28 pacientes.

Husemann et al,<sup>90</sup> también usó la escala FAC, encontrando igualdad entre los grupos de tratamiento y control al inicio (puntuación de 0), y obteniendo ambos una mejora estadísticamente significativa en la puntuación, pero sin observar diferencias entre ambos grupos al final del estudio (puntuación de 1 con un intervalo de -3 a +3)

Hidler et al,<sup>91</sup> tampoco encontró diferencias estadísticamente significativas con respecto a la FAC entre los grupos de tratamiento y control, obteniendo también una mejora en la puntuación de esta escala para ambos grupos. Así pues, al inicio del estudio los grupos de tratamiento y control tuvieron una media de 3.3 y 3.7 respectivamente, obteniendo una mejora de 0.7 en los dos grupos al finalizar el estudio.

En el estudio realizado por Mayr et al, en 2018,<sup>96</sup> se midieron estas variables a través de la escala Rivermead Motor Index (RMI) y de la escala Hochzirl Walking Aids Profile (H-WAP) no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento y control al finalizar el estudio.

Bang et al,<sup>95</sup> a través de la escala ABC midió la confianza en el equilibrio mostrando diferencias estadísticamente significativas entre el grupo asignado a Lokomat y el grupo control, con una mejora de 23,38% y 13,33% respectivamente.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El ictus es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en España. Como hemos comentado anteriormente, se estima que en un periodo de tres meses aproximadamente un 20% necesitará silla de ruedas y un 60% tendrá la marcha limitada.

El objetivo de esta revisión sistemática consiste en evaluar la eficacia de la reeducación de la marcha mediante el uso de sistemas robotizados con carga parcial en cinta rodante en pacientes con ictus.

El trabajo consta de 8 artículos, todos ellos ECA, con una calidad metodológica media de 8,625 según la escala PEDro, colocándose así en la categoría de calidad metodológica “buena”. Sin embargo, cabe mencionar que los parámetros a evaluar de forma conjunta en todos los artículos son escasos, destacando el 10MWT, así como el bajo número tanto de pacientes como de artículos incluidos en la revisión. Todo ello puede ser explicado debido al alto coste en la adquisición y utilización de los sistemas robotizados, como el Lokomat, presente en esta revisión, los problemas acaecidos en la formación de grupos de pacientes de características similares, además del conflicto ético derivado de la limitación en el tratamiento de dicha patología.

Como hemos destacado anteriormente, las variables a tener en cuenta al interpretar los resultados son: el tipo de ictus, el tiempo de evolución desde el ictus, el lado de la lesión, la edad y el sexo, todas ellas recogidas en las tablas II y III. Asimismo, el número de sesiones, la duración y la frecuencia de las mismas, recogido en la tabla 4. Una de las más determinantes es el **tiempo** de evolución, que como hemos visto influye de forma decisiva en el devenir de la reeducación de la marcha, mostrando una mejoría significativa los pacientes que iniciaron la rehabilitación en fase subaguda (entre 2 semanas y 6 meses)<sup>90-92,96</sup> frente a los que iniciaron la terapia en fase crónica (>6 meses)<sup>93-95</sup>, independientemente del grupo asignado (tratamiento o control).

En la introducción se ha intentado disertar acerca de una serie de conceptos clave en relación con la reeducación de la marcha y la neurofisiología de la misma. El primero de estos conceptos es la neuroplasticidad. Bajo esta premisa y la de los automatismos de los centros generadores de patrones, entendemos la capacidad de mejora en la reeducación de marcha, así como la funcionalidad en general de los pacientes con ictus.

El estudio con mayor calidad metodológica fue el llevado a cabo por Bang et al,<sup>95</sup> cuya puntuación en la escala PEDro fue de 10 sobre 11. Sin embargo, una de sus mayores limitaciones corresponde con su bajo tamaño muestral, con una n=18. Este estudio tiene como objetivo comparar los efectos del uso de sistemas robotizados frente al uso de cinta rodante para la rehabilitación de la marcha, en pacientes con ictus crónicos (>6meses), siendo medidos parámetros como la velocidad, la cadencia, la longitud del paso etc. Así pues, comparando el grupo de tratamiento (n=9), que usaría los sistemas robotizados, frente al

grupo control (n=9), se observó una mejora en la habilidad de la marcha en el grupo de tratamiento que podría ser explicada por la mayor tolerancia a marcha terapéutica al no tener miedo durante el entrenamiento a posibles caídas así como al mayor número de pasos intentados por esta misma razón.

Los resultados obtenidos en el estudio anterior difieren con respecto a otros de los estudios que aquí se presentan, sobre todo aquellos cuyos pacientes se encuentran en una fase más subaguda del ictus, como pueden ser los estudios de Hidler et al,<sup>91</sup> y Husemann et al.<sup>90</sup> Estos estudios nos muestran en sus resultados una clara mejoría en los pacientes asignados al grupo control, usando la terapia física convencional. Esto podría deberse a que al encontrarse estos pacientes en una fase subaguda de la enfermedad, mostraron una recuperación rápida de forma natural, pudiendo ser un factor de confusión aquellos pacientes con ictus de menos de 6 meses de evolución.

El estudio llevado a cabo por Mayr et al,<sup>96</sup> que comprende un total de 74 pacientes y compara el uso de sistemas robotizados (Lokomat) frente a la rehabilitación mediante marcha sobre suelo, también abarca pacientes con ictus subagudo. En sus resultados parece no encontrar diferencias significativas entre ambos grupos, midiendo como principal parámetro el modified Emory Functional Ambulation Profile (mEFAP). Sin embargo, podemos observar una mejora estadísticamente significativa en este parámetro para ambos grupos, con una  $p < 0,001$ .

En el estudio elaborado por Ucar et al,<sup>94</sup> en el que se compara el uso de Lokomat frente a terapia física convencional en pacientes con ictus crónico, se observa una gran mejoría en el grupo que utilizó Lokomat, pudiéndose deber este cambio a la mejora en la simetría, en el control de la postura y facilitando el intercambio de peso de una extremidad a otra durante la realización del ejercicio. La mejora en los parámetros fue estadísticamente significativa en el grupo de tratamiento (Lokomat) frente al grupo control, con una  $p < 0,035$  y  $p < 0,011$  respectivamente en cuanto al TUG, y con una  $p < 0,007$  y  $p < 0,001$  respectivamente en cuanto al 10MWT.

Por el contrario, el estudio realizado por Hidler et al,<sup>91</sup> ya nombrado con anterioridad, difiere con este último estudio, pues sus resultados reflejan que a pesar de que ambos grupos refieren una marcada mejoría, el grupo control, que usó terapia convencional, progresó un 15,52% más. Según este estudio, esto puede deberse a varias razones, como la restricción en la movilidad pélvica y del tronco provocada por los sistemas robotizados como el Lokomat, pudiendo afectar la propulsión muscular y la estabilidad medial/lateral que se requiere durante la deambulación. Otra de las razones mencionadas fue la restricción en la movilidad del miembro superior, que, aunque los datos son insuficientes para afirmar que afecta la actividad y/o la recuperación del miembro inferior, parece guardar cierta relación. Por último, otra de las limitaciones fue la velocidad tope del dispositivo robótico, siendo esta 0,83m/s, pudiendo llegar a limitar el progreso de ciertos pacientes con mayor potencial de recuperación.

Con características y resultados similares, nos encontramos con el estudio llevado a cabo por Husemann et al,<sup>90</sup> que comparó a los grupos de tratamiento y control, asignados a Lokomat y terapia física convencional respectivamente. Como en el estudio de Hidler et al,<sup>91</sup> sus pacientes también se encuentran en una fase subaguda del ictus con 79 y 89 días de evolución respectivamente, aportando como resultados un mayor incremento en el grupo control con respecto al grupo asignado a Lokomat (40% vs 30%).

También en pacientes con ictus en fase subaguda lleva a cabo su estudio Schwartz et al,<sup>92</sup> no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

El estudio realizado por Kim et al,<sup>97</sup> nos presenta dos grupos en el limbo del límite establecido entre ictus subagudos y crónicos, con 6,14 meses en el grupo de tratamiento y 5,79 meses en el grupo control. Además es el único que no especifica el tipo de sistema robotizado a utilizar. Como resultados nos arroja un mayor grado de mejoría en el grupo control con un 20% frente al 8,57% del grupo asignado a sistemas robotizados.

Kelley et al,<sup>93</sup> nos muestra en su estudio grupos muy dispares en cuanto a tiempo de evolución del ictus, teniendo el grupo asignado a Lokomat una media de 3,71 años desde el ictus frente a los 1,44 años del grupo control. Esto podría explicar el mayor grado de mejoría en este último grupo con un 33,33% frente al 0% del grupo de tratamiento.

En cuestión de funcionalidad, los estudios de Schwartz et al,<sup>92</sup> y Bang et al,<sup>95</sup> según la escala FAC y ABC respectivamente, encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en favor del grupo asignado a Lokomat, sin embargo estudios como el de Husemann et al,<sup>90</sup> Hidler et al,<sup>91</sup> y Mayr et al,<sup>96</sup> no encontraron diferencias, mostrándonos así resultados dispares entre estudios en lo relativo a funcionalidad.

Con respecto a los protocolos de tratamiento, como vemos en la tabla IV, son muy diversos, tanto en tiempos (entre 2 y 10 semanas) como en número y duración de las sesiones (entre 10 y 40 sesiones de entre 30 minutos y 2 horas), al no haber una evidencia clara acerca de la duración, tiempo y número total de sesiones en el entrenamiento rehabilitador de la marcha, necesitando pues, futuros estudios que determinen las pautas óptimas.

Como conclusión, con los estudios disponibles en esta revisión, el empleo de terapia robótica que permite un entrenamiento precoz y una aplicación intensa, tanto en estadios agudos como crónicos, sugieren que la utilización de dispositivos robóticos no es claramente mejor que la terapia convencional, aunque las recomendaciones actuales sugieren que el entrenamiento robótico, debe complementar, y no reemplazar, los tratamientos de rehabilitación de la marcha y terapias físicas no robóticas.

El entrenamiento de la marcha altamente intensivo, específico para tareas y repetitivo después del accidente cerebrovascular, como se presupone que son los sistemas robóticos de la marcha, estimula la restauración de las habilidades motoras y, en consecuencia, normaliza el patrón de movimiento de la marcha a través de la neuroplasticidad. Sin embargo, esto no ha sido investigado a fondo y los mecanismos subyacentes a ganancias funcionales logrados a

través de los dispositivos robóticos de marcha en individuos después de un accidente cerebrovascular todavía no se conocen bien.

Seguramente deberemos evaluar los resultados desde varias perspectivas para identificar respondedores y no respondedores a terapia robótica, (por ejemplo, el impacto de dispositivos robóticos en relación con las diferentes fases del ictus, los diferentes niveles de gravedad de las deficiencias...), pero la heterogeneidad de las muestras no nos permiten dar datos de certeza

Actualmente siguen siendo pocos los centros de neurorrehabilitación que disponen de sistemas robotizados con carga parcial sobre cinta rodante, debido a los elevados costes económicos. La evidencia científica actual para el entrenamiento locomotor con estos dispositivos es muy reducida, pero proporciona una base para el enfoque de estudios futuros y tecnologías emergentes.

Este estudio presenta limitaciones. Dada la escasa disponibilidad de ensayos clínicos y meta-análisis sobre el tema propuesto, así como el reducido tamaño muestral, junto con la heterogeneidad de las muestras, hacen que sean necesarios más estudios de calidad., ya que no hay evidencias sobre el mejor tratamiento. Para obtener todo el potencial de esta nueva tecnología, es necesaria establecer protocolos seguros y efectivos que contengan el tiempo y número de sesiones óptimos, así como entender cómo estos dispositivos robóticos deberían combinarse, con otros métodos de rehabilitación. Seguramente haya consideraciones éticas importantes para poder realizar estudios ECAS con alta potencia metodológica.

La evidencia obtenida en esta revisión no permite asegurar que un tratamiento sea superior al resto, pero pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo un mayor número de ensayos clínicos, con un aumento de la evidencia científica y criterios más homogéneos

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Coupland AP, Thapar A, Qureshi MI, Jenkins H, Davies AH. The definition of stroke. *J R Soc Med.* 2017;110(1):9–12.
2. Amarenco P, Bogousslavsky J, Caplan LR, Donnan GA, Hennerici MG. Classification of stroke subtypes. *Cerebrovasc Dis.* 2009;27(5):493–501.
3. Díaz Guzmán J, Egido Herrero JA, Fuentes Gimeno B, Fernández Pérez C, Gabriel Sánchez R, Barberà G, et al. Incidencia de ictus en España: estudio Iberictus. Datos del estudio piloto. *Rev Neurol.* 2009;48(02):61.
4. Pistoia F, Sacco S, Degan D, Tiseo C, Ornello R, Carolei A. Hypertension and Stroke: Epidemiological Aspects and Clinical Evaluation. *High Blood Press Cardiovasc Prev.* 2016;23(1):9–18.
5. Cuspidi C, Tadic M, Grassi G, Mancia G. Treatment of hypertension: The ESH/ESC guidelines recommendations. *Pharmacol Res [Internet].* 2018;128:315–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phrs.2017.10.003>
6. Aronow WS. Managing hyperlipidaemia in the elderly: Special considerations for a population at high risk. *Drugs and Aging.* 2006;23(3):181–9.
7. Sacco RL, Adams R, Albers G, Alberts MJ, Benavente O, Furie K, et al. Guidelines for prevention of stroke in patients with ischemic stroke or transient ischemic attack: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association council on stroke - Co-sponsored by the council on . Vol. 37, *Stroke.* 2006. 577–617 p.
8. Castilla Guerra L, del Carmen Fernández Moreno M, López Chozas JM, Jiménez Hernández MD. Statins in stroke prevention: What an internist should know. *Eur J Intern Med.* 2008;19(1):8–14.
9. Castilla-Guerra L, Fernández-Moreno M del C, Álvarez-Suero J. Secondary stroke prevention in the elderly: New evidence in hypertension and hyperlipidemia. *Eur J Intern Med [Internet].* 2009;20(6):586–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejim.2009.06.005>
10. Afilalo J, Duque G, Steele R, Jukema JW, de Craen AJM, Eisenberg MJ. Statins for Secondary Prevention in Elderly Patients. A Hierarchical Bayesian Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51(1):37–45.
11. Chen R, Ovbiagele B, Feng W. Diabetes and Stroke: Epidemiology, Pathophysiology, Pharmaceuticals and Outcomes. *Am J Med Sci [Internet].* 2016;351(4):380–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjms.2016.01.011>
12. Pan B, Jin X, Jun L, Qiu S, Zheng Q, Pan M. The relationship between smoking and stroke A meta-analysis. *Med (United States).* 2019;98(12):1–8.

13. Guzik A, Bushnell C. Stroke Epidemiology and Risk Factor Management. *Contin Lifelong Learn Neurol*. 2017;23(1):15–39.
14. Kasner SE. Clinical interpretation and use of stroke scales. *Lancet Neurol*. 2006;5(7):603–12.
15. Kwah LK, Diong J. National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS). *J Physiother* [Internet]. 2014;60(1):61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2013.12.012>
16. Lyden P, Lu M, Jackson C, Marler J, Kothari R, Brott T, et al. Underlying structure of the National Institutes of Health stroke scale: Results of a factor analysis. *Stroke*. 1999;30(11):2347–54.
17. Meyer BC, Hemmen TM, Jackson CM, Lyden PD. Modified National Institutes of Health Stroke Scale for use in stroke clinical trials: Prospective reliability and validity. *Stroke*. 2002;33(5):1261–6.
18. Rundek T, Mast H, Hartmann A, Boden-Albala B, Lennihan L, Lin IF, et al. Predictors of resource use after acute hospitalization: The Northern Manhattan Stroke Study. *Neurology*. 2000;55(8):1180–7.
19. Adams HP, Davis PH, Leira EC, Chang K-C, Bendixen BH, Clarke WR, et al. Baseline NIH Stroke Scale score strongly predicts outcome after stroke. *Neurology* [Internet]. 1999 Jul 1;53(1):126 LP – 126. Available from: <http://n.neurology.org/content/53/1/126.abstract>
20. Goldstein LB, Samsa GP. Reliability of the National Institutes of Health Stroke Scale: Extension to non-neurologists in the context of a clinical trial. *Stroke*. 1997;28(2):307–10.
21. Schlegel D, Kolb SJ, Luciano JM, Tovar JM, Cucchiara BL, Liebeskind DS, et al. Utility of the NIH stroke scale as a predictor of hospital disposition. *Stroke*. 2003;34(1):134–7.
22. Collin C, Wade DT, Davies S, Horne V. The barthel ADL index: A reliability study. *Disabil Rehabil*. 1988;10(2):61–3.
23. Mahoney F, Barthel DW. Functional evaluation ; the Barthel index. A simple index of the independence useful in scoring improvement in the rehabilitation of the chronically ill. undefined. 1965;
24. Granger C V, Dewis LS, Peters NC, Sherwood CC, Barrett JE. Stroke rehabilitation: Analysis of repeated Barthel index measures. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 1979;60(1):14–7. Available from: <https://europepmc.org/article/med/420565>
25. New PW, Buchbinder R. Critical appraisal and review of the rankin scale and its derivatives. *Neuroepidemiology*. 2005;26(1):4–15.
26. Sulter G, Steen C, De Keyser J. Use of the Barthel Index and Modified Rankin Scale in acute stroke trials. *Stroke* [Internet]. 1999;30(8):1538–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10436097/>

27. Van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, Schouten H, Van Gijn J. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. *Stroke*. 1988;19(5):604–7.
28. Jennett B, Bond M. ASSESSMENT OF OUTCOME AFTER SEVERE BRAIN DAMAGE. A Practical Scale. *Lancet*. 1975;305(7905):480–4.
29. Jarchi D, Pope J, Lee TKM, Tamjidi L, Mirzaei A, Sanei S. A Review on Accelerometry-Based Gait Analysis and Emerging Clinical Applications. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2018;11(c):177–94.
30. Hernandez Herrero D, Pérez Salamanca L MAA. Manual Básico para residentes de Medicina Física y Rehabilitación. España: Enfoque Editorial SC; 2019.
31. Massion J. Movement, posture and equilibrium: Interaction and coordination. Vol. 38, *Progress in Neurobiology*. Pergamon; 1992. p. 35–56.
32. Brooks V. Neural Basis Of Motor Control Brooks [Internet]. Available from: [http://ftp.glennhowells.co.uk/SU\\_neural-basis-of-motor-control-brooks\\_I8aFALm5.pdf](http://ftp.glennhowells.co.uk/SU_neural-basis-of-motor-control-brooks_I8aFALm5.pdf)
33. Middleton FA, Strick PL. Basal ganglia and cerebellar loops: Motor and cognitive circuits. *Brain Res Rev*. 2000;31(2–3):236–50.
34. Takakusaki K, Shimoda N, Matsuyama K, Mori S. Discharge properties of medullary reticulospinal neurons during postural changes induced by intrapontine injections of carbachol, atropine and serotonin, and their functional linkages to hindlimb motoneurons in cats. *Exp Brain Res*. 1994;99(3):361–74.
35. Takakusaki K. Forebrain control of locomotor behaviors. *Brain Res Rev*. 2008;57(1):192–8.
36. Grillner S. Control of Locomotion in Bipeds, Tetrapods, and Fish. *Compr Physiol*. 2011;
37. Grillner S, Georgopoulos AP, Jordan LM. Selection and initiation of motor behavior BT - *Neurons, Networks and Motor Behavior*. *Neurons, Networks Mot Behav* [Internet]. 1997;3–19. Available from: [papers3://publication/uuid/D61F4D45-A92F-4427-B81C-F9870CAF5F00](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/100000000/)
38. Takakusaki K. Neurophysiology of gait: From the spinal cord to the frontal lobe. *Mov Disord*. 2013;28(11):1483–91.
39. Boothe DL, Cohen AH, Troyer TW. Phase Locking Asymmetries at Flexor-Extensor Transitions during Fictive Locomotion. *PLoS One*. 2013;8(5):1–7.
40. Takakusaki K, Kohyama J, Matsuyama K. Medullary reticulospinal tract mediating a generalized motor inhibition in cats: III. Functional organization of spinal interneurons in the lower lumbar segments. *Neuroscience*. 2003;121(3):731–46.
41. McCrea DA, Rybak IA. Organization of mammalian locomotor rhythm and pattern generation. *Brain Res Rev*. 2008;57(1):134–46.
42. Rossignol S, Dubuc R, Gossard JP. Dynamic sensorimotor interactions in locomotion.

- Physiol Rev. 2006;86(1):89–154.
43. Forssberg H. Stumbling corrective reaction: A phase-dependent compensatory reaction during locomotion. *J Neurophysiol.* 1979;42(4):936–53.
  44. Masdeu JC, Alampur U, Cavaliere R, Tavoulareas G. Astasia and gait failure with damage of the pontomesencephalic locomotor region. *Ann Neurol.* 1994;35(5):619–21.
  45. Bartels AL, Leenders KL. Brain imaging in patients with freezing of gait. *Mov Disord.* 2008;23(SUPPL. 2).
  46. Nutt JG, Marsden CD, Thompson PD. Human walking and higher-level gait disorders, particularly in the elderly. *Neurology.* 1993;43(2):268–79.
  47. Hanakawa T, Katsumi Y, Fukuyama H, Honda M, Hayashi T, Kimura J, et al. Mechanisms underlying gait disturbance in Parkinson's disease. A single photon emission computed tomography study. *Brain.* 1999;122(7):1271–82.
  48. Nutt JG, Bloem BR, Giladi N, Hallett M, Horak FB, Nieuwboer A. Freezing of gait: Moving forward on a mysterious clinical phenomenon. *Lancet Neurol [Internet].* 2011;10(8):734–44. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70143-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70143-0)
  49. Hanakawa T, Fukuyama H, Katsumi Y, Honda M, Shibasaki H. Enhanced lateral premotor activity during paradoxical gait in parkinson's disease. *Ann Neurol.* 1999;45(3):329–36.
  50. Mori S, Mori F, Nakajima K. Higher Nervous Control of Quadrupedal vs Bipedal Locomotion in Non-human Primates; Common and Specific Properties. In: *Adaptive Motion of Animals and Machines [Internet].* Springer-Verlag; 2006. p. 53–65. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/4-431-31381-8\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/4-431-31381-8_6)
  51. Clarkson AN, López-Valdés HE, Overman JJ, Charles AC, Brennan KC, Thomas Carmichael S. Multimodal examination of structural and functional remapping in the mouse photothrombotic stroke model. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2013;33(5):716–23.
  52. Karabanov AN, Chao CC, Paine R, Hallett M. Mapping different intra-hemispheric parietal-motor networks using twin coil TMS. *Brain Stimul [Internet].* 2013;6(3):384–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brs.2012.08.002>
  53. Luft AR, Forrester L, Macko RF, McCombe-Waller S, Whitall J, Villagra F, et al. Brain activation of lower extremity movement in chronically impaired stroke survivors. *Neuroimage.* 2005;26(1):184–94.
  54. Enzinger C, Johansen-Berg H, Dawes H, Bogdanovic M, Collett J, Guy C, et al. Functional MRI correlates of lower limb function in stroke victims with gait impairment. *Stroke.* 2008;39(5):1507–13.
  55. Enzinger C, Dawes H, Johansen-Berg H, Wade D, Bogdanovic M, Collett J, et al. Brain activity changes associated with treadmill training: After stroke. *Stroke.* 2009;40(7):2460–7.
  56. Yang YR, Chen IH, Liao KK, Huang CC, Wang RY. Cortical Reorganization Induced

- by Body Weight-Supported Treadmill Training in Patients With Hemiparesis of Different Stroke Durations. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2010;91(4):513–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2009.11.021>
57. Takakusaki K, Habaguchi T, Saitoh K, Kohyama J. Changes in the excitability of hindlimb motoneurons during muscular atonia induced by stimulating the pedunculopontine tegmental nucleus in cats. *Neuroscience*. 2004;124(2):467–80.
  58. Finley JM, Perreault EJ, Dhaher YY. Stretch reflex coupling between the hip and knee: Implications for impaired gait following stroke. *Exp Brain Res*. 2008;188(4):529–40.
  59. Kim YH, You SH, Kwon YH, Hallett M, Kim JH, Jang SH. Longitudinal fMRI study for locomotor recovery in patients with stroke. *Neurology*. 2006;67(2):330–3.
  60. Miyai I, Yagura H, Hatakenaka M, Oda I, Konishi I, Kubota K. Longitudinal Optical Imaging Study for Locomotor Recovery after Stroke. *Stroke*. 2003;34(12):2866–70.
  61. Manganotti P, Acler M, Zanette GP, Smania N, Fiaschi A. Motor cortical disinhibition during early and late recovery after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008;22(4):396–403.
  62. Clarkson AN, Huang BS, MacIsaac SE, Mody I, Carmichael ST. Reducing excessive GABA-mediated tonic inhibition promotes functional recovery after stroke. *Nature* [Internet]. 2010;468(7321):305–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature09511>
  63. Winship IR, Murphy TH. In vivo calcium imaging reveals functional rewiring of single somatosensory neurons after stroke. *J Neurosci*. 2008;28(26):6592–606.
  64. Schallert T, Hernandez TD, Barth TM. Recovery of function after brain damage: Severe and chronic disruption by diazepam. *Brain Res*. 1986;379(1):104–11.
  65. Willer C, Ramsay SC, Wise RJS, Friston KJ, Frackowiak RSJ. Individual patterns of functional reorganization in the human cerebral cortex after capsular infraction. *Ann Neurol*. 1993;33(2):181–9.
  66. Starkey ML, Bleul C, Zörner B, Lindau NT, Mueggler T, Rudin M, et al. Back seat driving: Hindlimb corticospinal neurons assume forelimb control following ischaemic stroke. *Brain*. 2012;135(11):3265–81.
  67. Thomas Carmichael S, Wei L, Rovainen CM, Woolsey TA. New patterns of intracortical projections after focal cortical stroke. *Neurobiol Dis*. 2001;8(5):910–22.
  68. Wang LE, Tittgemeyer M, Imperati D, Diekhoff S, Ameli M, Fink GR, et al. Degeneration of corpus callosum and recovery of motor function after stroke: A multimodal magnetic resonance imaging study. *Hum Brain Mapp*. 2012;33(12):2941–56.
  69. Courtine G, Song B, Roy RR, Zhong H, Herrmann JE, Ao Y, et al. Recovery of supraspinal control of stepping via indirect propriospinal relay connections after spinal cord injury. *Nat Med*. 2008;14(1):69–74.

70. Wang RY, Tseng HY, Liao KK, Wang CJ, Lai KL, Yang YR. RTMS combined with task-oriented training to improve symmetry of interhemispheric corticomotor excitability and gait performance after stroke: A randomized trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012;26(3):222–30.
71. Kakuda W, Abo M, Nakayama Y, Kiyama A, Yoshida H. High-frequency rTMS using a double cone coil for gait disturbance. *Acta Neurol Scand*. 2013;128(2):100–6.
72. Perez MA, Lungholt BKS, Nyborg K, Nielsen JB. Motor skill training induces changes in the excitability of the leg cortical area in healthy humans. *Exp Brain Res*. 2004;159(2):197–205.
73. Wolpaw JR, Tennissen AM. Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease [Internet]. Vol. 24, *Annual Review of Neuroscience*. Annual Reviews 4139 El Camino Way, P.O. Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA ; 2001. p. 807–43. Available from: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.neuro.24.1.807>
74. José Castillo Sánchez IJM. *Reeducación funcional tras un ictus*. Barcelona: Elsevier; 2015. 89–105 p.
75. Cano de la Cuerda CV. *Neurorehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento*. Madrid: Editorial médica Panamericana; 2012. 405–473 p.
76. Yen CL, Wang RY, Liao KK, Huang CC, Yang YR. Gait training-induced change in corticomotor excitability in patients with chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008;22(1):22–30.
77. Franceschini M, Carda S, Agosti M, Antenucci R, Malgrati D, Cisari C. Walking after stroke: what does treadmill training with body weight support add to overground gait training in patients early after stroke?: a single-blind, randomized, controlled trial. *Stroke*. 2009;40(9):3079–85.
78. Peurala SH, Airaksinen O, Huuskonen P, Jäkälä P, Juhakoski M, Sandell K, et al. Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke. *J Rehabil Med*. 2009;41(3):166–73.
79. Barbeau H, Visintin M. Optimal outcomes obtained with body-weight support combined with treadmill training in stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2003;84(10):1458–65. Available from: <http://www.archives-pmr.org/article/S0003999303003617/fulltext>
80. Ke L, Lange B, George S, Je D, Saposnik G, Crotty M. *Virtual Reality for Stroke Rehabilitation*: EBSCOhost. 2017;(11). Available from: <http://0-web.a.ebscohost.com.library.ucc.ie/ehost/detail/detail?vid=27&sid=244eb545-da4f-4468-8494-bb8258f649ac%40sessionmgr4007&hid=4107&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3D%3D#AN=118521016&db=s3h>
81. María Stokes. *Fisioterapia en la rehabilitación neurológica*. Segunda ed. Madrid: Elsevier; 2006. 81–111 p.

82. Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Aust J Physiother* [Internet]. 2002;48(1):43–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60281-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60281-6)
83. Cheng DK, Nelson M, Brooks D, Salbach NM. Validation of stroke-specific protocols for the 10-meter walk test and 6-minute walk test conducted using 15-meter and 30-meter walkways. *Top Stroke Rehabil* [Internet]. 2020;27(4):251–61. Available from: <https://doi.org/10.1080/10749357.2019.1691815>
84. VanSwearingen JM, Brach JS. Making geriatric assessment work: Selecting useful measures. *Phys Ther*. 2001;81(6):1233–52.
85. Baer HR, Wolf SL. An outcome measure for the rehabilitation of poststroke. *Stroke*. 2001;32(4):973–9.
86. Teasell R, Foley Msc N, Mbbs NH, Salter Msc K, Msc AC, Richardson Msc M. EVIDENCE-BASED REVIEW OF STROKE REHABILITATION (17 th Edition). 2001;1–59.
87. Forlander DA, Bohannon RW. Rivermead Mobility Index: A brief review of research to date. *Clin Rehabil*. 1999;13(2):97–100.
88. Mehrholz J, Pohl M. Electromechanical-assisted gait training after stroke: A systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *J Rehabil Med*. 2012;44(3):193–9.
89. Salbach NM, Mayo NE, Hanley JA, Richards CL, Wood-Dauphinee S. Psychometric Evaluation of the Original and Canadian French Version of the Activities-Specific Balance Confidence Scale Among People With Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(12):1597–604.
90. Husemann B, Müller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: A randomized controlled pilot study. *Stroke*. 2007;38(2):349–54.
91. Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, Brady K, Campbell DD, Kahn JH, et al. Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(1):5–13.
92. Schwartz I, Sajin A, Fisher I, Neeb M, Shochina M, Katz-Leurer M, et al. The Effectiveness of Locomotor Therapy Using Robotic-Assisted Gait Training in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *PM R* [Internet]. 2009;1(6):516–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.03.009>
93. Kelley CP, Childress J, Boake C, Noser EA. Over-ground and robotic-assisted locomotor training in adults with chronic stroke: A blinded randomized clinical trial. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2013;8(2):161–8.
94. Uçar DE, Paker N, Buğdayci D. Lokomat: A therapeutic chance for patients with chronic hemiplegia. *NeuroRehabilitation*. 2014;34(3):447–53.

95. Bang DH, Shin WS. Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke: A randomized controlled pilot trial. *NeuroRehabilitation*. 2016;38(4):343–9.
96. Mayr A, Quirbach E, Picelli A, Kofler M, Smania N, Saltuari L. Early robot-assisted gait retraining in non-ambulatory patients with stroke: A single blind randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2018;54(6):819–26.
97. Kim H, Park G, Shin JH, You JH. Neuroplastic effects of end-effector robotic gait training for hemiparetic stroke: a randomised controlled trial. *Sci Rep* [Internet]. 2020;10(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69367-3>