

Terapia robótica vs terapia convencional en pacientes con ictus, una revisión sistemática

Robotic therapy versus conventional therapy in stroke patients, a systematic review

Peso Bajo C, Lantarón Caeiro EM, Soto González M

Universidad de Vigo. Facultad de Fisioterapia. Campus A Xunqueira. Pontevedra. España

Correspondencia:

Mercedes Soto González

m.soto@uvigo.es

Recibido: 11 marzo 2022

Aceptado: 8 junio 2022

RESUMEN

Introducción: la terapia convencional se ha mostrado eficaz en el tratamiento de pacientes con ictus, pero en ocasiones sus técnicas resultan monótonas, reduciendo la adherencia del paciente. En los últimos años se han desarrollado tecnologías que proporcionan a estos pacientes elementos clave de un adecuado programa de neurorrehabilitación, tales como los sistemas robóticos para la reeducación de la marcha. El objetivo del presente trabajo es comparar los efectos de la terapia robótica y la terapia convencional en la reeducación de la marcha en pacientes con ictus. *Material y método:* se ha realizado una búsqueda en las bases de datos Pubmed y Medline utilizando el término MeSH "Robotics" y las palabras clave "physical therapy modalities", "stroke" y "gait". Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados publicados los 5 últimos años en idioma castellano, inglés, francés, italiano o portugués cuya muestra fuese pacientes con ictus y cuya intervención realizase una comparación entre terapia robótica y terapia convencional. *Resultados:* la estrategia de búsqueda proporcionó un total de 39 resultados de los cuales fueron incluidos en esta revisión 8 ensayos clínicos aleatorizados. Los dispositivos analizados son el Lokomat, empleado en 4 de los estudios. En los estudios restantes se han empleado dispositivos tales como Gait Exercise Assist Robot, Stride Management Assist, i-Walker y Robowalk. *Conclusión:* la aplicación de la terapia robótica puede ser un apoyo útil ante la rehabilitación de personas con ictus para la recuperación de la funcionalidad en la marcha, pero no se ha demostrado una eficacia real y superior en comparación a la terapia convencional.

Palabras clave: robótica, modalidades de Fisioterapia, ictus, marcha.

ABSTRACT

Introduction: conventional therapy has been shown to be effective in treating stroke patients, but its techniques are sometimes monotonous, reducing patient adherence. In recent years, technologies have been developed that provide these patients with key elements of an adequate neurorehabilitation program, such as robotic systems for gait reeducation. The aim of the present work is to compare the effects of robotic therapy and conventional therapy in gait reeducation in stroke patients. *Material and method:* a search was carried out in the Pubmed and Medline databases using the MeSH term "Robotics" and the keywords "physical therapy modalities", "stroke" and "gait". *Randomized clinical trial, published in the last five years in Spanish, English, French, Italian or Portuguese were included whose sample consisted of stroke patients and whose intervention made a comparison between robotic therapy and conventional therapy. Results:* the search strategy yielded a total of 39 results of

which a total of 8 randomized clinical trials were included in this review. The devices analyzed are the Lokomat, used in 4 of the studies. Devices such as Gait Exercise Assist Robot, Stride Management Assist, i-Walker, and Robowalk have been used in the remaining studies. Conclusion: the application of robotic therapy can be a useful support in the rehabilitation of people with stroke for the recovery of functionality while walking, but no real and superior efficacy compared to conventional therapy has been demonstrated.

Keywords: robotics; physical therapy modalities; stroke; gait.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud, el ictus representa la primera causa de discapacidad física en personas adultas⁽¹⁾, siendo la primera causa de invalidez permanente en todo el mundo occidental, lo que supone unos costes sociosanitarios muy elevados⁽²⁾, representando el 35 % de las causas de pérdida de salud⁽³⁾.

El 90 % de los pacientes presentan secuelas; el 30 % es incapaz de realizar las actividades de la vida diaria de forma autónoma y el 20 % no es capaz de caminar de forma independiente⁽²⁾. Este grado de discapacidad en estas personas modifica el estilo de vida y consecuentemente la calidad de vida⁽⁴⁾.

La terapia convencional (TC), ha sido descrita como la terapia física en la que se incluyen actividades enfocadas a la ganancia del rango articular⁽⁵⁻⁷⁾, fortalecimiento muscular^(5, 7, 8), correcta repartición de carga^(5, 9), la funcionalidad^(6, 8, 9), entrenamiento de equilibrio^(5, 8), estabilización de tronco, realización de estiramientos⁽⁵⁾, además de técnicas sensoriales⁽⁶⁾. A esto se añade el entrenamiento de la marcha en paralelas⁽⁹⁾, y la marcha asistida por terapeuta^(6, 8, 9).

Las técnicas convencionales de terapia son eficaces y esenciales para mejorar la movilidad funcional, la fuerza muscular, el equilibrio, la propiocepción, las funciones cognitivas y la calidad de vida de los pacientes, pero, a menudo, utilizan actividades físicas repetidas que pueden resultar algo monótonas, pudiendo reducir la adherencia del paciente a la terapia⁽¹⁰⁾. Por lo tanto, se suelen promover intervenciones interesantes y motivadoras que permitan mejorar la participación en la sesión de terapia.

En los últimos años se han venido desarrollando tecnologías para proporcionar a los pacientes neurológicos los elementos clave de un adecuado programa de neurorrehabilitación, tales como los sistemas robóticos para

la reeducación de la marcha⁽¹¹⁾, tratando de guiar la cinemática apropiada de los miembros inferiores similar a la marcha fisiológica⁽¹²⁾.

Existen diferentes tipos de dispositivos y su clasificación puede atender a: robots de tipos exoesqueleto, definidos como ortesis robotizada o dispositivos mecánicos compuestos por palancas que se ajustan estrechamente al cuerpo del usuario y que trabajan en conjunto asistiendo los movimientos de éste; dispositivos de efector final, considerados como una solución electromecánica con dos placas sobre las que se apoya el pie del usuario, que inducen el movimiento de todo el miembro inferior y simulan las fases de la marcha; y los dispositivos híbridos, combinación de ambas modalidades anteriores⁽¹¹⁾.

Ambas terapias parecen haber obtenido buenos resultados con sus intervenciones por separado, por ello el objetivo del presente trabajo es comparar los efectos de la terapia robótica y la terapia convencional en la reeducación de la marcha en pacientes con ictus.

MATERIAL Y MÉTODO

Fuentes de información

Con el propósito de responder al objetivo que se plantea en esta revisión sistemática, en enero de 2022 se llevó a cabo una búsqueda avanzada en las bases de datos Pubmed y Medline de las principales líneas de investigación actuales sobre el tema.

Estrategia de búsqueda

Para la creación de la ecuación de búsqueda se utilizó el término *Medical Subjects Headings (MeSH)* "Ro-

botics” unido mediante el operador booleano “AND” con las palabras clave “physical therapy modalities”, “stroke” y “gait”.

Pregunta clínica

Los criterios de inclusión fueron definidos mediante la pregunta modelo de Población, Intervención, Comparación y Resultados (PICO)⁽¹³⁾. Los pacientes del estudio debían haber sufrido un ictus y su intervención debería ser la TR y su comparación con la TC.

Los resultados a tener en cuenta debían estar relacionados con escalas o medidas cuantitativas sobre los parámetros de la marcha, aspectos cinéticos o cinemáticos de la marcha, la funcionalidad de los miembros inferiores o aspectos relacionados con la calidad de vida relacionada con la salud.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) publicados en revistas científicas, entre 01/01/2015 y 01/01/2022, en los idiomas castellano, inglés, francés, italiano o portugués cuya muestra fuese exclusivamente personas que hubiesen sufrido un ictus y en cuya intervención se realizase una comparación entre TR y TC. Como criterios de exclusión se eliminaron todo tipo de estudios que no fuesen un ECA y los que no tenían relación con el tema de estudio.

Se optó por delimitar el período anterior en base al índice de obsolescencia de los artículos de ciencias de la salud, el cual refleja el grado de envejecimiento de los artículos y establece el mínimo requerido para determinar la actualidad de la revisión, constituyendo los valores de este índice una vida media de aproximadamente 7,5 años⁽¹⁴⁾.

Proceso de extracción de datos

Para este proceso se elaboró un guion con los datos que se querían obtener de cada estudio, y 2 de las investigadoras extrajeron los datos de los artículos de forma independiente.

Calidad metodológica

Tal como recomiendan Urrutia y Bonfill en su estudio sobre las normas PRISMA⁽¹⁵⁾, fueron evaluados del riesgo de sesgos siguiendo las indicaciones del Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones versión 5.1.0⁽¹⁵⁾. Se evaluaron 5 dominios potenciales: sesgo de selección, sesgo de realización, sesgo de desgaste, sesgo de detección y sesgo de notificación. Para cada sesgo se indicó el grado de «bajo/alto/dudoso». Asimismo, se valoró la calidad metodológica con la escala Jadad basada en criterios que valoran si el estudio se describe como aleatorizado, si el método de aleatorización fue adecuado, si se trata de un doble ciego y si este cegamiento es adecuado, y por último si se describen los abandonos en el estudio. El cuestionario da una puntuación que va de 0 a 5 puntos, por cada respuesta «si», se suma un punto, considerando riguroso un ECA con una puntuación de 5 puntos y los estudios con una puntuación menor de 3 puntos indicarían una calidad metodológica baja^(17, 18).

RESULTADOS

La estrategia de búsqueda proporcionó un total de 39 resultados, de los cuales fueron incluidos en esta revisión un total de 8 ensayos clínicos aleatorizados. El proceso de selección se muestra la figura 1 siguiendo la estructura especificada por PRISMA.

Todas las investigaciones incluidas en la revisión son ECA, 5^(5, 6, 8, 9, 19) son a simple ciego, siendo a su vez uno de ellos un estudio cruzado⁽⁵⁾, uno de ellos es un estudio prospectivo⁽⁹⁾ y los 2 restantes son estudios abiertos^(20, 21), y solamente uno de ellos lleva a cabo un ensayo con doble ciego⁽⁷⁾.

La calidad metodológica se evaluó mediante la escala Jadad⁽¹⁸⁾ (tabla 1), tras la cual se obtuvo un punto para uno de los estudios⁽²⁾, 3 puntos para 4 de ellos^(5, 9, 20, 21) y 4 puntos para 3 de los estudios^(6, 7, 19). Paralelamente, en la tabla 2 se muestran detallados los resultados de la evaluación del riesgo de sesgo⁽¹⁶⁾; todos los artículos son ejecutados con una generación aleatoria de la secuencia y ocultación adecuada, por lo que se considera de bajo riesgo de sesgo de realización, no obstante se debe

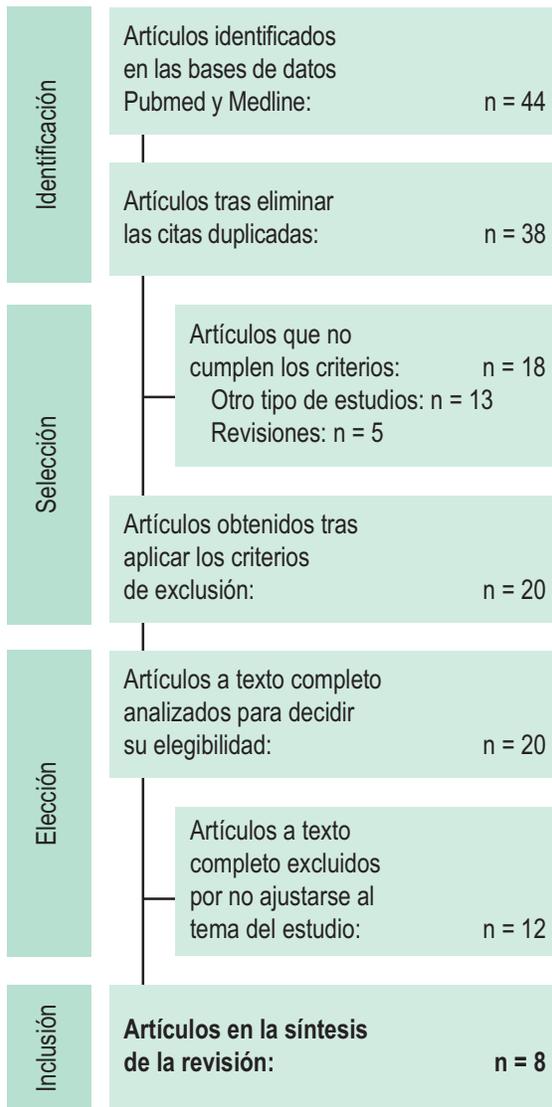


FIGURA 1: Diagrama de flujo. Prisma 2009.

tener en cuenta que no hay cegamiento doble, lo que podría influenciar los resultados. Al mismo tiempo, hay un riesgo poco claro en el cegamiento de los evaluadores a los resultados ya que en la mayoría no abordan este aspecto, a excepción del estudio de Taveggia y cols.⁽⁷⁾. Paralelamente, existe un riesgo poco claro de desgaste debido a la falta de información en relación al número de participantes y posibles pérdidas, a excepción de 2 de los estudios^(6, 19) en los que evidencian estos datos de

manera clara. No se produce sesgo de notificación debido a que todas las intervenciones presentan un protocolo específico.

En 5 de los estudios^(5, 7-9, 21) no hacen mención a la existencia de pérdidas durante o tras la intervención, y lo hacen en 3 de ellos^(6, 19, 20). De estos 3 artículos, solamente en uno⁽⁶⁾ de ellos el porcentaje de pérdidas es mayor en el grupo de robótica, representando el 4,1 %. En los otros 2, se observa un incremento de pérdidas mayor en el grupo de intervención a través de Fisioterapia convencional, llegando a representar un total de 22,5 % en el de Stolz y cols.⁽¹⁹⁾. Este hecho podría deberse a la posibilidad de mayor adherencia terapéutica en las intervenciones llevadas a cabo a través de dispositivos robóticos.

En cuanto al sexo de los participantes, solo 4 de los estudios^(5-7, 9) señalan el sexo de los sujetos en las intervenciones. Se ha observado que el porcentaje de participación ha sido mayor en varones, que representan un 68 %. Esto se corresponde con el estudio epidemiológico llevado a cabo por Brea y cols.⁽³⁰⁾ en el que se observó que la probabilidad global de que una mujer sufriera un ictus, comparada con la de los hombres es significativamente menor (79 %), si bien se constató un aumento de la prevalencia del ACV con la edad, particularmente entre las mujeres, por lo que en las edades más avanzadas la proporción de afectados es más alta en el sexo femenino.

Todas las intervenciones realizadas han asociado TC y TR, siendo el estudio de Tomida y cols.⁽²¹⁾ el único que ha sumado en la intervención sesiones de terapia ocupacional. Los programas de ejercicio desarrollados dentro de las sesiones de TC cuentan con una estructura definida común, que consiste en trabajo de control postural, incremento del balance muscular y rango articular activo, mejora de la repartición de carga, empleo de técnicas sensoriales, así como favorecer a un mejor equilibrio. En algunos casos también se han proporcionado pautas de ejercicio a domicilio⁽⁸⁾. Es de importancia tener en cuenta que en 3 de los estudios^(5, 6, 9) introducen la reeducación de la marcha con terapeuta dentro de estas sesiones de TC, por lo que ambos grupos, tanto GE como GC, recibirían rehabilitación de la marcha con tercera persona. Sin embargo, el resto de los estudios hacen la distinción de este abordaje aplicándolo sola-

TABLA 1. Escala JADAD.

	A	B	C	D	E	TOTAL
Belas Dos Santos y cols.(2018)	1	0	0	0	0	1
Tomida y cols. (2019)	1	1	0	0	0	2
Mayr y cols. (2018)	1	1	0	0	1	3
Tanaka y cols. (2019)	1	1	0	0	0	2
Morone y cols. (2016)	1	1	0	0	0	2
Kim y cols. (2019)	1	1	0	0	0	2
Stolz y cols. (2019)	1	1	0	0	1	3
Taveggia y cols. (2016)	1	1	1	0	0	3

A. ¿Se describe como aleatorizado?

B. ¿Se describe el método utilizado para generar la secuencia de aleatorización y es adecuado?

C. ¿Se describe como doble ciego?

D. ¿Se describe el método de enmascaramiento (o cegamiento) y este método es adecuado?

E. ¿Hay una descripción de las pérdidas de seguimiento y los abandonos?

TABLA 2. Riesgo de sesgo.

Autor	Selección (secuencia)	Selección (ocultación)	Realización (cegamiento doble)	Detección (resultados)	Desgaste	Notificación
Belas Dos Santos y cols. (2018)	RPCS	RPCS	BR	BR	BR	BR
Tomida y cols. (2019)	BR	BR	BR	AR	RPCS	BR
Mayr y cols. (2018)	BR	BR	BR	BR	BR	BR
Tanaka y cols. (2019)	BR	RPCS	BR	RPCS	RPCS	BR
Morone y cols. (2016)	BR	BR	BR	BR	BR	RPCS
Kim y cols. (2019)	BR	BR	BR	BR	BR	BR
Stolz y cols. (2019)	BR	BR	BR	RPCS	BR	BR
Taveggia y cols. (2016)	BR	BR	BR	BR	BR	BR

BR: Bajo riesgo. **RPCS:** riesgo poco claro de sesgo. **AR:** Alto riesgo.

mente en el GC. Por otra parte, únicamente un estudio⁽⁷⁾ hace referencia al uso de un concepto específico, Bobath, considerándola como terapia convencional y común para la intervención en ambos grupos.

En cuanto a la intervención robótica, ha habido variabilidad de dispositivos en cuanto a su aplicación, siendo el *Lokomat* (LK) el más empleado para la rehabilitación robótica de la marcha en 4 de los estudios⁽⁵⁻⁸⁾. En los otros 4 estudios se han empleado dispositivos tales como *Gait Exercise Assist Robot* (GEAR)⁽²¹⁾, *Stride Management Assist* (SMA)⁽²⁰⁾, *i-Walker* (iW)⁽⁹⁾ y *Robowalk*⁽¹⁹⁾.

Las variables estudiadas en los trabajos son la funcionalidad de la marcha, el equilibrio, el riesgo de caída, la velocidad de la marcha, la calidad de vida, el nivel de deterioro, la ataxia, la espasticidad y la capacidad aeróbica.

En la tabla 3 se muestran datos sobre la intervención, duración de las sesiones y del tratamiento, instrumentos de medida y resultados obtenidos en cada estudio.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo fue comparar los efectos de la TR y TC en la reeducación de la marcha en pacientes con ictus. La neurociencia ha demostrado como el ejercicio terapéutico, empleando movimientos voluntarios, es capaz de tener resultados clínicos en la recuperación de un ACV, los ejercicios promueven la recuperación funcional en una lesión traumática del Sistema Nervioso Central (SNC) y producen el proceso de neurogénesis⁽²²⁾, por lo que a priori ambas terapias se basarían en este principio. También ha quedado patente que una gran cantidad de movimientos repetitivos orientados a tareas pueden mejorar la fuerza muscular, la coordinación del movimiento y las funciones en pacientes neurológicos promoviendo una reorganización funcional del sistema nervioso central después de una lesión⁽²³⁾.

La Fisioterapia convencional se puede calificar como un enfoque «de abajo hacia arriba», ya que opera en los efectores periféricos y espera modificaciones del sistema nervioso central debido a la plasticidad⁽²⁴⁾, logrando el máximo esfuerzo volitivo del paciente para recuperar cualquier capacidad residual y promover la plasticidad. Sin embargo, el entrenamiento de la marcha asistido por

robot añadiría la facilitación de la movilización temprana sobre todo en los miembros inferiores en aquellos pacientes que no pueden mantener la posición erguida o que han perdido el control del tronco⁽²⁵⁾. Además, los sistemas robóticos pueden incluir la realidad virtual, introduciendo un lado lúdico del entrenamiento que mantiene a los sujetos más motivados⁽²⁶⁾, lo que se traduciría en una mayor adherencia al tratamiento tal como ha quedado patente en los resultados expuestos anteriormente con un mayor porcentaje de pérdidas en la terapia convencional.

Tal como se ha descrito anteriormente la TC ha demostrado una gran eficacia en estos procesos, por ello a continuación se realizará un análisis más exhaustivo de las variables estudiadas en las investigaciones incluidas en esta revisión.

La funcionalidad de la marcha ha sido la variable más estudiada obteniendo mejora significativa en todos ellos; hay que destacar que en 3 de los estudios^(6, 8, 19) esta mejora se constató tanto para el grupo TR como para el de TC, coincidiendo con estudios previos como el de Schwartz y cols.⁽²⁷⁾ y Hesse y cols.⁽²⁸⁾. En otras 2 investigaciones^(7, 21), la mejoría en esta variable se reflejó únicamente en el grupo robótica, pero no son suficientes para que se muestren diferencias significativas entre los grupos de TC y TR, al igual que le ha sucedido a Hirano y cols.⁽²²⁾ que concluyen una mejora en la eficiencia de *FIM-walk*, significativamente mayor en el grupo GEAR, pero no se observaron diferencias significativas con el grupo TC, no pudiendo determinar que una terapia sea más eficaz que la otra. Además, se debe destacar que en el estudio de Schwartz y cols.⁽²⁷⁾ se ha aplicado el dispositivo LK, al igual que en 3⁽⁶⁻⁸⁾ de los estudios presentes que también han obtenido mejorías para esta variable.

En este sentido se ha demostrado que los ejercicios activos estimulan mecanismos, mediados por factores neurotróficos cerebrales, que mejoran la plasticidad neural. Estos ejercicios activos se podrían conseguir tanto con la TC como mediante el uso de dispositivos robóticos logrando la recuperación motora por medio de la repetitividad a fin de promover la reorganización cortical después del ictus⁽²⁹⁾, lo que podría ser la causa de que no se encontrasen diferencias entre ambas terapias puesto que con ambas se conseguiría el mismo objetivo.

TABLA 3. Resultados.

Autor	Características y resultados
Belas Dos Santos y cols. (2018)	<p>Muestra. n = 15. GE: 7, GC: 8.</p> <p>Intervención. GE: asistencia de marcha asistida con robot (RAGT) a través del uso de <i>Lokomat</i>. GC: entrenamiento de la marcha asistida por un terapeuta (TAGT). Ambos grupos recibieron TC (estiramientos, fortalecimiento, equilibrio, estabilidad postural, técnicas sensoriales, actividades funcionales y ejercicios domiciliarios).</p> <p>Dosificación. 60 min; 3 veces/semana (2 TC y 1 de RAGT o TAGT) durante 5 meses.</p> <p>Instrumentos de medida. Equilibrio: BBS. Funcionalidad de la marcha: FIM. Riesgo de caída: TUG. Ataxia: SARA.</p> <p>Resultados. Ambos grupos mostraron una mejoría significativa intragrupo en BBS, FIM, TUG y SARA. No hubo diferencias significativas entre grupos ni pre, ni post intervención.</p>
Tomida y cols. (2019)	<p>Muestra. n = 16. GE: 13, GC: 13.</p> <p>Intervención. GE: RAGT mediante GEAR. GC: TAGT. Ambos grupos recibieron TC y TO.</p> <p>Dosificación. GE: 40 min, GC: 40 min. Ambos grupos 60 min de TC y 60-80 min TO, 7 veces/semana durante 4 semanas.</p> <p>Instrumentos de medida. Deterioro conjunto: SIAS-L/E. Funcionalidad de la marcha: <i>FIM-walk</i>. Patrón de marcha (en 2 ó 3 puntos).</p> <p>Resultados. Se obtuvo una mejoría significativa en la <i>FIM-walk</i> en el GE ($p = 0,01$) pero no entre ambos grupos tras la intervención. Tampoco hubo diferencias significativas en la SIAS-L/E, ni con respecto al patrón de la marcha.</p>
Mayr y cols. (2018)	<p>Muestra. n = 74. GE: 37, GC: 37.</p> <p>Intervención. GE: RAGT mediante <i>Lokomat</i>. GC: TAGT. Ambos grupos recibieron TC (entrenamiento de movilidad, movimiento selectivo e integración mediante actividades funcionales entrenamiento específico de la marcha).</p> <p>Dosificación. GE y GC: 120' distribuidos en 45' TC + 15' de descanso + 45' entrenamiento marcha 5 veces/semana durante 8 semanas.</p> <p>Instrumentos de medida. Funcionalidad de la marcha: mEFAP. Movilidad funcional: RMI, MM, H-WAP.</p> <p>Resultados. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables estudiadas. Sin embargo, se mostraron diferencias significativas en ambos grupos respecto al inicio para el mEFAP ($p < 0,001$).</p>
Tanaka y cols. (2019)	<p>Muestra. n = 41. GE: 21, GC: 20.</p> <p>Intervención. GE: RAGT mediante SMA. GC: TAGT. Ambos grupos recibieron TC.</p> <p>Dosificación. 1-2 h por día durante 10 días seguidos. Intensidad y duración variable en función del estado del paciente. Para RAGT se emplearon entre 10' y 20' de manera específica.</p> <p>Instrumentos de medida. Parámetros de la marcha: velocidad, longitud de zancada, simetría y cadencia medidos con <i>WalkWay</i>.</p> <p>Resultados. En el GC no se observaron cambios significativos en la velocidad de la marcha entre antes y después de la intervención. Hubo cambios significativos en el GE para la velocidad de la marcha respecto a los valores iniciales ($p < 0,001$), siendo significativamente mayor respecto al GC tras la intervención ($p = 0,013$). Se obtuvieron cambios significativos en el GE en la longitud de zancada ($p = 0,004$), la simetría ($p = 0,036$) y la cadencia ($p = 0,40$). No se encontraron diferencias significativas tras la intervención al comparar estas variables entre el GE y el GC.</p>

TABLA 3. Resultados (continuación).

Autor	Características y resultados
Morone y cols. (2016)	<p>Muestra. n = 44. GE: 22, GC: 22.</p> <p>Intervención. GE: RAGT con iWG + terapia en MS. GC: TC + terapia de MS. En la TC donde se incluía marcha en paralelas, transferencias de peso, ejercicios de control de tronco, movimiento pélvico y marcha asistida por terapeuta.</p> <p>Dosificación. 2 sesiones/día; una de 40' de RAGT o TC y otra de 40' de terapia para MS, 5 veces/semana durante 4 semanas.</p> <p>Instrumentos de medida. Funcionalidad de la marcha: FAC y BI. Velocidad de la marcha: 6MWT, 10MWT. Equilibrio: Tinetti. Espasticidad: Asworth modificada.</p> <p>Resultados. En ambos grupos se obtuvieron cambios significativos en el GE para el equilibrio ($p = 0,033$), 10MWT ($p = 0,001$) y 6MWT ($p = 0,008$), evidenciándose mayor cambio respecto al GC. No se observaron cambios significativos en Ashworth modificada ni en el GC ($p = 0,157$) ni en el GE ($p = 0,180$), ni BI en el GE ($p = 0,076$). El riesgo de caída se vio reducido a la mitad en el GE, sin embargo la diferencia entre grupos no fue significativa ($p = 0,143$).</p>
Kim y cols. (2019)	<p>Muestra. n = 19. Grupo A: 10, Grupo B: 9.</p> <p>Intervención. Grupo A: 4 semanas RAGT (con <i>Lokomat</i>) + TC y después 4 semanas de TC+TC. Grupo B: 4 semanas TC+TC y después 4 semanas de RAGT+TC. TC incluyó: trabajo de equilibrio, estabilidad postural, control de tronco, repartición de carga y entrenamiento de la marcha. RAGT se llevó a cabo mediante <i>Lokomat</i>.</p> <p>Dosificación. 5 sesiones/semana durante 8 semanas. Las 4 primeras semanas RAGT (30') + TC (30') o TC (30') + TC (30'). Posteriormente, se invierte la intervención en ambos grupos.</p> <p>Instrumentos de medida. Deterioro motor: FMA-LE. Ataxia: SARA. Equilibrio: BBS. Control de tronco: TIS. Funcionalidad de la marcha: FAC. Velocidad de la marcha: 10MWT. Riesgo de caída: FES. Se evaluó al inicio del estudio y tras cada período de intervención de 4 semanas.</p> <p>Resultados. El grupo A mejoró en TIS, FMA-LE, FAC, FES, SARA, mientras que el grupo B solo obtuvo mejoría en TIS y SARA. Además, se observaron diferencias significativas en el grupo A respecto a B para las siguientes variables: FMA-LE ($p = 0,001$), SARA ($p = 0,033$), pero no para TIS ($p = 0,268$), FAC ($p = 0,140$) y FES ($p = 0,062$). Ninguna de las intervenciones influyó significativamente en la velocidad de la marcha. No se observaron cambios significativos en ninguno de los grupos en BBS.</p>
Stolz y cols. (2019)	<p>Muestra. n = 40. GE: 20, GC: 20</p> <p>Intervención. GE: TC + RAGT mediante <i>Robowalk</i>. GC: TC.</p> <p>Dosificación. 1 h de TC ó 30' de TC + 30' de RAG T, 5 veces/semana hasta su alta hospitalaria (siendo esta una media de tiempo de 3 semanas).</p> <p>Instrumentos de medida. Funcionalidad de la marcha: FIM. Velocidad de la marcha: 10MWT, 6MWT. Riesgo de caída: TUG. Calidad de Vida: EQ-5D: Capacidad aeróbica: <i>step test</i>. Se evaluó al ingreso, al alta de la rehabilitación hospitalaria y a las 4 semanas tras el alta.</p> <p>Resultados. En ambos grupos se observaron cambios significativos en el GE y en el GC para 10MWT, 6MWT, TUG y la FIM desde el ingreso hasta el alta hospitalaria. Sin embargo, la mejora de 10MWT y 6MWT fue mayor en el GE y se mantuvo en el tiempo tras las 4 semanas de seguimiento. Respecto a la FIM, ambos grupos presentaron mejoras significativas a largo plazo. Solo el GE obtuvo mejoras significativas a largo plazo en el Step test y EQ-5D.</p>

TABLA 3. Resultados (continuación).

Autor	Características y resultados
Taveggia y cols.(2016)	<p>Muestra. n = 28. GE: 13, GC: 15.</p> <p>Intervención. GE: Bobath + RAGT mediante <i>Lokomat</i>. GC: Bobath + TC. La TC incluyó ejercicios de fortalecimiento para extensores de rodilla, rotadores y abductores de cadera, control postural del pie y ejercicios de reacondicionamiento. Para RAGT emplearon <i>Lokomat</i>.</p> <p>Dosificación. 1 sesión (60' Bobath + 30' de RAGT o 30' de TAGT) 5 veces/semana durante 5 semanas.</p> <p>Instrumentos de medida. Funcionalidad de la marcha: FIM. Velocidad de la marcha: 6MWT, 10MWT. Calidad de vida: SF-36. Equilibrio: Tinetti. Se evaluó al inicio, al finalizar y a los 3 meses después de la intervención.</p> <p>Resultados. Se obtuvieron mejoras significativas en el GE para la FIM y 10MWT ($p = 0,014$), así como después de los 3 meses de seguimiento en 10MWT ($p < 0,01$). Se observó una mejora significativa en 6MWT ($p = 0,017$) en el GC respecto al inicio. Ambos grupos presentaron mejoras significativas en Tinetti ($p < 0,01$) tanto al finalizar la intervención como tras el seguimiento. No se obtuvieron cambios en relación a la calidad de vida. No se evidenciaron cambios significativos en ninguna de las variables medidas entre ambos grupos.</p>

BBS. Berg Balance Scale; **BI.** Barthel Index; **CDGT.** Cable-Driven Gait Training; **EQ-5D.** EuroQol five-dimension; **FAC.** Functional Ambulation Category; **FES.** Falls Efficacy Scale; **FIM-walk.** Functional Independence Measure-walk; **FMA-LE.** Lower extremity Fugl-Meyer assessment; **GEAR.** Gait Exercise Assist Robot; **H-WAP.** Hochzirl Walking Aids Profile; **iWG.** i-Walker Group; **mEFAP.** modified Emory Functional Ambulation Profile; **MM.** Mobility Milestones; **MS.** Miembro superior; **RAGT.** Robot-assisted gait training; **RMI.** Rivermead Motor Index; **SARA.** Scale for the Assessment and Rating of Ataxia; **SF-36.** The Item Short-Form Health Survey; **SIAS-L/E.** Stroke Impairment Assessment Set-total lower limb motor score; **SMA.** Stride Management Assist; **TAGT.** therapist-assisted gait training; **TC.** Terapia convencional; **TIS.** Trunk Impairment Scale; **TO.** Terapia ocupacional; **TUG.** Timed Up and Go Test; **6MWT.** 6 Minute Walking Test; **10MWT.** 10 Metres Walking Test

Cabe destacar que entre los estudios que mejoraron la funcionalidad de la marcha, 3 de ellos⁽⁶⁻⁸⁾ han empleado LK, otro *Robowalk*⁽¹⁹⁾ y otro a través del dispositivo *GEAR*⁽²¹⁾; y en aquellos en los que no se evidenciaron cambios significativos emplearon dispositivos tales como *SMA*⁽²⁰⁾, *iW*⁽⁹⁾ y *LK*⁽⁵⁾, por lo que sería interesante realizar estudios comparativos sobre este aspecto.

Se ha demostrado que la Fisioterapia es capaz de mejorar el equilibrio⁽³⁰⁾, sin embargo solo se teoriza, ya que se desconoce el impacto de la intervención de Fisioterapia en la plasticidad cerebral. Los estudios sobre neuroplasticidad en humanos son limitados, por ello Rahayu y cols.⁽³¹⁾ realizaron una investigación para conocer el efecto de las intervenciones de Fisioterapia en la neuroplasticidad cerebral mediante la evaluación de la regeneración de la plasticidad cerebral y el equilibrio, concluyendo que un protocolo de neurorestauración que

combinó varias intervenciones de Fisioterapia establecidas fue eficaz para mejorar el equilibrio en pacientes con ictus en solo un período de 7 días.

En el presente trabajo, la variable equilibrio se ha valorado en cuatro de los estudios^(5, 7-9) y solamente Morone y cols.⁽⁹⁾ han reflejado una mejoría significativa, siendo mayor en el grupo robótica con respecto a la TC. De los otros 3 estudios^(5, 7, 8), 2 de ellos^(7, 8) objetivaron mejoras significativas en ambos grupos, mientras que en el de Kim y cols.⁽⁵⁾ no llegaron a obtener cambios significativos en ninguno de los 2 grupos. Un aspecto a resaltar es el tipo de abordaje robótico empleado, ya que de los estudios que han valorado esta variable, todos han realizado una intervención mediante *Lokomat*, a excepción del de Morone y cols.⁽⁹⁾ que ha intervenido a través del uso del dispositivo *iWG*. Asimismo, en el estudio de Kim y cols.⁽²³⁾, emplearon el *Walkbot* y obtuvieron mayor

mejoría en el grupo de robótica respecto al grupo convencional en relación al equilibrio. Sin embargo, en el estudio de Hidler y cols.⁽³²⁾, así como en el de Hornby y cols.⁽³³⁾, en el que ambos han empleado *Lokomat*, no se han obtenido cambios significativos para esta variable; por lo que la mejoría de este aspecto podría ir ligada al tipo de dispositivo robótico empleado durante la terapia. Sin embargo, no podemos obviar la intensidad del tratamiento, ya que en el estudio de Morone y cols.⁽⁹⁾ se realizan 2 sesiones diarias lo que podría explicar los mejores resultados. Como aseguran Murie-Fernández y cols.⁽¹⁾ el inicio precoz del tratamiento de neurorrehabilitación y su intensidad y duración adecuadas conllevan mayor recuperación funcional⁽³⁴⁾.

Muy ligado al equilibrio se encuentra el riesgo de caída. Sherrington y cols.⁽³⁵⁾ evidenciaron que el entrenamiento de la marcha puede aumentar el riesgo de caídas en adultos mayores, mientras que el entrenamiento del equilibrio puede reducir este riesgo. Esta variable ha sido valorada en 3 estudios^(5, 8, 19) obteniendo mejorías en dicha variable en el grupo TR aunque no existen diferencias con respecto a los grupos de TC, por lo que ambas terapias de nuevo actúan positivamente sobre este aspecto. El cambio favorable de esta variable se encuentra respaldado por el de Uçar y cols.⁽²⁶⁾ en el que también se obtuvieron mayores mejoras significativas en el grupo con intervención robótica a través del dispositivo *Lokomat*.

La velocidad de la marcha ha sido analizada en diversos estudios^(5, 7, 9, 19, 20) alcanzando en todos ellos un aumento significativo para el grupo de robótica, siendo el de Stolz y cols.⁽¹⁹⁾ el único que logró mejorías significativas en ambos grupos. Además, este estudio fue el único que mantuvo esta mejoría a largo plazo en el GE. La literatura previa confirma como en los estudios de Hesse y cols.⁽²⁸⁾ y de Uçar y cols.⁽³⁶⁾ también se evidencia mejoría significativa en el GE para esta variable tras la intervención. Por tanto, se podría sugerir la posible existencia de beneficio en relación a un incremento en la velocidad de la marcha en aquellos pacientes que son abordados con terapia robótica.

Existen reportes que indican que la capacidad de recuperación de la marcha está estrechamente relacionada con la calidad de vida de los pacientes postictus⁽³⁷⁾. Este aspecto ha sido estudiado en 2 investigaciones, y mejorado en el estudio de Stolz y cols.⁽¹⁹⁾ en el grupo TR el

cual empleó *Robowalk*, coincidiendo con reportes previos como el de Hornby y cols.⁽²⁵⁾ que también analizaron esta variable con SF-36 a través de la aplicación de *Lokomat*, y reportaron mejorías en la calidad de vida. Por otro lado el trabajo de Taveggia y cols.⁽⁷⁾ no obtuvo diferencias significativas en ninguno de los grupos en el estudio.

La ataxia ha sido valorada en 2 de los estudios^(5, 8), obteniendo mejorías en esta variable en los 2 grupos, en esta línea, literatura reciente como la de Matsushima y cols.⁽³⁸⁾ concluyen en su estudio que la terapia robótica es una herramienta eficaz para el entrenamiento de la marcha de las personas con ataxia degenerativa.

Dos estudios objetivaron el nivel de deterioro, en Tomida y cols.⁽²¹⁾ no se obtuvieron cambios, mientras que en el de Kim y cols.⁽⁵⁾ se evidenciaron mejorías significativas en el grupo robótica con respecto al de TC. Lo mismo sucede con la capacidad aeróbica en el estudio de Stolz y cols.⁽¹⁹⁾, a través de la realización de *Step test* o el control de tronco valorado por Kim y cols.⁽⁵⁾ en lo que de nuevo se observan mejoras significativas en el grupo TR en relación a grupo TC.

Se debe destacar el estudio de Kim y cols.⁽⁵⁾, en el cual, a pesar de ser un estudio cruzado, ha observado que el grupo que ha recibido TR en primer lugar ha obtenido mejoría mayor que el otro grupo en muchas de las variables analizadas anteriormente. Esto puede ser debido a la aplicabilidad de rehabilitación robótica en pacientes agudos, sustentando la hipótesis de la importancia de abordaje precoz ante el uso de estos dispositivos, como se constata en estudios como el de Watanabe y cols.⁽³⁹⁾, Ochi y cols.⁽⁴⁰⁾ y Schwartz y cols.⁽²⁷⁾. Sin embargo, otros estudios como el de Hornby y cols.⁽²⁵⁾ y Kelley y cols.⁽²⁹⁾ en los que la muestra se encontraba en un periodo crónico, las mejoras obtenidas no fueron significativas en relación a la marcha independiente.

En relación a la fase del ACV que ofrecían los pacientes, en 5 de los estudios^(6, 7, 9, 19, 20) los pacientes de la muestra se encuentran en fase subaguda, mientras que solamente uno de ellos⁽⁸⁾ hace referencia a encontrarse en fase crónica. Otros 2^(5, 21) no hacen mención a este aspecto. Según Murie-Fernández y cols.⁽¹⁾, el inicio precoz de la neurorrehabilitación en unidades específicas, la duración adecuada del tratamiento y la intensidad oportuna conllevan mayor recuperación funcional, la cual

debe realizarse durante el ingreso y, posteriormente, de forma ambulatoria tras el alta.

Esto es debido a que en los ACV se produce el fenómeno diasquisis, que consiste en que las neuronas que están conectadas funcionalmente con el área lesionada se inhiben porque no reciben ninguna señal del área, involucrando a grandes áreas sanas las 2 primeras semanas tras el ACV. A esta fase aguda le sigue una fase de desinhibición (4 a 8 semanas después del ictus) en la que la actividad neuronal aumenta progresivamente, partiendo de circuitos simples con pocas sinapsis. La fase de inhibición se sustituye por una fase de sobreexcitación durante la cual una correcta terapia de rehabilitación es crucial para la recuperación de los pacientes⁽⁴¹⁾. Gracias a movimientos repetidos y funcionales, el sujeto puede promover la plasticidad, remodelar las conexiones neuronales y construir nuevos caminos relacionados con la tarea entrenada.

Del mismo modo, cuando estos movimientos son asistidos por un robot, el paciente obtiene percepción visual de las acciones realizadas por lo que entrarían en juego las neuronas en espejo. Estudios recientes han demostrado que la integración funcional del sistema de neuronas espejo y la corteza sensoriomotora bajo la percepción visual de acciones es una de las bases teóricas para la aplicación de la observación de acciones en la neurorrehabilitación de los déficits motores⁽⁴²⁾. Además, la información proveniente del usuario y el control del sistema mediante la información extraída de las señales fisiológicas serviría para modificar automáticamente el nivel de dificultad de la tarea⁽⁴³⁾.

Como limitaciones de este trabajo cabe destacar la baja calidad metodológica de alguno de los estudios y las muestras que en algunos casos son pequeñas, por lo que es complicado realizar la extrapolación de los resultados. Asimismo, las muestras son heterogéneas en cuanto a tipo de ictus, gravedad del mismo, así si es agudo o crónico, para poder determinar datos más reales.

CONCLUSIÓN

La terapia robótica puede ser un apoyo útil ante la rehabilitación de personas con ictus para la recuperación de la funcionalidad en la marcha, pero no se ha demos-

trado una eficacia superior en comparación a la terapia convencional, siendo la velocidad de la marcha la única variable que parece beneficiarse con el uso de la TR. Una vez que ha quedado patente los efectos beneficiosos de ambas terapias se debería estudiar si la combinación de ambas podría conducir a mayores beneficios en cuanto a la funcionalidad y/o calidad de la marcha.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos, derecho a la privacidad y consentimiento informado. En este artículo no aparecen datos personales de sujetos de estudio.

Conflicto de intereses. Las autoras declaran que no existe conflicto de intereses.

Financiación y fuentes de apoyo. La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Contribución y autoría. Las 3 autoras han contribuido en la concepción y el diseño del estudio, en la revisión crítica del contenido intelectual, así como la aprobación definitiva de la versión que se presenta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Murie-Fernández M, Irimia P, Martínez-Vila E, John Meyer M, Teasel R. Neurorrehabilitación tras el ictus. *Neurología*. 2010; 25(3): 189–96.
2. Durà Mata MJ, Molleda Marzo M, García Almazán C, Mallol Badellino J, Calderon Padilla V. Factores pronósticos en el ictus. De la fase aguda a los tres años. *Rehabilitación*. 2011; 45(1): 18–23.
3. Masjuan J, Álvarez-Sabín J, Arenillas J, Calleja S, Castillo J, Dávalos A, et al. Plan de asistencia sanitaria al ICTUS II. 2010. *Neurología*. 2011; 26(7): 383–96.

4. Retamal-Matus H, Arredondo J, Domínguez E, Donald HM, Olguin K. Estudio sobre la calidad de vida en pacientes con accidente cerebrovascular residentes en centros de larga estancia. *Psicogeriatría* 2015; 5(2): 77–83.
5. Kim HY, Shin JH, Yang SP, Shin MA, Lee SH. Robot-assisted gait training for balance and lower extremity function in patients with infratentorial stroke: a single-blinded randomized controlled trial. *J Neuro Engineering Rehabil*. 2019 Jul 29; 16(1): 99.
6. 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 Dec; 54(6): 819–26.
7. Taveggia G, Borboni A, Mulé C, Villafañe JH, Negrini S. Conflicting results of robot-assisted versus usual gait training during postacute rehabilitation of stroke patients: a randomized clinical trial. *Int J Rehabil Res*. 2016 Mar; 39(1): 29–35.
8. Belas dos Santos M, Barros de Oliveira C, dos Santos A, Garabello Pires C, Dylewski V, Arida RM. A Comparative Study of Conventional Physiotherapy versus Robot-Assisted Gait Training Associated to Physiotherapy in Individuals with Ataxia after Stroke. *Behavioural Neurology*. 2018 Feb 20; 2018: 2892065.
9. Morone G, Annicchiarico R, Iosa M, Federici A, Paolucci S, Cortés U, et al. Overground walking training with the i-Walker, a robotic servo-assistive device, enhances balance in patients with subacute stroke: a randomized controlled trial. *J Neuro Engineering Rehabil*. 2016 May 26; 13(1): 47.
10. Realidad virtual y rehabilitación de accidentes cerebrovasculares en personas mayores: revisión sistemática - Revista Electrónica de Portales Medicos.com [Internet]. [citado 7 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/realidad-virtual-y-rehabilitacion-de-accidentes-cerebrovasculares-en-personas-mayores-revision-sistemica/>
11. Cuerda RC de la, Piédrola RMM, Page JCM. Control y aprendizaje motor: fundamentos, desarrollo y reeducación del movimiento humano [Internet]. Editorial Médica Panamericana; 2016 [citado 14 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=658645>
12. Cano de la Cuerda, Collado Vázquez S. *Neurorrehabilitación: métodos específicos de valoración y tratamiento*. Madrid, Editorial Médica Panamericana; 2012
13. Martínez Díaz JD, Ortega Chacón V, Muñoz Ronda FJ. El diseño de preguntas clínicas en la práctica basada en la evidencia: modelos de formulación. *Enferm Global*. 2016; 15(43): 431–8.
14. Gorbea-Portal S, Atrián-Salazar ML. Medición de la obsolescencia de la información en revistas de salud pública de México. *Gac Med Mex*. 2018; 154(3): 335–41.
15. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Med Clin*. 2010; 135(11): 507–11.
16. Higgins JPT, Green S (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 [updated March 2011]*. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from www.cochrane-handbook.org.
17. Murillo FJ, Martínez-Garrido C, Belavi G. Sugerencias para Escribir un Buen Artículo Científico en Educación. *REICE*. 2017 Jul 1; 15(3). Disponible en: <https://revistas.uam.es/reice/article/view/7965>
18. Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJM, Gavaghan DJ, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Controlled Clinical Trials*. 1996 Feb; 17(1): 1–12.
19. Stolz R, Nayyar R, Louie J, Bower KJ, Paul SK, Ng L. The effectiveness of a novel cable-driven gait trainer (Robowalk) combined with conventional physiotherapy compared to conventional physiotherapy alone following stroke: a randomised controlled trial. *Int J Rehabil Res*. 2019 Dec; 42(4): 377–84.
20. Tanaka N, Matsushita S, Sonoda Y, Maruta Y, Fujitaka Y, Sato M, et al. Effect of Stride Management Assist Gait Training for Poststroke Hemiplegia: A Single Center, Open-Label, Randomized Controlled Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2019 Feb; 28(2): 477–86.
21. Tomida K, Sonoda S, Hirano S, Suzuki A, Tanino G, Kawakami K, et al. Randomized Controlled Trial of Gait Training Using Gait Exercise Assist Robot (GEAR) in Stroke Patients with Hemiplegia. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2019 Sep; 28(9): 2421–8.
22. Meneses Castaño C, Peñaloza Peñaranda Y, Pinzón Bernal M, Castellanos Ruíz J. Aplicación de la terapia robótica para el tratamiento de la mano espástica del adulto con hemiplejía. Artículo de revisión. *Rev Mex Med Fis Rehab*. 2015; 27(3-4): 80–5.
23. Edgerton VR, Tillakaratne NJK, Bigbee AJ, de Leon RD, Roy RR. Plasticity of the spinal neural circuitry after injury. *Annu Rev Neurosci*. 2004; 27: 145–67.

24. Chisari C. Bottom-Up or Top-Down Approach? Understanding the Way to Reach the Milestone of Recovery in Stroke. *Int J Neurorehabil.* 2015; 2(2): e107.
25. Calabrò RS, Naro A, Russo M, Leo A, Balletta T, Saccà I, et al. Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restor Neurol Neurosci.* 2015; 33(5): 671–81.
26. Jang SH, You SH, Hallett M, Cho YW, Park CM, Cho SH, et al. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005 Nov; 86(11): 2218–23.
27. 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.* 2009 Jun 1; 1(6): 516–23.
28. Hesse S, Tomelleri C, Bardeleben A, Werner C, Waldner A. Robot-assisted practice of gait and stair climbing in non-ambulatory stroke patients. *JRRD.* 2012; 49(4): 613–22.
29. Staines WR, McIlroy WE, Graham SJ, Black SE. Bilateral movement enhances ipsilesional cortical activity in acute stroke: a pilot functional MRI study. *Neurology.* 2001 Feb 13; 56(3): 401–4.
30. Darekar A, McFadyen BJ, Lamontagne A, Fung J. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. *J Neuroeng Rehabil.* 2015 May 10; 12: 46.
31. Rahayu UB, Wibowo S, Setyopranoto I, Hibatullah Romli M. Effectiveness of physiotherapy interventions in brain plasticity, balance and functional ability in stroke survivors: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation.* 2020; 47(4): 463-70.
32. 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 Jan; 23(1): 5–13.
33. Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, Demott T, Moore JL, Roth HR. Enhanced Gait-Related Improvements After Therapist- Versus Robotic-Assisted Locomotor Training in Subjects With Chronic Stroke: A Randomized Controlled Study. *Stroke.* 2008 Jun; 39(6): 1786–92.
34. Murie-Fernández M, Irimia P, Martínez-Vila E, John Meyer M, Teasel R. Neurorehabilitación tras el ictus. *Neurología.* 2010; 25(3): 189–96.
35. Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JCT. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* diciembre de 2008; 56(12): 2234-43.
36. Erdoğan Uçar D, Paker N, Buğdaycı D. Lokomat: A therapeutic chance for patients with chronic hemiplegia. *NRE.* 2014; 34(3): 447–53.
37. Pohl M, Werner C, Holzgraefe M, Kroczeck G, Mehrholz J, Wingendorf I, et al. Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: a single-blind, randomized multicentre trial (DEutsche GAngtrainer Studie, DEGAS). *Clin Rehabil.* 2007 Jan; 21(1): 17–27.
38. Matsushima A, Maruyama Y, Mizukami N, Tetsuya M, Hashimoto M, Yoshida K. Gait training with a wearable curara® robot for cerebellar ataxia: a single-arm study. *Biomed Eng Online.* 2021 Sep 8; 20(1): 90.
39. Watanabe H, Goto R, Tanaka N, Matsumura A, Yanagi H. Effects of gait training using the Hybrid Assistive Limb® in recovery-phase stroke patients: A 2-month follow-up, randomized, controlled study. *Neuro Rehabilitation.* 2017; 40(3): 363–7.
40. Ochi M, Wada F, Saeki S, Hachisuka K. Gait training in subacute non-ambulatory stroke patients using a full weight-bearing gait-assistance robot: A prospective, randomized, open, blinded-endpoint trial. *J. Neurol. Sci.* 2015; 353(1-2): 130–6.
41. Seitz RJ, Azari NP, Knorr U, Binkofski F, Herzog H, Freund HJ. The role of diaschisis in stroke recovery. *Stroke.* 1999 Sep; 30(9): 1844–50.
42. Fan H, Luo Z. Functional integration of mirror neuron system and sensorimotor cortex under virtual self-actions visual perception. *Behav Brain Res.* 2022 Apr 22; 423: 113784.
43. Morales R, Badesa FJ, Garcia-Aracil N, Aranda J, Casals A. Evaluación en un paciente con ictus en fase crónica de un sistema autoadaptativo de neurorehabilitación robótica. *Rev Iberoam Autom In.* 2015; 12(1): 92–8.