

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UNA REHABILITACIÓN POST-
ICTUS SUBAGUDO CON UN EXOESQUELETO EN ADULTOS
FRENTE A UNA REHABILITACIÓN CONVENCIONAL SIN
EXOESQUELETO

Estelle Sala y Morgane Gisèle Michelle Le Drian

Trabajo Final del Grado



FACULTAD DE FISIOTERAPIA
UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

VALENCIA
Curso 2023-2024

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UNA REHABILITACIÓN POST-
ICTUS SUBAGUDO CON UN EXOESQUELETO EN ADULTOS
FRENTE A UNA REHABILITACIÓN CONVENCIONAL SIN
EXOESQUELETO

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR :

Estelle Sala y Morgane Gisèle Michelle Le Drian

TUTORIA DE TRABAJO :

Dr. Edgar BERNAT PONCE

FACULTAD DE FISIOTERAPIA
UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

VALENCIA

Curso 2023-2024

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

1.1. Resumen en castellano

Introducción: El accidente cerebrovascular (ACV o Ictus) es un problema de salud global debido a la interrupción del flujo sanguíneo al cerebro. España registra un alto número de casos anuales de ictus, que afectan la movilidad y la independencia en la vida diaria. La rehabilitación post-ictus se centra en restaurar la función motora y mejorar la calidad de vida del paciente. En este contexto, los exoesqueletos robóticos (ER) emergen como herramientas innovadoras que utilizan la tecnología para promover la recuperación física y la autonomía de los pacientes afectados.

Objetivo: Evaluar si la utilización de un exoesqueleto dentro la rehabilitación post-ictus subagudo en los adultos es más eficaz en los parámetros de marcha, la actividad motora, y en el equilibrio, frente a una rehabilitación convencional sin exoesqueleto.

Material y método: Se utilizaron las bases de datos Medline, Pubmed y Pedro para buscar los ensayos controlados aleatorizados para responder a nuestra pregunta de investigación.

Resultados: De los 10 artículos que estudiaron la eficacia del ER sobre los parámetros de marcha, 7 encontraron resultados significativos ($p < 0,05$) a favor del grupo del exoesqueleto.

De los 8 artículos que estudiaron la eficacia del ER sobre la actividad motora, 4 encontraron resultados significativos ($p < 0,05$) a favor del grupo del exoesqueleto.

De los 8 artículos que estudiaron la eficacia del ER sobre el equilibrio, solo 1 artículo encontró resultados significativos ($p < 0,05$) a favor del grupo del exoesqueleto.

Conclusión: Los exoesqueletos parecen mejorar la marcha y la fuerza de las extremidades en la rehabilitación post-ictus. Aunque los resultados varían, sugieren que los exoesqueletos pueden, potencialmente, complementar las terapias convencionales. Se necesitan más investigaciones con muestras más grandes para confirmar su eficacia y aplicabilidad clínica.

1.2. Resumen en ingles

Introduction: Cerebrovascular accident (CVA or stroke) is a global health problem due to the interruption of blood flow to the brain. Spain registers a high number of annual stroke cases, which affect mobility and independence in daily life. Post-stroke rehabilitation focuses on restoring motor function and improving the patient's quality of life. In this context, exoskeletons emerge as innovative tools that use technology to promote physical recovery and autonomy of affected patients.

Objective: To evaluate whether the use of an exoskeleton in post-acute stroke rehabilitation in adults is more effective in gait parameters, motor activity, and balance, compared to conventional rehabilitation without an exoskeleton.

Method: We used the Medline, Pubmed et Pedro databases to search for randomised controlled trials to answer our research question.

Results: Of the 10 articles that studied the efficacy of the RE on gait parameters, 7 found significant results ($p < 0.05$) in favour of the exoskeleton group.

Of the 8 articles that studied the efficacy of the RE on motor activity, 4 found significant results ($p < 0.05$) in favour of the exoskeleton group.

Of the 8 articles that studied the efficacy of the ER on balance, only 1 article found significant results ($p < 0.05$) in favour of the exoskeleton group.

Conclusion: Exoskeletons appear to improve gait and limb strength in post-stroke rehabilitation. Although results vary, they suggest that exoskeletons can potentially complement conventional therapies. Further research with larger samples is needed to confirm their efficacy and clinical applicability.

ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	3
1.1. Resumen en castellano.....	3
1.2. Resumen en inglés.....	4
2. ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
3. ÍNDICE DE TABLAS.....	6
4. ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	6
5. INTRODUCCIÓN.....	7
5.1. Definición ICTUS.....	7
5.2. Epidemiología.....	7
5.3. Síntomas y factores de riesgo.....	8
5.4. Consecuencias y alteración de marcha.....	8
5.5. Rehabilitación post-ictus.....	9
5.6. Exoesqueleto.....	9
6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	11
6.1. Hipótesis.....	11
6.2. Objetivo principal.....	11
6.3. Objetivos específicos.....	11
7. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
7.1. Pregunta Pico.....	12
7.2. Bases de datos.....	12
7.3. Palabras claves.....	13
7.4. Criterios de inclusión y exclusión.....	13
7.5. Ecuaciones de búsqueda.....	14
7.6. Diagrama de flujo.....	15
7.7. Escala Pedro.....	17
7.8. Variables y escalas.....	18
8. RESULTADOS.....	22
8.1. Descripciones de los diferentes tipos de métodos y exoesqueletos.....	22
8.2. Evaluación de los parámetros de marcha.....	25
8.3. Evaluación de la función motora.....	28
8.4. Evaluación del equilibrio.....	30
9. DISCUSIÓN.....	31
9.1. Primer objetivo específico.....	31
9.2. Segundo objetivo específico.....	33
9.3. Tercer objetivo específico.....	34
10. LIMITACIONES.....	35
11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	35
12. CONCLUSIONES.....	36
11.1. Primer objetivo específico.....	36

11.2 Segundo objetivo específico.....	36
11.3 Tercer objetivo específico.....	36
13. BIBLIOGRAFÍA	37
14. ANEXO.....	42

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ictus isquémico e ictus hemorrágico.....	7
Figura 2: Evolución de la prevalencia (%) de los factores de riesgo de ictus por grupos de edad. HTA: Hipertensión Arterial DM: Diabetes Mellitus; FA: Fibrilación Auricular.....	8
Figura 3: Pregunta PICO.....	12
Figura 4: Diagrama de flujo.....	16

3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión.....	13
Tabla 2: Estrategias de búsqueda.....	14
Tabla 3: Escala PEDro.....	17
Tabla 4: Evaluación de los parámetros de marcha.....	27
Tabla 5: Evaluación de la función motora.....	29
Tabla 6: Evaluación del equilibrio.....	30
Tabla 7: Resumen del artículo Li DX, et al., 2021.....	43
Tabla 8: Resumen del artículo Lee YH, et al., 2023.....	44
Tabla 9: Resumen del artículo de Pournajaf S, et al., 2023.....	45
Tabla 10: Resumen del artículo de Miyagawa D, et al., 2023.....	46
Tabla 11: Resumen del artículo de Molteni F, et al., 2021.....	47
Tabla 12: Resumen del artículo de Yoo HJ, et al., 2023.....	48
Tabla 13: Resumen del artículo de Zhang H, et., 2023.....	49
Tabla 14: Resumen del artículo de Yu D, et., 2021.....	50
Tabla 15: Resumen del artículo de Lin YN, et al., 2022.....	51
Tabla 16: Resumen del artículo de Louie D, et al., 2021.....	52
Tabla 17: Resumen de los diferentes exoesqueletos.....	53

4. ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

AVC: Accidente cerebro vascular
ER: Exoesqueleto robotico
OMS: Organización Mundial de la Salud
RAGT: Robotic assisted gait training
RCT: Randomized controlled trial
SNC: Sistema Nervioso Central

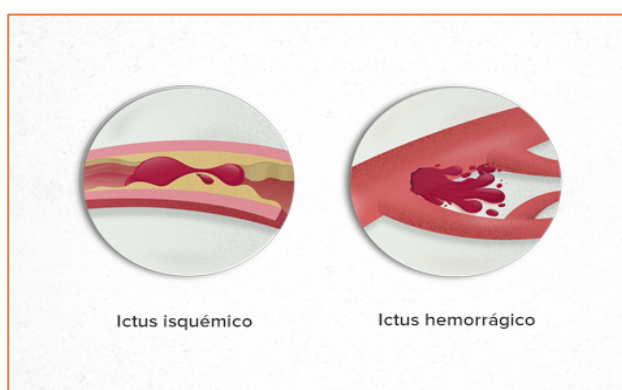
5. INTRODUCCIÓN

5.1. Definición ICTUS

El accidente cerebrovascular (ACV) es una condición en la cual la circulación sanguínea hacia el cerebro se interrumpe debido a la ruptura o bloqueo de un vaso sanguíneo (WHO, 2024). Esta interrupción impide que la sangre alcance ciertas áreas del cerebro, lo que resulta en la privación de oxígeno para las células nerviosas, causando su muerte. Es crucial actuar rápidamente en estos casos para minimizar el daño cerebral (Federación española del ictus, 2024; Fernandez et al., 2024).

Un ictus o accidente cerebrovascular ocurre cuando hay una interrupción repentina o una disminución significativa del flujo sanguíneo a una parte del cerebro. Esto puede ser causado por una obstrucción (accidente cerebrovascular isquémico) que representa 80% de los ictus, o una ruptura (accidente cerebrovascular hemorrágico) de un vaso sanguíneo cerebral (Figura 1). La interrupción del flujo sanguíneo conduce a la privación de oxígeno y nutrientes para las células cerebrales, causando daño a los tejidos cerebrales (National Library of Medicine, 2023).

Figura 1: Ictus isquémico y ictus hemorrágico



Fuente : Figura extraída de Fernandez et al., 2024

5.2. Epidemiología

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 15 millones de personas sufren un ictus cada año, lo que provoca la muerte de 5 millones y deja a 5 millones de supervivientes con discapacidad permanente (WHO, 2024). En Europa, la enfermedad es responsable de unas 650.000 muertes al año, de las que unas 40.000 se producen en España (Federación española del ictus, 2024).

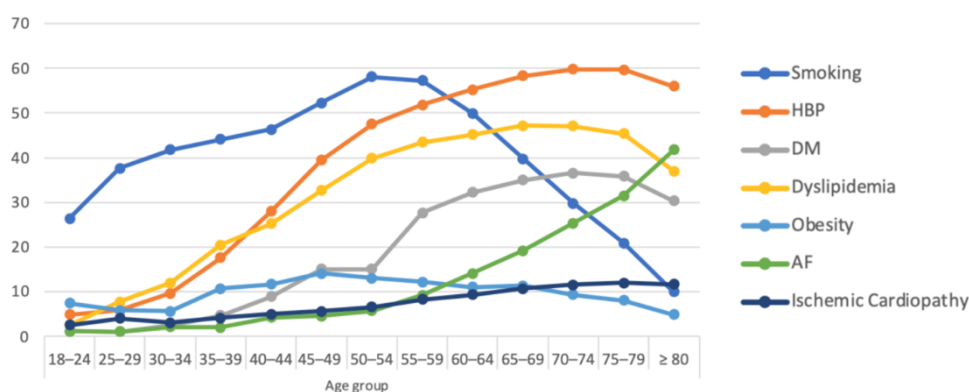
El ictus isquémico en España se sitúa en torno a los 118 casos por cada 100.000 habitantes, produciéndose la mayoría de estos incidentes en personas mayores de 65 años, con predominio del sexo masculino. Aunque la mayoría de los ictus suelen afectar a personas mayores de 65 años (75%), y una minoría de alrededor del 5% se produce en adultos de entre 18 y 44 años, las

investigaciones llevadas a cabo en la última década han puesto de manifiesto un aumento de la incidencia de ictus isquémico en adultos menores de 55 años (Amaya Pascasio et al., 2023).

5.3. Síntomas y factores de riesgo

Los signos característicos del ictus incluyen la pérdida de fuerza o sensibilidad, debilidad en la mitad de la cara, brazo y pierna, visión doble, vértigo, alteración súbita del habla y dolor de cabeza repentino (Federación española del ictus, 2024; Fernandez et al., 2024).

Figura 2 : Evolución de la prevalencia (%) de los factores de riesgo de ictus por grupos de edad. HTA: Hipertensión Arterial DM: Diabetes Mellitus; FA: Fibrilación Auricular.



Fuente : Figura extraída del artículo de Amaya Pascasio et al., 2023

Según la OMS, dos importantes factores de riesgo modificables (Figura 2) son la hipertensión y el tabaquismo. El control de la presión arterial podría haber salvado a cuatro de cada diez personas de un derrame cerebral. Entre las personas mayores de 65 años, casi 50% de los accidentes cerebrovasculares son atribuibles a la hipertension arterial (Amaya Pascasio et al., 2023).

Otros factores de riesgo tales como fibrilación auricular, insuficiencia cardíaca, y ataques cardíacos son también significativos. Aunque la incidencia de los accidentes cerebrovasculares está disminuyendo en muchos países desarrollados gracias a una mejor gestión de la hipertensión y a la reducción del tabaquismo, el número absoluto de accidentes cerebrovasculares sigue aumentando debido al envejecimiento de la población (WHO, 2024).

5.4 Consecuencias y alteracion de marcha

El ictus es una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial y provoca importantes déficits en la función motora (Li et al., 2021). Según la Federación Española del Ictus, alrededor del 30% de los individuos que sufren un ictus experimentan algún grado de discapacidad, manifestada mediante parálisis, dificultades en el equilibrio, trastornos del habla, y déficits cognitivos (Federación española del ictus, 2024). Entre estas deficiencias, los trastornos de la marcha son frecuentes y afectan a una gran proporción de estas personas (Zhang et al., 2017). De acuerdo a Beyart et al. (2017), "Alrededor del 80% de los sujetos afectados por un

ictus experimentan problemas para caminar 3 meses después del inicio" y 20% de las personas requieren el uso de una silla de ruedas entre 6 meses y 3 años después de tener un ICTUS (Li et al., 2021). Aunque alrededor del 70% de los pacientes conservan la capacidad de caminar, a menudo presentan una velocidad reducida, una rigidez de las extremidades inferiores en el lado afectado (hemipléjico), deterioro de la capacidad de apoyo y transferencia de peso, y un patrón de marcha asimétrico (Li et al., 2021; Warutkar et al., 2022).

Las secuelas del ictus van más allá de las dificultades para caminar, afectando la movilidad, el riesgo de caída y la independencia en la vida diaria (Li et al., 2021). Esta disminución de la actividad física expone a los sobrevivientes a riesgos adicionales como problemas respiratorios, cardiovasculares, intestinales y de vejiga, obesidad, osteoporosis y úlceras por decúbito, impactando negativamente en la esperanza de vida (Rodríguez-Fernández et al., 2021).

5.5 Rehabilitación post-ictus

En el proceso de rehabilitación post-ictus, la recuperación de la marcha adquiere una posición central, adoptando enfoques multidimensionales y progresivos al seguir el patrón cefalocaudal del desarrollo humano (Nudo, 2003). La neuroplasticidad, vinculada al aprendizaje específico de la tarea, desempeña un papel crucial al permitir que el cerebro reorganice funciones tras el daño cerebral. La reorganización funcional, que abarca conceptos como equipotencialidad, vicariación y diasquisis, juega un papel esencial en la plasticidad cerebral después de un ictus (Carrera et al., 2014). Frente a una lesión, el cerebro puede redistribuir funciones dañadas a regiones intactas, aliviando así los déficits funcionales. La recuperación de las funciones sensoriomotoras tras una lesión del SNC se basa en aprovechar la neuroplasticidad, destacando la necesidad de reeducar los movimientos esenciales para la autonomía (Puderbaugh et al., 2023). Para lograrlo, es fundamental activar fisiológicamente los músculos de las extremidades mediante ejercicios funcionales que involucren el movimiento de brazos, manos y piernas, así como la activación de los receptores periféricos adecuados (Nudo, 2003). En la fase aguda de la rehabilitación después de un accidente cerebrovascular, se ha notado que la repetición intensiva y específica de ciertas tareas en el entrenamiento favorece la neuroplasticidad positiva, lo que puede acelerar la recuperación funcional y la restitución de una marcha saludable tras un ictus (Nolan et al., 2020).

Terapias innovadoras como la locomoción robótica, con su enfoque en la repetición continua y adaptativa, contribuyen a mejorar las actividades diarias de los sobrevivientes de ictus (Rodríguez-Fernández et al., 2021).

5.6 Exoesqueleto

El término "exoesqueleto" se define como una estructura mecánica externa que asiste o genera movimientos en el portador (Kotov et al., 2021). Estos dispositivos pueden diseñarse para las extremidades superiores, inferiores o incluso para todo el cuerpo.

Existen varias categorías de exoesqueletos, cada una con aplicaciones distintas (Gassert et al. 2018). En el contexto médico, los exoesqueletos se han convertido en herramientas

innovadoras que ofrecen un potencial prometedor en el proceso de rehabilitación. Su uso en este campo tiene como objetivo principal ayudar, restaurar o mejorar las capacidades físicas de las personas afectadas por lesiones, derrames cerebrales u otras afecciones médicas (Gassert et al. 2018).

Como se muestra en el artículo de Gassert et al. (2018), en los años 70 aparecieron los primeros exoesqueletos terapéuticos motorizados para lesiones medulares, que utilizaban actuadores neumáticos, hidráulicos o electromagnéticos. Ofrecían funcionalidades avanzadas como la flexión/extensión del tobillo y la aducción/abducción de la cadera. Más tarde se introdujo el primer sistema de terapia asistida por robot para supervivientes de ictus, basado en un manipulador industrial rígido, que movía un cojín con el paciente sin interacción física directa (Gassert et al. 2018).

Un exoesqueleto de extremidad inferior o **Lower Limb exoskeleton** es una máquina móvil que lleva una persona y que suministra al menos parte de la energía de activación para el movimiento de las extremidades. Combina la inteligencia humana y la potencia de la máquina, de forma que potencia la inteligencia de la máquina y la potencia del operador humano. Como resultado, el operador humano puede lograr lo que de otro modo no sería capaz de hacer por sí mismo (Rodríguez-Fernández et al., 2021).

La rehabilitación robótica de la marcha surgió hace 25 años como alternativa al entrenamiento manual tradicional (Rodríguez-Fernández et al., 2021). Reduce la carga física del terapeuta y ofrece evaluaciones objetivas y cuantitativas del progreso del paciente. El uso de robots en la rehabilitación de la marcha se remonta a 1994 con la creación del Lokomat, que combina el entrenamiento en cinta rodante apoyado en el peso corporal con la asistencia de una órtesis robótica para caminar (Warutkar et al., 2022). Desde entonces, se han desarrollado varios robots de rehabilitación, clasificados en exoesqueletos con base en suelo como el Lokomat, LokoHelp, Lopes, Active Leg Exoskeleton (ALEX), Berkley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX), dispositivos con efector final como el Gait Trainer y el Haptic Walker, y exoesqueletos portátiles como el ReWalk, BEAR-H1, Ekso e Indego (Rodríguez-Fernández et al., 2021; Warutkar et al., 2022).

La evolución de los robots de rehabilitación para las extremidades inferiores ha sido significativa desde su introducción. Al principio, estos robots eran similares a brazos robóticos industriales rígidos, que dirigían pasivamente las extremidades sin implicar cognitiva ni físicamente a los pacientes. Sin embargo, los sistemas actuales permiten la participación activa del paciente proporcionándole el apoyo adecuado y descargando el peso corporal en una posición erguida (Gassert et al. 2018).

6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

6.1. Hipótesis

La hipótesis de este trabajo fin de grado contempla que el uso de un exoesqueleto robótico como parte de la fisioterapia en adultos post-ictus subagudo podría ser más eficaz para mejorar los parámetros de marcha, incrementar la actividad motora de los miembros inferiores y aumentar el equilibrio de los pacientes frente a un tratamiento de fisioterapia convencional.

6.2 Objetivo principal

El objetivo principal de esta revisión sistemática es analizar la eficacia y los efectos beneficiosos del uso de un exoesqueleto robótico, como parte de la fisioterapia en los pacientes post-ictus subagudo, sobre los parámetros de marcha, la actividad motora de los miembros inferiores y el equilibrio, frente a una rehabilitación convencional.

6.3 Objetivos específicos.

Analizar si el uso de exoesqueleto robótico mejora los parámetros **de marcha** en pacientes post-ictus agudo (evaluar la velocidad de marcha, la cadencia).

Evaluar la efectividad del exoesqueleto robótico en la **actividad motora de los miembros inferiores** en pacientes post-ictus agudo (evaluar la fuerza, la contracción de los músculos, la espasticidad, la rigidez).

Investigar la eficiencia sobre el **equilibrio** en los pacientes post-ictus agudo tras uso del exoesqueleto robótico (riesgo de caída, control del tronco).

7. MATERIAL Y MÉTODOS

Nuestra búsqueda de artículos se realizó durante los meses de diciembre 2023 y enero 2024 para completar la parte Material y Métodos.

7.1. Pregunta PICO

Para elaborar nuestra pregunta de investigación, estructuramos la pregunta PICO (Figura 3) de la siguiente forma:

Figura 3 : Pregunta PICO

P (Población)	<ul style="list-style-type: none">• Población de adultos con un ictus subagudo hace menos de 6 meses.
I (Intervención)	<ul style="list-style-type: none">• Uso de un exoesqueleto robotico (ER) de miembros inferiores como parte del tratamiento de la fisioterapia.
C (Comparación)	<ul style="list-style-type: none">• Comparación con la fisioterapia convencional sin exoesqueleto.
O (Outcomes = resultados)	<ul style="list-style-type: none">• Parámetros de marcha, actividad motora y el equilibrio.

Fuente: Elaboración propia

Tras la realización de la pregunta PICO, hemos llevado a cabo nuestra pregunta de investigación: «En adultos post-ictus subagudo (P), ¿Es eficaz el uso de un exoesqueleto robótico (ER) como parte del tratamiento de la fisioterapia (I), en comparación con la fisioterapia convencional sin exoesqueleto (C), en cuanto a la mejora de sus parámetros de marcha, su actividad motora y su equilibrio (O)?»

7.2. Bases de datos

Realizamos la búsqueda de los artículos en 3 bases de datos diferentes: Pubmed, PEDro, y Medline. Los artículos seleccionados vienen en mayoría en Medline con 5 artículos, Pubmed con 4 artículos y PeDro con 1 artículo.

7.3. Palabras clave

Nuestro estudio compara el uso de un exoesqueleto en la rehabilitación de pacientes post-ictus subagudo con una rehabilitación convencional.

Se revisaron diversos artículos que utilizaban exoesqueletos como tratamiento de fisioterapia y se evaluó su impacto en los parámetros de marcha, el aumento de la actividad motora en los miembros inferiores y el equilibrio.

Hemos utilizado operadores booleanos como « AND » y « OR ». El operador « AND » nos ha ayudado a filtrar documentos que incluyeron múltiples términos revelantes simultáneamente. Por otro lado, el uso « OR » nos ha permitido ampliar nuestro rango de búsqueda para incorporar estudios con nuestras diferentes variables.

El análisis incluyó parámetros relacionados con las palabras « Stroke » « Cerebral Stroke », « Acute stroke » y « Post-stroke » para ictus, « Exoskeleton Device » « Exoskeleton » y « Robotics » para descriptores de exoesqueletos, usamos « Lower-limb » y « Lower extremity » para precisar el miembro inferior, y las palabras « Gait », « Postural balance », « Motor activity » para nuestras variables de estudio sobre los parámetros de marcha, el equilibrio y actividad motora.

7.4. Criterios de inclusión y exclusión

A continuación, figura la tabla 1 de criterios de inclusión y exclusión por la realización de nuestra búsqueda de artículos en relación con nuestro tema.

Tabla 1 : Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none">○ Publicados entre 2010 y 2023○ Publicados en inglés, español, francés o alemán.○ Estudios controlados y aleatorios (RCT).○ Pacientes adultos mayores de 18 años.○ Pacientes post-ictus subagudo, menos de 6 meses después del ICTUS.○ Pacientes con discapacidad en los parámetros de marcha, en la actividad motora, y/o del equilibrio.	<ul style="list-style-type: none">○ Artículos con una puntuación menos de 5 sobre la escala Pedro.○ No evalúa los parámetros de marcha, la actividad motora o el equilibrio.○ No utilizan un dispositivo Lower Limb.○ No compara un tratamiento con un exoesqueleto con un tratamiento convencional.

Fuente: Elaboración propia

7.5. Ecuaciones de búsqueda

La siguiente tabla 2 detalla nuestra estrategia de búsqueda en las distintas bases de datos.

En nuestras ecuaciones siguientes, encontrará la mayoría de nuestros artículos con la variable "GAIT", que nos permite ampliar la búsqueda de nuestros artículos. De hecho, en los artículos seleccionados con la variable "GAIT", podemos ver que también se miden las variables "Balance" y "Motor activity". Sin embargo, no se especifican en el título, lo que a veces puede limitar nuestras búsquedas al incluir sólo estas dos últimas variables.

Tabla 2 : Estrategias de búsqueda

U	ECUACIONES DE BÚSQUEDA	FILTROS	RESULTADOS	ARTICULOS ELEGIDOS
Pubmed	(((((stroke[MeSH Terms] OR (cerebral stroke[MeSH Terms])) OR (acute stroke[MeSH Terms]) OR (post-stroke)) AND ((exoskeleton device[MeSH Terms] OR (exoskeleton))) AND (((lower extremity[MeSH Terms]) OR (lower extremities))) AND (((gait[MeSH Terms]) OR (postural balance[MeSH Terms])) OR (motor activity[MeSH Terms])))	RCT 2010 - 2023	n= 8	n= 2
	(((((stroke[MeSH Terms] OR (cerebral stroke[MeSH Terms])) OR (acute stroke[MeSH Terms]) OR (post-stroke)) AND ((exoskeleton device[MeSH Terms] OR (exoskeleton)) OR (robotics[MeSH Terms]))) AND (((lower extremity[MeSH Terms]) OR (lower extremities))) AND (((gait[MeSH Terms]) OR (postural balance[MeSH Terms])) OR (motor activity[MeSH Terms])))		n=21	n=1
	((("Stroke"[Mesh] AND "Lower Extremity"[Mesh]) AND "Exoskeleton Device"[Mesh]) OR "Robotics"[Mesh]) AND "Gait"[Mesh])		n=111	n= 1
Medline	Stroke AND Exoskeleton AND (GAIT OR Postural balance OR Motor Activiy)	RCT 2010-2023	n= 62	n= 2
	Stroke AND Exoskeleton AND Lower-limb AND GAIT		n= 12	n= 1
	Stroke AND (Robotic OR Exoskeleton) AND (Gait recovery OR Postural balance)		RCT 2010-2023	n= 71
Pedro	« Stroke » AND « Lower-limb » AND « Exoskeleton » AND « GAIT »	RCT 2010 - 2023	n= 6	n= 1
	« Stroke » AND « Lower-limb » AND « Exoskeleton » AND « Postural balance »		n=1	n=0
	« Stroke » AND « Exoskeleton » AND « Lower-limb » AND « Motor activity »		n=2	n=0

Fuente: Elaboración propia

Artículos elegidos de Pubmed (n=4)

- Clinical efficacy of overground powered exoskeleton for gait training in patients with subacute stroke. A randomized controlled pilot trial. *Yoo, HJ. et al., 2023*
- Three-dimensional Gait Analysis and sEMG Measures for Robotic-Assisted Gait Training in subacute Stroke : A Randomized Controlled Trial. *Zhang, H. et al., 2023*
- Robot-Assisted Gait Training Plan for Patients in Poststroke Recovery Period : A Single Blind Randomized Controlled Trial. *Yu, D. et al., 2021*
- Hybrid robot-assisted gait training for motor function in subacute stroke : a single-blind randomized controlled trial. *Lin YN. et al., 2022*

Artículos elegidos de Medline (n=5)

- Effect of Robot Assisted Gait Training on Motor and Walking Function in Patients with Subacute Stroke : A Random Controlled Study. *Li, DX. et al., 2021*
- Therapeutic Effects of Robotic-Exoskeleton-Assisted Gait Rehabilitation and Predictive Factors of Significant Improvement in Stroke Patients : A Randomized Controlled Trial. *Lee, YH. et al., 2023*
- Robotic versus Conventional Overground Gait Training in Subacute Stroke Survivors : A Multicenter Controlled Clinical Trial. *Pournajaf, S. et al., 2021*
- Gait training with a wearable powered robot during stroke rehabilitation : a randomized parallel-group trial. *Miyagawa, D. et al., 2023*
- Gait Recovery with an Overground Powered Exoskeleton : A Randomized Controlled Trial on Subacute Stroke Subjects. *Molteni, F. et al., 2021*

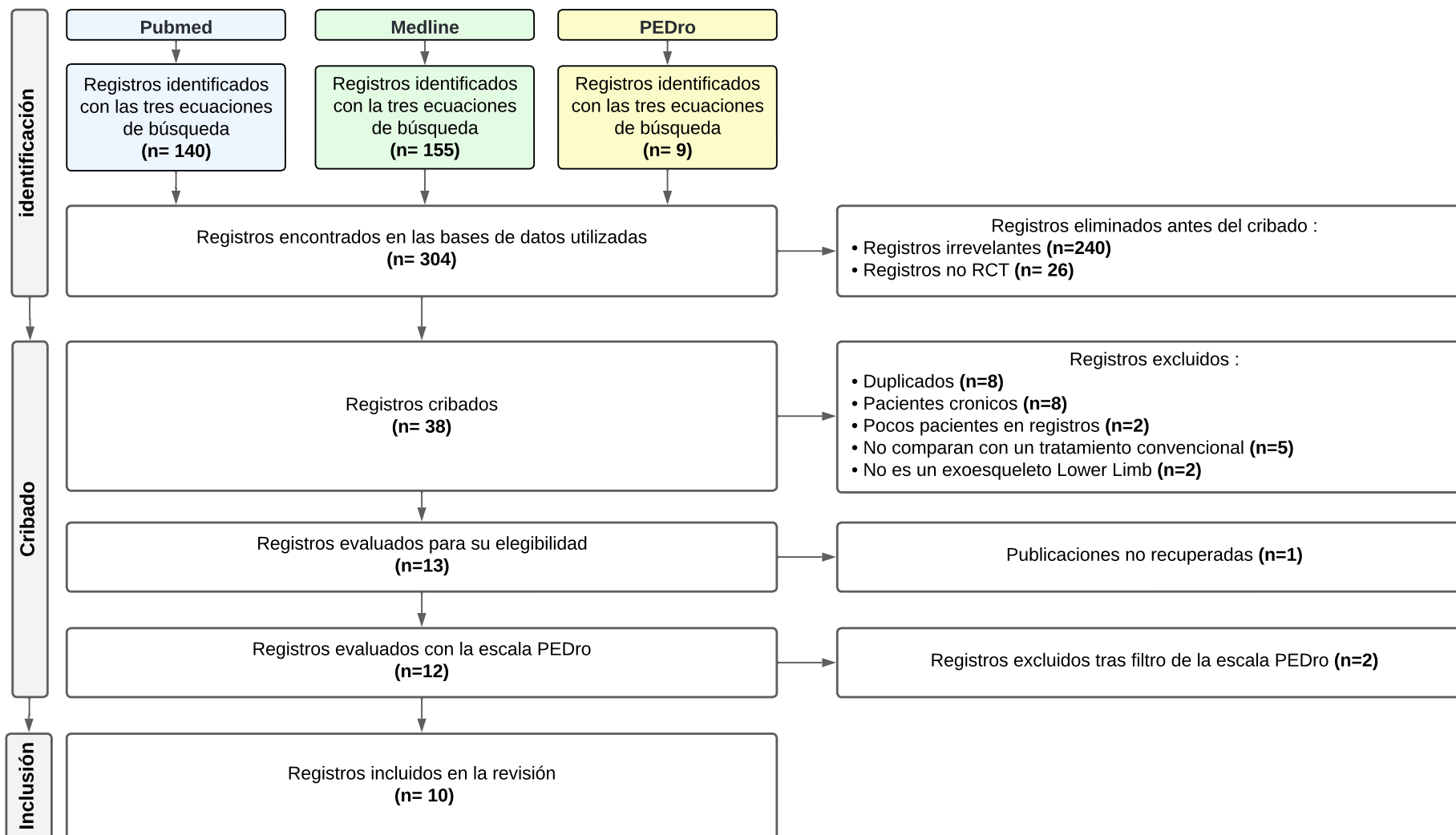
Artículos elegidos de Pedro (n=1)

- Efficacy of an exoskeleton-based physical therapy program for non-ambulatory patients during subacute stroke rehabilitation : a randomized controlled trial. *Louie, DR. et al., 2021*

7.6. Diagrama de flujo

A continuación, presentamos en este diagrama (Figura 4) de flujo todas las etapas de nuestra investigación que nos han permitido llegar a estos 10 artículos seleccionados. Aporta un enfoque metodológico al ofrecer una representación gráfica de nuestro recorrido, desde la búsqueda inicial de artículos hasta su inclusión en nuestra revisión sistemática.

Figura 4: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia a partir del esquema prisma 2020

7.7. Escala PEDro

La escala PEDro, un instrumento para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos, desempeña un papel central en nuestra búsqueda de artículos. Al asignar una puntuación sobre 10 a cada estudio evaluado, esta escala proporciona una medida concisa de la solidez metodológica de los artículos incluidos en nuestra revisión. Una evaluación rigurosa de la calidad metodológica basada en la escala PEDro, con un umbral de 5/10 como criterio de inclusión, garantiza la fiabilidad y validez de los estudios seleccionados. A continuación figuran en la tabla 3 las puntuaciones PEDro de nuestros 10 artículos seleccionados.

Tabla 3 : Escala PEDro

		Ítems											Resultados
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Artículos	Yoo HJ, et al. 2023	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	6/10
	Zhang H, et al. 2023	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5/10
	Yu D, et al. 2021	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	5/10
	Lin YN, et al. 2022	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
	Li DX, et al. 2021	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
	Lee YH, et al. 2023	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6/10
	Pournajaf S, et al. 2023	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	8/10
	Miyagawa D, et al. 2023	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
	Molteni F, et al. 2021	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
	Louie D, et al. 2021	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	8/10

Fuente: Elaboracion propia

7.8 Variables y escalas

Hemos seleccionado parámetros específicos para analizar en nuestra investigación, centrándonos en variables clave relacionadas con los parámetros de marcha, la actividad motora y el equilibrio. En este contexto, las variables de parámetros de marcha abarcan aspectos como la velocidad al caminar, la distancia recorrida o la independencia en la marcha. Al mismo tiempo, nos interesamos en la actividad motora, con un enfoque particular en la fuerza de los músculos inferiores. Además, evaluaremos el equilibrio considerando el riesgo de caídas, el control postural y el control del tronco.

Para llevar a cabo este análisis, revisaremos nuestros artículos que se centran en al menos una de estas variables.

7.8.1 Parámetros de marcha

Los parámetros de marcha lo miden los 10 artículos seleccionados y se realizan mediante las variables velocidad de marcha, cadencia y los siguientes test:

“10 meter Walk Test” (10MWT)

Se evalúa el 10MWT en 5 estudios.

La prueba de caminar 10 metros (10mWT) es una herramienta de evaluación utilizada habitualmente para medir la velocidad de la marcha en las personas. Se pide a los participantes que caminen una distancia de 10 metros a su velocidad habitual y se registra el tiempo en segundos por segundo que tardan en completar la tarea. Esta prueba proporciona información precisa sobre la capacidad de caminar, la velocidad, la movilidad y el sistema vestibular, lo que la convierte en una herramienta útil para evaluar la función física y controlar los cambios a lo largo del tiempo (Lin et al., 2022; Miyagawa et al., 2023; Molteni et al., 2021; Peters et al., 2001; Pournajaf et al., 2023; Yoo et al., 2023)

“Six-minute Walk test” (6MWT)

Se evalúa el 6MWT en 7 estudios.

La prueba de Six-minute Walk test evalúa la capacidad de una persona para caminar durante 6 minutos y proporciona información importante sobre su capacidad funcional, su tolerancia al esfuerzo y su nivel de actividad física.

Se colocan dos conos a 30 metros de distancia en un pasillo y el paciente debe caminar a paso rápido durante seis minutos para cubrir la máxima distancia posible en ese tiempo. El profesional de la salud encargado del test registra la sensación de disnea (falta de aire), la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y los metros caminados (Lee et al., 2023; Li et al., 2021; Louie et al., 2021; Miyagawa et al., 2023; Molteni et al., 2021; Pournajaf et al., 2023; Santos-Martinez et al. 2022; Zhang et al., 2023).

“Functional Ambulation Category” (FAC)

Se evalúa el FAC en 6 estudios.

La Categoría de Ambulación Funcional (FAC) es una escala de evaluación clínica utilizada para valorar el nivel de independencia y función ambulatoria en personas con deficiencias motoras. Esta escala clasifica a los individuos en diferentes categorías según su capacidad para realizar actividades de deambulación que van de 0 (necesidad total de ayuda) a 5 (independencia total) (Louie et al., 2021; Mehrholz et al. 2007; Mehrholz et al. 2007; Molteni et al., 2021; Pournajaf et al., 2023; Yoo et al., 2023; Zhang et al., 2023).

“Walking Handicap Scale” (WHS)

Se evalúa el WHS en 1 estudio.

La Walking Handicap Scale (WHS) es un instrumento de evaluación clínica diseñado para medir las limitaciones funcionales relacionadas con la marcha. La prueba evalúa aspectos como la velocidad de la marcha, la resistencia, la estabilidad y la calidad del movimiento durante la marcha (Franceschini et al. 2013; Molteni et al., 2021).

7.8.2 Actividad motora

La actividad motora lo miden 8 de los 10 artículos seleccionados y se realizan mediante los test:

“Fugl-Meyer assessment of lower extremity” (FMA-LE)

Se evalúa el FMA-LE en 6 estudios.

La prueba de Fugl-Meyer para las extremidades inferiores (FMA-LE) es una evaluación clínica utilizada para medir la función motora de las extremidades inferiores. Evalúa la fuerza muscular, la coordinación, la amplitud del movimiento y la sensibilidad mediante diversos movimientos con 17 ítems y una puntuación máxima de 34 (Hernández et al. 2021; Li et al., 2021; Lin et al., 2022; Louie et al., 2021; Yu et al., 2021; Yoo et al., 2023; Zhang et al., 2023).

“Motricity index of the Affected lower Limb” (MI-AL o MI-LL)

Se evalúa el MI-AL en 2 estudios.

El Índice Motor del Miembro Inferior Afectado (MI-AL) es una evaluación clínica utilizada para medir la fuerza muscular y la función motora de los miembros inferiores en individuos con afecciones neurológicas y musculoesqueléticas. Esta prueba evalúa la capacidad de la extremidad inferior afectada para realizar diferentes movimientos, proporcionando información valiosa sobre la gravedad de las deficiencias motoras (Molteni et al. 2021; Pournajaf et al., 2023).

“Modified Ashworth Scale of The Affected lower Limb” (MAS-AL)

Se evalúa el MAS-AL en 2 estudios.

La escala modificada de Ashworth para miembros inferiores (MAS-AL) es una prueba clínica utilizada para evaluar el tono muscular en personas con trastornos neurológicos. Mide la resistencia a la movilización pasiva de las extremidades inferiores, proporcionando una

evaluación de la espasticidad muscular. La MAS-AL es una escala de 6 puntos que oscila entre 0 (tono muscular normal) y 4 (rigidez muscular grave). Los grupos musculares incluyen extensores, flexores, aductores y abductores de la cadera, flexores y extensores de la rodilla, dorsiflexiones y flexores plantares del tobillo (Molteni et al. 2021; Pournajaf et al., 2023).

“Manual muscle test” (MMT)

Se evalúa el MMT en 1 estudio.

El Manual Muscle Test es un método para evaluar la fuerza, mediante un examen clínico estandarizado. Durante esta prueba, cada grupo muscular se prueba bilateralmente. Una mano del examinador aplica una resistencia o palpa el músculo o tendón para su contracción, mientras que la otra mano estabiliza la extremidad que se está probando para mantenerla en la posición de prueba (Ciesla et al., 2011; Lin et al., 2022).

“Postural Assessment Scale for Stroke” (PASS)

Se evalúa el PASS en 1 estudio.

El Postural Assessment Scale for Stroke (PASS) es una evaluación de resultados diseñada específicamente para evaluar y supervisar el control postural después de un accidente cerebrovascular. Desarrollada en 1999 como adaptación de la subescala de equilibrio de la evaluación de Fugl-Meyer, la PASS consta de 12 ítems de cuatro niveles de dificultad variable para evaluar la capacidad de mantener o cambiar una determinada postura tumbada, sentada o de pie (Beyaert et al., 2015; Lin et al., 2022; *Physiopedia*, 2023).

“Active Range Of Motion” (AROM)

Se evalúa el AROM en 1 estudio.

El test Active Range Of Motion (AROM) representa la amplitud de movimiento que puede alcanzar una articulación cuando los músculos antagonistas se contraen y se relajan, permitiendo el movimiento de la articulación. Por ejemplo, cuando los músculos cuádriceps se contraen, la rodilla se extiende, mientras que la contracción de los músculos isquiotibiales favorece la flexión. Por tanto, la evaluación de la AROM de la rodilla permite medir la capacidad funcional de esta articulación, teniendo en cuenta las contracciones musculares que facilitan el movimiento de flexión y extensión (Lin et al., 2022; *Physiopedia*, 2023).

“Electromiograma” (sEMG)

Se evalúa el sEMG en 1 estudio.

Un electromiograma (sEMG) es una prueba médica utilizada para evaluar la actividad eléctrica de los músculos con las señales eléctricas producidas durante la contracción muscular. Esta prueba ayuda a identificar posibles problemas neurológicos o diagnosticar trastornos musculares (MedlinePlus, 2023; Zhang et al., 2023).

7.8.3 Equilibrio

El equilibrio lo miden 8 de los 10 artículos seleccionados y se realizan mediante los test:

“Time up and go test” (TUG)

Se evalúa el TUG en 5 estudios.

El Time Up and Go Test (TUG) es una evaluación clínica rápida de la movilidad y la función física. Mide el tiempo que tarda una persona en levantarse de una silla, caminar 3 metros, darse la vuelta, volver a caminar y sentarse de nuevo. El TUG se utiliza para evaluar la movilidad de las personas mayores o las que tienen problemas de equilibrio, en este caso los pacientes con ictus. Los resultados de la prueba proporcionan información útil sobre la capacidad para realizar actividades cotidianas, la estabilidad postural y el riesgo de caídas (Lee et al., 2023; Lin et al., 2022; Miyagawa et al., 2023; Pangilinan et al. 2017; Pournajaf et al., 2023; Yoo et al., 2023; Yu et al., 2021).

“Berg Balance Scale” (BBS)

Se evalúa el BBS en 4 estudios.

La Berg Balance Scale (BBS) es un instrumento de evaluación clínica utilizado para medir objetivamente la capacidad de un paciente para mantener el equilibrio de forma segura durante una serie de tareas predefinidas. La escala consta de 14 ítems, cada uno de los cuales se puntúa en una escala ordinal de cinco puntos de 0 a 4. Una puntuación de 0 indica el nivel más bajo de funcionalidad, mientras que 4 representa el nivel más alto. Una puntuación de 0 indica el nivel más bajo de funcionalidad, mientras que 4 representa el más alto. La prueba dura unos 20 minutos y, aunque evalúa la estabilidad y el equilibrio, no incluye una evaluación de la marcha (Downs et al., 2015; Lin et al., 2022; Louie et al., 2021; Miyagawa et al., 2023; Yoo et al., 2023).

“Trunk Control Test” (TCT)

Se evalúa el TCT en 1 estudio.

El Test de Control del Tronco (TCT) es un instrumento de evaluación clínica diseñado para cuantificar la capacidad de un individuo para controlar el movimiento del tronco. Específicamente diseñado para evaluar la estabilidad y coordinación del tronco, el TCT consiste en una serie de tareas diseñadas para evaluar la capacidad del sujeto para mantener una posición sentada y realizar movimientos del tronco de forma controlada. Las puntuaciones obtenidas proporcionan una medida objetiva del rendimiento del participante (Franchignoni et al., 1997; Molteni et al., 2021).

“Tinetti-test o Performance-Oriented Mobility Assessment” (POMA)

Se evalúa el POMA en 1 estudio.

El Tinetti-test o POMA es una prueba completa que evalúa el equilibrio y la estabilidad percibidos durante las actividades cotidianas, así como el miedo a las caídas. Dividido en dos secciones cortas, el POMA evalúa las habilidades de equilibrio estático en sedestación y bipedestación, así

como la marcha. La puntuación se basa en una escala ordenada de tres puntos, de 0 a 2, que refleja el nivel de funcionamiento. La suma total del equilibrio, la marcha y la puntuación global proporciona una evaluación completa del riesgo de caídas, clasificando el riesgo en bajo, moderado o alto (Lin et al., 2022; *Physiopedia*, 2023).

8. RESULTADOS

Una vez analizada la información y los resultados de los 10 artículos seleccionados, podemos examinar en detalle los resultados obtenidos en esta revisión sistemática.

8.1. Descripciones de los diferentes métodos y exoesqueletos

Al leer los artículos, identificamos diversos exoesqueletos robóticos utilizados en los estudios. Entre estos ER, encontramos dispositivos con una base en suelo, con efector final y portátiles.

Un **exoesqueleto de suelo** es un dispositivo de asistencia a la marcha que incorpora articulaciones robóticas bilaterales programables y motorizadas acopladas a las extremidades inferiores del paciente.

En los artículos seleccionados, 3 utilizaban un dispositivo de suelo, todos ellos modelos diferentes.

En el estudio de **Zhang et al. (2023)**, se utilizó el **GR-A1** para el grupo experimental (ver tabla 13 y 17 en anexos).

Se utilizaron elásticos de muelle para mantener en su sitio las articulaciones de los tobillos de los pacientes y evitar las caídas de los pies. Las articulaciones robóticas de las extremidades inferiores se ajustaron durante el entrenamiento para alcanzar la amplitud máxima definida por el dispositivo. En la primera sesión, la velocidad de marcha del robot se fijó en 0,5 m/s, y el peso corporal se soportó al 50%. En las sesiones siguientes, la velocidad de marcha se incrementó gradualmente hasta 2,5 m/s, y el grado de soporte del peso corporal se redujo gradualmente hasta el 0%.

- Los pacientes de los grupos de control y experimental recibieron 20 sesiones, una vez al día durante 30 minutos, 5 días a la semana durante 4 semanas.

El **NX-A3**, utilizado en el estudio **Yu et al. (2021)** (ver tabla 14 y 17 en anexos), es un robot electromecánico entrenado para caminar que proporciona un entrenamiento de la marcha reproducible, de alta intensidad y específico para cada tarea. El nivel de soporte de peso se reduce progresivamente del 50% al 0%, y la fuerza de guía se reduce del 100% al 10% (al reducir la fuerza de guía, que se utiliza tanto en la fase de bipedestación como en la de balanceo, se

obliga al paciente a utilizar los músculos de la cadera y la rodilla para participar más activamente en el proceso de la marcha). La velocidad de la cinta rodante (de 1,2 km/h) se incrementó de 0,2 a 0,4 km/h por ciclo de tratamiento, hasta alcanzar los 2,6 km/h.

- Todos los participantes siguieron un programa de entrenamiento de 2 horas (incluido el descanso) cada día durante 14 días consecutivos. Cada sesión de entrenamiento constaba de dos periodos de 50 minutos, separados por un periodo de descanso.

El estudio de **Pournajaf et al. (2023)**, utiliza dos tipos de exoesqueleto, uno es un dispositivo basado en el suelo, el **Lokomat Pro**, y el otro utiliza un concepto de efector final, que es el **G-EO** (ver tabla 9 y 17 en anexos).

El **efector final** define que el pie del paciente se posiciona sobre placas de pie cuyas trayectorias imitan las fases de apoyo y balanceo durante la rehabilitación de la marcha.

Los parámetros utilizados en este estudio fueron los siguientes: velocidad inicial de 0,9 km/h; aumento de la velocidad hasta un máximo de 2,5 km/h; soporte de peso inferior al 40-45% del peso corporal de referencia; reducción gradual y progresiva del soporte de peso, en su caso.

- Tanto el entrenamiento robótico como el convencional consistieron en veinte sesiones (3-5 días por semana) de 30 minutos de duración cada una.

El estudio de **Lin et al. (2022)** utilizó el **MRG-P100**, que también es un efector final, en el grupo experimental (ver tabla 15 y 17 en anexos).

- Todos los pacientes se sometieron a programas de rehabilitación convencionales, 5 sesiones por semana, 3-4 semanas, 100 min/sesión, incluyendo fisioterapia y terapia ocupacional.

A las sesiones de rehabilitación convencionales se añadieron sesiones de RAGT en el grupo experimental, 30 minutos cada una, 5 sesiones por semana durante 3-4 semanas. El grupo de control recibió 30 minutos adicionales de terapia convencional.

Los 6 últimos artículos utilizan como dispositivo un exoesqueleto portátil.

Los **exoesqueletos portátiles** se desarrollan para ayudar a los pacientes a recuperar su capacidad de mantenerse en pie, equilibrar su peso y caminar. Esta última es aproximadamente similar a la extremidad inferior humana y suele constar de tres articulaciones: la cadera, la rodilla y el tobillo. A diferencia de sus homólogos terrestres, estos dispositivos ofrecen una mayor versatilidad, permitiendo a los pacientes llevar a cabo su entrenamiento en diversos entornos, como superficies interiores planas, al aire libre, superando obstáculos, subiendo y bajando escaleras, y en actividades cotidianas.

Uno de estos dispositivos es el **BEAR-H1**, utilizado en el estudio **Li et al. (2021)**, (ver tabla 7 y 17 en anexos).

Está diseñado con tres modos, que incluyen el modo de entrenamiento (modo pasivo), el modo de pérdida de peso y el modo inteligente (modo activo). La frecuencia de zancada del modo de entrenamiento puede modificarse dentro del 3% de la frecuencia de ciclo de la marcha definida, y la frecuencia de zancada del modo inteligente puede ajustarse en tiempo real para garantizar la sincronización de la interacción humano-robot.

Ambos grupos recibieron rehabilitación convencional, como fortalecimiento muscular, estiramientos y entrenamiento del equilibrio.

- Sobre esta base, cada participante fue sometido al programa de entrenamiento de marcha durante 4 semanas, dos veces al día, 30 minutos cada vez, 5 días a la semana.

En el estudio de **Lee et al. (2023)**, se utilizó **FREE Walk** en el grupo experimental (ver tabla 8 y 17 en anexos).

En cuanto a la rehabilitación robótica, el dispositivo exoesqueleto **FREE** se utilizó específicamente para tratar los problemas de la marcha, la bipedestación y la sedestación. Los participantes practicaron los tres tipos de movimientos repetidos.

El grupo de control recibió un programa de rehabilitación convencional 5 días a la semana.

- El grupo experimental recibió rehabilitación de la marcha asistida por un exoesqueleto robótico 3 días a la semana y programas de rehabilitación convencionales 2 días a la semana.

Para el estudio de **Miyagawa et al. (2023)**, utilizaron el robot portátil **curara® tipo 4**, que tiene una nueva estructura sin enlace rígido directo entre las unidades de actuación de las articulaciones de cadera y rodilla (ver tabla 10 y 17 en anexos).

La duración máxima de la rehabilitación, incluido el entrenamiento de la marcha, fue de 3 horas al día en ambos grupos. Las condiciones de asistencia del robot se ampliaron en un 40% en la articulación de la cadera y en un 10% en la rodilla, y en un 15% en el ciclo de la marcha, en comparación con los parámetros de la marcha más rápida.

- Todos los participantes realizaron 10 sesiones de entrenamiento de marcha (5 veces por semana) de unos 30 minutos al día.

El dispositivo **Ekso™** (Ekso Bionics, Richmond, Californie, États-Unis) se utilizó en dos estudios.

El estudio **de Louie et al. (2021)**, se utilizó este tipo de exoesqueleto motorizado (ver tabla 16 y 17 en anexos). El Ekso Bionics está equipado con articulaciones motorizadas de cadera y rodilla a ambos lados, así como una articulación de tobillo pasiva con resorte que permite el movimiento de los dedos y la liberación del pie mediante una placa. El software del Ekso puede ser configurado por el terapeuta para controlar los movimientos de las extremidades inferiores del usuario según un patrón de marcha, proporcionando un apoyo parcial o total.

- Todos los participantes de los dos grupos, tienen entre 45 y 60 minutos de entrenamiento, 4/5 veces por semana, durante 8 semanas.

Dentro el estudio de **Molteni et al. (2021)** (ver tabla 11 y 17 en anexos), el dispositivo se utiliza con configuraciones específicas, como ProStep Plus™ (donde cada paso se activaba mediante la transferencia de carga del sujeto de una pierna a la otra) y Bilateral Max Assist (donde la potencia proporcionada a las piernas durante la marcha era completamente suministrada por el robot). Este exoesqueleto posibilitó a los sujetos levantarse, sentarse y caminar sobre el suelo, ofreciendo una ayuda significativa durante el entrenamiento. Durante las sesiones, los sujetos podían utilizar ayudas para la marcha, como bastones, muletas o andadores, mientras se sometían al entrenamiento estructurado diseñado para mejorar la estabilidad, la conciencia postural y el patrón de marcha.

- Los grupos se sometieron a un total de 15 sesiones de entrenamiento a lo largo de 3 semanas. Cada sesión duró 60 minutos, 5 veces por semana.

El último estudio, **Yoo et al. (2023)**, utilizaron el **ExoAtlet Medy** (ver tabla 12 y 17 en anexos). Se trata de un exoesqueleto que proporciona soporte energético a las articulaciones de la cadera y la rodilla, guiando movimientos predefinidos como la transición de sentado a de pie, caminar en el sitio y caminar sobre terreno llano. La velocidad de la marcha y la longitud de los pasos pueden ajustarse individualmente. Cada sesión, de 30 minutos de marcha real, incluía ejercicios destinados a mejorar la propiocepción, la resistencia, el equilibrio y la transferencia de peso mientras se está de pie y se camina. El programa se adaptó a las capacidades individuales de cada participante, y la intensidad aumentó gradualmente, ajustando la velocidad y la distancia de la marcha en cada sesión.

- Todos los participantes siguieron un programa de entrenamiento convencional de 90 minutos de duración, 5 días a la semana, durante 4 semanas. Además, los pacientes se sometieron a 12 sesiones de entrenamiento de la marcha (con el exoesqueleto para el grupo experimental y entrenamiento manual convencional de la marcha para el grupo de control) de 30 minutos al día, 3 días a la semana, durante 4 semanas.

8.2. Evaluación de los parámetros de marcha

- Nuestros 10 artículos estudiaron todos los parámetros de la marcha, utilizando diferentes variables y pruebas. De los 10 artículos, **7 encontraron resultados significativos** para al menos una prueba/variable.

En el estudio **Li et al. (2021)**, encontramos resultados significativos a favor del grupo experimental (exoesqueleto) en el **6MWT** (**p=0,022**), velocidad de marcha (**p=0,049**), y cadencia (**p=0,020**).

El estudio **Lee et al. (2023)**, que examinó la eficacia del RAGT en la fuerza de las extremidades inferiores, la velocidad de la marcha y la función motora en la rehabilitación del ictus, mostró un resultado significativo para el grupo experimental dentro el **6MWT** ($p=0,047$).

En el estudio de **Pournajaf et al. (2023)**, el primer objetivo era evaluar el efecto de la RAGT sobre la velocidad de la marcha, que produjo resultados significativos para el grupo experimental en las pruebas **10MWT** y **6MWT** ($p<0,001$ en los dos). El segundo objetivo, era comparar un dispositivo efector final con un exoesqueleto básico, que no produjo resultados significativos ($p>0,05$) en los test para evaluar la marcha.

Miyagawa et al. (2023), sólo obtuvo un resultado significativo a favor del grupo experimental en la cadencia ($p=0,012$).

En el estudio de **Molteni et al. (2021)**, ambos grupos mostraron resultados significativos ($p<0,05$) intragrupo en todas las pruebas, pero en cuanto al resultado intergrupo, sólo **10MWT** ($p=0,05$) y **WHS** ($p=0,001$) mostraron un resultado significativo.

El estudio **Yoo et al. (2023)**, muestra que los resultados intragrupo son significativos para el grupo de control en **10MWT** ($p=0,018$) y para el grupo experimental en **FAC** ($p=0,017$), por lo que para estas dos pruebas tenemos un resultado intergrupo significativo sólo en **FAC** ($p=0,046$).

Tras 4 semanas de entrenamiento, el estudio de **Zhang et al. (2023)**, mostró resultados significativos a favor del grupo experimental para **FAC** ($p=0,005$) y la velocidad de la marcha ($p=0,025$).

En la siguiente tabla 4 se detallan los resultados intragrupo e intergrupo para cada artículo y para todas nuestras variables y pruebas.

Tabla 4 : Evaluación de los parámetros de marcha

Artículo	TEST								Gait analysis			
	10MWT (m/s o %)		6MWT (m o %)		FAC [0;5]		WHS [1;5]		Gait speed (m/s)		Cadence (step/min)	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Li DX, et al. 2021			179,80 ± 80,86	197,24 ± 86,78	3,67 ± 0,72	3,76 ± 0,90			0,52 ± 0,22	0,59 ± 0,25	85,31 ± 19,43	87,32 ± 17,88
			p=0,022		p=0,313			p=0,049		p=0,020		
Lee YH, et al. 2023			p= 0,392	p= 0,007								
			p=0,047									
Pournajaf S, et al. 2023	0,57 ± 0,55	0,72 ± 0,44	172 ± 163	194 ± 110	3 [0;5]	3,5 [1;6]						
	p<0,001		p<0,001		p=0,9							
Miyagawa D, et al. 2023	13,9 ± 11,7	20,6 ± 11,6	19,4 ± 18,5	16,8 ± 18,0					p<0,001	p>0,001	p<0,001	p<0,001
	p=0,099		p=0,677					p=0,055		p=0,012		
Molteni F, et al. 2021	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=0,001				
	p=0,05		p=0,682		p=0,261		p=0,001					
Yoo HJ, et al. 2023	p=0,018	p=0,109			p=0,180	p=0,017						
	p=0,114				p=0,046							
Zhang H, et al. 2023			p=0,002	p<0,001	p=0,002	p=0,001			p=0,040	p<0,001		
			p=0,448		p=0,005			p=0,025				
Yu D, et al. 2021									p=0,31	p=0,03	p=0,44	p=0,44
								p=0,63		p=0,12		
Lin YN, et al. 2022	p=0,02	p=0,04										
	p=0,72											
Louie D, et al. 2021			93,0 ± 84,0	117,0 ± 112,7	3 [2-3]	2 [1-4]			0,35 ± 0,3	0,38 ± 0,03		
			p=0,72		p=0,72			p=0,99				

Los valores se expresan como media ± (SD), mediana [x] (IQR) o p-Value.

Los valores en los grupos de control (GC) y experimental (GE) representan el resultado intra-grupo.

Los valores en negrita representan el resultado inter-grupo, es decir entre el grupo control y el grupo experimental.

Los valores con fondo verde representan un valor significativo inter-grupo (p<0,05) en favor del GE y en rojo un valor no significativo (p>0,05).

8.3. Evaluación de la actividad motora de los miembros inferiores

→ 8 de nuestros 10 artículos estudiaron la fuerza de los miembros inferiores, utilizando diferentes variables y pruebas. De los 8 artículos, **4 encontraron resultados significativos** para al menos una prueba/variable.

El estudio **Li et al. (2021)**, utilizó la prueba **FMA-LE** para evaluar la fuerza muscular, con un resultado intergrupo significativo mayor para el grupo experimental (**p=0,044**).

En el estudio de **Pournajaf et al. (2023)**, encontramos un resultado significativo para el grupo experimental sólo en **MI-LL** (**p=0,03**). Y en cuanto al segundo objetivo, no hubo resultados positivos en las pruebas MI-LL y MAS-AL pruebas.

El estudio **Zhang et al. (2023)**, ambos grupos mostraron resultados intragrupo significativos en el **FMA-LE**, pero también hubo un resultado intergrupo positivo para el grupo experimental (**p=0,010**). También evalúa los **EMGs** con el índice de cocontracción (ICC) en la fase de balanceo de la flexión de la rodilla y la dorsiflexión del tobillo. Obtuvimos un resultado intergrupo significativo a favor del grupo experimental sólo en el ICC de la rodilla (**p=0,020**).

En el estudio del **Lin et al. (2022)**, tanto el grupo experimental como de control, mostraron resultados significativos intragrupo en todas las pruebas FMA-LE, MMT, PASS, y AROM (**p<0,001**). Sin embargo, en los resultados intergrupos, el grupo experimental obtuvo un resultado positivo solo en la prueba **FMA-LE** (**p=0,014**).

En la siguiente tabla 5 se detallan los resultados intragrupo e intergrupo para cada artículo y para todas nuestras variables y pruebas.

Tabla 5 : Evaluación de la actividad motora de los miembros inferiores

Fuente: Elaboración propia

Artículo	TEST													
	FMA-LE [0 ; 34]		MI-AL [0;100]		MAS-AL [0;12]		MMT		PASS		AROM		sEMG	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Li DX, et al. 2021	23,13 ± 6,31	26,18 ± 4,46												
	p=0,044													
Pournajaf S, et al. 2023			76 [1;100]	83 [38,5;97]	0 [0;4,5]	1 [0;3]								
			p=0,03		p=0,7									
Molteni F, et al. 2021			p<0,001	p<0,001	x	x								
			p=0,64		p=0,239									
Yoo HJ, et al. 2023	p=0,027	p=0,154												
	p=1,000													
Zhang H, et al. 2023	p=0,008	p<0,001											p=0,196	p=0,042
	p=0,010												p ¹ =0,020	
													p=0,753	p=0,691
													p ² =0,983	
Yu D, et al. 2021	p<0,01	p=0,02												
	p=0,26													
Lin YN, et al. 2022	p<0,001	p<0,001					p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001		
	p=0,014						p=0,645		p=0,548		p=0,873			
Louie D, et al. 2021	20,8 ± 7,1	23,0 ± 5,9												
	p=0,09													

Los valores se expresan como media ± (SD), mediana [x] (IQR) o p-Value.

Los valores en los grupos de control (GC) y experimental (GE) representan el resultado intra-grupo.

Los valores en negritam representan el resultado inter-grupo, es decir entre el grupo control y el grupo experimental.

Los valores con fondo verde representan un valor significativo inter-grupo (p<0,05) en favor del GE y en rojo un valor no significativo (p>0,05)

p¹ representa el cocontraction index (ICC) de la rodilla, p² representa el cocontraction index (ICC) del tobillo.

8.4. Evaluación del equilibrio

→ 8 de nuestros 10 artículos estudiaron el equilibrio, utilizando diferentes variables y pruebas. De los 8 artículos, **solo 1 artículo tuvo un resultado significativo** para al menos una prueba/variable.

De hecho, sólo el estudio de **Pournajaf et al. (2023)**, encontró un resultado intergrupar significativo a favor del grupo experimental para la prueba TUG (**p<0,001**).

En la siguiente tabla 6 se detallan los resultados intragrupo e intergrupo para cada artículo y para todas nuestras variables y pruebas.

Tabla 6 : Evaluación del equilibrio

Artículo	TEST							
	TUG (s)		BBS [0 : 56]		TCT		POMA	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Lee YH, et al. 2023	p=0,038	p=0,006						
	p=0,054							
Pournajaf S, et al. 2023	16,2 ± 7,9	10,2 ± 5,2						
	p<0,0001							
Miyagawa D, et al. 2023	-1,3 ± 1,6	-1,4 ± 2,0	2,6 ± 2,7	1,3 ± 1,4				
	p=0,854		p=0,087					
Molteni F, et al. 2021					p<0,001	p<0,001		
					p=0,28			
Yoo HJ, et al. 2023	p=0,180	p=0,018	p=0,028	p=0,021				
	p=0,114		p=0,200					
Yu D, et al. 2021	p<0,01	p=0,28						
	p=0,97							
Lin YN, et al. 2022			p<0,001	p<0,001			p<0,001	p<0,001
			p=0,394				p=0,562	
Louie D, et al. 2021			37,8 ± 17,3	36,6 ± 15,1				
			p=0,77					

Los valores se expresan como media ± (SD), mediana [x] (IQR) o p-Value.

Los valores en los grupos de control (GC) y experimental (GE) representan el resultado intra-grupo.

Los valores en negritam representan el resultado inter-grupo, es decir entre el grupo control y el grupo experimental.

Los valores con fondo verde representan un valor significativo inter-grupo (p<0,05) en favor del GE y en rojo un valor no significativo (p>0,05)

9. DISCUSIÓN

9.1 Primer objetivo específico

Realizar una revisión sistemática sobre la eficacia del uso de un exoesqueleto robótico (ER) como parte de la fisioterapia en comparación con la fisioterapia convencional sin exoesqueleto en los pacientes post-ictus subagudo, analizando los parámetros de marcha.

Los resultados de los estudios revisados ofrecen una visión variada de la efectividad de los exoesqueletos robóticos en la rehabilitación de la marcha en pacientes que han sufrido un ictus agudo. En general, parece haber pruebas de que el uso de exoesqueletos puede tener **un impacto positivo en diversos aspectos de la marcha**. En particular, se han observado mejoras significativas en la velocidad de la marcha, la distancia recorrida en pruebas como la prueba de 6MWT y la cadencia, en comparación con la fisioterapia convencional sin exoesqueleto.

El estudio de Li et al. (2021), mostró resultados significativos a favor del grupo experimental que utilizaba un exoesqueleto en el 6MWT, la velocidad de la marcha y la cadencia.

Del mismo modo, el estudio de Pournajaf et al. (2023), reveló un efecto significativo del RAGT sobre los parámetros de la marcha, con mejoras en la velocidad recorrida en la prueba 10MWT, así como en la distancia recorrida en un tiempo determinado en la prueba 6MWT. Estos resultados confirman la idea de que el uso de exoesqueletos robóticos puede ser beneficioso para la rehabilitación de la marcha en pacientes en la fase subaguda de un ictus.

Por un lado, aunque algunas investigaciones, como la realizada por Lee et al. (2023), encontraron mejoras significativas en la prueba 6MWT para los participantes que utilizaban un exoesqueleto en comparación con el grupo de control, todas las medidas de la marcha examinadas no mostraron diferencias significativas entre los dos grupos.

Por ejemplo, el estudio de Molteni et al. (2021), encontró mejoras significativas intragrupo en ambas condiciones de tratamiento, pero sólo observó diferencias significativas entre los grupos para algunas variables, como 10MWT y WHS. Esto sugiere que, aunque ambas formas de tratamiento pueden ser eficaces, el exoesqueleto puede proporcionar beneficios adicionales sólo en determinados aspectos de la marcha evaluados.

Además, en el reciente estudio realizado por Louie et al. (2021), a pesar de 8 semanas de entrenamiento, ninguna de las pruebas reveló resultados significativos a favor del grupo experimental. Los investigadores también realizaron un seguimiento de los participantes durante 6 meses después de la intervención, pero los resultados del FAC, la 6MWT y la velocidad de la marcha no alcanzaron significación estadística.

En un estudio similar, realizado por Lin et al. (2022), el seguimiento se prolongó durante un periodo de 3 meses. A pesar de las 15 sesiones de entrenamiento, no se observaron mejoras significativas ni inmediatamente después de la intervención ni en el seguimiento posterior. Sin embargo, es interesante señalar que los participantes tanto del grupo experimental como del grupo de control mostraron mejoras individuales en los resultados, aunque éstas no fueron lo suficientemente grandes como para marcar una diferencia significativa al comparar ambos grupos.

Desde un punto de vista más global entre la primera y la segunda tabla, observamos que el estudio de Li et al. (2021) y Zhang et al. (2023), encontró mejoras significativas en la velocidad de la marcha y la función motora en la prueba FMA-LE en el grupo experimental que utilizó exoesqueletos. Esto sugiere que el uso de exoesqueletos podría acelerar la recuperación de la marcha en pacientes con ictus post-subagudo, lo que podría ser crucial para mejorar su calidad de vida y su capacidad funcional.

También hay que señalar que algunos estudios, como el de Pournajaf et al. (2023), han realizado investigaciones paralelas comparando diferentes tipos de exoesqueleto, en este caso entre un exoesqueleto con base en el suelo y un dispositivo con efector final. Aunque en este estudio no hubo diferencias significativas, esto puede indicar que la eficacia del exoesqueleto podría depender del diseño y las características específicas del dispositivo utilizado.

En resumen, los estudios revisados ofrecen una perspectiva variada sobre la eficacia de los exoesqueletos robóticos en la rehabilitación de la marcha de pacientes que han sufrido un ictus subagudo. Aunque algunos estudios mostraron mejoras significativas en aspectos específicos de la marcha, como la velocidad y la distancia recorrida, otros no encontraron diferencias significativas entre los grupos experimentales y de control.

Además, la comparación entre distintos tipos de exoesqueleto pone de manifiesto la importancia del diseño y las características específicas del dispositivo utilizado. Sin embargo, la variabilidad de los resultados entre los distintos estudios muestra la necesidad de seguir investigando para comprender plenamente los beneficios y las limitaciones de esta intervención e identificar a los pacientes que más pueden beneficiarse de su uso.

9.2 Segundo objetivo específico

Realizar una revisión sistemática sobre el uso de un exoesqueleto robótico (ER) como parte de la fisioterapia en comparación con la fisioterapia convencional sin exoesqueleto en los pacientes post-ictus subagudo, analizando la actividad motora de los miembros inferiores.

Parece que varios estudios han encontrado resultados significativos tanto a nivel intragrupo como intergrupo, lo que indica que las intervenciones aplicadas podrían tener un impacto positivo en la actividad muscular.

Por ejemplo, el estudio de Li et al. (2021) y Zhang et al. (2023), encontró resultados significativos a nivel intergrupar en la prueba FMA-LE, lo que sugiere que las intervenciones aplicadas en sus respectivos grupos experimentales condujeron a mejoras mensurables en la fuerza muscular de las extremidades inferiores en comparación con los grupos de control.

Sin embargo, es importante señalar que no todos los estudios informaron de resultados tan positivos. Por ejemplo, en el estudio realizado por Pournajaf et al. (2023), el grupo experimental sólo mostró resultados significativos en una de las pruebas, la MI-AL. Además, el estudio reveló que, a pesar de los niveles inicialmente más altos de espasticidad en el grupo robótico, esta diferencia no fue estadísticamente significativa en comparación con el grupo de entrenamiento convencional.

Del mismo modo, no hubo diferencias significativas en la fuerza muscular de las extremidades inferiores entre los dos grupos. Estos resultados sugieren que, contrariamente a lo esperado, no hubo diferencias significativas en ciertos aspectos de la función muscular y la espasticidad entre los grupos de tratamiento robótico y convencional.

El estudio de Lin et al. (2022), proporciona una visión interesante, porque aunque mostró resultados significativos dentro de cada grupo para todas las pruebas realizadas, sólo hubo un resultado significativo entre grupos, observado en la prueba FMA-LE. Estos resultados indican que la intervención tuvo potencialmente un impacto significativo sobre la función motora, la espasticidad muscular y la fuerza de los miembros inferiores dentro de cada grupo, pero que sólo una medida específica demostró una diferencia significativa al comparar los grupos.

Por último, los estudios de Yoo et al. (2023), y Louie et al. (2021), no informaron resultados favorables para el grupo experimental en la prueba FMA-LE. En particular, cabe señalar que fue el grupo de control el que registró una mejora significativa en la puntuación del FMA-LE. Este resultado pone de relieve una dinámica interesante en la que el grupo de control mostró un progreso significativo con respecto al grupo experimental en esta medida específica de la función motora de las extremidades inferiores.

En resumen, estos resultados ponen de relieve la importancia de evaluar la actividad motora de los miembros inferiores desde varios ángulos y utilizando diversas pruebas. Aunque algunos estudios han mostrado resultados prometedores en cuanto a la mejora de la fuerza muscular, también está claro que existe variabilidad en la eficacia de las intervenciones aplicadas. Esto demuestran la necesidad de seguir investigando y perfeccionando las estrategias de intervención para optimizar el fortalecimiento de los miembros inferiores.

9.3 Tercer objetivo específico

Realizar una revisión sistemática sobre el uso de un exoesqueleto robótico (ER) como parte de la fisioterapia en comparación con la fisioterapia convencional sin exoesqueleto en los pacientes post-ictus subagudo, evaluando el equilibrio.

Solo 1 artículo de los 8 artículos examinados que evaluaban el equilibrio, encontró resultados significativos a favor del grupo experimental.

Sin embargo, cabe destacar la importancia de los resultados de los estudios realizados por Molteni F et al (2021) y Lin YN et al (2022). En estos estudios, ambos grupos, incluido el que utilizaba el exoesqueleto, obtuvieron resultados significativos en las pruebas BBS, TCT y POMA. Sin embargo, aunque estos resultados fueron significativos, la diferencia entre los rendimientos de los dos grupos no fue lo suficientemente marcada como para conducir a un resultado intergrupo positivo a favor del grupo experimental.

El estudio de Pournajaf S et al. (2023) destaca por ser el único que obtuvo un resultado intergrupar significativo a favor del grupo experimental en la prueba TUG. Este resultado sugiere que la intervención aplicada en este estudio puede haber tenido un impacto positivo sobre el equilibrio y la capacidad de realizar actividades funcionales de la vida diaria en comparación con el grupo de control, así como reducir el riesgo de caídas.

Es interesante notar que, a diferencia de los otros estudios que se centraron en la fuerza muscular de los miembros inferiores, este estudio se destacó al evaluar el equilibrio, lo que sugiere la importancia de considerar múltiples aspectos de la función física al diseñar intervenciones y programas de entrenamiento.

Aunque solo un estudio encontró resultados significativos en relación con el equilibrio, esto resalta la necesidad de seguir investigando y desarrollando enfoques efectivos para mejorar estas áreas importantes de la función física, especialmente en poblaciones que pueden enfrentar desafíos en términos de equilibrio, como adultos mayores o personas con discapacidades.

En resumen, aunque la mayoría de los estudios se centraron en la fuerza de los miembros inferiores, el estudio de Pournajaf S et al. (2023) destaca la importancia de considerar el equilibrio

como objetivos clave en la rehabilitación y el entrenamiento físico. Este resultado subraya la necesidad de una atención integral a diferentes aspectos de la función física para promover la salud y la calidad de vida.

10. LIMITACIONES

Después de analizar los diversos artículos seleccionados, observamos algunas limitaciones en este estudio.

- Variabilidad de los protocolos de tratamiento: Los protocolos de tratamiento utilizados en los estudios eran a menudo heterogéneos, con diferentes tipos de robots, distintas duraciones de uso y diferentes parámetros de tratamiento, lo que dificulta la comparación directa de los resultados entre los diferentes estudios.
- Descripción de los ejercicios: en varios de los estudios incluidos no se especificaban claramente los detalles concretos de los ejercicios realizados en los grupos experimental y de control.
- Duración e intensidad del tratamiento: La duración y la intensidad del tratamiento variaron considerablemente de un estudio a otro, lo que puede influir en los resultados y limitar la comparabilidad entre grupos.
- Falta de seguimiento a largo plazo: La mayoría de los estudios no han realizado un seguimiento a largo plazo para evaluar la durabilidad de los efectos del uso de exoesqueletos, lo que limita nuestra comprensión de la eficacia a largo plazo de esta intervención.

11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Por lo tanto, destacamos algunas líneas futuras de investigación que podrían ser de interés en este tema.

- Normalización de los protocolos de tratamiento: Sería beneficioso desarrollar directrices normalizadas para los protocolos de tratamiento utilizados en la rehabilitación con exoesqueletos. Esto permitiría un mejor control de las variables y facilitaría la comparación de resultados entre estudios, mejorando así la validez de las conclusiones extraídas.
- Estudios longitudinales a largo plazo: Se necesitan estudios longitudinales a largo plazo para evaluar la eficacia a largo plazo de las intervenciones con exoesqueletos en la rehabilitación del ictus. Esto permitiría determinar si los beneficios observados se mantienen en el tiempo y si se pueden conseguir efectos duraderos sobre la función y la calidad de vida.

12. CONCLUSIÓN

12.1. Primer objetivo específico

Los resultados de los 10 artículos seleccionados proponen que el uso de exoesqueletos en la rehabilitación de pacientes post-ictus subagudos puede ofrecer ventajas significativas en cuanto a los parámetros de marcha frente a la rehabilitación convencional sin exoesqueleto. Varios estudios han demostrado mejoras significativas en la resistencia, la velocidad y en la cadencia de marcha en pacientes que utilizan exoesqueletos. Aunque ambos grupos mostraron en general resultados positivos, los pacientes asistidos por exoesqueletos mostraron mejoras más pronunciadas en varios parámetros de la marcha. Estos resultados sugieren que la integración de los exoesqueletos en los programas de rehabilitación fisioterapéutica puede ofrecer beneficios adicionales.

12.2. Segundo objetivo específico

Para nuestro segundo objetivo, que era evaluar la eficacia de los exoesqueletos en la actividad motora de los miembros inferiores, nuestros análisis revelaron resultados contradictorios. Algunos artículos observaron una mejora más significativa de la función motora de los miembros inferiores en el grupo de exoesqueletos que en el grupo de rehabilitación convencional. Sin embargo, con respecto a la espasticidad, no se observaron diferencias significativas entre los dos grupos. Estos resultados sugieren que el uso de exoesqueletos puede mejorar potencialmente la fuerza muscular en las extremidades inferiores de los pacientes postictus subagudos, pero su eficacia en el tratamiento de la espasticidad requiere más estudios e investigaciones en profundidad.

12.3. Tercer objetivo específico

De los estudios revisados que investigaron el equilibrio en pacientes post-ictus subagudo utilizando exoesqueletos robóticos en fisioterapia, la mayoría no encontraron resultados significativos a favor del grupo experimental. De los ocho estudios que evaluaron estos parámetros, sólo un artículo informó de resultados significativos a favor del uso de exoesqueletos. En los demás estudios, no se observaron mejoras significativas, lo que sugiere que no existe un beneficio pronunciado del uso de exoesqueletos con respecto al equilibrio.

12.4. Objetivo principal

Aunque los exoesqueletos parecen mejorar la marcha y la fuerza de las extremidades en la rehabilitación post-ictus subagudo, los estudios revisados muestran resultados variables en términos del equilibrio. La mayoría no encontró mejoras significativas en estos parámetros, destacando la necesidad de continuar investigando en esta área. Finalmente, este estudio revela que el uso de un exoesqueleto tiene resultados prometedores y podría combinarse con la rehabilitación convencional.

BIBLIOGRAFÍA

Amaya Pascasio, L., Blanco Ruiz, M., Milán Pinilla, R., García Torrecillas, J. M., Arjona Padillo, A., Del Toro Pérez, C., & Martínez-Sánchez, P. (2023). Stroke in Young Adults in Spain: Epidemiology and Risk Factors by Age. *Journal of personalized medicine*, 13(5), 768. <https://doi.org/10.3390/jpm13050768>

Benaim, C., Pérennou, D. A., Villy, J., Rousseaux, M., & Pelissier, J. Y. (1999). Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke*, 30(9), 1862–1868. <https://doi.org/10.1161/01.str.30.9.1862>

Beyaert, C., Vasa, R., & Frykberg, G. E. (2015). Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiologie clinique = Clinical neurophysiology*, 45(4-5), 335–355. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.005>

Carrera, E., & Tononi, G. (2014). Diaschisis: past, present, future. *Brain : a journal of neurology*, 137(Pt 9), 2408–2422. <https://doi.org/10.1093/brain/awu101>

Ciesla, N., Dinglas, V., Fan, E., Kho, M., Kuramoto, J., & Needham, D. (2011). Manual muscle testing: a method of measuring extremity muscle strength applied to critically ill patients. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (50), 2632. <https://doi.org/10.3791/2632>

Downs S. (2015). The Berg Balance Scale. *Journal of physiotherapy*, 61(1), 46. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2014.10.002>

Federación Española de Ictus. (s. f.). *FEI - Federación Española del Ictus*. FEI. <https://ictusfederacion.es/>

Fernández, A., Jornet, A. R., Nuin, X. U., & Sanchez, Á. C. (n.d.). *Ictus | ¿Qué es un ictus? | Infarto Cerebral | PortalCLÍNICA*. Clínic Barcelona. <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/ictus>

Franceschini M, Rampello A, Agosti M, Massucci M, Bovolenta F, Sale P (2013) Walking Performance: Correlation between Energy Cost of Walking and Walking Participation. New Statistical Approach Concerning Outcome Measurement. *PLoS ONE* 8(2): e56669. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056669>

Franchignoni, F. P., Tesio, L., Ricupero, C., & Martino, M. T. (1997). Trunk control test as an early predictor of stroke rehabilitation outcome. *Stroke*, 28(7), 1382–1385. <https://doi.org/10.1161/01.str.28.7.1382>

Gassert, R., & Dietz, V. (2018). Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 15(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0383-x>

Hernández, E. D., Forero, S. M., Galeano, C. P., Barbosa, N. E., Sunnerhagen, K. S., & Alt Murphy, M. (2021). Intra- and inter-rater reliability of Fugl-Meyer Assessment of Lower Extremity early after stroke. *Brazilian journal of physical therapy*, 25(6), 709–718. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.12.002>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8721065/>

Kotov, S. V., Romanov, A. I., Silina, E. V., Stupin, V. A., Isakova, E. V., Ljldvoy, V. Y., Petrushanskaya, K. A., Kotov, A. S., Kodzokova, L. K., Filatov, N. A., & Pismennaya, E. V. (2021). Efficiency of Leg Exoskeleton Use in Rehabilitation of Cerebral Stroke Patients. *Serbian Journal Of Experimental And Clinical Research*, 22(3), 257-264. <https://doi.org/10.2478/sjocr-2021-0045>

Lee, Y. H., Ko, L. W., Hsu, C. Y., & Cheng, Y. Y. (2023). Therapeutic Effects of Robotic-Exoskeleton-Assisted Gait Rehabilitation and Predictive Factors of Significant Improvements in Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(5), 585. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10050585>

Louie, D. R., Mortenson, W. B., Durocher, M., Schneeberg, A., Teasell, R., Yao, J., & Eng, J. J. (2021). Efficacy of an exoskeleton-based physical therapy program for non-ambulatory patients during subacute stroke rehabilitation: a randomized controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00942-z>

Li, D. X., Zha, F. B., Long, J. J., Liu, F., Cao, J., & Wang, Y. L. (2021). Effect of Robot Assisted Gait Training on Motor and Walking Function in Patients with Subacute Stroke: A Random Controlled Study. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 30(7), 105807. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105807>

Lin, Y. N., Huang, S. W., Kuan, Y. C., Chen, H. C., Jian, W. S., & Lin, L. F. (2022). Hybrid robot-assisted gait training for motor function in subacute stroke: a single-blind randomized controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 19(1), 99. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01076-6>

MedlinePlus en español [Internet]. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE. UU.) [actualizado 27 ago. 2019].electromiografía y estudios de conducción nervios ; [actualizado 15 noviembre 2021; consulta 4 mar. 2019]; [aprox. 5 p.]. <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/electromiografia-y-estudios-de-conduccion-nerviosa/>

Mehrholz, J., Wagner, K., Rutte, K., Meissner, D., & Pohl, M. (2007). Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(10), 1314–1319. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.06.764>

Miyagawa, D., Matsushima, A., Maruyama, Y., Mizukami, N., Tetsuya, M., Hashimoto, M., & Yoshida, K. (2023). Gait training with a wearable powered robot during stroke rehabilitation: a randomized parallel-group trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 20(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01168-x>

Molteni, F., Guanziroli, E., Goffredo, M., Calabrò, R. S., Pournajaf, S., Gaffuri, M., Gasperini, G., Filoni, S., Baratta, S., Galafate, D., Le Pera, D., Bramanti, P., Franceschini, M., & On Behalf Of Italian Eksogait Study Group (2021). Gait Recovery with an Overground Powered Exoskeleton: A Randomized Controlled Trial on Subacute Stroke Subjects. *Brain sciences*, 11(1), 104. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010104>

National Library of Medicine. (2023). *Accidente cerebrovascular isquémico*. <https://medlineplus.gov/spanish/ischemicstroke.html>

Nolan, K. J., Karunakaran, K. K., Chervin, K., Monfett, M. R., Bapineedu, R. K., Jasey, N. N., & Oh-Park, M. (2020). Robotic Exoskeleton Gait Training During Acute Stroke Inpatient Rehabilitation. *Frontiers in neurobotics*, 14, 581815. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2020.581815>

Nudo R. J. (2003). Adaptive plasticity in motor cortex: implications for rehabilitation after brain injury. *Journal of rehabilitation medicine*, (41 Suppl), 7–10. <https://doi.org/10.1080/16501960310010070>

Pangilinan, J., Quanstrom, K., Bridge, M., Walter, L. C., Finlayson, E., & Suskind, A. M. (2017). The Timed Up and Go Test as a Measure of Frailty in Urologic Practice. *Urology*, 106, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2017.03.054>

Peters, D. M., Fritz, S. L., & Krotish, D. E. (2013). Assessing the reliability and validity of a shorter walk test compared with the 10-Meter Walk Test for measurements of gait speed in healthy, older adults. *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 36(1), 24–30. <https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e318248e20d>

Pournajaf, S., Calabrò, R. S., Naro, A., Goffredo, M., Aprile, I., Tamburella, F., Filoni, S., Waldner, A., Mazzoleni, S., Focacci, A., Ferraro, F., Bonaiuti, D., Franceschini, M., & TreadStroke Group (2023). Robotic versus Conventional Overground Gait Training in Subacute Stroke Survivors: A Multicenter Controlled Clinical Trial. *Journal of clinical medicine*, 12(2), 439. <https://doi.org/10.3390/jcm12020439>

Postural Assessment Scale for Stroke. (2023, August 10). *Physiopedia*, . Retrieved 21:01, March 10, 2024. https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Postural_Assessment_Scale_for_Stroke&oldid=339932.

Puderbaugh, M., & Emmady, P. D. (2023, 1 mayo). *Neuroplasticity*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557811/>

Range of Motion. (2023, April 21). *Physiopedia*, . Retrieved 21:03, March 10, 2024 from https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Range_of_Motion&oldid=331298.

Rodríguez-Fernández, A., Lobo-Prat, J., & Font-Llagunes, J. M. (2021). Systematic review on wearable lower-limb exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 18(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00815-5>

Santos-Martínez, L. E., Flores-Morales, M. Y. D., Ordoñez-Reyna, A., Arroyo-González, J. J., & Quevedo-Paredes, J. (2022). Variabilidad intrasujeto de la prueba de caminata de seis minutos [Within-subject variability of the 6-minute walk test]. *Revista medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 60(1), 26–32. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10396038/>

Tinetti Test. (2023, September 13). *Physiopedia*, . Retrieved 20:20, March 10, 2024 https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Tinetti_Test&oldid=341392.

Van Kammen, K., Boonstra, A. M., Van Der Woude, L. H. V., Visscher, C., Reinders-Messelink, H. A., & Den Otter, R.. (2020). Lokomat guided gait in hemiparetic stroke patients: the effects of training parameters on muscle activity and temporal symmetry. *Disability and Rehabilitation*, 42(21), 2977–2985.

<https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1579259>

Warutkar, V., Dadgal, R., & Mangulkar, U. R. (2022). Use of Robotics in Gait Rehabilitation Following Stroke: A Review. *Cureus*, 14(11), e31075.

<https://doi.org/10.7759/cureus.31075>

WHO EMRO | Accident vasculaire cérébral | Thèmes de santé. (2023, April 18). World Health Organization - Regional Office for the Eastern Mediterranean.

<https://www.emro.who.int/fr/health-topics/stroke-cerebrovascular-accident/index.html#:~:text=Chaque%20ann%C3%A9e.%2015%20millions%20de,la%20famille%20et%20la%20communaut%C3%A9.>

Yoo, H. J., Bae, C. R., Jeong, H., Ko, M. H., Kang, Y. K., & Pyun, S. B. (2023). Clinical efficacy of overground powered exoskeleton for gait training in patients with subacute stroke: A randomized controlled pilot trial. *Medicine*, 102(4), e32761.

<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000032761>

Yu, D., Yang, Z., Lei, L., Chaoming, N., & Ming, W. (2021). Robot-Assisted Gait Training Plan for Patients in Poststroke Recovery Period: A Single Blind Randomized Controlled Trial. *BioMed research international*, 2021, 5820304.

<https://doi.org/10.1155/2021/5820304>

Zhang, H., Li, X., Gong, Y., Wu, J., Chen, J., Chen, W., Pei, Z., Zhang, W., Dai, L., Shu, X., & Shen, C. (2023). Three-Dimensional Gait Analysis and sEMG Measures for Robotic-Assisted Gait Training in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *BioMed research international*, 2023, 7563802.

<https://doi.org/10.1155/2023/7563802>

Zhang, X., Yue, Z., & Wang, J.. (2017). Robotics in Lower-Limb Rehabilitation after Stroke. *Behavioural Neurology*, 2017, 1–13.

<https://doi.org/10.1155/2017/3731802>

13. ANEXO

A continuación, se encuentran en el anexo las tablas mencionadas previamente en este trabajo.

Anexo 1: Resumen de los 10 artículos.

Anexo 2: Resumen de los diferentes tipos de exosqueletos utilizados dentro de los artículos.

Anexo 1: Resumen de los 10 artículos seleccionados.

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Li DX, et al. 2021	Se trata de un estudio prospectivo, a ciegas, aleatorizado y controlado. Investiga si el entrenamiento de la marcha asistido con BEAR-H1 (BAGT) es una forma más eficaz de mejorar la capacidad motora y de andar que el entrenamiento tradicional en pacientes con ictus subagudo.	<p><u>Criterios de inclusión:</u> Primer ictus con una duración entre 2 semanas y 6 meses, edad entre 18 y 75 años, pesaban 85 kg, medían entre 1,55 y 1,90 m, tenían limitaciones para caminar de forma independiente (puntuación <4 en la Clasificación Funcional de la Deambulaci3n)⁷ y tenían capacidad cognitiva (puntuaci3n de 24 en el Mini-Mental State Examination) para aceptar y firmar el consentimiento informado.</p> <p><u>Criterios de exclusi3n:</u> Limitaci3n grave de la amplitud de movimiento de la articulaci3n de la extremidad inferior, espasticidad excesiva de la extremidad inferior (Escala de Ashworth >3), fractura no completamente curada, osteoporosis grave, lesi3n cut3nea o infecci3n de la parte que lleva el robot, enfermedad cardiopulmonar grave y trombosis venosa profunda no tratada y otras complicaciones que pueden afectar al entrenamiento de la marcha. Un total de 36 pacientes con ictus subagudo participaron voluntariamente en el estudio.</p>	BEAR-H1	<p>Los dos grupos tienen una rehabilitaci3n con estiramientos, fuerza muscular y equilibrio.</p> <p>Grupo experimental (GE): → 17 pacientes → Rehabilitaci3n con ER</p> <p>Grupo control (GC): → 15 pacientes → Rehabilitaci3n convencional</p> <p>30min/sesi3n - 2x/dia - 5d/semana - 4 semanas</p>	6MWT FMA-LE FAC	<p><u>6MWT (m)</u> Resultados intra grupo : → GC : 179.80 (80.86) → GE : 197.24 (86.78) Cambios significativos inter-grupo → p=0.022</p> <p><u>FAC [0 : 5]</u> Resultados intra grupo : → GC : 3.67 (0.72) → GE : 3.76 (0.90) Cambios no significativos inter-grupo → p=0.313</p> <p><u>Gait speed (m/s)</u> Resultados intra grupo : → GC : 0.52 (0.22) → GE : 0.59 (0.25) Cambios significativos inter-grupo → p=0.049</p> <p><u>Cadence (step/min)</u> Resultados intra grupo : → GC : 85.31 (19.43) → GE : 87.32 (17.88) Cambios significativos inter-grupo → p=0.020</p> <p><u>FMA-LE</u> Resultados intra grupo : → GC : 23.13 (6.31) → GE : 26.18 (4.46) Cambios significativos inter-grupo → p=0.044</p>

Tabla 7: Resumen del art3culo Li DX, et al., 2021

Fuente: Elaboraci3n propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Lee YH, et al. 2023	Se trata de un estudio aleatorizado prospectivo, y controlado. Evalúa la efectividad del entrenamiento de la marcha con asistencia de un ER en la fuerza de las extremidades inferiores, la velocidad al caminar, el desempeño de la función motora y la calidad de vida durante la rehabilitación de pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular (ictus).	<p><u>Criterios de inclusión:</u> Pacientes que habían sufrido un ictus hemorrágico en los últimos 6 meses, edad entre los 30 y los 80 años, con hemiparesia debida a una enfermedad isquémica o hemorrágica, tenían un grado de hemiparesia superior a la media.</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> Historia clínica significativa de dolor o lesión de las extremidades inferiores que afectara a su capacidad para caminar, con enfermedades cardiopulmonares que prohibieran el entrenamiento con ejercicios, con deterioro de la función cognitiva para comprender las órdenes de entrenamiento, que no fueran capaces de completar la prueba Timed Up-and-Go, y que fueran capaces de completar la prueba Timed Up-and-Go en <20 s utilizando un dispositivo para caminar.</p>	FREE Walk de FREE Bionic	<p>Grupo experimental (GE): → 17 pacientes → Terapia con RAGT 3x/semana + programas de rehabilitación post-ictus 2x/semana</p> <p>Grupo control (GC) : → 21 pacientes → Programas de rehabilitación post-ictus 5x/semana</p> <p>El programa de rehabilitación post-ictus contiene: técnicas de facilitación las extremidades afectadas, ejercicios de fortalecimiento, ejercicios de estiramiento para los grupos musculares espásticos, entrenamiento del equilibrio del tronco, de la deambulación, educación postural, y entrenamiento funcional dirigido para la AVD.</p> <p>5d/semana - 4 semanas</p>	TUG 6MWT	<p>6MWT Resultados intra grupo : → GC : p= 0.392 → GE : p= 0.007 Cambio significativo inter-grupo → p= 0.047</p> <p>TUG Resultados intra-grupo : → GC : p=0,038 → GE : p=0,006 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,054</p>

Tabla 8: Resumen del artículo Lee YH, et al., 2023

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Pournajaf S, et al. 2023	Se trata de un estudio multicéntrico, simple ciego, prospectivo y controlado. El objetivo principal de este estudio fue comparar los efectos del entrenamiento de la marcha asistido por robots y el entrenamiento de la marcha convencional en la velocidad de la marcha de pacientes con ictus subagudo. El segundo objetivo fue comparar los efectos finales con exosqueleto de suelo.	<p><u>Criterios de inclusión</u> Primer ictus en la fase subaguda (≤6 meses desde el inicio del ictus), edad ≤ 85 años; primera aparición del síndrome piramidal; capacidad para comprender y ejecutar instrucciones sencillas; características antropométricas que cumplieran los requisitos para el uso de los robots.</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> Edad >85 años; discapacidad bilateral; Walking Handicap Scale (WHS) de <5 antes del ictus, que se recogió como dato anamnésico; déficits cognitivos o conductuales que interfieran con la comprensión del entrenamiento robótico; tratamiento neurolítico con toxina botulínica en los últimos 3 meses y/o durante este estudio; uso de otras tecnologías de rehabilitación de miembros inferiores durante este estudio; incapacidad o falta de disponibilidad para proporcionar consentimiento informado; morbilidad de gravedad cardiorrespiratoria.</p>	Exosqueleto de suelo: Lokomat Pro de Hocoma AG Effector final: G-EO System de Reha Technologies	En todos los grupos, el entrenamiento de la marcha se combinó con terapia diaria estándar, incluyendo rehabilitación de las extremidades superiores, práctica de tareas funcionales y fortalecimiento muscular. Grupo experimental (GE): → 61 pacientes → Rehabilitación con ER Grupo control (GC) : → 29 pacientes → Rehabilitación convencional 30min/sesión - 2-5/semana	10MWT TUG 6MWT MI-LL MAS-LL FAC	<p><u>10MWT (m/s)</u> Resultados intra grupo: → GC : 0.57 ± 0.55 → GE : 0.72 ± 0.44 Cambios significativos inter-grupo → p<0.001</p> <p><u>6MWT (m)</u> Cambios significativos intra-grupo : → GC : 172 ± 163 → GE : 194 ± 110 Cambios no significativos inter-grupo → p<0.001</p> <p><u>FAC [0 : 5]</u> Resultados intra grupo : → GC : 3 [0;5] → GE : 3.5 [1;6] Cambios significativos inter-grupo → p=0.900</p> <p><u>MI-LL [0 : 100]</u> Resultados intra grupo : → GC : 76 [1;100] → GE : 83 [38,5;97] Cambios significativos inter-grupo → p=0,030</p> <p><u>MAS-LL [0 : 12]</u> Resultados intra grupo : → GC : 0 [0;4,5] → GE : 1 [0;3] Cambios significativos inter-grupo → p=0.700</p> <p><u>TUG (s)</u> Resultados intra grupo : → GC : 16,2 ± 7,9 → GE : 10,2 ± 5,2 Cambios significativos inter-grupo → p<0,001</p>

Tabla 9: Resumen del artículo de Pournajaf S, et al., 2023

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Miyagawa D, et al. 2023	Se trata de un estudio aleatorizado de grupos paralelos. El objetivo de este estudio era examinar el efecto del dispositivo en el entrenamiento de la marcha en pacientes con ictus.	<p><u>Criterios de inclusión:</u> Enfermedad cerebrovascular que presentaba hemiplejía; edad ≥ 20 años; 14-90 días tras el inicio del ictus; capacidad para caminar ≥ 10 m de forma independiente con o sin andador y/o ortesis; y puntuación en la Berg Balance Scale (BBS) ≥ 26</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> Posibles causas de alteración de la marcha distintas de la enfermedad cerebrovascular; emasiado delgados u obesos para encajar en el dispositivo; y cualquier otro re- hijo que se considerara que inhabilitaba a los sujetos para participar (por ejemplo, demencia grave o síntomas psiquiátricos, espasticidad grave o contractura articular de la pierna paralizada, etc.).</p>	Curara tipo 4	<p>Los participantes también recibieron una combinación de rehabilitación física, ocupacional o logopédica.</p> <p>Grupo experimental (GE): → 17 pacientes → Terapia con RAGT</p> <p>Grupo control (GC) : → 18 pacientes → Terapia convencional</p> <p>5sesiones/semana - 30 \pm 5min/sesión - 15 días</p> <p>El tiempo máximo de rehabilitación, incluido el entrenamiento de la marcha, fue de 3 h/día en ambos grupos.</p>	10MWT 6MWT TUG BBS	<p><u>10MWT (%)</u> Resultados intra grupo: → GC : 13.9 \pm 11.7 → GE : 20.6 \pm 11.6 Cambio no significativo inter-grupo → p= 0.099</p> <p><u>6MWT (m/s)</u> Resultados intra-grupo : → GC : 19.4 \pm 18.5 → GE : 16.8 \pm 18.0 Cambio no significativo inter-grupo → p= 0.677</p> <p><u>TUG (s)</u> Resultados intra-grupo : → GC : -1,3 \pm 1,6 → GE : -1,4 \pm 2,0 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,854</p> <p><u>BBS</u> Resultados intra-grupo: → GC : 2,6 \pm 2,7 → GE : 1,3 \pm 1,4 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,087</p>

Tabla 10: Resumen del artículo de Miyagawa D, et al., 2023

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Molteni F, et al. 2021	Se trata de un estudio multicéntrico, y aleatorizado. El objetivo del estudio es de evaluar la eficacia de un exosqueleto portátil para el entrenamiento de la marcha en sujetos con ictus subagudo, en comparación con el entrenamiento convencional de la marcha.	<p><u>Criterios de inclusión:</u> Primer ictus con un infarto total de la circulación anterior (ICT), parcial de la circulación anterior (IPAC) o lacunar de la circulación anterior (ILA); un retraso desde el ictus ≤6 meses ; edad entre los 18 y los 80 años; estatura entre 150 y 190 cm y peso <100 kg; la capacidad de mantener una posición erguida de pie durante al menos 60 s; y la capacidad de dar su consentimiento por escrito y cumplir los procedimientos del estudio.</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> Contracturas persistentes de las articulaciones que pudieran limitar la amplitud de movimiento, problemas médicos (lesiones ortopédicas, dolor, osteoporosis grave o espasticidad grave), antecedentes de problemas importantes de ruptura de la piel o ruptura actual de la piel, incapacidad para comprender y cumplir los procedimientos del estudio, embarazo y trombosis venosa profunda no tratada.</p>	Ekso™ de Ekso Bionics	<p>En los dos grupos se realizaron rehabilitación convencional consistente en fisioterapia con práctica de tareas funcionales de las extremidades superiores, fortalecimiento muscular de las extremidades superiores. Además, los sujetos se sometieron a un entrenamiento de la marcha. → 120min/sesión – 6d/semana</p> <p>Grupo experimental (GE): → 38 pacientes → Entrenamiento de la marcha con RAGT</p> <p>Grupo control (GC) : → 37 pacientes → Entrenamiento de la marcha convencional</p> <p>60min/sesión - 5/semana – 3 semanas</p>	10MWT 6MWT FAC WHS MAS-LL MI-LL TCT	<p><u>10MWT</u> Resultados intra grupo: → GC : $p<0.001$ → GE : $p<0.001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,05$</p> <p><u>6MWT</u> Resultados intra grupo: → GC : $p<0.001$ → GE : $p<0.001$ Cambios no significativos inter-grupo → $p=0,682$</p> <p><u>FAC</u> Resultados intra grupo: → GC : $p<0.001$ → GE : $p<0.001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,261$</p> <p><u>WHS</u> Resultados intra grupo: → GC : $p<0.001$ → GE : $p<0.001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,001$</p> <p><u>MAS-LL</u> Resultados intra grupo: → GC : x → GE : x Cambios significativos inter-grupo → $p=0,239$</p> <p><u>MI-LL</u> Resultados intra grupo: → GC : $p<0.001$ → GE : $p<0.001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,64$</p> <p><u>TCT</u> Resultados intra grupo: → GC : $p<0.001$ → GE : $p<0.001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,28$</p>

Tabla 11: Resumen del artículo de Molteni F, et al., 2021

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Yoo HJ, et al. 2023	Se trata de un estudio controlado y aleatorizado. Su objetivo era, investigar la eficacia y utilidad de la RAGT sobre el suelo en pacientes con ictus subagudo sobre la marcha, contra el entrenamiento convencional.	<p><u>Criterios de inclusión:</u> Edad > 18 años; primer ictus, fase subaguda (≤6 meses) en el momento del estudio; incapacidad para caminar de forma independiente debido a paresia de las extremidades inferiores tras el ictus o deterioro sensorial (categoría de ambulación funcional [FAC] ≤ 3); capacidad para mantener una posición sentada de forma independiente o bajo supervisión durante al menos 5 minutos; capacidad para entender las instrucciones de entrenamiento; y tamaño corporal compatible con un exoesqueleto robótico (altura entre 155 y 185 cm y peso <100 kg)</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> contractura de las extremidades inferiores o espasticidad grave (puntuación ≥3 en la escala de Ashworth modificada) que restringiera los movimientos de la marcha; y afecciones cardiovasculares o de otro tipo incompatibles con el entrenamiento intensivo de la marcha.</p>	ExoAtlet Medy	<p>Los dos grupos se sometieron a un programa convencional de neurorrehabilitación. Consistió en ejercicios para la fuerza muscular, la función motora de las extremidades, el equilibrio, tareas de AVD y la función de la marcha. <i>90min/día – 5d/semana semana - 4 semanas</i></p> <p>Grupo experimental (GE): → 9 pacientes → Entrenamiento con RAGT : ejercicios para la propiocepción, la resistencia, el equilibrio y el desplazamiento del peso mientras se está de pie y se camina.</p> <p>Grupo control (GC) : → 8 pacientes → Entrenamiento convencional : ejercicios para mejorar la resistencia de las extremidades inferiores, el equilibrio estático y dinámico en bipedestación, el control del tronco y la función de la marcha. <i>12 sesiones de 30min/día – 3d/semana – 4 semanas</i></p>	10MWT FAC FMA-LE BBS TUG	<p><u>10MWT</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,018 → GE : p=0,109 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,114</p> <p><u>FAC</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,180 → GE : p<0,017 Cambio significativo inter-grupo → p=0,046</p> <p><u>FMA-LE</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,027 → GE : p=0,154 Cambio no significativo inter-grupo → p=1,000</p> <p><u>TUG</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,180 → GE : p=0,018 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,114</p> <p><u>BBS</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,028 → GE : p=0,021 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,200</p>

Tabla 12: Resumen del artículo de Yoo HJ, et al., 2023

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados		
Zhang H, et al. 2023	Se trata de un estudio prospectivo, simple ciego, aleatorizado y controlado con 2 grupos paralelos. El objetivo del estudio era analizar el impacto del RAGT en los indicadores clínicos de la capacidad de caminar, los parámetros espacio-temporales, los parámetros cinemáticos y los indicadores de sEMG en pacientes con ictus subagudo mediante la comparación entre RAGT y el entrenamiento convencional de la marcha.	<p><u>Criterios de inclusión</u> : Hemiplejía tras el primer ictus, edad > 18 años, menos de 6 meses desde el inicio, extremidad amante escala de Ashworth modificada (MAS) ≤ 2, caminar al menos 15 m sin ayuda, y capacidad para comprender y seguir instrucciones.</p> <p><u>Criterios de exclusión</u>: Pacientes con osteoporosis extrema, fractura inestable o espasticidad excesiva, deterioro cognitivo grave, el deterioro del habla, la incapacidad para cooperar con el entrenamiento y el deterioro del estado.</p>	GR-A1	<p>Grupo experimental (GE): → 18 pacientes → Rehabilitación con RAGT</p> <p>Grupo control (GC) : → 16 pacientes → Rehabilitación de la marcha convencional.</p> <p><i>20 sesiones, 30min/dian - 5 días a la semana - 4 semanas</i></p>	6MWT FAC FMA-LE sEMG	<p><u>6MWT</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0.002 → GE : p<0.001 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,448</p> <p><u>FAC</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0.002 → GE : p=0.001 Cambio significativo inter-grupo → p=0,005</p> <p><u>Gait speed</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,040 → GE : p<0,001 Cambio significativo inter-grupo → p=0,025</p> <p><u>FMA-LE</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,008 → GE : p<0,001 Cambio significativo inter-grupo → p=0,010</p> <p><u>sEMS</u></p> <table border="1" data-bbox="1552 1018 2199 1276"> <tr> <td data-bbox="1552 1018 1877 1276"> <p>ICC de la rodilla Resultados intra grupo: → GC : p=0,196 → GE : p=0,042 Cambio significativo inter-grupo → p=0,020</p> </td> <td data-bbox="1888 1018 2199 1276"> <p>ICC del tobillo Resultados intra grupo: → GC : p=0,753 → GE : p=0,691 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,983</p> </td> </tr> </table>	<p>ICC de la rodilla Resultados intra grupo: → GC : p=0,196 → GE : p=0,042 Cambio significativo inter-grupo → p=0,020</p>	<p>ICC del tobillo Resultados intra grupo: → GC : p=0,753 → GE : p=0,691 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,983</p>
<p>ICC de la rodilla Resultados intra grupo: → GC : p=0,196 → GE : p=0,042 Cambio significativo inter-grupo → p=0,020</p>	<p>ICC del tobillo Resultados intra grupo: → GC : p=0,753 → GE : p=0,691 Cambio no significativo inter-grupo → p=0,983</p>							

Tabla 13: Resumen del artículo de Zhang H, et., 2023

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Yu D, et al. 2021	Se trata de un estudio controlado, aleatorizado, a ciegas y en un solo centro. El objetivo principal de este estudio es comparar los efectos de un plan de tratamiento precoz que incluya el entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto robótico frente al entrenamiento de la marcha convencional para mejorar la marcha en pacientes con ictus.	<p><u>Criterios de inclusión</u> : Primer ictus de la arteria cerebral media, tiempo del ictus <12 semanas; estadio de Brunnstrom de la función de las extremidades inferiores, que iba del estadio III al estadio IV; puntuación de la Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA) ≥ 26 puntos, capaz de cooperar en la realización del entrenamiento de rehabilitación; edad entre 35 y 75 años, hombre o mujer; dando su consentimiento informado por escrito.</p> <p><u>Criterios de exclusión</u>: accidente isquémico transitorio; lesiones cerebrales previas; afasia; espasticidad grave de miembros inferiores (puntuación >2 en la escala de Ashworth modificada); apraxia motora miembros inferiores; disociación automática involuntaria ; deformidades, anomalías anatómicas y deficiencias articulares miembros inferiores; infección o lesión cutánea por debajo de la articulación de la cadera de la extremidad inferior; pacientes epilépticos ; enfermedades graves, como disfunción; participación en otros ensayos clínicos en el mes anterior al ensayo.</p>	Ekso Bionics	<p>Los dos grupos tienen una rehabilitación convencional de 30min.</p> <p>Grupo experimental (GE): → 27 pacientes → Rehabilitación de la marcha con ER</p> <p>Grupo control (GC) : → 27 pacientes → Rehabilitación convencional</p> <p>2h/sesión - 1 sesión cada día – 2 semanas</p>	<p>Gait speed (m/s)</p> <p>Cadence (step/min)</p> <p>FMA-LE</p> <p>TUG (s)</p>	<p><u>Gait speed (m/s)</u> Resultados intra grupo: → GC : p=0,31 → GE : p=0,03 Cambios significativos inter-grupo → p=0,05</p> <p><u>Cadence (step/min)</u> Cambios significativos intra-grupo : → GC : p=0,44 → GE : p=0,44 Cambios no significativos inter-grupo → p=0,12</p> <p><u>FMA-LE</u> Resultados intra grupo : → GC : p<0,01 → GE : p=0,02 Cambios significativos inter-grupo → p=0,26</p> <p><u>TUG</u> Resultados intra grupo : → GC : p<0.01 → GE : p=0,28 Cambios significativos inter-grupo → p=0,97</p>

Tabla 14: Resumen del artículo de Yu D, et., 2021

Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Lin YN, et al. 2022	Se trata de un estudio controlado aleatorizado. El objetivo principal de este estudio era evaluar los efectos del entrenamiento de la marcha asistido por un robot RAGT sobre la función motora de las extremidades inferiores, el equilibrio y la marcha en pacientes con ictus subagudo.	<p><u>Criterios de inclusión</u> : Primer ictus supratentorial en los últimos 10-60 días, presentar discapacidades importantes en las piernas (por ejemplo, un estadio de Brunnstrom (EB) de I-III en la pierna parética) y ser incapaz de mantenerse en pie o caminar de forma independiente incluso con apoyo ortopédico (por ejemplo, una puntuación FAC de 0-1).</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> Presenta espasticidad considerable en la pierna afectada, artrosis grave o discapacidad para caminar antes del ictus.</p>	NX-A3	<p>Todos los pacientes participaron en programas convencionales de rehabilitación hospitalaria, que incluían transferencias, bipedestación, entrenamiento del equilibrio estático y dinámico, entrenamiento de la deambulación y entrenamiento funcional.</p> <p><i>10min/sesión, 5sesiones/semana, 3-4 semanas.</i></p> <p>Grupo experimental (GE): → 20 pacientes → Rehabilitación con RAGT</p> <p>Grupo control (GC) : → 20 pacientes → Rehabilitación convencional</p> <p><i>30min/sesión, 5 sesiones/semana, 3-4 semanas.</i></p> <p>15 sesiones en total</p>	10MWT FMA-LE MMT PASS AROM BBS POMA	<p><u>10MWT</u> Resultados intra grupo: → GC : $p=0,02$ → GE : $p=0,04$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,72$</p> <p><u>FMA-LE</u> Resultados intra grupo : → GC : $p<0,001$ → GE : $p<0,001$ Cambios no significativos inter-grupo → $p=0,014$</p> <p><u>MMT</u> Resultados intra grupo : → GC : $p<0,001$ → GE : $p<0,001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,645$</p> <p><u>PASS</u> Resultados intra grupo : → GC : $p<0,001$ → GE : $p<0,001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,548$</p> <p><u>AROM</u> Resultados intra grupo : → GC : $p<0,001$ → GE : $p<0,001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,873$</p> <p><u>BBS</u> Resultados intra grupo : → GC : $p<0,001$ → GE: $p<0,001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,394$</p> <p><u>POMA</u> Resultados intra grupo : → GC : $p<0,001$ → GE : $p<0,001$ Cambios significativos inter-grupo → $p=0,562$</p>

Tabla 15: Resumen del artículo de Lin YN, et al., 2022



Fuente: Elaboración propia

Autores y año	Objetivo del estudio	Pacientes	Tipo de Exosqueleto	Intervención	Pruebas	Resultados
Louie D, et al. 2021	Se trata de un estudio multicéntrico, de grupos paralelos, aleatorizado y controlado. El propósito principal de este estudio fue examinar el impacto de un programa de fisioterapia utilizando un exoesqueleto en la recuperación de la capacidad de caminar durante la fase subaguda de la rehabilitación post-ictus. Además, se buscó evaluar cómo la fisioterapia con exoesqueleto afecta otros aspectos de la marcha y la movilidad, como la velocidad, así como el deterioro motor de las extremidades inferiores, el equilibrio, la función cognitiva, los síntomas de depresión post-ictus y la calidad de vida, tanto al momento del alta como después de 6 meses	<p><u>Criterios de inclusión :</u> Edad igual o superior a 19 años; ictus en las últimas 12 semanas (isquémico o hemorrágico); hemiparesia unilateral; necesidad de asistencia significativa de uno o dos terapeutas para caminar (categoría de ambulación funcional de 0 o 1); capacidad para comprender y seguir instrucciones en inglés; capacidad para comunicarse (indicación verbal o física sí/no); y programación para recibir fisioterapia.</p> <p><u>Criterios de exclusión:</u> Afección musculoesquelética importante u otra afección neurológica que afectara a la movilidad; o comorbilidades que impidieran la actividad (por ej: contraindicaciones cardiovasculares, dolor que empeorara de forma intolerable con el ejercicio), que no podían caminar antes del ictus o que tenían alguna contraindicación para utilizar el exoesqueleto (por ejemplo, embarazo, discrepancia en la longitud de las piernas, restricciones de altura/peso, ulceraciones abiertas en los puntos de contacto del dispositivo, etc.).</p>	Ekso GT	<p>Grupo experimental (GE): → 18 pacientes → Rehabilitación de la marcha con ER</p> <p>→ 60min/sesion, 3x/semana, max 8 semanas.</p> <p>Grupo control (GC) : → 16 pacientes → Rehabilitación convencional</p> <p>→ 45-60min/sesión, 4-5d/semana, max 8 semanas.</p>	6MWT FAC FMA-LE BBS	<p><u>6MWT (m)</u> Resultados intra grupo: → GC : 93.0 ± 84.0 → GE : 117.0 ± 112.7 Cambios significativos inter-grupo → p=0,72</p> <p><u>FAC [0 :5)</u> Resultados intra grupo : → GC : 3 [2-3] → GE : 2 [1-4] Cambios no significativos inter-grupo → p=0,72</p> <p><u>Gait speed (m/s)</u> Resultados intra grupo: → GC : 0,35 ± 0,3 → GE : 0,38 ± 0,03 Cambios significativos inter-grupo → p=0,99</p> <p><u>FMA-LE</u> Resultados intra grupo : → GC : 20,8 ± 7,1 → GE : 23,0 ± 5,9 Cambios significativos inter-grupo → p=0,09</p> <p><u>BBS</u> Resultados intra grupo : → GC : 37,8 ± 17,3 → GE : 36,6 ± 15,1 Cambios significativos inter-grupo → p=0,77</p>

Tabla 16: Resumen del artículo de Louie D, et al., 2021 Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Presentación de los tipos de Exoesqueleto

Tabla 17: Resumen de los diferentes exoesqueletos.

Artículo	Tipo de Exoesqueleto	Descripción
<p>Li DX, et al. 2021</p>	<p>BEAR-H1 de MileBot Robotic</p>	<p>Sitio web : https://en.milebot.com.cn/</p>  <p>Imagen extraída del sitio web MileBot Robotic</p> <p>BEAR-H1 es un robot exoesqueleto portátil para las extremidades inferiores, diseñado para rehabilitar la marcha en pacientes con ictus. El robot tiene un modo de entrenamiento activo y pasivo. Mejora el efecto de la rehabilitación ayudando a las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo de los pacientes a completar el entrenamiento de la marcha. El BEAR-H1 tiene 6 articulaciones motorizadas (caderas, rodillas y tobillos bilaterales) y articulaciones auxiliares de rotación de cadera para conseguir una marcha natural. Es adecuado para pacientes de entre 150 y 190 cm de estatura y un peso inferior a 85 kg. El tamaño del exoesqueleto es ajustable y está equipado con un sistema de monitorización y evaluación de la marcha. Los fisioterapeutas o familiares pueden seguir los movimientos del paciente en tiempo real a través de la pantalla táctil. El robot BEAR-H1 también está equipado con varios sensores capaces de detectar el estado de los movimientos del cuerpo humano en tiempo real. El algoritmo de inteligencia artificial desarrollado por el robot puede predecir las intenciones del cuerpo humano, como velocidad de movimiento, inicio y parada, pierna izquierda o derecha, etc. Esta información se recogerá y utilizará para controlar el robot.</p>
<p>Lee YH, et al. 2023</p>	<p>FREE Walk de FREE Bionic</p>	<p>Sitio web : https://www.freebionics.com.tw/en/freewalk</p>  <p>Imagen extraída del sitio web Free Bionic</p> <p>FREE Walk es un robot exoesqueleto portátil diseñado para personas con debilidad en las extremidades inferiores. Ayuda a los usuarios a volver a caminar, con una postura más firme, imitando la marcha humana más natural. Se adapta al usuario,</p>

reduciendo significativamente el riesgo de úlceras por presión y lesiones y responde a la intención del usuario de moverse o detenerse. También proporciona información clara para que los usuarios y los especialistas certificados comprendan el estado del entrenamiento del usuario.

Sitio web : <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/modules/>



Imagen extraida del sitio web MedicalExpo

Lokomat Pro de Hocoma AG

El Lokomat propone una terapia intensiva a pacientes con distintos grados de deterioro de la marcha y la movilidad funcional. Está destinado al tratamiento rehabilitador de pacientes con deficiencias graves a moderadas en la capacidad de caminar y en la movilidad funcional. Este dispositivo **robótico montado en el suelo** guía activamente los movimientos de las piernas del paciente a través de un exoesqueleto accionado eléctricamente y controlado por ordenador, permitiendo una marcha segura en cinta rodante. Incorpora un sistema de soporte del peso corporal para garantizar una descarga constante del peso mientras se mantiene una postura correcta. Además de proporcionar información en tiempo real, el Lokomat ofrece ejercicios divertidos para motivar a los pacientes durante su rehabilitación. Su interfaz de usuario permite personalizar los parámetros terapéuticos, adaptando la terapia a las necesidades individuales de cada paciente. Además, Lokomat proporciona una evaluación objetiva de varios aspectos de la función motora, lo que permite un seguimiento terapéutico preciso.

Pournajaf S,
et al. 2023

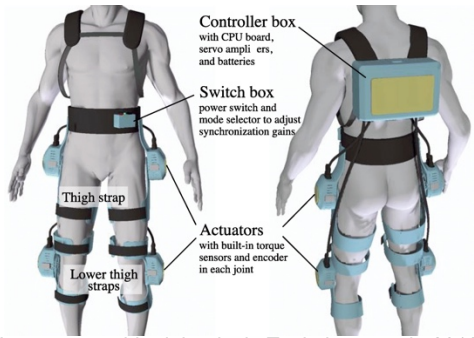

Sitio web : <https://www.rehatechnology.com/en/g-eos/>







Imagen extraida del sitio web Rehatechnology

G-EO System de Reha Technologies

El exoesqueleto G-EOS simula eficazmente la marcha sobre distintos terrenos, incluidas pendientes y escaleras, proporcionando una preparación intensa y

		<p>específica para actividades cotidianas como subir escaleras. Esta simulación permite a los pacientes entrenarse de forma óptima y controlada, mejorando su capacidad para afrontar retos de forma repetida y reproducible. Con su principio de efector final, representa una reducción significativa de la carga de trabajo del terapeuta. Esto se debe a que el guiado de la extremidad afectada sólo requiere una fijación distal, en este caso de los pies .</p>
<p>Miyagawa D, et al. 2023</p>	<p>Curara tipo 4</p>	<p>Sitio web : https://robotcare.jp/en/development/09_04</p>  <p>Imagen extraída del artículo Tsukahara et al., 2018</p> <p>Este dispositivo robótico portátil se ha diseñado para facilitar movimientos sincronizados de las extremidades inferiores del usuario. Consta principalmente de actuadores, soportes de articulaciones, una caja de interruptores y una caja de control. El peso total del sistema es de aproximadamente 5,8 kg. Los soportes articulares son ajustables en longitud para adaptarse a la morfología de cada paciente, utilizando cierres de velcro, un material flexible, entre el almacén de la articulación de la cadera y el almacén de la articulación de la rodilla.</p>
<p>Molteni F, et al. 2021 y Louie D, et al. 2021</p>	<p>EksoGT de Ekso bionics</p>	<p>Sitio web : https://eksobionics.com/eksonr/</p>  <p>Imagen extraída del sitio Ekso Bionics</p> <p>El EksoNR es un exoesqueleto portátil diseñado para mejorar la marcha de manera similar a la fisiología natural, sin la necesidad de una cinta rodante. Con años de investigación respaldando su desarrollo y utilizado en más de 270 centros de rehabilitación, el EksoNR fue creado para optimizar la experiencia tanto del paciente como del terapeuta. Permite al terapeuta ajustar parámetros como el ritmo, la altura, la distancia y el tiempo de oscilación mientras el exoesqueleto está en movimiento. Su interfaz ofrece opciones para variar el nivel de asistencia durante la marcha, permitiendo pasos pasivos, asistidos o liberando una o ambas piernas. Además, facilita la marcha incluso en pacientes que no pueden caminar, ofreciendo un estímulo para mejorar la estabilidad del tronco y obteniendo beneficios tanto de la marcha como de la posición bípeda.</p>

<p>Yoo HJ, et al. 2023</p>	<p>ExoAtlet Medy de ExoAtlet Asia Co</p>	<p>Sitio web : https://exoatlet.lu/fr/product-page-exoatlet-ii-fr/</p>  <p>Imagen extraida del sitio web ExoAtlet</p> <p>El exoesqueleto portatil ExoAtlet presenta funciones innovadoras diseñadas para facilitar la rehabilitación del paciente y optimizar el trabajo de los terapeutas. Equipado con una muleta inteligente para el paciente y una tableta para el personal médico o un asistente, este dispositivo ofrece una marcha natural gracias a un ajuste preciso adaptado a cada paciente. Las empuñaduras ergonómicas, el botón de parada de emergencia y la unidad de protección contra la espasticidad garantizan la seguridad del paciente, mientras que el respaldo y los materiales ergonómicos facilitan su limpieza y proporcionan un confort óptimo. Una sola carga de batería es suficiente para un día de entrenamiento, con ajustes sin herramientas.</p> <p>Traducción realizada con la versión gratuita del traductor www.DeepL.com/Translator</p> <p>Sitio web : https://manbuzhekangfu.com/h-pd-43.html</p>
<p>Zhang H, et al. 2023</p>	<p>GR-A1 de MBZ</p>	 <p>Imagen extraida del sitio web manbuzhekangfu</p> <p>El exosqueleto de suelo de rehabilitación de miembros inferiores GR-A1, desarrollado para pacientes que sufren trastornos de la marcha, ofrece una solución innovadora gracias a su dispositivo de entrenamiento de corrección de la marcha en forma de exoesqueleto. Dotado de un sistema de control de movimiento que permite modos de entrenamiento activos y pasivos, el GR-A1 ofrece un ajuste preciso de los parámetros de funcionamiento durante su uso, incluidos el ritmo de control, el ángulo de marcha, el ángulo de desplazamiento, la asistencia articular, el ritmo de sincronización y el tiempo de sincronización. También incluye un sistema de reducción de peso, mayor movilidad gracias a un raíl superior, registro de datos, funciones de seguridad automáticas y manuales, evaluación del progreso en tiempo</p>

		<p>real e interacción de realidad virtual para proporcionar a los pacientes una experiencia de rehabilitación inmersiva e interactiva.</p>
<p>Yu D, et al. 2021</p>	<p>NX A3 de NX</p>	<p>Sitio web : https://www.nxrehab.com/product/a3-m-gait-training-and-evaluation-system/</p>  <p>Imagen extraída del sitio web NX Rehab</p> <p>El NX A3-M, un exosqueleto de suelo de rehabilitación de la marcha, está diseñado para ayudar a los pacientes con dificultades para caminar a recuperar su capacidad de andar, ya sea parcial o totalmente. Gracias a sus brazos robóticos de 6 ejes y a la monitorización en tiempo real de los movimientos del paciente, proporciona un apoyo personalizado durante los ejercicios de marcha, lo que permite una rehabilitación segura y eficaz utilizando las propias capacidades del paciente. Equipado con sensores para medir la capacidad de caminar, así como con una serie de programas y modos ajustables, es adecuado para pacientes con daño cerebral, lesión medular, ictus o pérdida de movilidad de origen neurológico u ortopédico.</p>
<p>Lin YN, et al. 2022</p>	<p>MRG-100 de HIWIN</p>	<p>Sitio web : https://www.hiwin.tw/products/me/mrg_p110.aspx</p>  <p>Imagen extraída del sitio web Hiwin</p> <p>El MRG-P110 está diseñado para ayudar en la rehabilitación del ciclo de la marcha. Funciona como un exoesqueleto motorizado para las piernas, esta fijado al suelo con efector final mientras el usuario simula caminar sobre placas móviles. Cubre las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo, y está totalmente integrado en un entorno de realidad virtual para un entrenamiento interaccional.</p>

Fuente: Elaboración propia