



Universidad de Oviedo

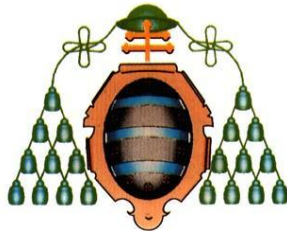
Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia

**“Bipedestación y Marcha Terapéutica en Lesión Medular:
Beneficios y Ayudas Técnicas, una revisión bibliográfica”**

Daniel González Rodríguez

9 de mayo de 2024

Trabajo Fin de Grado



Universidad de Oviedo

Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia

**“Bipedestación y Marcha Terapéutica en Lesión Medular:
Beneficios y Ayudas Técnicas, una revisión bibliográfica”**

Trabajo Fin de Grado

Autor

Daniel González Rodríguez

Tutora

Covadonga Álvarez Macho

Cotutora

M.^a Soledad Martínez Montequín



Dña. Covadonga Álvarez Macho, Grado en Fisioterapia por la Universidad de Oviedo (Asturias), profesora asociada de Ciencias de la Salud, Departamento de Especialidades Médico-Quirúrgicas, Área de Fisioterapia.

Y, **Dña. María Soledad Martínez Montequín**, Grado en Fisioterapia por la Universidad de Oviedo (Asturias), profesora asociada de Ciencias de la Salud, Departamento de Especialidades Médico-Quirúrgicas, Área de Fisioterapia.

CERTIFICAN:

Que el Trabajo Fin de Grado presentado por **D. Daniel González Rodríguez**, titulado **“Bipedestación y Marcha Terapéutica en Lesión Medular: Beneficios y Ayudas Técnicas, una revisión bibliográfica”**, realizado bajo la dirección de Dña. **Covadonga Álvarez Macho** reúne a nuestro juicio las condiciones necesarias para ser admitido como Trabajo Fin de Grado de Fisioterapia.

Y para que así conste dónde convenga, firman la presente certificación en Oviedo a 9 de mayo de 2024.

Vº Bº

Vº Bº

Fdo. Covadonga Álvarez Macho
Tutora

Fdo. M.ª Soledad Martínez Montequín
Cotutora

Índice

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
2.1. Definición.....	3
2.2. Etiología y fisiopatología.....	5
2.3. Epidemiología.....	6
2.4. Exploración y diagnóstico.....	8
2.5. Manifestaciones clínicas.....	11
2.6. Discapacidad.....	13
2.7. Tratamiento.....	15
2.8. Ayudas técnicas.....	16
3. Justificación y objetivos.....	19
3.1. Justificación.....	19
3.2. Pregunta de investigación.....	21
3.3. Objetivo general.....	21
3.4. Objetivos específicos.....	21
4. Material y métodos.....	22
4.1. Estrategias de búsqueda.....	22
4.2. Criterios de selección.....	23
4.3. Selección de artículos.....	24
4.4. Medidas de evaluación de calidad metodológica.....	26
5. Resultados.....	29
5.1. Características de los estudios.....	30
5.2. Descripción de los estudios.....	44
6. Discusión.....	56
6.1. Efectos cardiovasculares.....	56
6.2. Efectos en la función respiratoria.....	57
6.3. Efectos en la función motora.....	58
6.4. Efectos en la composición corporal.....	60
6.5. Efectos en la marcha.....	61
6.6. Efectos en la dependencia de la marcha.....	63
6.7. Efectos psicosociales.....	65
7. Limitaciones y fortalezas.....	68
7.1. Limitaciones de la revisión.....	68
7.2. Fortalezas de la revisión.....	69
8. Conclusiones.....	70
9. Bibliografía.....	72
10. Anexos.....	81

Índice de figuras

Figura 1 - Médula espinal en relación con la columna vertebral.....	3
Figura 2 - Ortesis KAFO pasiva.....	17
Figura 3 - Evolución exoesqueletos.....	18
Figura 4 - Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica.....	25

Índice de tablas

Tabla 1 - Signos de sospecha de lesión medular.....	8
Tabla 2 - Grados escala ASIA.....	10
Tabla 3 - Características de las lesiones de neurona motora superior e inferior.....	11
Tabla 4 - Evaluación Escala PEDro.....	27
Tabla 5 - Características de los estudios.....	30

Listado de abreviaturas

%VO2: Porcentaje de volumen máximo de oxígeno

6mAT: Test de ergometría de brazo de 6 minutos

6mWT: Test de marcha de 6 minutos

10mWT: Test de marcha de 10 metros

ABPI: Índice tobillo-brazo

BPI: Cuestionario Breve del Dolor

CIF: Clasificación Internacional de Funcionamiento

DMO: Densidad Mineral Ósea

EVA: Escala Visual Analógica

EMG: Electromiografía

FC: Frecuencia cardíaca

FEV: Volumen Espiratorio Forzado

FEF: Flujo Espiratorio Forzado

FIM: Escala de Independencia Funcional

FVC: Capacidad Vital Forzada

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control

HAD: Escala Hospitalaria de Ansiedad y Depresión

HWAS: Escala Holden de Capacidad para la Marcha

KAFO: Ortesis Rodilla-Tobillo-Pie

LEMS: Puntuación motora de la extremidad inferior

LM: Lesión medular

MBI: Índice de Barthel Modificado

MCoT: Coste Metabólico

MeSH: Descriptores en Ciencias de la Salud

MRC: *Medical Research Council* (Consejo de Investigación Médica)

MVV: Ventilación Voluntaria Máxima

NRS-11: Escala Numérica del Dolor

OMS: Organización Mundial de la Salud

PEF: Flujo Espiratorio Máximo

PGIC: Impresión Global de Cambio del Paciente

PIADS: Escala de Impacto Psicosocial de Productos de Apoyo

PSFS: Escala Penn de Frecuencia de Espasmos

QUEST 2.0: Evaluación Quebec de Satisfacción de Usuarios con Tecnología Asistencial
2.0

QoL-BDS: Dataset de Calidad de Vida recogido en el estudio INSCI

RMN: Resonancia Magnética Nuclear

SCIM-III: Escala de Independencia en Lesión Medular III

SF-36: Cuestionario de Salud SF-36

TC: Tomografía Computarizada

TCT: Test de Control de Tronco

THBI: *Total Heart Beat Index* (Índice total de latidos del corazón)

TUG: *Timed Up and Go* (Levántate y camina)

VFC: Variabilidad de frecuencia cardíaca

WHOQoL-BREF: Escala *BREF* de Calidad de Vida de la Organización Mundial de la Salud

WISCI-II: Índice de Marcha para Lesión Medular II

WOS: *Web of Science*

1. Resumen

INTRODUCCIÓN: la lesión de la médula espinal, ya sea de etiología traumática o médica, provoca una serie de manifestaciones clínicas que suponen la adquisición de un grado de discapacidad en los pacientes para el resto de su vida. Mediante el uso de ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha incluidas en su rehabilitación, se pueden mejorar algunos de esos síntomas, mejorando así su calidad de vida y fomentando su autonomía.

OBJETIVO: buscar evidencia en la bibliografía existente de los beneficios que las ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha tienen en pacientes con una lesión medular.

METODOLOGÍA: tras una búsqueda en las bases de datos PubMed, Web of Science y PEDro y la aplicación de criterios de selección, se han incluido 13 artículos a revisar.

RESULTADOS: los 13 ensayos clínicos aleatorizados controlados analizan el impacto de ayudas técnicas como exoesqueletos, dispositivos robóticos o neuro-estimuladores eléctricos (transcraneales o periféricos) en parámetros tales como la marcha, la composición corporal, la función cardiorrespiratoria, la función motora y la esfera psicosocial.

CONCLUSIONES: la inclusión de ayudas técnicas para la marcha y la bipedestación en la rehabilitación de pacientes con lesión medular resulta en beneficios evidenciables en la función motora, respiratoria, en la independencia funcional y en la composición corporal. Sin embargo, la eficiencia metabólica, la espasticidad o el impacto psicosocial no presentan tal mejora en comparación con la terapia convencional. La rehabilitación óptima del paciente con lesión medular es aquella que incluya un procedimiento de fisioterapia convencional combinado con la utilización de ayudas técnicas.

Palabras clave: lesión medular; ayudas técnicas; bipedestación; marcha; beneficios; revisión bibliográfica

Abstract

INTRODUCTION: spinal cord injury, either of traumatic or medical etiology, causes a battery of clinical manifestations that result in the acquisition of a disability degree in these patients for the rest of their lives. Through the use of technical devices for standing and gait included in their rehabilitation, some of these symptoms can be relieved, therefore improving their quality of life and promoting their autonomy.

OBJECTIVE: search for evidence in the available literature about the benefits of technical devices for standing and gait in patients with spinal cord injury.

METHODS: after a search in PubMed, Web of Science and PEDro databases and the application of selection criteria, 13 articles have been included for review.

RESULTS: the 13 randomized controlled clinical trials study the impact of technical devices such as exoskeletons, robotic devices or electrical neurostimulators (transcranial or peripheral) on parameters such as gait, body composition, cardiorespiratory function, motor function and the psychosocial environment.

CONCLUSIONS: the inclusion of technical devices for gait and standing in the rehabilitation of patients with spinal cord injury results in noticeable benefits in motor function, respiratory function, functional independence and body composition. However, metabolic efficiency, spasticity or psychosocial impact do not show such improvement compared to conventional therapy. The optimal rehabilitation of the spinal cord injured patient is the one that includes a conventional physiotherapy procedure combined with the use of technical devices.

Keywords: spinal cord injury; technical devices; standing; gait; benefits; bibliographic review

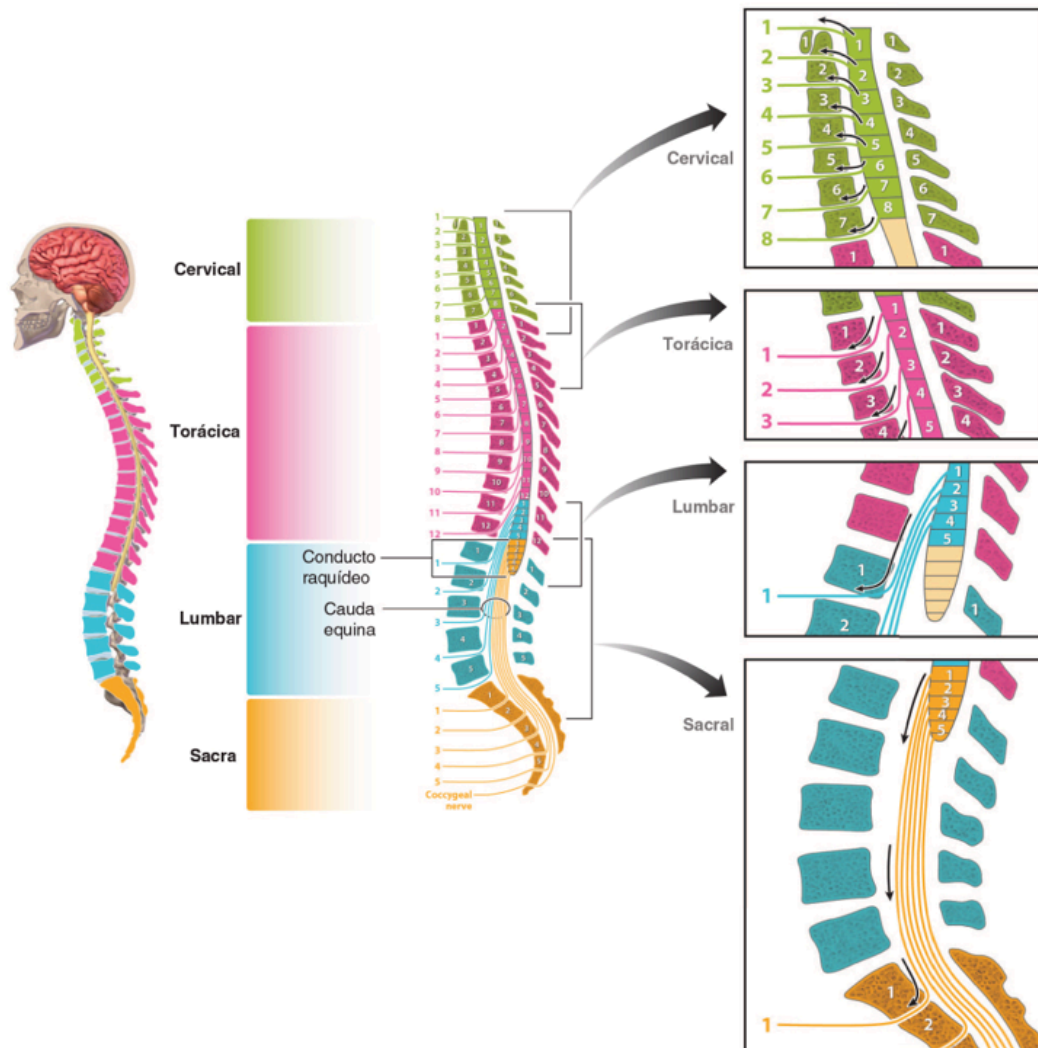
2. Introducción

2.1. Definición

Se define como lesión medular (LM) o mielopatía “la pérdida o alteración de la movilidad, de la sensibilidad o del sistema nervioso autónomo ocasionada por un trastorno de las estructuras nerviosas alojadas en el canal medular”. [1] La lesión medular puede ser causada por diversos procesos patológicos (adquiridos o congénitos) o de forma traumática; y produce su sintomatología por debajo del nivel de la lesión. Actualmente, sus consecuencias son irreversibles en la mayoría de los casos y los pacientes serán clasificados en distintos grados de discapacidad el resto de su vida, por lo que su existencia supone un cambio radical en la independencia y en la esfera psicosocial de la persona. [1.2.3]

La médula espinal pertenece al sistema nervioso central y es la encargada de transmitir señales motoras y sensitivas y de actuar como centro nervioso para algunas funciones específicas, como los reflejos espinales. Es una estructura tubular que transcurre por dentro del canal medular que forma la columna vertebral y que se extiende desde el agujero occipital (o *foramen magnum*) en la base del cráneo hasta el borde inferior de la primera o segunda vértebras lumbares (L1-L2). [4.5] Está compuesta de 31 segmentos medulares diferenciados: 8 segmentos cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo. De cada uno de estos segmentos medulares convergen una raíz ventral o motora y una raíz dorsal o sensitiva para formar los nervios espinales, que abandonan el canal vertebral por el agujero de conjunción y que se dirigen a su área específica de inervación. [5] Puesto que la médula espinal termina en el nivel vertebral L1-L2, las raíces nerviosas lumbosacras que inervan por debajo de ese nivel descienden hasta encontrar sus agujeros de conjunción correspondientes, conformando la denominada cola de caballo o *cauda equina*. [4.5] [Figura 1]

Figura 1 - Médula espinal en relación con la columna vertebral



Fuente: Neurología clínica y neuroanatomía [4]

Debido a las alteraciones motoras por interrupción de las vías medulares, la bipedestación y la marcha humana se verán afectadas en las personas con LM. La posición bípeda y la marcha tienen numerosos efectos beneficiosos en el paciente, tanto fisiológicos como psicológicos, pero su realización requiere de una serie de requisitos (retroalimentación sensorial, fuerza, equilibrio estático y dinámico, capacidad mental) que necesitarán de una adecuada rehabilitación para poder ser llevadas a cabo. [6]

2.2. Etiología y fisiopatología

A grandes rasgos, las dos grandes clasificaciones etiológicas de la LM son las producidas por un traumatismo y las no traumáticas o médicas.

Entre las LM traumáticas, hay dos causas que destacan por encima del resto: accidentes de tráfico y caídas casuales. En menor porcentaje de incidencia podemos encontrar causas de lesión medular como heridas por arma de fuego o arma blanca, accidentes laborales o en la realización de deporte, como es el caso de las zambullidas en el agua. [\[1,4,7\]](#) La lesión se produce por un mecanismo de alta energía, como puede ser: una compresión vertical de la médula, un movimiento de hiperflexión o un movimiento de hiperextensión de raquis; que en la gran mayoría de los casos van asociados a fracturas óseas o luxaciones de la columna vertebral o lesiones craneoencefálicas. [\[7\]](#)

Se distinguen dos fases fisiopatológicas en las lesiones medulares traumáticas: la lesión primaria y la lesión secundaria. La lesión primaria corresponde a la provocada por la energía y mecanismo de la lesión, en la que se produce una interrupción brusca de las conexiones nerviosas y vías sanguíneas que cursa con: destrucción de las neuronas (en primera instancia de la sustancia gris por estar más vascularizada, posteriormente se producirá la muerte axonal de la sustancia blanca), infartos localizados por isquemia e hipoxia, edema, daño de la membrana medular y demás factores asociados. A esta lesión primaria le siguen las lesiones secundarias, que no son más que el resultado de esos mecanismos lesionales, como hemorragias locales, isquemia, inflamación o excitotoxicidad por liberación excesiva de glutamato. Todo esto resulta en un aumento de la destrucción neuronal y por tanto, de la transmisión nerviosa. [\[8,9\]](#)

Las lesiones medulares no traumáticas son aquellas producidas como consecuencia de una patología previa. Cada una de las enfermedades produce unos mecanismos fisiopatológicos específicos encargados de provocar la lesión medular. [10] Algunas patologías que cursan con lesión medular son: [7,10,11]

- Enfermedades congénitas: espina bífida o parálisis cerebral.
- Patologías vasculares: aterosclerosis, trombosis, infartos isquémicos.
- Tumores: primarios o metastásicos.
- Inflamaciones y/o infecciones: inflamación medular provocada por virus (como el Herpes-Zoster o enterovirus), bacterias, hongos o parásitos; o mielitis inflamatoria no infecciosa.
- Degenerativas: como la Esclerosis Lateral Amiotrófica.
- Autoinmunes: como la esclerosis múltiple.
- Osteoarticulares: como la espondilosis, la espondilolisis o la estenosis del canal medular.
- Aquellas producidas por una complicación quirúrgica o iatrogénicas.

2.3. Epidemiología

Se estima que la cifra total de personas con una lesión medular en España es cercana a 40.000, produciéndose 1.200 lesiones medulares nuevas cada año y aproximadamente de 25 a 30 nuevos casos por millón de habitantes. Atendiendo a la etiología de dichas nuevas lesiones y pese a la variedad de datos según los diferentes estudios, encontramos que las más frecuentes son las lesiones medulares traumáticas (70%) frente a las no traumáticas (30%) [1,12,13]. Dentro de las producidas por traumatismo, encontramos que la primera causa son las caídas accidentales en el domicilio o en la realización de deporte con un 55%, seguida de los accidentes de tráfico que suponen un 39%. [12]

Debido al envejecimiento generalizado de la población, en los últimos años se observa un aumento de las lesiones medulares no traumáticas como consecuencia de la variedad de patologías vasculares o neoplásicas que la causan. [\[11,13\]](#) En el Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo (España), un 58% de los nuevos ingresos en el año 2015 se deben a etiología no traumática, siendo: 14% patologías vasculares, 12% tumorales, 10% complicaciones iatrogénicas y 8% degenerativas. [\[11\]](#)

En la mayoría de estudios, la proporción de hombres con LM medular respecto a mujeres con LM es de 2:1 hasta 4:1. Este dato se debe a que las lesiones medulares de etiología traumática son significativamente mayores en hombres que en mujeres, puesto que si nos fijamos en las de tipo no traumático, la relación se iguala hasta el 1:1. [\[1.2.4.11\]](#)

En el momento de la lesión, la edad media se encuentra en las 3ª y 4ª décadas de la vida, si bien la tendencia actual es que debido al aumento de la esperanza de vida y la presencia de lesiones medulares secundarias a patologías, la incidencia de LM en mayores de 60 años está viéndose aumentada. [\[1\]](#) En algunos estudios se pueden observar como las muestras con mayor incidencia corresponden a los pacientes en la 1ª y 2ª décadas de vida, como resultado de actitudes temerosas de personas jóvenes como zambullidas en el agua o accidentes de tráfico a alta velocidad. [\[2,14\]](#)

2.4. Exploración y diagnóstico

Tras una sospecha de LM, son varios los pasos que se deben seguir para confirmar su diagnóstico. Existen diferentes manifestaciones clínicas que en primera instancia nos pueden sugerir la presencia de una LM. [\[Tabla 1\]](#)

Tabla 1 - Signos de sospecha de lesión medular

Tabla 1 Signos de sospecha de lesión medular
Debilidad o parálisis de extremidades
Alteraciones de la sensibilidad en tronco o en extremidades
Dificultad en la emisión del lenguaje (hipofonía)
Respiración abdominal
Hipotensión y bradicardia paradójica
Posición en flexión de codos
Dolor o deformidad en columna
Parestesias. Sensación de descarga eléctrica
Ausencia de dolor en presencia de lesiones previsiblemente dolorosas
Priapismo

Fuente: *Actualización en lesión medular aguda postraumática* [\[15\]](#)

La primera y más utilizada prueba que se debe realizar si el paciente se muestra consciente y cooperativo son las exploraciones exhaustivas de la movilidad y sensibilidad mediante el sistema de referencia internacional de la *American Spinal Injury Association* o escala ASIA. [\[1,10,15\]](#) [\[Anexo 1\]](#)

Al músculo o grupos de músculos inervados por una raíz nerviosa correspondiente a un segmento medular se conoce como miotoma. En la exploración motora se estudian 5 músculos clave en el miembro superior y 5 en el miembro inferior, dándoles una puntuación de 0 a 5 según la escala de balance muscular de *Medical Research Council* (MRC). El denominado nivel motor viene definido por el último grupo muscular con una

puntuación de al menos 3 sobre 5, siendo necesario que los músculos por encima de ese nivel no se vean afectados. Los grupos de músculos clave a estudiar y el nivel medular (o miotoma) que representan son: flexores de codo (C5), extensores de muñeca (C6), extensores del codo (C7), flexores de los dedos de la mano (C8) y abductores del 5º dedo de la mano (T1) para el miembro superior; y flexores de cadera (L2), flexores de rodilla (L3), flexores dorsales de tobillo (L4), extensores del 1.º dedo del pie (L5) y flexores plantares de tobillo (S1) para el miembro inferior. Además de estos niveles musculares, se debe comprobar si existe contracción voluntaria del esfínter anal externo mediante un tacto rectal. [\[1.15.16\]](#) En las regiones donde no se puede valorar de forma independiente el miotoma exacto (como en la región torácica), el nivel motor se considera el mismo que el nivel sensitivo. [\[15\]](#)

En la exploración de la sensibilidad se realiza un examen de la sensibilidad superficial y algésica, valorando los 28 dermatomas del cuerpo y puntuando del 0 al 2, siendo 0 anestesia total, 1 hipoestesia y 2 sensibilidad normal (con respecto a la sensibilidad facial). [\[1.15\]](#) Al igual que en la exploración motora, se realiza un tacto rectal para valorar la presencia o ausencia de la sensibilidad anal profunda. [\[15.16\]](#)

Tras estas dos exploraciones, se establece el grado en la escala ASIA [\[Tabla 2\]](#) y el nivel de la lesión, definido como el segmento medular más caudal en el que las funciones motoras y sensitivas son normales.

Tabla 2 - Grados escala ASIA

GRADO	
A: lesión completa	Ausencia de función sensitiva y motora hasta los segmentos sacros S4-S5.
B: lesión completa motora e incompleta sensitiva	Ausencia de función motora, pero preservación de función sensitiva por debajo del nivel de lesión hasta los segmentos sacros (S4-S5).
C: lesión incompleta motora y sensitiva	Preservación de función sensitiva y motora. La mitad de músculos clave por debajo del nivel de la lesión tienen un balance muscular inferior a 3.
D: lesión incompleta motora y sensitiva	Preservación de función sensitiva y motora. La mitad de músculos clave por debajo del nivel de la lesión tienen un balance muscular superior o igual a 3.
E: normal	Funciones sensitiva y motora normales

Fuente: elaboración propia

Las pruebas exploratorias suelen ir acompañadas de pruebas de imagen para confirmar el diagnóstico. Tras la sospecha de una LM, las técnicas de elección son la radiografía simple, la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética nuclear (RMN). Las pruebas radiológicas (radiografía y TC) son las primeras en realizarse puesto que permiten observar si existe una lesión osteoarticular que pueda comprometer a la médula espinal, tales como desalineaciones vertebrales, fracturas, luxaciones, etc. La RMN es la mejor prueba de imagen para el estudio de los tejidos blandos, por lo que debe realizarse cuanto antes para descartar daños medulares o ligamentosos y objetivar el compromiso del canal medular, la longitud de la lesión o la presencia de edemas o hemorragias que justifiquen los síntomas neurológicos y ofrezcan un valor pronóstico.

[\[9.15.17\]](#)

2.5. Manifestaciones clínicas

Una LM conlleva una serie de manifestaciones clínicas dependientes del tipo de mecanismo lesional, del nivel medular en el que se haya producido y de la extensión de la lesión. Los principales síntomas que se van a encontrar son parálisis motora, pérdida de sensibilidad y alteraciones respiratorias y vegetativas (intestinales, vesicales y sexuales) por debajo del nivel de la lesión. [\[1,10\]](#)

La pérdida de motilidad se debe a la lesión de las motoneuronas superiores o inferiores, siendo común que ambas se encuentren afectadas en las lesiones medulares. Es importante de cara a la evolución del paciente diferenciar las contribuciones que aporta a la clínica la lesión de una u otra motoneurona, puesto que sus síntomas son diferentes. [\[Tabla 3\]](#) La lesión de la motoneurona superior se caracteriza por espasticidad, atrofia y aumento considerable de los reflejos tendinosos profundos, produciendo una parálisis de tipo espástico. En contraposición, la lesión de la motoneurona inferior cursa con una parálisis flácida, determinada por atrofia muscular muy marcada, debilidad e hiporreflexia. [\[10,18\]](#)

Tabla 3 - Características de las lesiones de neurona motora superior e inferior

Características clínicas de lesiones de neurona motora superior e inferior		
Manifestación clínica	Lesión neurona motora superior	Lesión neurona motora inferior
Reflejos	Hiperreflexia	Hiporreflexia o abolidos
Atrofia	Menos prominente	Presente
Fasciculaciones	Ausentes	Presentes
Tono muscular	Aumentado	Disminuido
Reflejos patológicos: Babinski	Flexión dorsal	Ausente

Fuente: *Spinal Cord Injury* [\[10\]](#)

A estas alteraciones motoras suele ir asociada una disfunción respiratoria, normalmente por parálisis de la musculatura intercostal y abdominal en lesiones inferiores a C5, o por lesión del nervio frénico y en consecuencia denervación del diafragma en lesiones superiores a C3-C4 (peor pronóstico, será necesaria ventilación mecánica). A esta pérdida de función pulmonar suelen ir asociadas otras afecciones respiratorias como atelectasias, neumonía, acúmulo de secreciones y/o pérdida de capacidad pulmonar. [\[10,15\]](#)

Atendiendo a las alteraciones sensitivas, la lesión de los tractos medulares ascendentes o sensitivos provoca la pérdida de sensibilidad de sus dermatomas correspondientes, es decir, del área de piel inervada por las raíces nerviosas de dichos segmentos medulares. Se producirá hipoestesia o anestesia de la sensibilidad superficial, profunda, algésica o térmica, entre otras, por la alteración de las vías somatosensitivas como la espinotalámica y la dorsal-lemnisco medial (o vía de los cordones posteriores). [\[1,15\]](#)

Una LM también va a afectar a funciones del sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático por afectación de las vías espinales. Algunos de los síntomas más comunes que presenta son: parálisis de vejiga e intestino y de sus respectivos esfínteres, y por consiguiente retenciones e incontinencias urinaria y fecal por rebosamiento [\[4,15\]](#); respuestas cardiovasculares en los días iniciales tras la lesión, como la hipotensión arterial y bradicardia [\[19\]](#); y alteraciones sexuales tales como priapismo, disfunción eréctil o incapacidad para la eyaculación en los varones, o dificultad para el orgasmo y falta de apetito sexual en mujeres. [\[20,21\]](#)

Se pueden realizar dos tipos de clasificaciones de lesiones medulares atendiendo a su sintomatología: según el nivel medular en el que se produzca la lesión hablaremos de tetraplejía o paraplejía: y según la extensión de la lesión, donde hablaremos de LM completa e incompleta. [\[1\]](#)

Según nivel de la lesión

- Tetraplejía: pérdida de función motora y sensitiva provocada por una lesión en los segmentos cervicales (C1-C8) de la médula espinal. Se verán afectadas las funciones de miembros superiores, miembros inferiores, tronco y órganos pélvicos. [\[1,15\]](#)
- Paraplejía: lesión en los segmentos torácicos, lumbares o sacros de la médula espinal que causa alteración en las funciones de miembros inferiores, tronco y órganos pélvicos. [\[1,15\]](#)

Según extensión de la lesión

- Completa: ausencia total de función motora, sensitiva y autónoma por debajo del nivel de la lesión. [\[1,15\]](#)
- Incompleta: preservación total o parcial de la función motora, sensitiva y/o autónoma por debajo del nivel de la lesión. [\[1,15\]](#)

2.6. Discapacidad

Muchos de los síntomas de una LM son irreversibles, y acompañarán al paciente durante el resto de su vida, proporcionándole una condición de discapacidad. La Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) publicada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2001 define la discapacidad

desde un enfoque médico, entendiéndose como aquella deficiencia o alteración corporal que provoca una limitación en la realización de una actividad y que restringe la participación en situaciones de la vida diaria. De este modo, la OMS proporciona diferentes definiciones del término discapacidad, pero no determina quién pertenece a este grupo y quién no. [\[22\]](#)

En España, el Instituto Nacional de Estadística debe seleccionar a aquellas personas consideradas como discapacitadas para su agrupación en la realización de la *Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia*, por lo que define la discapacidad como: “toda limitación importante para realizar las actividades de la vida diaria que haya durado o se prevea que vaya a durar más de 1 año y tenga su origen en una deficiencia. Se considera que la persona tiene una discapacidad aunque la tenga superada con el uso de ayudas técnicas externas o con la ayuda o supervisión de otra persona.” [\[23\]](#)

Dada esta condición de discapacidad, la rehabilitación de los pacientes con LM debe incluir una readaptación a las actividades de la vida diaria y una reinserción en la participación social. Puesto que el tratamiento actual de las lesiones medulares no consigue la recuperación completa de su sintomatología, en el enfoque de la rehabilitación ha de tenerse en cuenta que la persona va a convivir el resto de su vida con una condición de discapacidad, siendo entonces su objetivo adquirir una funcionalidad que le permita conseguir la mayor autonomía e independencia posible.

2.7. Tratamiento

El tratamiento de una LM comienza previo a su diagnóstico, ya que una inmovilización precoz y unas medidas de soporte vital, entre otras, son requeridas desde los momentos más iniciales. En fase aguda, el tratamiento de los pacientes con lesión medular diagnosticada puede incluir: tratamiento quirúrgico con el objetivo de lograr la estabilización vertebral, reducir las posibles lesiones secundarias y facilitar la recuperación neurológica; y tratamiento de las patologías respiratorias y vegetativas. La rehabilitación del paciente con LM debe ser llevada a cabo por un equipo multidisciplinar, siendo esencial el papel de la fisioterapia para el éxito del tratamiento, y con dos objetivos primordiales: mantener y/o mejorar la calidad de vida del paciente, y promover su autonomía e independencia. [\[3.9.15\]](#)

En este apartado nos centraremos en los principales tratamientos de rehabilitación enfocados a la bipedestación y la marcha humana, puesto que no corresponde a esta revisión incluir todos los tratamientos de las diferentes afecciones que pueda presentar un paciente con LM.

La fisioterapia precoz en LM en fase aguda tiene como objetivos principales: evitar la pérdida de masa muscular mediante un fortalecimiento de aquella musculatura que pueda ser activada; mejorar la flexibilidad y los rangos articulares de movimiento mediante cinesiterapia; tratamiento postural, estabilización y verticalización lo antes posible; y prevenir la aparición de patologías respiratorias o digestivas, entre otras. [\[6,24\]](#)

Conforme se establezca el estado de salud del paciente y la LM se cronifique, el tratamiento de fisioterapia debe focalizarse en la movilidad y capacidad de autonomía del paciente. Es en esta fase cuando la bipedestación y la recuperación de la marcha cobran

mayor sentido. [6,24] La marcha se define como “un proceso de locomoción en el cual el cuerpo humano en posición erguida desplaza hacia delante su centro de gravedad, siendo este soportado por ambas piernas, las cuales realizan una serie de movimientos alternantes junto con el tronco”. [24]

Entre los principales beneficios físicos que aportan la bipedestación y la marcha, además de los psicológicos, encontramos:

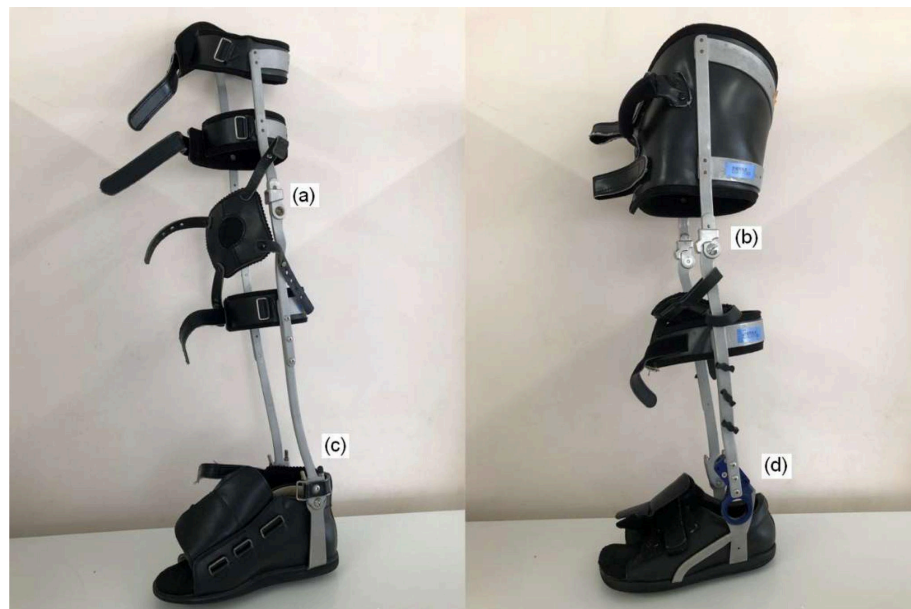
- Retrasar la descalcificación ósea y evitar la aparición de fracturas gracias a la carga mecánica ejercida sobre los miembros inferiores. [24]
- Mejora de la circulación cardiovascular, tanto de la general como, en mayor medida, de la local; y evita la aparición de edemas en los miembros inferiores y de hipotensión ortostática. [6]
- Reducción en la presión de órganos internos y en la fuerza ejercida sobre el diafragma y por consiguiente, aumento de la función respiratoria. [25]
- Mejora de las funciones renales e intestinales. [6]
- Prevención de la aparición de escaras y úlceras por presión debidas a una sedestación prolongada. [6]
- Disminución de la espasticidad. [24,26]

2.8. Ayudas técnicas

Algunas de las principales ayudas técnicas para lograr la bipedestación y trabajar la reeducación de la marcha son: el uso de ortesis, la electroestimulación funcional, la marcha en suspensión parcial sobre un tapiz rodante o la utilización de sistemas robóticos o exoesqueletos, pudiendo ayudarse de nuevas tecnologías como la realidad virtual. [6,24] En la rehabilitación de la marcha, de igual modo que en otras patologías, la utilización de ayudas de apoyo, tales como las barras paralelas, bastones ingleses o andadores, resultan vitales sea cual sea el método de rehabilitación escogido.

La principal ortesis utilizada en los pacientes con parálisis motora de miembros inferiores es la ortesis KAFO (*knee-ankle-foot orthosis*). Este tipo de ayuda ortopédica se utiliza en aquellos pacientes que disponen de cierto grado de control activo de la cadera, pero sin función motora de rodilla ni tobillos, y normalmente acompañada de bastones ingleses o en barras paralelas para proporcionar una marcha más segura. El mecanismo de acción de una KAFO pasiva [\[Figura 2\]](#) es bloquear la flexión de rodilla y la flexión plantar y dorsal de tobillo, mientras que la KAFO activa (versión más moderna) permite cierto grado de flexión de rodilla para mejorar el patrón de marcha. La marcha con una ortesis KAFO supone un alto gasto energético para los pacientes debido a la compensación necesaria para llevar a cabo la marcha sin flexión activa de rodilla. [\[27\]](#)

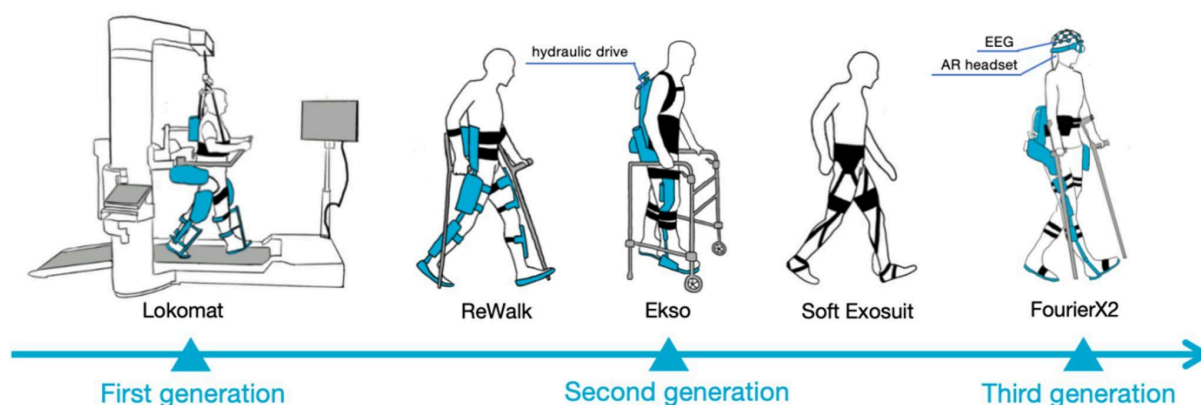
Figura 2 - Ortesis KAFO pasiva



Fuente: *Early Wearing of Knee-Ankle-Foot Orthosis Improves Functional Prognosis in Patients after Stroke* [\[28\]](#)

Como alternativa a las ortesis convencionales, en los últimos años se ha generalizado la implantación de exoesqueletos en la reeducación de la marcha de pacientes con lesión medular. Las principales diferencias respecto a las ortesis es que estos exoesqueletos eléctricos están en su gran mayoría motorizados, facilitando la posibilidad de una marcha más fisiológica, más segura y más eficiente cardiovascularmente. [29] La evolución de los exoesqueletos [Figura 3] como forma alternativa a la rehabilitación de la marcha convencional ha permitido el progreso desde un dispositivo robótico con exoesqueleto, suspensión del peso corporal y marcha sobre tapiz rodante (como *Lokomat*) hasta exoesqueletos que utilicen inteligencia artificial o realidad virtual. [30]

Figura 3 - Evolución exoesqueletos



Fuente: *Exoskeleton-Assisted Rehabilitation and Neuroplasticity in Spinal Cord Injury* [30]

Una técnica muy utilizada con el objetivo de recuperar cierto grado de activación motora es la electroestimulación. Esta estimulación eléctrica busca la mejora del control motor basándose en el principio de “neuroplasticidad” o reorganización de las vías neuronales. [31] Actualmente existen varias opciones de electroestimulación, siendo las

más comunes: estimulación magnética transcraneal o estimulación con corriente directa sobre la corteza motora como formas de estimulación cerebral no invasiva; estimulación de la médula espinal; o estimulación de nervios periféricos, pudiendo ser de forma transcutánea o mediante la implantación quirúrgica de neuroprótesis. [\[32\]](#)

3. Justificación y objetivos

3.1. Justificación

En los últimos años se ha visto aumentada notablemente la utilización de ayudas técnicas para mejorar la bipedestación y la marcha en los protocolos de rehabilitación de pacientes con lesión medular. Este uso de ayudas externas busca aportar beneficios añadidos a la terapia convencional, como pueden ser la prevención de osteoporosis, de atrofia muscular, de problemas cardiovasculares o de úlceras por presión; o mejorar el estado de ánimo y la calidad de vida de los pacientes. La importancia del abordaje de estas manifestaciones clínicas con todas las ayudas técnicas disponibles viene justificada por su alta prevalencia tras una lesión medular.

Tras una lesión medular, la descarga mecánica de miembros inferiores, junto con otros procesos fisiopatológicos (cambios hormonales y alteraciones neurovasculares), provoca que se acelere el proceso de reabsorción ósea y se retrase la formación de hueso, resultando en un descenso del 50% de la densidad mineral ósea en los 3 años siguientes a la lesión, explicando así la frecuente presencia de osteoporosis. En una lesión medular crónica de más de 3 años de antigüedad, la tasa anual de fracturas es el doble que en la población sana (2% frente a 1%), viéndose especialmente aumentado el riesgo en miembros inferiores, ya que un persona con LM tiene un riesgo 23 veces mayor de sufrir una fractura de fémur que de miembros superiores. [\[33,34\]](#)

La poca o nula actividad física debido a las alteraciones motoras y sensitivas provoca la pérdida de masa muscular en todo en el cuerpo (especialmente grave la pérdida de masa muscular en el ventrículo izquierdo del corazón) y el acúmulo de grasa, lo cual aumenta el riesgo de enfermedades coronarias y síndromes metabólicos (como la *diabetes mellitus*). La enfermedad cardiovascular sintomática en pacientes con LM tiene una prevalencia del 30 al 50%, mientras que en la población sana es del 5-10%. Otra de las manifestaciones que puede verse mejorada con la bipedestación y la marcha es la hipotensión ortostática, presente en hasta un 74% de los pacientes con una LM cervical o torácica alta. Además, esta falta de actividad hace que se alcance el 15% de incidencia de trombosis venosa profunda y el 5% de incidencia de tromboembolismos pulmonares en los pacientes con LM en el año siguiente a la lesión. [\[35,36,37\]](#)

Otras posibles alteraciones que se ven mejoradas con la bipedestación y la marcha son: la espasticidad, presente en un 65-78% de los pacientes con lesión medular crónica; o la prevención de padecer úlceras por presión como consecuencia de la sedestación y encamamiento prolongados, ya que entre un 10% y un 30% de las personas con una lesión medular las presentarán a lo largo de su vida. [\[38,39\]](#)

Además de las alteraciones físicas descritas, las limitaciones motrices que provoca una LM tienen efectos negativos en el estado de ánimo y en la calidad de vida de los pacientes. Williams R et al. [\[40\]](#) realizaron un meta-análisis de la prevalencia de la depresión en personas con LM, concluyendo que alrededor del 22% de los pacientes la sufren. Esto tiene como consecuencia una disminución en el deseo de rehabilitación y, por consiguiente, una exacerbación de los problemas físicos. Los factores físicos y psicológicos van a provocar una limitación en las actividades de la vida diaria y un descenso de la calidad de vida percibida por las personas con LM, viéndose así afectada en su totalidad la esfera bio-psico-social. [\[40\]](#)

Por tanto, resulta fundamental para la rehabilitación de personas con una lesión medular estudiar el impacto que las ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha puedan tener en la clínica y prevención de dichas patologías, y por ende, en la vida diaria de los pacientes.

3.2. Pregunta de investigación

Pregunta de investigación: ¿Qué tipos de ayudas técnicas existen para lograr la bipedestación y la marcha en pacientes con una lesión medular y qué beneficios físicos y psicológicos aportan?

3.3. Objetivo general

- Evidenciar mediante la bibliografía existente los beneficios físicos y psicológicos que aportan las diferentes ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha en pacientes con una lesión medular.

3.4. Objetivos específicos

- Señalar las manifestaciones clínicas que pueda presentar una persona con lesión medular y que puedan verse mejoradas con el uso de ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha.
- Revisar la literatura disponible sobre las ayudas técnicas en personas con una lesión medular y sus beneficios respecto a técnicas convencionales.
- Comparar los tipos de ayudas técnicas para objetivar las que disponen de mejores resultados.
- Encontrar limitaciones que puedan tener el uso de las ayudas técnicas y los avances tecnológicos en el tratamiento de los pacientes con una lesión medular.

4. Material y métodos

4.1. Estrategias de búsqueda

Para la realización de esta revisión bibliográfica se ha llevado a cabo una búsqueda entre las fechas 16 de marzo y 1 de abril de 2024 en las bases de datos PubMed, Web of Science y PEDro de los siguientes términos MeSH: *spinal cord injury*, *gait*, *ambulation*, *standing position* y *standing*; unidos por los operadores booleanos AND y OR. Los filtros utilizados en esta búsqueda son: que fueran artículos publicados en los últimos 5 años (2020 a 2024), disponibles en español o inglés y únicamente aquellos estudios de tipo ensayo clínico controlado aleatorizado.

Las combinaciones de búsqueda que se han seguido en las distintas bases de datos son:

- **PubMed** → se realizaron 4 búsquedas con el operador booleano AND: (*spinal cord injury*) AND (*gait*), (*spinal cord injury*) AND (*ambulation*), (*spinal cord injury*) AND (*standing position*), (*spinal cord injury*) AND (*standing*). Estas 4 búsquedas se combinaron entre sí con el operador booleano OR, siendo la búsqueda final: (((*spinal cord injury*) AND (*gait*)) OR ((*spinal cord injury*) AND (*ambulation*))) OR ((*spinal cord injury*) AND (*standing position*))) OR ((*spinal cord injury*) AND (*standing*)), cuyo resultado son un total de 5.163 artículos. Aplicando los filtros *english*, *spanish*, *clinical trial*, *randomized controlled trial* y artículos publicados entre los años 2020-2024, el resultado final en PUBmed fue de **63 artículos**.
- **Web of Science** → el procedimiento de búsqueda fue el mismo que en PubMed. Se realizaron 4 búsquedas (*spinal cord injury*) AND (*gait*), (*spinal cord injury*) AND (*ambulation*), (*spinal cord injury*) AND (*standing position*), (*spinal cord injury*) AND (*standing*) y se unieron todos los resultados entre sí con el operador booleano OR. El número de artículos resultantes fue de 6.901, que tras la aplicación de los filtros *english*, *clinical trial* y publicados desde 2020, se redujeron a **61 artículos** finales.

- **PEDro** → se realizaron de forma individual las 4 búsquedas:
 - (*spinal cord injury*) AND (*gait*): 67 artículos
 - (*spinal cord injury*) AND (*ambulation*): 17 artículos
 - (*spinal cord injury*) AND (*standing position*): 1 artículo
 - (*spinal cord injury*) AND (*standing*): 24 artículos

Aplicando los filtros de artículos publicados desde 2020 y *clinical trial*, el resultante final hallado en PEDro fue de **19 artículos**.

En total, la suma de artículos preseleccionados tras la búsqueda y la aplicación de los filtros fue de 143. Se procedió a eliminar los artículos duplicados (n = 56), de tal forma que la muestra sobre la que se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión fue de 87 artículos. Tras la lectura del título y resumen, 67 artículos no cumplieron dichos criterios. Los 20 artículos restantes fueron evaluados a texto completo, siendo excluidos 7 de ellos por obtener 4 puntos o menos en la escala PEDro, por lo que la muestra final de estudios sobre los que se realizó la revisión fue de **13 artículos**.

4.2. Criterios de selección

Los criterios utilizados para la inclusión de los artículos fueron:

- Artículos publicados en los últimos 5 años (desde 2020 hasta 2024)
- Sólo aquellos estudios de tipo ensayo clínico controlado aleatorizado.
- Disponibles en idiomas español o inglés.
- Los participantes del estudio deben ser mayores de 18 años.
- Utilización de ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha en pacientes con lesión medular y estudio de sus posibles beneficios.

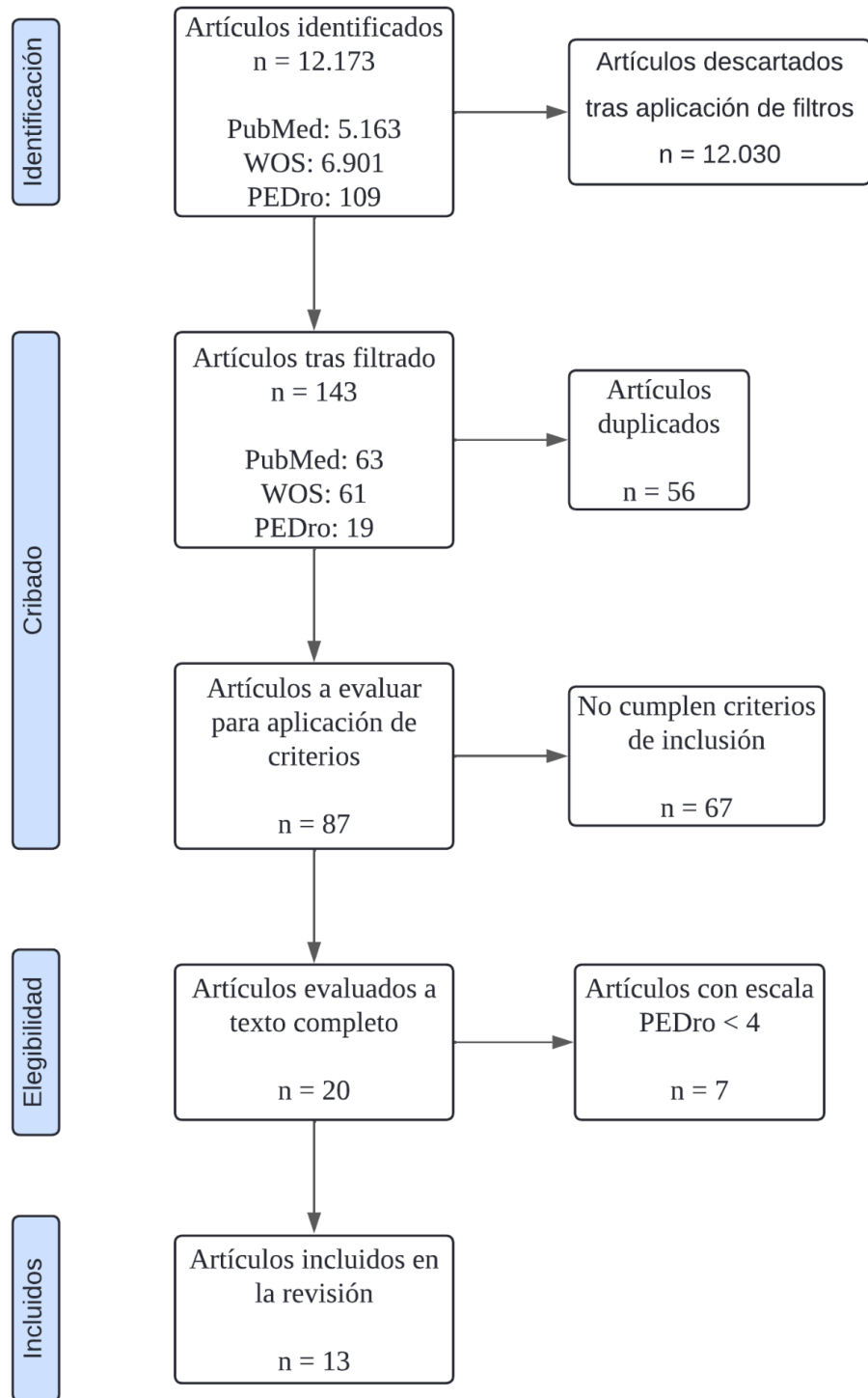
Los criterios aplicados para excluir aquellos artículos que no correspondieran a esta revisión fueron:

- Los parámetros o patologías estudiadas no se corresponden con el contenido de esta revisión.
- Publicación anterior al año 2020.
- Revisiones sistemáticas, protocolos de realización de ensayos clínicos, ensayos clínicos no controlados o ensayos no aleatorizados.
- No disponibles en español o inglés.
- Artículos que se encontraran duplicados en las diferentes bases de datos.
- Ensayos con tamaños muestrales muy reducidos (muestra total inferior a 10 pacientes).
- Intervenciones quirúrgicas o utilización de fármacos como medida principal de tratamiento, sin utilización de ayudas técnicas.
- Sujetos a estudio menores de 18 años.
- Puntuación en la escala de evaluación metodológica (escala PEDro) igual o menor a 4.

4.3. Selección de artículos

La selección de artículos sobre los que se realiza la revisión ha sido resumida en el siguiente diagrama de flujo. [\[Figura 4\]](#)

Figura 4 - Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica



Fuente: elaboración propia

4.4. Medidas de evaluación de calidad metodológica

Para evaluar la calidad de los procesos metodológicos de los artículos seleccionados se ha utilizado la escala PEDro [\[Tabla 4\]](#), que califica los ensayos clínicos según 11 criterios con una puntuación de entre 0 y 10 (el criterio 1 no se utiliza para el cálculo de la puntuación total). Esta escala mide el nivel de validez externa e interna y la cantidad de información estadística presente en los estudios suficiente para realizar una interpretación de los resultados. [\[Anexo 2\]](#)

En esta revisión se han incluido únicamente aquellos ensayos clínicos aleatorizados controlados que obtuvieron una puntuación en la escala PEDro mayor de 4 puntos, dando como resultado que la muestra de artículos incluidos tenga una calidad metodológica media-alta.

Tabla 4 - Evaluación Escala PEDro

Escala PEDro	Feng et al. (2023) [41]	Rodríguez-Fernández et al. (2022) [42]	Kasch et al. (2022) [43]	Çinar et al. (2021) [44]	Hu et al. (2024) [45]	Park et al. (2023) [46]	Krogh et al. (2022) [47]
1. Criterios de elección especificados	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí
2. Asignación aleatoria a los grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3. Asignación oculta	Sí	No	No	No	No	Sí	No
4. Grupos similares al inicio	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5. Sujetos cegados	Sí	No	No	No	No	No	No
6. Terapeutas cegados	No	No	No	No	No	No	No
7. Evaluadores cegados	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí
8. Seguimiento adecuado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
9. Intención de tratamiento	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
10. Comparación entre grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
11. Estimaciones puntuales y de variabilidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PUNTUACIÓN TOTAL	9/10	6/10	6/10	6/10	5/10	7/10	7/10

Escala PEDro	Xiang et al. (2023) [48]	Gil-Agudo et al. (2023) [49]	Chen et al. (2020) [50]	Evans et al. (2021) [51]	Shackleton et al. (2022) [52]	Simis et al. (2021) [53]
1. Criterios de elección especificados	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
2. Asignación aleatoria a los grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3. Asignación oculta	No	No	No	No	No	Sí
4. Grupos similares al inicio	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5. Sujetos cegados	No	No	No	No	No	Sí
6. Terapeutas cegados	No	No	No	No	No	No
7. Evaluadores cegados	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
8. Seguimiento adecuado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
9. Intención de tratamiento	Sí	Sí	No	No	No	Sí
10. Comparación entre grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
11. Estimaciones puntuales y de variabilidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PUNTUACIÓN TOTAL	7/10	7/10	6/10	5/10	5/10	9/10

Fuente: elaboración propia

5. Resultados

En la siguiente tabla [\[Tabla 5\]](#) se muestran las distintas características de los estudios revisados, siendo todos ellos ensayos clínicos aleatorizados controlados, de forma esquemática: tamaño de la muestra final que completó el tratamiento, programa de intervención y duración de cada sesión, mediciones realizadas para estudiar los diferentes parámetros y resultados de dichas mediciones.

5.1. Características de los estudios

Tabla 5 - Características de los estudios

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Feng X et al. (2023) [41]	N = 38 GE: 19 GC: 19	<p>Ambos: 40 min de rehabilitación motora, 40 min electroacupuntura, 40 min de terapia con retroalimentación (biofeedback) y 30 min de entrenamiento de la marcha asistido con robot</p> <p>GE: 6 min 40 seg de electro-estimulación magnética transcraneal tipo theta-burst intermitente</p> <p>GC: simulación de electro-estimulación magnética transcraneal</p>	5 sesiones por semana 9 semanas 45 sesiones totales	<p>Activación muscular: LEMS y EMG</p> <p>Marcha: velocidad de marcha, longitud del paso</p> <p>Asistencia de la marcha e independencia funcional: HWAS y MBI</p>	<p>Activación muscular: el balance motor y la activación del cuádriceps femoral medida mediante electromiografía mejoraron significativamente en ambos grupos tras la intervención, siendo mayor la puntuación del GE.</p> <p>Marcha: tras la intervención, la marcha mejoró con pasos más largos y a más velocidad en ambos grupos.</p> <p>Asistencia e independencia funcional: en ambos grupos se evidenció disminución en la asistencia necesaria para la marcha y mejoría en las actividades de la vida diaria.</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Rodríguez-Fernández A et al. (2022) [42]	N = 10 GE: 5 GC: 5	GE: 90 min de entrenamiento de marcha con exoesqueleto (ABLE) GC: 90 min de entrenamiento de marcha con ortesis (KAFO)	2 sesiones por semana 5 semanas 10 sesiones totales (8 sesiones de entrenamiento y 2 de evaluación)	Coste metabólico: consumo máximo de oxígeno y MCoT Cinemática de la marcha: TUG, 6 mWT y 10 mWT. Satisfacción del paciente: QUEST 2.0 y PIADS	Coste metabólico: el %VO2 máximo y el MCoT indican que ambos grupos caminan en un nivel de intensidad alto, sin diferencia significativa entre ellos. Cinemática de la marcha: no se encontraron diferencias significativas en los resultados de los tests TUG, 6mWT y 10mWT, pero sí se evidenció que el GE presenta mejoras en las variables espacio-temporales y en el análisis detallado de la cinemática de la marcha. Satisfacción del paciente: ambos grupos tuvieron una mejora en el impacto psicosocial y en la satisfacción del paciente, siendo el GE el que más seguridad y comodidad refirió.

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Kasch H et al. (2022) [43]	N = 18 GE: 9 GC: 9	<p>GE: 20-30 min de neuroestimulación mediante neuroprótesis implantada por laparoscopia en los nervios femoral y ciático</p> <p>GC: 20-30 min de neuroestimulación transcutánea de músculos cuádriceps femoral y glúteos</p>	<p>GE: una sesión al día</p> <p>GC: 2-3 sesiones a la semana</p> <p>1 año en total</p>	<p>Dependencia de la marcha: WISCI-II</p> <p>Impresión de cambio y evolución dolor: PGIC y BPI</p> <p>Frecuencia espasmos y severidad espasticidad: PSFS y NRS-11</p> <p>Independencia funcional y calidad de vida: SCIM-III y QoL-BDS</p>	<p>Dependencia de la marcha: variación de 1 punto en la escala WISCI-II en el GE, sin cambios en el GC.</p> <p>Impresión de cambio y evolución del dolor: no hubo cambios significativos.</p> <p>Frecuencia de espasmos y severidad de la espasticidad: no hubo cambios significativos.</p> <p>Independencia y calidad de vida: no hubo cambios significativos.</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Çinar Ç et al. (2021) [44]	N = 37 GE: 17 GC: 20	GE: terapia convencional y entrenamiento de la marcha asistida con robot (Lokomat) GC: terapia convencional	5 sesiones por semana 8 semanas 40 sesiones en total	Dependencia de la marcha: WISCI-II Independencia funcional: FIM Calidad de vida: SF-36	Dependencia de la marcha e independencia funcional: no se evidenció diferencia significativa entre ambos grupos, pero sí una mejora significativa respecto a las mediciones previas de los dos parámetros, tanto en el GE como en el GC. Calidad de vida: únicamente el subapartado <i>Actividad física</i> del SF-36 mostró mejora significativa respecto a las mediciones previas. El resto de apartados no mostró mejora significativa, ni tras la intervención ni entre los grupos.

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Hu X et al. (2024) [45]	N = 16 GE: 8 GC: 8	GE: rehabilitación convencional y 40-50 min de entrenamiento de la marcha asistido con exoesqueleto GC: rehabilitación convencional	5 sesiones por semana 8 semanas 40 sesiones en total	Calidad de vida: WHOQOL-BREF Independencia funcional: SCIM-III	Calidad de vida: no hay mejora significativa tras las intervención en ninguno de los dos grupos, sin diferencia significativa entre ellos. Independencia funcional: los resultados del GE no sufrieron cambios significativos, mientras que el GC mejoró significativamente tras la intervención en todos los parámetros del test. La diferencia entre ambos grupos fue significativa en el sub-apartado de movilidad.

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Park CS et al. (2023) [46]	N = 11 GE: 6 GC: 5	<p>Ambos: rehabilitación física que incluye entrenamiento de la marcha y el equilibrio, y electroestimulación de las extremidades inferiores</p> <p>GE: 30 min de marcha con andador con retroalimentación del peso soportado</p> <p>GC: 30 min de marcha con andador convencional</p>	<p>Rehabilitación convencional: 5 sesiones semana</p> <p>Marcha con andador: 3 sesiones semana</p> <p>4 semanas 40 sesiones totales</p>	<p>Dependencia del andador: peso ejercido sobre el andador (kg)</p> <p>Activación muscular: EMG</p> <p>Marcha: velocidad, cadencia y longitud de los pasos</p>	<p>Dependencia del andador: ambos grupos mostraron una disminución significativa en el peso ejercido sobre el andador, siendo más notable en el GE.</p> <p>Activación muscular: el GE aumentó significativamente la activación de los músculos estudiados respecto al inicio y respecto al GC, que solo mostró un aumento considerable en la activación del gastrocnemio medial izquierdo.</p> <p>Marcha: ambos grupos aumentaron significativamente en la velocidad de la marcha y en la longitud del paso derecho respecto al inicio del estudio, siendo mayor en el GE que en el GC. La cadencia de la marcha, la longitud del paso izquierdo y la simetría del paso no sufrieron cambios estadísticos significativos.</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Krogh S et al. (2021) [47]	N = 19 GE: 10 GC: 9	<p>Ambos: 60 min de fortalecimiento muscular y terapia convencional</p> <p>GE: 22 min de estimulación magnética transcraneal</p> <p>GC: simulación de estimulación magnética transcraneal</p>	<p>Fortalecimiento muscular: 2 sesiones por semana</p> <p>Rehabilitación convencional: 3 sesiones por semana</p> <p>Estimulación magnética transcraneal: 5 sesiones por semana</p> <p>4 semanas en total</p>	<p>Contracción muscular: contracción máxima recogida por dinamómetro</p> <p>Balance muscular: LEMS</p> <p>Marcha: TUG, 6mWT y 10mWT</p>	<p>Contracción muscular: la diferencia de contracción fue mayor en el GE respecto al GC, sin presentar mejora significativa en ninguno de los dos respecto a las mediciones iniciales.</p> <p>Balance muscular: el GE presentó resultados de mejora significativa, tanto en comparación con el GC como en comparación con los resultados previos.</p> <p>Marcha: ambos grupos redujeron significativamente el tiempo de realización del 10mWT, sin diferencias entre ellos. Aunque mejoraron los resultados previos, no se encontraron diferencias significativas respecto a los datos previos ni entre los grupos para TUG y 6mWT.</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Xiang XN et al. (2023) [48]	N = 38 GE: 19 GC: 19	<p>Ambos: 50-60 min de entrenamiento físico + terapia ocupacional, bicicleta para miembros superiores y terapia con biofeedback</p> <p>GE: ejercicios con exoesqueleto como sedestación-bipedestación, marcha o escaleras</p> <p>GC: rehabilitación convencional</p>	<p>Entrenamiento físico: 4 sesiones por semana</p> <p>Terapia ocupacional, bicicleta miembros superiores y biofeedback: 5 sesiones por semana</p> <p>Marcha con exoesqueleto y rehabilitación convencional: 4 sesiones por semana</p> <p>4 semanas 16 sesiones en total</p>	<p>Función pulmonar: FVC, % predictivo FVC, FEV₁, FEF_{25, 50, 75}, PEF y MVV.</p> <p>Función motora y espasticidad: TCT, LEMS y escala Ashworth modificada.</p> <p>Estructuras corporales: grosor del cartílago de la rodilla y densidad ósea de la cadera</p> <p>Independencia funcional: MBI</p> <p>Marcha y nivel de esfuerzo: 6mWT, 10mWT, frecuencia cardíaca y escala de Borg</p>	<p>Función pulmonar: FVC, %FVC y FEV₁ mejoraron significativamente en el GE respecto al GC. En comparación a las mediciones iniciales, el GE presentó mejoras significativas en todos los parámetros, mientras que el GC en ninguno de ellos.</p> <p>Función motora: TCT mejoró significativamente en ambos grupos, sin diferencias entre ellos. El GC mostró mejora significativa en el LEMS, no así el GE, sin diferencias significativas entre ellos. Para la escala de Ashworth modificada se puede decir que ambos grupos presentaron valores equivalentes, sin reportar mejora alguna.</p> <p>Estructuras corporales: el grosor del cartílago mejoró significativamente en el GE tras el tratamiento y en comparación con el GC. Ninguno de los dos grupos mostró mejoras significativas en la</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
					<p>densidad ósea, aunque la diferencia del GE con el GC fue significativa.</p> <p>Independencia funcional: ambos grupos mejoraron notablemente el MBI, especialmente el GE.</p> <p>Marcha y nivel de esfuerzo: durante las pruebas de marcha los participantes alcanzaron un nivel de intensidad moderado. Existen correlaciones significativas entre el %FVC predictivo y la escala de Borg con la distancia recorrida, sin poder relacionar el resto de parámetros entre sí.</p>

<p>Gil-Agudo Á et al. (2023) [49]</p>	<p>N = 21 GE: 11 GC: 10</p>	<p>GE: 30 min de marcha asistida con exoesqueleto GC: 30 min de rehabilitación convencional</p>	<p>3 sesiones por semana 5 semanas 15 sesiones en total</p>	<p>Seguridad y dolor: control de posibles úlceras y escala EVA</p> <p>Nivel motor: LEMS</p> <p>Marcha: 6mWT, 10mWT, TUG y WISCI-II</p> <p>Independencia funcional: SCIM-III</p>	<p>Seguridad y dolor: no hubo caídas y únicamente 2 pacientes presentaron eritema en la cresta tibial. La media de la escala EVA para dolor fue de 1,8 cm y de 3,8 cm para la fatiga.</p> <p>Nivel motor: mejora significativa en ambos grupos respecto a las mediciones iniciales, sin diferencias significativas entre ellos.</p> <p>Marcha: 6mWT, 10mWT y TUG mostraron mejoras significativas tras la intervención, sin diferencia significativa entre los grupos. En cambio, el GE mostró una mejora significativa en el WISCI-II respecto al tiempo y al GC, que no reportó apenas cambios estadísticos.</p> <p>Independencia funcional: tanto el GE como el GC obtuvieron resultados significativamente mejores en el SCIM-III, sin diferencias significativas entre ellos.</p>
---	-------------------------------------	--	---	---	--

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Chen J et al. (2020) [50]	N = 24 GE: 12 GC: 12	<p>Ambos: rehabilitación convencional</p> <p>GE: 1h de entrenamiento de bipedestación en un bipedestador móvil inteligente</p> <p>GC: 1h de entrenamiento de bipedestación en un bipedestador convencional</p>	2 sesiones al día 5 sesiones por semana 4 semanas 40 sesiones en total	<p>Circunferencia muslo: 10 cm por encima de la rótula, medida en cm</p> <p>Densidad ósea del cuello femoral: expresada en los valores T y Z</p>	<p>Circunferencia muslo: el GE mostró ligero incremento, mientras que en el GC disminuyó la circunferencia, por lo que la diferencia entre ambos grupos fue significativa para ambas extremidades.</p> <p>Densidad ósea cuello femoral: los valores tras la intervención disminuyeron en ambos grupos, siendo significativamente mayor en el GC que en el GE.</p>
Evans RW et al. (2021) [51]	N = 16 GE: 8 GC: 8	<p>GE: 1h de marcha asistida con exoesqueleto</p> <p>GC: 1h de programa de rehabilitación convencional</p>	3 sesiones por semana 24 semanas 72 sesiones en total	<p>Presión sanguínea braquial y pedia e índice tobillo-brazo (ABPI)</p>	<p>Presión sanguínea: no se encontraron diferencias significativas tras la intervención ni entre los dos grupos. Sin embargo, el tamaño del efecto estimado sugiere diferencias en el ABPI entre el GC y el GE, siendo menor en este último.</p> <p>FC: en decúbito supino, no hay cambios significativos tras la intervención, sin embargo el</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
				<p>Frecuencia cardíaca (FC) y Variabilidad de FC (VFC): medidas en decúbito supino, bipedestación, en el 6mAT (y en el 6mWT sólo GE).</p> <p>Eficiencia cardiovascular: THBI</p>	<p>tamaño del efecto sugiere diferencias significativas entre el GE y el GC. En bipedestación, la FC es significativamente mayor en el GC que en el GE. No se observaron diferencias en el 6mAT entre los grupos ni tras el tratamiento. La utilización de una u otra postura interfiere significativamente en la FC de ambos grupos.</p> <p>VFC: no hubo diferencia significativa tras la intervención ni entre los grupos. El tamaño del efecto estimado indica un aumento significativo en el GE en bipedestación y en el 6mAT respecto a las mediciones iniciales y una diferencia respecto al GC en decúbito supino.</p> <p>Eficiencia cardiovascular: no se hallaron diferencias significativas tras la intervención ni entre los grupos en el 6mAT. Sin embargo, el THBI mostró mejora significativa en el 6mWT en el GE tras el tratamiento con exoesqueleto.</p>

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Shackleton C et al. (2022) [52]	N = 16 GE: 8 GC: 8	GE: 1h de marcha asistida con exoesqueleto GC: 1h de programa de rehabilitación convencional	3 sesiones por semana 24 semanas 72 sesiones en total	Densidad Mineral Ósea (DMO) Composición grasa	DMO: no hubo cambios significativos en la DMO de la columna vertebral entre los grupos ni tras las 24 semanas. Sin embargo, la DMO de la cadera y cuello femoral disminuyeron significativamente en el GC tras la intervención, sin presentar cambios significativos en el GE. Composición grasa: ambos grupos aumentaron significativamente en la masa de tejido magro del miembro superior tras las 24 semanas, sin aparecer cambio significativo en la masa magra de miembros inferiores. El GC también presentó un descenso significativo en el porcentaje de grasa visceral y de grasa ginecoide (pechos, caderas y muslos).

Artículo	Muestra final	Intervención en cada sesión	Duración intervención	Mediciones realizadas	Resultados
Simis M et al. (2021) [53]	N = 39 GE: 19 GC: 20	<p>Ambos: 30 min de entrenamiento de la marcha asistido con robot (Lokomat)</p> <p>GE: 20 min de electro-estimulación transcraneal directa continua</p> <p>GC: 20 min de simulación de electro-estimulación transcraneal</p>	<p>GE: 3 sesiones por semana (10 semanas)</p> <p>GC: 5 sesiones por semana (6 semanas)</p> <p>30 sesiones en total</p>	<p>Dependencia de la marcha: WISCI-II</p> <p>Marcha: 6mWT, 10mWT y TUG</p> <p>Independencia funcional: SCIM-III</p> <p>Espasticidad: escala Ashworth modificada</p> <p>Ansiedad y depresión: HAD</p>	<p>Dependencia de la marcha: la diferencia entre ambos grupos tras la intervención y 3 meses después es significativa, siendo mayor la mejora observada en el GE.</p> <p>Marcha, independencia funcional y ansiedad y depresión: todas las pruebas reflejaron una mejora significativa tras la intervención, sin diferencia significativa entre ambos grupos.</p> <p>Espasticidad: los resultados tras el tratamiento y 3 meses después no presentaron diferencias significativas respecto a la medición inicial.</p>

5.2. Descripción de los estudios

El primero de los artículos a revisar, **Feng X et al.** [\[41\]](#), estudió los efectos de la aplicación del protocolo Theta-Burst de electro-estimulación transcraneal en el balance muscular de las extremidades inferiores, en la marcha y en la independencia funcional de pacientes con lesión medular incompleta. Un total de 38 pacientes fueron divididos en 2 grupos: el GE recibió sesiones de estimulación magnética transcraneal con corrientes Theta-Burst intermitentes durante 6 minutos 40 segundos (3 minutos 20 segundos sobre cada lado de la corteza motora que corresponde al miembro inferior); y el GC recibiría una simulación de dicha corriente. A ambos grupos se les realizó un programa de rehabilitación convencional que incluía entrenamiento motor, electroacupuntura, electroterapia mediante retroalimentación (biofeedback) y marcha asistida con robot. Tras el análisis de los resultados, se observó que la puntuación en el balance muscular de las extremidades inferiores (LEMS) era significativamente superior después del tratamiento en ambos grupos respecto a las mediciones pre-tratamiento, observándose mejores resultados en el GE. Estos resultados, en los que se observa una mejoría clara tras la intervención en ambos grupos respecto a los datos recogidos pre-tratamiento y con mejores resultados en el GE que en el GC, se repiten para: la activación del cuádriceps femoral de ambos miembros inferiores recogida mediante electromiografía; la velocidad de marcha (marcha más rápida) y la longitud del paso (pasos más largos). Asimismo, la habilidad de la marcha medida por el test HWAS y la realización de actividades cotidianas medida por el Índice de Barthel Modificado (MBI) indican que ambos grupos mejoran en estos aspectos, especialmente el grupo en el que se aplicaban las corrientes Theta-Burst transcraneales.

Rodríguez-Fernández et al. [\[42\]](#) comparan en su estudio la utilización de la ortesis KAFO (*knee-ankle-foot-orthoses*) con el uso de un exoesqueleto para miembros inferiores con activación electrónica de la rodilla (ABLE) en el coste metabólico y la cinemática de la marcha, recogiendo también la satisfacción del paciente. Un total de 10 pacientes con una lesión medular completa motora se dividieron en dos grupos (grupo KAFO y grupo ABLE) para la realización de 8 sesiones de entrenamiento para la bipedestación y la marcha de 30 minutos de duración. Tras esta intervención, se realizaron los test TUG, 6mWT y 10mWT, en los que además de obtener sus propios resultados estándares, durante su ejecución se realizaron mediciones de la biomecánica de la marcha, mediante marcadores reflectantes, y del gasto metabólico. Los resultados de las pruebas estandarizadas no fueron estadísticamente significativos, ya que la velocidad de la marcha medida en el 10mWT, el tiempo necesario para realizar el TUG y la distancia recorrida en el 6mWT en ambos grupos no presentó diferencias significativas. Sin embargo, parámetros como la longitud del paso, la amplitud máxima de movimiento (ROM) de la rodilla, la circunducción del movimiento y el apoyo del peso y alineación del pie mejoraron significativamente en el grupo ABLE respecto al grupo KAFO. Se observó que la marcha con ambos dispositivos supone una intensidad física vigorosa para los pacientes reflejada en el porcentaje del consumo máximo de oxígeno (%VO₂), sin encontrar diferencias significativas para la intensidad y el coste metabólico (MCoT) entre ambos grupos. Los cuestionarios de impacto psicosocial y satisfacción del paciente reflejaron buena aceptación de los dispositivos en ambos grupos y una mayor seguridad y comodidad en la utilización del exoesqueleto ABLE, sin diferencias significativas entre ellos.

En el año 2022, **Kasch et al.** [\[43\]](#) publicaron un estudio en el que estudiaban si la implantación de una neuroprótesis por laparoscopia para electroestimular los nervios femoral y ciático reflejaba una mejora significativa respecto a la electroestimulación

transcutánea de los músculos cuádriceps femoral y glúteos. Para ello, una muestra de 37 pacientes realizaron un tratamiento domiciliario de un año de duración basado en 20-30 minutos diarios (en el caso del GC 2-3 veces a la semana) de electroestimulación buscando la extensión de rodilla y la activación glútea y animando a los pacientes a intentar la contracción activa durante ese tiempo. En caso de observar mejoría en el control motor, a partir de los 3 meses de tratamiento se permitió la bipedestación asistida en los pacientes del GE. Las mediciones se realizaron al inicio del estudio, a los 3 meses y al año de tratamiento, siendo utilizadas varias pruebas: WISCI-II para medir la dependencia de la marcha; SCIM-III para evaluar el grado de independencia, PGIC para medir la impresión de cambio del paciente; PSFS para medir de la frecuencia de los espasmos; NRS-11 para el grado de severidad de la espasticidad, QoL-BDS para la calidad de vida y BPI para conocer la evolución del dolor. Tras el análisis de los resultados no se encontró mejora significativa en ninguna de las mediciones realizadas, a excepción de un aumento de 1 punto en la escala WISCI-II en 5 de los 8 pacientes del GE.

En el estudio de **Çinar Ç et al.** [\[44\]](#) se evaluó si 37 pacientes, de los cuales 17 recibieron terapia convencional y entrenamiento de la marcha asistida con robot (GE) y 20 únicamente terapia convencional (GC), presentaban una mejoría en la dependencia de la marcha (WISCI-II), en el nivel de independencia funcional (FIM) y en la calidad de vida (SF-36). Para ello, se llevó a cabo en ambos grupos un programa de rehabilitación convencional realizado 5 veces a la semana durante 8 semanas, que incluía entrenamiento motor dentro del rango de movimiento, estiramientos, fortalecimiento muscular de miembros inferiores y superiores, y reeducación de la marcha. Además, el GE recibió sesiones de entrenamiento de marcha con el robot *Lokomat*, el cual proporciona suspensión del peso del paciente y motorización de los miembros inferiores para realizar la marcha sobre un tapiz rodante. La duración y frecuencia de estas

sesiones no se detalla en el artículo. Los resultados de las mediciones tras la intervención indican una mejora estadística en las pruebas WISCI-II y FIM para ambos grupos respecto a las puntuaciones iniciales, sin diferencias significativas entre ellos. De igual manera, los resultados del SF-36 no presentaron diferencias entre los dos grupos ni respecto a las mediciones previas al tratamiento, pero sí se observó una mejora significativa en la puntuación del apartado *Actividad física* de dicho test.

Hu X et al. [45] llevaron a cabo un estudio en pacientes con lesión medular completa en el cual llevan a cabo un entrenamiento asistido con exoesqueleto para comprobar sus efectos en la calidad de vida e independencia funcional. En un total de 40 sesiones divididas en 8 semanas, 16 pacientes llevaron a cabo el siguiente protocolo: 8 de ellos (GC) realizó rehabilitación convencional, la cual incluye ejercicio aeróbico y fortalecimiento muscular; y los 8 restantes (GE) realizaron rehabilitación convencional y 40-50 minutos adicionales de entrenamiento de la marcha asistida con exoesqueleto. Mediante las escalas WHOQOL-BREF y SCIM-III se midieron la calidad de vida y la independencia funcional (respectivamente) antes y después de la intervención. El análisis de los resultados mostró que, a pesar de mostrar una tendencia ascendente, no hubo mejora significativa en el WHOQOL-BREF tras las 8 semanas en ninguno de los dos grupos ni diferencia significativa entre ellos. En materia de la independencia funcional, el GE no reportó mejora significativa de los resultados iniciales tras la intervención, al contrario que el GC, que sí mostró una mejora significativa en todos los apartados del SCIM-III. La diferencia entre ambos grupos fue significativa en el apartado de *Movilidad*, sin diferencia significativa para los apartados *Auto-cuidado* y *Respiración y manejo de esfínteres*.

El estudio publicado por **Park CS et al.** [46] tiene como objetivo reducir la dependencia del andador en pacientes con lesión medular incompleta. Para ello dividió a los 11 participantes del estudio en un GE (n = 6), el cual realizó un entrenamiento de la marcha con un andador personalizado con retroalimentación (feedback) del peso cargado sobre él; y un GC (n = 5) que realizó entrenamiento de la marcha con un andador convencional, siendo un fisioterapeuta el encargado de proporcionar las órdenes verbales para reducir el peso cargado sobre dicho andador. La duración del entrenamiento de la marcha con andador era de 30 minutos por sesión, 3 veces por semana. Ambos grupos completaron un programa de rehabilitación física convencional, en el que además se incluía reeducación de la marcha y equilibrio, y electroestimulación de los miembros inferiores para mejorar la activación muscular. Este tratamiento convencional se aplicaba 5 veces por semana, siendo la duración total del estudio de 4 semanas. El principal parámetro a estudiar tras ese período fue el peso ejercido sobre el andador, y por tanto la dependencia del mismo. Se encontró que tanto el GE como el GC disminuían significativamente la dependencia del andador respecto a las mediciones previas, siendo estadísticamente menor la dependencia en el GE. También se analizó la activación muscular mediante los valores de la electromiografía de recto femoral, bíceps femoral y gastrocnemio medial de ambos miembros inferiores, encontrando que la activación muscular del GE era significativamente mayor respecto a las mediciones iniciales en todos los músculos y respecto al GC, que únicamente presentaba mejora significativa en la activación del gastrocnemio medial de la extremidad izquierda. El último parámetro que se estudió fue la calidad de la marcha. Tanto el GE como el GC mejoraron significativamente en la velocidad de la marcha y en la longitud del paso derecho, obteniendo mejores resultados el GE. La longitud del paso izquierdo, la cadencia de la marcha y la simetría de la longitud del paso no sufrieron variaciones significativas.

Krogh S et al. [\[47\]](#) llevaron a cabo un estudio para comprobar si la estimulación magnética transcraneal en sujetos con lesión medular incompleta resultaba en una mejora del balance muscular de las extremidades inferiores y en la marcha. Se ideó un programa de 60 minutos que incluía ejercicios de fortalecimiento muscular (2 veces a la semana) y rehabilitación convencional (3 veces a la semana), que engloba ejercicios de movilidad y equilibrio, marcha con soporte de peso sobre tapiz rodante o electroestimulación entre otros. Los 19 pacientes de la muestra final se dividieron en un GE, que realizó sesiones de estimulación magnética transcraneal intermitente en la corteza motora correspondiente a las extremidades inferiores durante 22 minutos aproximadamente, 5 veces por semana; y un GC que realizaría una simulación de dicha estimulación. La duración total de la intervención fue de 4 semanas. El análisis de los resultados tomados antes y después del tratamiento reveló que la diferencia de contracción muscular en la flexo/extensión de rodilla, medida por un dinamómetro, no era significativa para ninguno de los dos grupos ni entre ellos, aunque sí se recogió una mejora evidente en el GE. En cambio, el balance muscular de las extremidades inferiores (LEMS) fue significativamente mayor en el GE tras la intervención y en comparación con el GC, que no obtuvo mejores resultados. Las pruebas llevadas a cabo para evaluar la marcha (TUG, 6mWT y 10mWT) resultaron en una reducción significativa del 10mWT para ambos grupos, sin diferencias entre ellos. A pesar de obtener mejores resultados tras la intervención, los cambios en las pruebas TUG y 6mWT no fueron significativos entre los grupos ni en relación a las mediciones iniciales.

Los autores **Xiang XN et al.** [\[48\]](#) comprobaron los efectos de un entrenamiento de marcha con el exoesqueleto AIDER en la función respiratoria, el nivel motor, la independencia funcional, la densidad ósea y el grosor del cartílago en pacientes con lesión medular, comparándolo con un programa de rehabilitación convencional (fortalecimiento muscular, equilibrio, flexibilidad y entrenamiento de la marcha). El número

total de participantes fue de 38 (19 en cada grupo), los cuales realizaron 16 sesiones de la intervención principal, junto con sesiones para ambos grupos de entrenamiento físico habitual, terapia ocupacional, bicicleta de miembros superiores o sesiones de biofeedback. El estudio y análisis de los parámetros obtenidos al inicio y al final de la intervención indicó que:

- Todas las mediciones respiratorias (FVC, % predictivo FVC, FEV₁, FEF₂₅,₅₀,₇₅, PEF y MVV) mejoraron en el GE con respecto a las mediciones iniciales. Las diferencias a favor del GE en comparación con el GC fueron significativas en FVC, %FVC y FEV₁. El GC no evidenció mejora significativa en ningún parámetro.
- Las pruebas de nivel motor de los pacientes indicaron que ambos grupos mejoraron el control de tronco (TCT), sin diferencias significativas entre ambos. La puntuación del balance muscular medido por la prueba LEMS evidenció mejora significativa únicamente en el GC, sin diferencias entre ambos grupos. El grado de espasticidad medido por la escala Ashworth modificada no tuvo variaciones significativas para ninguno de los dos grupos.
- El grosor del cartílago femoral distal medido por ecografía mostró una mejora significativa en el GE tras la intervención y en comparación con el GC. En cambio, la densidad ósea medida en el triángulo de Ward (cabeza femoral) no mostró cambios significativos en ninguno de los grupos tras el tratamiento ni entre ellos.
- La independencia funcional medida por el MBI aumentó significativamente en ambos grupos, siendo estadísticamente mayor en el GE.

- Tras la realización de las pruebas 6mWT y 10mWT, la frecuencia cardíaca y la escala de esfuerzo de Borg mostraron que los participantes trabajaron en una intensidad moderada. La distancia recorrida en el 6mWT por el GE mostró una correlación significativa con los parámetros de porcentaje predictivo FVC (%FVC predicted) y el nivel de esfuerzo percibido.

Gil-Agudo Á et al. [49] llevaron a cabo en España un ensayo aleatorizado controlado con el objetivo de comprobar el efecto de la marcha asistida con exoesqueleto sobre el nivel motor de los miembros inferiores, la marcha y la independencia funcional. Tras un proceso de selección, una muestra final de 21 sujetos con lesión medular incompleta se dividieron en un GE, que realizó sesiones de marcha asistida con el exoesqueleto HANK de 30 minutos de duración; y en un GC que siguió un programa de rehabilitación convencional de 30 minutos que incluía movilizaciones, fortalecimiento muscular de los miembros inferiores y reeducación de la marcha. Además de estas 2 opciones de tratamiento, los participantes de ambos grupos siguieron con sus programas de rehabilitación y su medicación habitual. Esta intervención se programó con 3 sesiones a la semana durante un total de 5 semanas. Las mediciones realizadas antes y después de la intervención fueron: la puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS), los test de marcha 6mWT, 10mWT, TUG y WISCI-II, y el test de independencia funcional SCIM-III. Además de estas pruebas, en cada sesión se inspeccionaba la piel del paciente (para evitar la aparición de úlceras por presión) y se realizaba una EVA para medir el dolor y la fatiga. Tras las 15 sesiones, únicamente 2 pacientes presentaron un eritema en la zona tibial que desapareció al día siguiente y la media de la EVA fue de 1,8 cm para la medición del dolor y 3,8 cm para la fatiga. Los resultados del LEMS reflejaron mejora significativa en ambos grupos respecto a sus mediciones iniciales, sin diferencia significativa entre ellos. Los test de la marcha 6mWT, 10mWT y TUG presentaron datos estadísticamente significativos en los dos grupos, sin diferencia significativa entre ellos.

Sin embargo, el GC no obtuvo mejora significativa en el WISCI-II, a diferencia del GE en el que la mejora fue evidente. El test de independencia funcional SCIM-III mejoró sus resultados tanto en el GE como en el GC, sin diferencias significativas entre ellos.

En 2020, **Chen J et al.** [\[50\]](#) publicaron un estudio en el que comparaban los efectos de utilizar un bipedestador móvil inteligente (robótico) en la fisiología de las extremidades inferiores, comparándolo con el uso de un bipedestador convencional. Para ello, 24 pacientes fueron divididos en dos grupos: el GE, el cual se sometió en cada sesión a 30 minutos de ejercicios de paso de sedestación a bipedestación y 30 minutos de bipedestación mantenida; y el GC, cuyas sesiones correspondían a 1 hora de bipedestación mantenida. Ambos grupos recibieron un programa de rehabilitación convencional que incluía control del dolor y la espasticidad, fortalecimiento muscular, entrenamiento de transferencias y prevención de complicaciones secundarias. Este programa de tratamiento fue aplicado 2 veces al día, 5 días a la semana durante 4 semanas. Para comprobar los resultados, se realizaron dos mediciones antes y después de la intervención: la circunferencia del muslo (expresada en cm) medida 10 cm por encima de la rótula y la densidad mineral ósea (DMO) del cuello del fémur, expresada en los valores T y Z. El valor T compara la DMO del paciente contra la DMO máxima de un paciente de la misma edad y sexo. El valor Z mide la diferencia de DMO del paciente con la DMO media de una persona de la misma edad, sexo y raza. Tras el análisis de los resultados, la circunferencia del muslo de ambas extremidades inferiores mostró un leve incremento en el GE y una disminución en el GC, evidenciando una diferencia significativa entre ambos grupos. En cambio, los valores T y Z de la DMO disminuyeron en ambos grupos, siendo significativa la diferencia entre los dos grupos ya que en el GC lo hizo más notablemente que en el GE.

Evans RW et al. [51] publican un estudio basado en los efectos cardiovasculares de un entrenamiento de la marcha con exoesqueleto de 24 semanas de duración en pacientes con lesión medular incompleta. Una muestra final de 16 participantes llevaron a cabo dos programas de entrenamiento distintos: el GE recibió sesiones de 1 hora de entrenamiento de la marcha asistido con exoesqueleto y el GC realizó un entrenamiento convencional de 1 hora de duración de resistencia muscular, capacidad cardiovascular, flexibilidad y marcha. Este programa se aplicó 3 días a la semana durante 24 semanas. Las mediciones se realizaron en 4 situaciones: en decúbito supino, en bipedestación, tras el 6mAT y, únicamente en el GE, tras el 6mWT. Tras el análisis de los resultados se comprobó que:

- La presión sanguínea braquial y pedia no sufrieron cambios significativos tras la intervención ni entre los grupos. Sin embargo, el tamaño de efecto estimado del índice tobillo-brazo (ABPI) sugiere diferencia significativa entre los dos grupos, siendo menor en el GE.
- La frecuencia cardíaca (FC) reflejó cambios significativos según el momento de medición. En decúbito supino, el tamaño de efecto estimado sugiere que el GE presenta menor FC tras la intervención que el GC. En bipedestación, la FC tras las 24 semanas fue significativamente mayor en el GC que en el GE. Tras realizar el 6mAT, no se encontraron diferencias significativas ni de tamaño de efecto al finalizar el tratamiento ni entre los grupos. Las diferentes posiciones en las que se mida la FC tiene una variación significativa en la FC entre los grupos y tras la intervención.
- La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) no muestra diferencias significativas en ninguna de las situaciones medidas. Por otra parte, el tamaño de efecto estimado sugiere que el GE tiene mayor VFC en decúbito supino que el GC, y mayor VFC tras las 24 semanas en bipedestación y tras el 6mAT.

- Eficiencia cardiovascular (THBI): no se hallaron diferencias significativas tras la intervención ni entre los grupos en el 6mAT. Sin embargo, el THBI del GE mostró mejora significativa en el 6mWT tras el tratamiento con exoesqueleto.

A modo de continuación del artículo anterior, los mismos autores (**Shackleton C et al. [52]**) utilizaron dicha intervención para publicar un año después un estudio midiendo la composición ósea y grasa mediante absorciometría de rayos X de energía dual. La muestra (N = 18, GE:9 y GC:9) y la intervención son las mismas que en **Evans RW et al. [51]**, difiriendo únicamente en sus mediciones. Los autores buscan comprobar el efecto en la densidad mineral ósea y composición grasa de la marcha asistida con exoesqueleto en pacientes con lesión medular incompleta tras 24 semanas de intervención, comparándolo con un programa de rehabilitación convencional (GC). Tras realizar una densitometría (o absorciometría) de rayos X de energía dual antes y después del tratamiento, se obtuvieron los siguientes resultados:

- No hubo cambios significativos en la Densidad Mineral Ósea (DMO) de la columna vertebral entre los grupos ni tras las 24 semanas. Sin embargo, la DMO de la cadera y cuello femoral disminuyeron significativamente en el GC tras la intervención (un 3% y un 5% respectivamente). El GE no presentó cambios en la DMO tras las 24 semanas en ninguna de las localizaciones anatómicas medidas.
- Composición grasa: ambos grupos aumentaron significativamente (un 7%) la masa de tejido magro (no graso) del miembro superior tras las 24 semanas, sin aparecer cambio significativo en la masa magra de los miembros inferiores. El GC también presentó un descenso significativo en el porcentaje de grasa visceral (15%) y de la grasa ginecoide (13%), que es aquella situada en caderas, glúteos y muslos.

En el último de los artículos a revisar, **Simis M et al.** [\[53\]](#) siguieron un protocolo de tratamiento con el objetivo de estudiar los efectos de la estimulación transcraneal directa con corriente continua en pacientes con lesión medular incompleta. Una muestra final de 39 pacientes fueron divididos en un GE (n = 19), que realizó 20 minutos de estimulación transcraneal directa con corriente continua sobre la corteza motora; y un GC (n = 20), que recibió una simulación de dicha estimulación. Tras esto, ambos grupos recibieron 30 minutos por sesión de entrenamiento de la marcha asistido sobre tapiz rodante (Lokomat). El número de sesiones totales fue de 30, recibiendo 3 a la semana en el caso del GE (10 semanas) y 5 en el GC (6 semanas). Se realizaron mediciones a la mitad del tratamiento (15 sesiones), tras las 30 sesiones y 3 meses después de la intervención (seguimiento). Aunque se realizaron al menos 15 tests o escalas con el objetivo de futuros estudios, en este artículo realizan el análisis de los resultados de: dependencia de la marcha (WISCI-II), grado de espasticidad (escala Ashworth modificada), equilibrio (BBT), marcha (6mWT, 10mWT y TUG), independencia funcional (SCIM-III) y nivel de ansiedad y depresión (HAD). Tanto tras la intervención como 3 meses después, la diferencia entre el GE y el GC en los resultados del WISCI-II fue significativa, siendo el GE el que mayor mejora refiere. Los resultados de HAD, 6mWT, 10mWT, TUG, BBT y SCIM-III fueron significativamente mejores tras el tratamiento y en el seguimiento en ambos grupos, sin diferencia significativa entre ellos en ninguna de esas mediciones. Por otra parte, el grado de espasticidad medido por la escala Ashworth modificada no sufrió cambios significativos en ningún período de la intervención ni hubo diferencias entre los grupos.

6. Discusión

Una vez descritas las características principales de cada uno de los artículos, la perspectiva general de los resultados sugiere que el tratamiento de una lesión medular con ayudas técnicas para la marcha y la bipedestación tiene beneficios evidentes en los pacientes. Las ayudas técnicas que incluyen estos estudios abarcan desde la utilización de dispositivos externos como ortesis convencionales, exoesqueletos, aparatos robóticos (como Lokomat o bipedestador móvil) o andadores; hasta la electroestimulación como vía de recuperar lo máximo posible la inervación motora y aumentar la posibilidad de la marcha.

6.1. Efectos cardiovasculares

La principal de las ayudas técnicas utilizada como alternativa al uso de ortesis para lograr una mayor eficiencia de la marcha es el exoesqueleto. En 6 de los 13 artículos de esta revisión se estudia el uso de un exoesqueleto en pacientes con lesión medular en comparación con un programa de rehabilitación convencional, o con la utilización de ortesis, como es el caso de **Rodríguez-Fernández et al.** Los resultados que obtuvieron no muestran una clara superioridad del exoesqueleto sobre la ortesis como pretendían demostrar, ya que ambas ayudas suponen para el usuario un gasto metabólico y un consumo de oxígeno elevado. Caminar con ortesis o con exoesqueleto no demostró una diferencia significativa entre ambas ayudas en el nivel de eficiencia cardiovascular, ya que tanto el MCoT y el consumo de volumen máximo de oxígeno medido por estos autores como la frecuencia cardíaca y la escala de esfuerzo percibido de Borg medidas en el artículo de **Xiang et al.**, encontraron que la marcha con exoesqueleto supone un nivel de intensidad moderado/alto. Sin embargo, **Evans et al.** expusieron en sus resultados que tras 24 semanas de entrenamiento de la marcha con exoesqueleto, los pacientes recorren más distancia a menor frecuencia cardíaca y con menor puntuación de esfuerzo

percibido, mejorando significativamente el THIB. Estos resultados permiten interpretar que el exoesqueleto puede tener éxito a largo plazo en lograr una marcha más eficiente y menos exhaustiva.

Los efectos cardiovasculares de la marcha con exoesqueleto son el tema principal del artículo de **Evans et al.** Los resultados del estudio muestran contradicciones con la hipótesis inicial en los efectos del entrenamiento con exoesqueleto en comparación con la rehabilitación convencional. El ABPI refleja diferencias significativas entre ambos grupos, siendo menor en el GE, pudiendo ser predictor de un mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. El momento en el que se realiza la medición (decúbito supino, bipedestación, tras el 6mAT y tras el 6mWT) afecta significativamente en los valores de la FC, y la utilización del exoesqueleto únicamente muestra mejores resultados en la bipedestación. La VFC refleja la acción del sistema nervioso autónomo sobre el aparato cardiovascular, pudiendo considerarse su aumento como un factor protector de la aparición de patologías cardiovasculares. [\[54\]](#) En este estudio logran evidenciar que la VFC tiene un mayor tamaño de efecto estimado en el GE en cualquiera de las posiciones de medida respecto al GC, por lo que puede deducirse que hay mayor efecto protector. Estos resultados contradictorios ponen en alza la necesidad de más estudios que estudien los efectos cardiovasculares de la marcha con exoesqueleto para comprobar su eficacia respecto a otras ayudas o técnicas.

6.2. Efectos en la función respiratoria

De los artículos incluidos en esta revisión, **Xiang et al.** es el único que estudió los efectos de la marcha con exoesqueleto en la función respiratoria. En un ensayo de corta duración (4 semanas) pero con un tamaño muestral aceptable (N = 38), los resultados demostraron que la utilización de un exoesqueleto para la marcha combinado con una terapia convencional en lesionados medulares supone una mejora cuantitativa de la

función pulmonar en todos los parámetros medidos (FVC, %FVC predictivo, FEV₁, FEF₂₅,⁵⁰,⁷⁵, PEF y MVV). Esta es una de las muchas razones que se encuentran en esta revisión para afirmar que el entrenamiento con exoesqueleto debe combinarse con un programa de técnicas convencionales de fisioterapia para lograr los mejores resultados posibles.

6.3. Efectos en la función motora

La mejora de la función motora y el aumento de la contracción y el tono muscular son otros de los parámetros principales medidos en los estudios de las ayudas técnicas de la bipedestación y la marcha. En el uso del exoesqueleto, **Xiang et al.** evaluaron el control del tronco (TCT) y el balance muscular (LEMS) como posibles elementos que explicaran la mejora en la función pulmonar en pacientes con una lesión grado A, B o C en la escala ASIA. La puntuación LEMS se efectúa dándoles una puntuación de 0 a 5 (según la escala MRC) [\[Anexo 3\]](#) a los músculos clave de ambos miembros inferiores definidos por la escala ASIA, obteniendo una puntuación entre 0 y 50. Los resultados en el TCT muestran una mejora tras el entrenamiento con exoesqueleto, pero el balance muscular medido con LEMS no reporta cambios significativos, a diferencia del grupo que realizó el protocolo de rehabilitación convencional que sí vio mejorado su balance muscular. Estos resultados difieren de los obtenidos por **Gil-Agudo et al.**, donde se observó que tras 15 sesiones de 30 minutos de entrenamiento de la marcha con exoesqueleto en pacientes con un grado ASIA C o D, la puntuación motora de las extremidades inferiores mostraba una mejora significativa. La utilización de otras ayudas técnicas también reportaron beneficios musculares, como: el uso de un andador con retroalimentación del peso soportado en el estudio de **Park et al.**, el cual evidenció una mejora en la contracción de recto femoral, bíceps femoral y gastrocnemio medial de ambas extremidades inferiores medida por electromiografía en pacientes con grados ASIA C o D; o el uso de un bipedestador móvil inteligente en pacientes con lesión

medular torácica completa en el estudio de **Chen et al.** que provocó un ligero incremento en la medición de la circunferencia del muslo en centímetros, a diferencia del GC que vio disminuida dicha circunferencia. A excepción de los resultados de **Xiang et al.**, probablemente explicados por incluir un mayor número de pacientes con lesiones medulares motoras completas, el resto de entrenamientos de la bipedestación y la marcha con ayudas técnicas muestran resultados favorables en la mejora del balance muscular.

Otra de las ayudas utilizada para mejorar el balance motor y la contracción muscular es la electro-estimulación magnética transcraneal de la corteza motora. **Feng et al.** compararon la rehabilitación convencional como única medida de tratamiento contra el uso de rehabilitación combinada con electroestimulación transcraneal en pacientes con una graduación en la escala ASIA de C o D. En sus resultados hallaron que tanto la puntuación motora de miembros inferiores (LEMS) como la contracción del cuádriceps femoral medida por electromiografía sufrían mejoras significativas en ambos grupos, siendo mejores los resultados del grupo que recibía la estimulación transcraneal. A su vez, **Krogh et al.** encontraron en pacientes con ASIA C o D (sólamente un participante era ASIA A) que el resultado de LEMS fue significativamente superior en el grupo que recibió la estimulación respecto a las mediciones iniciales y respecto al grupo que no la recibió, si bien no encontraron mejora significativa en la contracción muscular para la flexo-extensión de rodilla medida por dinamómetro. Estos dos estudios sugieren que es posible aumentar la activación neuronal y, por consiguiente, mejorar la respuesta muscular con estimulación transcraneal de la corteza motora en pacientes con una lesión medular motora incompleta.

La bibliografía anteriormente consultada sugiere que el entrenamiento con ayudas técnicas en lesionados medulares consigue una reducción en la espasticidad muscular. En 3 de los artículos incluidos en esta revisión se lleva a cabo un estudio de la misma mediante la escala modificada de Ashworth [\[Anexo 4\]](#) (**Kasch et al.**, **Xiang et al.** y **Simis et al.**). En ninguno de ellos se obtienen resultados favorables de reducción de la espasticidad, lo que parece indicar que tanto la neuroestimulación de los nervios pélvicos o de la corteza motora como el uso de exoesqueleto necesitan estudios con mayor tamaño muestral y un procedimiento más extendido en el tiempo para demostrar dicha hipótesis.

6.4. Efectos en la composición corporal

Además del componente muscular, los tejidos óseo, grasa y cartilaginosa también han sido motivo de estudio en la utilización de ayudas técnicas. La densidad mineral ósea (DMO) sufre un descenso notable y en poco tiempo tras una lesión medular, causando osteoporosis e incrementando el riesgo de fractura. [\[33,34\]](#) Para medir la DMO, **Xiang et al.** y **Chen et al.** midieron la densidad ósea del triángulo de Ward en el cuello femoral mediante densitometría con rayos X. En el caso de **Xiang et al.**, el grupo que realizó el entrenamiento con exoesqueleto mejoró levemente sus niveles de DMO, mientras que el grupo que realizó rehabilitación convencional vio disminuida su DMO. **Chen et al.** encontraron que ambos grupos sufrían un descenso en la DMO. No obstante, en el grupo que utilizó el bipedestador móvil inteligente lo hizo significativamente en menor medida que el grupo que usó el bipedestador convencional. Los autores **Shackleton et al.** midieron la DMO de columna vertebral y cadera (trocánter mayor, línea intertrocantérea y cuello femoral), encontrando que el grupo que realizaba la rehabilitación convencional sufría un mayor descenso de la densidad ósea de la cadera en comparación con el grupo que practicaba marcha asistida con exoesqueleto. Gracias a todos estos resultados puede sugerirse que el uso de ayudas técnicas permite enlentecer la pérdida de densidad

mineral ósea, previniendo así la precoz aparición de osteoporosis en pacientes con lesión medular.

Además de los beneficios en el tejido óseo, **Xiang et al.** evidenciaron una mejora significativa en el grosor del cartílago distal femoral tras el tratamiento con exoesqueleto; y **Shackleton et al.** reportaron que tanto la marcha asistida con exoesqueleto (GE) como la rehabilitación convencional (GC) conseguían un aumento de la masa magra de miembros superiores, y, en el caso del grupo control, un descenso de la grasa visceral y ginecoide. La combinación de la terapia convencional con las nuevas ayudas técnicas a la marcha y bipedestación resultaría más beneficiosa que su realización aislada para mejorar la composición corporal.

6.5. Efectos en la marcha

En la rehabilitación de personas con lesión medular no sólo ha de realizarse un entrenamiento de la marcha, si no que esta debe ser lo más fisiológica y eficiente posible para facilitar las actividades de la vida diaria de los pacientes. En 7 de los 13 estudios incluidos en esta revisión se incluyen pruebas o tests de marcha para evaluar la calidad de la misma según la utilización de unas terapias u otras. Las pruebas estandarizadas de uso común son el TUG, 6mWT y 10mWT. Su realización permite obtener sus propios resultados y en muchos estudios son utilizadas para medir otros aspectos como la frecuencia cardíaca, el nivel de disnea o la cinemática de la marcha. Los resultados de las pruebas de marcha en el entrenamiento con exoesqueleto llevadas a cabo en los estudios de **Rodríguez-Fernández et al.**, **Xiang et al.** y **Gil-Agudo et al.** muestran resultados variados. Los resultados de **Rodríguez-Fernández et al.** muestran una mejora evidente en la longitud del paso y la cadencia de la marcha en el GE, donde pudieron objetivar que la marcha con exoesqueleto es más fisiológica y sin tantas compensaciones, lo que a largo plazo puede prevenir la aparición de patologías

osteomusculares secundarias a una marcha poco fisiológica y la realización de un esfuerzo físico añadido. Sin embargo, no aportan evidencia de existir diferencia significativa entre el grupo exoesqueleto (GE) y el grupo ortesis (GC) en los resultados de las pruebas de marcha, no siendo posible analizar la mejora tras la intervención puesto que no se recogieron mediciones pre-tratamiento. Por su parte, **Xiang et al.** sugieren una correlación estadísticamente significativa entre la distancia recorrida en el 6mWT, la VFC y el nivel de esfuerzo percibido (escala Borg); y en el estudio de **Gil-Agudo et al.** tanto el GE (marcha asistida con exoesqueleto) como el GC (rehabilitación convencional) obtuvieron resultados significativamente mejores en las tres pruebas, sin diferencia significativa entre ellos. Los datos combinados de los tres estudios muestran que el uso de un exoesqueleto puede ser un factor añadido beneficioso en la rehabilitación para la reeducación de la marcha, si bien la obtención de mejores resultados dependerá directamente de la condición física previa del paciente.

Otra ayuda técnica que evalúa la repercusión en la marcha es la electro-estimulación transcraneal. **Feng et al.** observaron que la longitud del paso y la velocidad de la marcha mejoraron en ambos grupos (pasos más largos y a mayor velocidad), siendo ligeramente mayor la mejora en el grupo que recibía la estimulación transcraneal tipo Theta-Burst. Por otra parte, **Krogh et al.** encontraron que tanto el grupo que recibió la estimulación magnética transcraneal como el grupo que no la recibió mejoraron el tiempo de realización del 10mWT significativamente, sin cambios en el TUG ni en el 6mWT ni diferencias entre los grupos para ninguna de ellas. Para la estimulación transcraneal directa continua, los resultados de **Simis et al.** mostraron una mejora significativa en las tres pruebas tras 30 sesiones de aplicación, sin diferencia significativa con el grupo control. Es decir, los resultados de los estudios incluidos en esta revisión reflejan que la aplicación de electro-estimulación transcraneal puede igualar o mejorar los resultados de la rehabilitación convencional en la calidad y eficiencia de la marcha.

La utilización de ayudas técnicas alternativas, como el andador con retroalimentación del peso soportado utilizado en **Park et al.**, muestra que ambos grupos aumentaron significativamente en la velocidad de la marcha y en la longitud del paso derecho respecto al inicio del estudio, siendo mayor en el GE que en el GC, mientras que la cadencia de la marcha, la longitud del paso izquierdo y la simetría del paso no sufrieron cambios estadísticos significativos. La inclusión de este tipo de andadores respecto a los más convencionales tiene como objetivo principal disminuir la dependencia de la marcha y mejorar la activación muscular mediante los estímulos emitidos por el andador, si bien la calidad de la marcha es similar en ambos grupos.

6.6. Efectos en la dependencia de la marcha

La principal escala para medir la dependencia o grado de ayuda necesario para llevar a cabo la marcha en pacientes con lesión medular es la escala WISCI-II [\[anexo 5\]](#), una escala ordinal de 20 niveles en la que 0 corresponde a no poder bipedestar y/o caminar con todas las ayudas posibles, y 20 es caminar sin la ayuda de ningún dispositivo, ortesis o ayuda física. [\[55\]](#) Son varios los estudios que miden el cambio en la dependencia de la marcha tras la intervención. En los resultados obtenidos por **Kasch et al.**, tras un año de estimulación de los nervios femoral y ciático mediante una neuroprótesis, 5 de los 8 pacientes con lesión medular completa en este grupo pasaron de una puntuación de 0 a 1 en la escala WISCI-II, es decir, de no poder ejercer la marcha a caminar menos de 10 metros en barras paralelas con ayudas técnicas y la ayuda de 2 personas, mientras que el GC no obtuvo mejoría alguna. Tras el uso de un robot para entrenamiento de la marcha sobre tapiz rodante durante 8 semanas, **Çinar et al.** evidenciaron una mejora significativa en la escala WISCI-II en los dos grupos, sin diferencia significativa entre ambos; mientras que tras el uso de un exoesqueleto para

reeducación de la marcha durante 5 semanas, **Gil-Agudo et al.** reportaron que el GE aumentó significativamente su puntuación respecto a las mediciones previas y respecto al GC (terapia convencional).

La estimulación transcraneal de la corteza motora es otra de las ayudas sobre las que se estudia su influencia sobre la dependencia de la marcha. En el artículo de **Simis et al.**, el grupo que recibió la estimulación transcraneal directa continua mostró una mejora significativa en la escala WISCI-II tras las 30 sesiones y en el seguimiento realizado 3 meses después, manifestando una diferencia significativa con el grupo que recibió la simulación de la corriente. Por su parte, **Feng et al.** utilizan la escala HWAS (*Holden Walking Ability Scale*) [\[Anexo 6\]](#) para medir la dependencia de la marcha, descubriendo que tras 45 sesiones de estimulación magnética transcraneal tipo Theta-Burst o de simulación de dicha corriente, junto con un programa completo de fisioterapia para ambos, el GE y el GC mejoraron significativamente su puntuación, siendo el GE el que mayor mejora refiere.

Mención aparte requiere el artículo de **Park et al.**, ya que para objetivar la dependencia de la marcha no se basaron en la utilización de ninguna escala, sino que se registró el peso ejercido en kilogramos con los miembros superiores sobre el andador. Tras las 40 sesiones de entrenamiento con los diferentes andadores, ambos grupos mostraron una disminución significativa en el peso cargado sobre el mismo, siendo significativamente menor en el GE.

Todos los estudios revisados que midieron la dependencia de la marcha en personas con lesión medular tras un protocolo de entrenamiento con ayudas técnicas mostraron, en distinto grado, resultados favorables, por lo que su inclusión en los programas de rehabilitación parece indicado para disminuir la dependencia de ayudas externas para la marcha.

6.7. Efectos psicosociales

La condición de discapacidad adquirida tras una lesión medular no resulta únicamente de las lesiones físicas que puedan estar presentes, sino que también incluye la alteración en su estado de ánimo y en la relación con su entorno en el transcurso de su vida diaria, es decir, comprende un conjunto de alteraciones biológicas, psicológicas y sociales. Por ello, además de los efectos físicos y en la marcha que puedan aportar las ayudas técnicas, es importante de igual modo valorar el impacto que tienen estas intervenciones en la esfera psicosocial de las personas con una lesión medular. Gran parte de los estudios revisados utilizan cuestionarios o escalas subjetivas cumplimentadas por los participantes para evaluar su evolución en este apartado.

Uno de los aspectos más importantes es la independencia funcional de los pacientes en su vida cotidiana. La escala más utilizada a nivel global en la mayoría de patologías es la FIM o “Escala de Independencia Funcional” [\[Anexo 7\]](#), pudiendo utilizarse de igual manera en pacientes con lesión medular. Es el caso de **Çinar et al.**, que realizan la escala FIM a 37 pacientes tras un protocolo de intervención en el que los participantes se dividen en un grupo que realizó rehabilitación convencional combinada con entrenamiento de la marcha con robot sobre tapiz rodante (GE) y un grupo que únicamente realizó fisioterapia convencional (GC). Tras 40 sesiones de tratamiento, los participantes de ambos grupos mejoraron significativamente su grado de independencia

funcional medido con la escala FIM, sin diferencia significativa entre ellos. Otro de los cuestionarios más utilizados para evaluar la realización de actividades de la vida diaria y el grado de discapacidad es el “Índice de Barthel Modificado” (MBI). [\[56\]](#) [\[Anexo 8\]](#) Los autores **Feng et al.** y **Xiang et al.** hacen uso de esta encuesta, obteniendo que los dos grupos incluidos en el estudio mostraron mejora significativa en su puntuación tras la intervención, siendo los sujetos del GE de cada artículo los que mayor mejora evidencian. Sin embargo, en los últimos años se ha popularizado una escala específica para medir la independencia funcional en pacientes con lesión medular, la SCIM-III. [\[57\]](#) [\[Anexo 9\]](#) Esta se divide en tres apartados: cuidados personales, respiración y manejo esfinteriano, y movilidad. En esta revisión son cuatro los estudios que utilizan la escala SCIM-III: **Kasch et al.** no obtienen ninguna mejora tras la intervención mediante electroestimulación de miembros inferiores en ninguno de los dos grupos, sin diferencia significativa entre ellos; **Hu et al.** y **Gil-Agudo et al.** se valen de esta escala para medir el grado de independencia logrado tras la utilización de un exoesqueleto, obteniendo en ambos artículos que la escala SCIM-III mejoró significativamente en el GE y en el GC, sin diferencia estadística relevante entre ellos; y **Simis et al.** encontraron que tras 30 sesiones de estimulación transcraneal directa continua de la corteza motora los pacientes mejoraron significativamente su puntuación en SCIM-III, sin diferencia relevante en comparación con el grupo que no recibió dicha estimulación. Estos resultados de las escalas de independencia funcional permiten dilucidar una mejora evidente y representativa en la capacidad de autonomía y funcionalidad de los pacientes con lesión medular en su vida cotidiana tras la utilización de ayudas técnicas y la realización de fisioterapia convencional, enfatizando el hecho de que los mejores resultados surgen de una combinación de ambas.

Muy ligado al grado de independencia funcional está el nivel de calidad de vida autopercibido por los sujetos de los estudios. Son muchos los cuestionarios o escalas utilizados para medir este parámetro. Los autores **Çinar et al.** hacen uso del cuestionario SF-36 [\[Anexo 10\]](#) para medir la calidad de vida, observando que ninguno de los dos grupos obtiene una mejora significativa en la puntuación global del cuestionario, pero sí en el apartado “Actividad física”, sin diferencias relevantes entre ellos. En el estudio de **Kasch et al.**, la calidad de vida de los pacientes con lesión medular se mide mediante el cuestionario específico QoL-BDS, obteniendo que ninguno de los dos grupos mejoró su puntuación tras la neuroestimulación de los nervios pélvicos con neuroprótesis (GE) o tras la electroestimulación transcutánea de los músculos del cuádriceps femoral y glúteos (GC). Por su parte, **Hu et al.** recurren al cuestionario WHOQoL-BREF para comprobar que, aunque se muestre una tendencia ascendente en el grupo que realizó entrenamiento de la marcha con exoesqueleto, ninguno de los grupos vio reflejada una mejora significativa en su calidad de vida. Con estos resultados se puede concluir que la calidad de vida percibida por los pacientes con lesión medular no aumenta tras el uso de ayudas técnicas, por lo que esta debe ser un tema central a tener en cuenta en su rehabilitación, enfocando las técnicas utilizadas a sus necesidades y demandas personales.

El estado de ánimo y el grado de satisfacción que el paciente experimenta con su rehabilitación va a influir directamente en su adherencia al tratamiento y en su mejora física, por lo que es de suma importancia tener en cuenta estos aspectos a la hora de realizar los estudios pertinentes. En el caso de **Rodríguez-Fernández et al.**, los autores miden el grado de satisfacción tras el uso de dispositivos externos con los cuestionarios QUEST 2.0 y PIADS. Los resultados del cuestionario PIADS mostraron un impacto psicosocial positivo en ambos grupos tras el uso de la ortesis KAFO (GC) o del exoesqueleto ABLE (GE), con mejores resultados generales para el GE pero sin diferencias significativas entre ambos. Esta tendencia se repite para el cuestionario

QUEST 2.0, en el que ambos grupos se mostraron satisfechos tras la utilización de los dispositivos, obteniendo mejores resultados el grupo que utilizó el exoesqueleto, especialmente en el apartado de “Seguridad”. Con el mismo propósito que los autores anteriores, **Kasch et al.** midieron la impresión de cambio tras la electroestimulación con neuroprótesis del nervio ciático y femoral utilizando el cuestionario PGIC, dando como resultado que los participantes de ambos grupos no mostraron mejora significativa en dicho cuestionario tras 1 año de tratamiento. Por último, el único de los estudios que tuvo en cuenta el estado de ansiedad y el nivel de depresión de los sujetos fue **Simis et al.**, que mediante la realización del cuestionario HAD [\[Anexo 11\]](#) evidenciaron que tras 30 sesiones de intervención, estos trastornos psicológicos y emocionales mejoraron significativamente en ambos grupos, sin diferencia relevante entre ellos. Tras estos resultados puede sugerirse que la evaluación y objetivización del aspecto psicológico no es un resultado principal medido en la gran mayoría de artículos revisados, haciendo clara la necesidad de explorar más este ámbito y tenerlo en cuenta como complemento a la rehabilitación física.

7. Limitaciones y fortalezas

En la realización de esta revisión bibliográfica han existido diferentes limitaciones en los estudios observadas tras su análisis, así como fortalezas que aumentan el valor representativo de los mismos en la población con una lesión medular.

7.1. Limitaciones de la revisión

- La búsqueda se ha realizado en 3 bases de datos debido al elevado número total de artículos encontrados. Podría ser de interés realizar una búsqueda en un mayor número de bases de datos para aumentar la bibliografía disponible.

- El grado de lesión definido por la escala ASIA o el nivel medular de la lesión no fueron tomados como criterios para la inclusión de artículos, por lo que la muestra final supone una mezcla de diferentes grados de lesión medular.
- A pesar de excluir aquellos estudios con menos de 10 participantes, los tamaños muestrales de muchos de los artículos son reducidos y por tanto, sus resultados son difícilmente extrapolables a la población general.
- Debido a la presencia de gran número de patologías asociadas a una lesión medular y a las complicaciones que puedan surgir, es frecuente la pérdida de participantes a lo largo del estudio, reduciendo la muestra inicial.
- Para estudiar el impacto real en la vida de los pacientes, es necesario que los estudios tengan una intervención más prolongada en el tiempo que la utilizada en la mayoría de los artículos revisados.
- En cuanto al cegamiento de la intervención, 5 de los 13 artículos no están cegados, y 6 disponen únicamente de evaluación cegada. Ocultar la composición de los grupos tanto a participantes como a terapeutas supondría una mejora en la calidad de los resultados obtenidos.
- Son pocos los estudios que tienen en cuenta el estado de ánimo y la vida social de los pacientes, aspectos que están directamente relacionados con su adhesión al tratamiento y capacidad de mejora, por lo que sería interesante incluir cuestionarios que recogieran estos factores.

7.2. Fortalezas de la revisión

- La utilización de ensayos clínicos aleatorizados controlados con una puntuación de 5 o más en la escala PEDro como criterio de inclusión resulta en una mayor calidad metodológica de los artículos revisados.

- Al incluir exclusivamente artículos publicados en los últimos 5 años, los resultados obtenidos están actualizados y son representativos de la situación actual de las ayudas técnicas para la bipedestación y la marcha.
- La muestra final de artículos a revisar dispone de gran variabilidad en las ayudas técnicas utilizadas y en los parámetros medidos, aportando un valor añadido a la revisión.
- Debido al uso de escalas de uso estandarizado en pacientes con lesión medular, como LEMS, WISCI-II o SCIM-III, los resultados de los artículos son fácilmente comparables y objetivables.

8. Conclusiones

En la rehabilitación de pacientes con una lesión medular, existen diferentes tipos de ayudas técnicas para lograr la bipedestación y la marcha, como pueden ser ortesis, dispositivos robóticos o distintos tipos de neuro-estimulaciones. En esta revisión se han analizado y discutido los resultados de diferentes estudios que utilizan gran diversidad de ayudas técnicas para la marcha y la bipedestación en pacientes con una lesión medular, entre las que se incluyen: ortesis convencionales o modificadas; dispositivos robóticos como los exoesqueletos (de diferentes generaciones, como *Lokomat* o *Ekso*); o neuro-estimulaciones de la corteza motora (magnética o directa) o de nervios periféricos.

La inclusión de dispositivos robóticos en los programas de rehabilitación tales como exoesqueletos de diferentes generaciones, andadores con retroalimentación del peso soportado o bipedestadores móviles supone un avance en muchos parámetros respecto al uso de ortesis convencionales o de terapia convencional, obteniendo beneficios estadísticamente relevantes en la función respiratoria, en la composición corporal (especialmente en la DMO), disminuyendo la dependencia de la marcha y

logrando que esta sea más fisiológica. Por otra parte, no se ha podido demostrar en los artículos de esta revisión que su uso tenga mayor impacto en el balance motor o en la eficiencia metabólica de la marcha respecto a técnicas de fisioterapia convencionales, como aseguraba la bibliografía previa consultada.

Por su parte, la electro-estimulación de la corteza motora o de los nervios periféricos obtiene resultados significativamente mejores en el aumento de la función motora y balance muscular, en la independencia funcional de los pacientes y en la disminución de la dependencia de ayudas externas para realizar la marcha.

Aunque sean beneficios recogidos en la bibliografía consultada, los ensayos clínicos incluidos no han podido objetivar una reducción significativa en la espasticidad muscular ni una mejora evidente en parámetros de la marcha como la velocidad o la distancia recorrida tras el uso de ayudas técnicas en comparación a técnicas ya establecidas. Los aspectos psicosociales como la calidad de vida o el estado de ánimo han sido pobremente estudiados y con resultados poco esclarecedores, siendo necesarios estudios que valoren en mayor medida estos parámetros.

Quizá la principal y más evidente conclusión tras haberse llevado a cabo esta revisión es que el uso de ayudas técnicas no debe ser una alternativa, sino que debe incluirse como un elemento más en la rehabilitación de pacientes con una lesión medular haciendo de esta forma que sea lo más completa, efectiva y funcional posible, teniendo en cuenta el apartado físico, mental y social.

9. Bibliografía

1. Huete García A. Análisis sobre la lesión medular en España [Internet]. Toledo: Aspaym; 2018 [citado 20 de abril de 2024]. Disponible en: <http://riberdis.cedid.es/handle/11181/5510>
2. Henao-Lema CP, Pérez-Parra JE. Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. Aquichan [Internet]. 2010 [citado 20 de abril de 2024];10(2). Disponible en: <https://aquichan.unisabana.edu.co/index.php/aquichan/article/view/1682>
3. Cáceres Saavedra S, Gómez Saldaña MB, García Carpintero MJ, Milian Alonso M, Arroyo Arias A, Cascante Gutiérrez L. Aplicación de las nuevas tecnologías en la rehabilitación del lesionado medular. Rev Esp Discapac REDIS. 2017 [citado 20 de abril de 2024];5(1):229-36. Disponible en: <https://doi.org/10.5569/2340-5104.05.01.13>
4. Berkowitz AL. Neurología clínica y neuroanatomía: Un enfoque basado en la localización [Internet]. Segunda edición. Nueva York: McGraw-Hill Education; 2020 [citado 20 de abril de 2024]. Capítulo 5, Médula espinal y diagnóstico de mielopatía. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookID=3258>
5. Torales Benítez JC, Codas R, Fretes Ramírez C. Médula espinal. En: Fretes Ramírez C, editor. Neuroanatomía Encéfalo Medular [Internet]. Paraguay: EFACIM-EDUNA; 2008 [citado 21 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Julio_Torales/publication/305319234_Medula_Espinal/links/58855c4392851c21ff4b1311/Medula-Espinal.pdf
6. Boccardi S, Ferrarin M. Recuperación de la bipedestación y de la marcha en el paciente parapléjico. EMC - Kinesiterapia - Med Física [Internet]. 2005;26(3):1-10. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(05\)44320-0](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(05)44320-0)
7. Ropper AH, Samuels MA, Klein JP, Prasad S. Adams y Victor: Principios de Neurología [Internet]. Decimosegunda edición. Nueva York: McGraw-Hill Education; 2023 [citado 21 de abril de 2024]. Capítulo 42, Enfermedades de la médula espinal. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookID=3353>

8. Acevedo González JC, Varón LF, Berbeo Calderón ME, Feo Lee O, Díaz Orduz R. Avances fisiopatológicos para el entendimiento de la lesión medular traumática. Revisión Bibliográfica. Rev Col Or Tra [Internet]. 2008 [citado 21 de abril de 2024];22(4): 272-281. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Carlos-Acevedo-Gonzalez/publication/242635962_Avances_fisiopatologicos_para_el_entendimiento_de_la_lesion_medular_traumatica_Revision_bibliografica/links/55e2f6bf08ae2fac471fa64a/Avances-fisiopatologicos-para-el-entendimiento-de-la-lesion-medular-traumatica-Revision-bibliografica.pdf
9. Arriagada G, Macchiavello N. Traumatismo raquimedular (TRM). Revisión bibliográfica. Rev médica Clín Las Condes [Internet]. 2020 [citado 21 de abril de 2024];31(5–6):423-429. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.11.001>
10. McDonald JW, Sadowsky C. Spinal-cord injury. Lancet [Internet]. 2002 [citado 21 de abril de 2024];359(9304):417-425. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)07603-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(02)07603-1)
11. Torres Alaminos MA. Aspectos epidemiológicos de la lesión medular en el Hospital Nacional de Paraplégicos. Ene [Internet]. 2018 [citado 21 de abril de 2024];12(2). Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/ene/v12n2/1988-348X-ene-12-02-652.pdf>
12. Avellanet M, González-Viejo MA. People with Spinal Cord Injury in Spain. Am J Phys Med Rehabil [Internet]. 2017 [citado 21 de abril de 2024];96(2 Suppl 1):S112-S115. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000636>
13. Cambios en la epidemiología de la Lesión Medular en la Comunidad Valenciana. ¿Algo está cambiando? XX Congreso de la Sociedad Valenciana de Medicina Física y Rehabilitación; 11 de marzo de 2011; Valencia.
14. van den Berg MEL, Castellote JM, Mahillo-Fernandez I, de Pedro-Cuesta J. Incidence of spinal cord injury worldwide: a systematic review. Neuroepidemiology [Internet]. 2010 [citado 21 de abril de 2024];34(3):184-192; discussion 192. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000279335>
15. Galeiras Vázquez R, Ferreiro Velasco ME, Mourelo Fariña M, Montoto Marqués A, Salvador de la Barrera S. Actualización en lesión medular aguda postraumática. Parte 1. Med Intensiva [Internet]. 2017 [citado 21 de abril de 2024];41(4):237–47. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2016.11.002>

16. Gallardo J. La inervación sensitiva segmentaria: dermatomas, miotomas y esclerotomas. Rev Chil Anestesia [Internet]. 2008 [citado 22 de abril de 2024];37:26-38. Disponible en: https://www.sachile.cl/upfiles/revistas/4936af49e4620_05_investigacion_vol37-1-2_008.pdf
17. van Midendorp JJ, Goss B, Urquhart S, Atresh S, Williams RP, Schuetz M. Diagnosis and Prognosis of Traumatic Spinal Cord Injury. Global Spine J [Internet]. 2011 [citado 22 de abril de 2024];1(1):1-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1296049>
18. Garg N, Park SB, Vucic S, et al. Differentiating lower motor neuron syndromes. J Neurol Neurosurg Psychiatry [Internet]. 2017 [citado 21 de abril de 2024];88(6):474-483. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/jnnp-2016-313526>
19. Agotegaray M. Disfunción autonómica en el paciente con lesión medular. Boletín del Departamento de Docencia e Investigación IREP [Internet]. 2004 [citado 22 de abril de 2024];8(1):58-63. Disponible en: https://samfy.org/publicaciones/disf_autonomica_lesion_medular.pdf
20. Di Bello F, Creta M, Napolitano L, et al. Male Sexual Dysfunction and Infertility in Spinal Cord Injury Patients: State-of-the-Art and Future Perspectives. J Pers Med [Internet]. 2022 [citado 22 de abril de 2024];12(6):873. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jpm12060873>
21. Albright TH, Grabel Z, DePasse JM, Palumbo MA, Daniels AH. Sexual and Reproductive Function in Spinal Cord Injury and Spinal Surgery Patients. Orthop Rev (Pavia) [Internet]. 2015 [citado 22 de abril de 2024];7(3):5842. Disponible en: <https://doi.org/10.4081/or.2015.5842>
22. Abellán García A, Hidalgo Checa RM. Definiciones de discapacidad en España. Informes Portal Mayores [Internet]. 2011 [citado 23 de abril de 2024];109. Disponible en: <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/pm-definiciones-01.pdf>
23. Instituto Nacional de Estadística. Discapacidad [Internet]. Madrid: INE; 2011[actualizado 20 de febrero de 2024; citado 23 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259926668516&p=%5C&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalle¶m3=1259924822888

24. Puyuelo-Quintana G, Gil-Agudo AM, Cano-de la Cuerda R. Eficacia del sistema robótico de entrenamiento de la marcha tipo Lokomat en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta. Una revisión sistemática. *Rehabilitacion (Madr)* [Internet]. 2017 [citado 23 de abril de 2024];51(3):182–190. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rh.2016.12.001>
25. Karimi MT. Evidence-based evaluation of physiological effects of standing and walking in individuals with spinal cord injury. *Iran J Med Sci* [Internet]. 2011 [citado 23 de abril de 2024];36(4):242-253. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23115408/>
26. Gómez-Soriano J, Taylor J. Espasticidad después de la lesión medular: revisión de los mecanismos fisiopatológicos, técnicas de diagnóstico y tratamientos fisioterapéuticos actuales. *Fisioterapia* [Internet]. 2010 [citado 23 de abril de 2024];32(2):89–98. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ft.2009.09.002>
27. Febrer-Nafría M, Fregly BJ, Font-Llagunes JM. Evaluation of Optimal Control Approaches for Predicting Active Knee-Ankle-Foot-Orthosis Motion for Individuals With Spinal Cord Injury. *Front Neurobot* [Internet]. 2022 [citado 29 de abril de 2024];15:748148. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.748148>
28. Sato K, Inoue T, Maeda K, Shimizu A, Murotani K, Ueshima J, et al. Early wearing of knee-ankle-foot orthosis improves functional prognosis in patients after stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis* [Internet]. 2022 [citado 29 de abril de 2024];31(3):106261. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106261>
29. Ivanenko Y, Shapkova EY, Petrova DA, Kleeva DF, Lebedev MA. Exoskeleton gait training with spinal cord neuromodulation. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2023 [citado 29 de abril de 2024];17:1194702. Disponible en: <https://doi.org/10.3389%2Ffnhum.2023.1194702>
30. He Y, Xu Y, Hai M, Feng Y, Liu P, Chen Z, et al. Exoskeleton-assisted rehabilitation and neuroplasticity in spinal cord injury. *World Neurosurg* [Internet]. 2024 [citado 29 de abril de 2024];185:45–54. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2024.01.167>
31. Marquez-Chin C, Popovic MR. Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review. *Biomed Eng Online* [Internet]. 2020 [citado 29 de abril de 2024];19(1):34. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00773-4>

32. Kumru H, Flores A, Rodríguez-Cañón M, Soriano I, García L, Vidal-Samsó J. Estimulación no invasiva cerebral y medular para la recuperación motora y funcional tras una lesión medular. Rev Neurol [Internet]. 2020 [citado 29 de abril de 2024];70 (12):461-477. Disponible en: <https://doi.org/10.33588/rn.7012.2019453>
33. Abdelrahman S, Ireland A, Winter EM, Purcell M, Coupaud S. Osteoporosis after spinal cord injury: etiology, effects and therapeutic approaches. J Musculoskelet Neuronal Interact [Internet]. 2021 [citado 24 de abril de 2024];21(1):26-50. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33657753/>
34. Vestergaard P, Krogh K, Rejnmark L, Mosekilde L. Fracture rates and risk factors for fractures in patients with spinal cord injury. Spinal Cord [Internet]. 1998 [citado 24 de abril de 2024];36(11):790-796. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100648>
35. Krassioukov A, Stillman M, Beck LA, Longoni M, Castillo C, Hernandez Jimenez I. Guía para médicos de atención primaria sobre el manejo de disfunciones autonómicas después de una lesión medular. Top Spinal Cord Inj Rehabil [Internet]. 2020 [citado 24 de abril de 2024];26(2):123-127. Disponible en: https://asia-spinalinjury.org/wp-content/uploads/2020/08/7_Disfunciones-autono%CC%81micas-despue%CC%81s-8.19.pdf
36. Hagen EM, Rekan T, Grønning M, Færestrand S. Cardiovascular complications of spinal cord injury. Tidsskr Nor Laegeforen [Internet]. 2012 [citado 24 de abril de 2024];132(9):1115-1120. Disponible en: <https://doi.org/10.4045/tidsskr.11.0551>
37. Dolbow DR, Gorgey AS, Recio AC, et al. Activity-Based Restorative Therapies after Spinal Cord Injury: Inter-institutional conceptions and perceptions. Aging Dis [Internet]. 2015 [citado 24 de abril de 2024];6(4):254-261. Disponible en: <https://doi.org/10.14336%2FAD.2014.1105>
38. Adams MM, Hicks AL. Spasticity after spinal cord injury. Spinal Cord [Internet]. 2005 [citado 24 de abril de 2024];43(10):577-586. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101757>
39. Dinh A, Bouchand F, Davido B, Duran C, Denys P, Lortat-Jacob A, et al. Management of established pressure ulcer infections in spinal cord injury patients. Med Mal Infect [Internet]. 2019 [citado 24 de abril de 2024];49(1):9–16. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medmal.2018.05.004>

40. Williams R, Murray A. Prevalence of depression after spinal cord injury: A meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2015 [citado 24 de abril de 2024];96(1):133–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2014.08.016>
41. Feng X, Wang T, Jiang Y, Liu Y, Yang H, Duan Z, et al. Cerebral Theta-Burst Stimulation Combined with Physiotherapy in Patients with Incomplete Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Controlled Trial. *J Rehabil Med* [Internet]. 2023 [citado 25 de abril de 2024];55:jrm00375. Disponible en: <https://doi.org/10.2340/jrm.v55.4375>
42. Rodríguez-Fernández A, Lobo-Prat J, Tarragó R, et al. Comparing walking with knee-ankle-foot orthoses and a knee-powered exoskeleton after spinal cord injury: a randomized, crossover clinical trial. *Sci Rep* [Internet]. 2022 [citado 25 de abril de 2024];12(1):19150. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23556-4>
43. Kasch H, Løve US, Jønsson AB, et al. Effect of pelvic laparoscopic implantation of neuroprosthesis in spinal cord injured subjects: a 1-year prospective randomized controlled study. *Spinal Cord* [Internet]. 2022 [citado 25 de abril de 2024];60(3):251-255. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41393-021-00693-7>
44. Çinar Ç, Yildirim MA, Öneş K, Gökşenoğlu G. Effect of robotic-assisted gait training on functional status, walking and quality of life in complete spinal cord injury. *Int J Rehabil Res* [Internet]. 2021 [citado 25 de abril de 2024];44(3):262-268. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/mrr.0000000000000486>
45. Hu X, Lu J, Wang Y, et al. Effects of a lower limb walking exoskeleton on quality of life and activities of daily living in patients with complete spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Technol Health Care* [Internet]. 2024 [citado 25 de abril de 2024];32(1):243-253. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/thc-220871>
46. Park CS, Oh GB, Cho KH. Effects of gait training with weight support feedback walker on walker dependence, lower limb muscle activation, and gait ability in patients with incomplete spinal cord injury: A pilot randomized controlled trial. *J Spinal Cord Med* [Internet]. 2023 [citado 25 de abril de 2024] Sep 28:1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10790268.2023.2260532>
47. Krogh S, Aagaard P, Jønsson AB, Figlewski K, Kasch H. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on recovery in lower limb muscle strength and gait function following spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Spinal Cord* [Internet]. 2022 [citado 25 de abril de 2024];60(2):135-141. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41393-021-00703-8>


48. Xiang XN, Zhang LM, Zong HY, et al. Exoskeleton-Assisted Walking for Pulmonary and Exercise Performances of SCI Individuals. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* [Internet]. 2023 [citado 25 de abril de 2024];31:39-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/tnsre.2022.3215652>
49. Gil-Agudo Á, Megía-García Á, Pons JL, et al. Exoskeleton-based training improves walking independence in incomplete spinal cord injury patients: results from a randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2023 [citado 25 de abril de 2024];20(1):36. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01158-z>
50. Chen J, Jin Z, Yao J, Wang H, Li Y, Ouyang Z, et al. Influence of the intelligent standing mobile robot on lower extremity physiology of complete spinal cord injury patients. *Med Nov Technol Devices* [Internet]. 2020 [citado 25 de abril de 2024];7(100045). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medntd.2020.100045>
51. Evans RW, Shackleton CL, West S, Derman W, Laurie Rauch HG, Baalbergen E, et al. Robotic Locomotor Training Leads to Cardiovascular Changes in Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury Over a 24-Week Rehabilitation Period: A Randomized Controlled Pilot Study. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2021 [citado 25 de abril de 2024];102(8):1447–56. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.03.018>
52. Shackleton C, Evans R, West S, Derman W, Albertus Y. Robotic Walking to Mitigate Bone Mineral Density Decline and Adverse Body Composition in Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Clinical Trial. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2022 [citado 25 de abril de 2024];101(10):931-936. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000001937>
53. Simis M, Fregni F, Battistella LR. Transcranial direct current stimulation combined with robotic training in incomplete spinal cord injury: a randomized, sham-controlled clinical trial. *Spinal Cord Ser Cases* [Internet]. 2021 [citado 25 de abril de 2024];7(1):87. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41394-021-00448-9>
54. Veloza L, Jiménez C, Quiñones D, Polanía F, Pachón-Valero LC, Rodríguez-Triviño CY. Variabilidad de la frecuencia cardiaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2019 [citado el 25 de abril de 2024];26(4):205–10. Disponible en: [10.1016/j.rccar.2019.01.006](https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.01.006)

55. Ditunno JF Jr, Ditunno PL, Scivoletto G, et al. The Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI/WISCI II): nature, metric properties, use and misuse. *Spinal Cord* [Internet]. 2013 [citado 25 de abril de 2024];51(5):346-355. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2013.9>
56. Cid-Ruzafa J, Damián-Moreno J. Valoración de la discapacidad física: el índice de Barthel. *Rev Esp Salud Pública* [Internet]. 1997 [citado 25 de abril de 2024];71(2):127-137. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/RESP/article/view/1269>
57. Zarco-Periñan MJ, Barrera-Chacón MJ, García-Obrero I, Mendez-Ferrer JB, Alarcon LE, Echevarria-Ruiz de Vargas C. Development of the Spanish version of the Spinal Cord Independence Measure version III: cross-cultural adaptation and reliability and validity study. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2014 [citado 25 de abril de 2024];36(19):1644-1651. Disponible en: <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.864713>
58. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* [Internet]. 2021 [citado 2 de mayo de 2024];27(2):1–22. Disponible en: <https://asia-spinalinjury.org/isncsci-worksheet-now-available-in-other-languages/>
59. Physiotherapy Evidence Database. Escala PEDro [Internet]. PEDro; 2012 [citado 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
60. Via Clavero G, Sanjuán Naváis M, Menéndez Albuixech M, Corral Ansa L, Martínez Estalella G, Díaz-Prieto-Huidobro A. Evolución de la fuerza muscular en paciente críticos con ventilación mecánica invasiva. *Enferm Intensiva* [Internet]. 2013 [citado 2 de mayo de 2024];24(4):155–66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enfi.2013.09.001>
61. Gómez Vega JC, Ocampo-Navia MI, Acevedo González JC. Espasticidad. *Univ Médica* [Internet]. 2021 [citado 2 de mayo de 2024];62(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11144/javeriana.umed62-1.espa>
62. Ditunno PL, Ditunno JF Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. *Spinal Cord* [Internet]. 2001 [citado 2 de mayo de 2024];39(12):654-656. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101223>


63. Noche Digna. Anexo II: Escala de Medida de Independencia Funcional [Internet]. Santiago de Chile: Ministerio de Desarrollo Social y Familia; 2021 [citado 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.nochedigna.cl/wp-content/uploads/2021/11/FIM.pdf>
64. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Cuestionario de Salud SF-36 [Internet]. Madrid: SECOT [citado 2 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.secot.es/media/docs/escalas/Cuestionario%20de%20salud%20SF36.pdf>
65. Noguera Orozco MJ, Pérez Terán B, Barrientos Casarrubias V, Robles García R, Sierra Madero JG. Escala de Ansiedad y Depresión Hospitalaria (HADS): validación en pacientes mexicanos con infección por VIH. *Psicología Iberoamericana* [Internet]. 2013 [citado 2 de mayo de 2024];21(2):29–37. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133930525004>

10. Anexos

Anexo 1 - Escala ASIA



NORMAS INTERNACIONALES PARA LA CLASIFICACIÓN NEUROLÓGICA DE LESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL (ISNCSCI)



Nombre del Paciente _____ Fecha/Hora del Examen _____

Nombre Examinador _____ Firma _____

DERECHO

MOTOR
MÚSCULOS CLAVE

SENSITIVO
PUNTOS SENSITIVOS CLAVE

Tacto Fino (TFD) Pinchazo (PPD)

ESD
(Extremidad Superior Derecha)

Flexores del codo C5

Extensores de muñeca C6

Extensores de codo C7

Flexores de los dedos de la mano C8

Abductores del dedo meñique T1

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

T9

T10

T11

T12

L1

L2

L3

L4

L5

S1

S2

S3

S4-5

EID
(Extremidad Inferior Derecha)

Flexores de cadera L2

Extensores de rodilla L3

Dorsiflexores de tobillo L4

Extensores del dedo gordo del pie L5

Plantiflexores de Tobillo S1

(CAV) Contracción Anal Voluntaria (Si/No)

TOTALES DERECHA (MAXIMO)

(50) (56) (56)

IZQUIERDO

MOTOR
MÚSCULOS CLAVE

SENSITIVO
PUNTOS SENSITIVOS CLAVE

Tacto Fino (TFI) Pinchazo (PPI)

ESI
(Extremidad Superior Izquierda)

Flexores del codo C5

Extensores de muñeca C6

Extensores de codo C7

Flexores de los dedos de la mano C8

Abductores del dedo meñique T1

T2

T3

T4

T5

T6

T7

T8

T9

T10

T11

T12

L1

L2

L3

L4

L5

S1

S2

S3

S4-5

EII
(Extremidad Inferior Izquierda)

Flexores de cadera L2

Extensores de rodilla L3

Dorsiflexores de tobillo L4

Extensores del dedo gordo del pie L5

Plantiflexores de tobillo S1

(PAP) Presión Anal Profunda (Si/No)

TOTALES IZQUIERDA (MAXIMO)

(56) (56) (50)

PARCIALES MOTORES

ESD + ESI = **RMES TOTAL** EID + EII = **RMEI TOTAL**

MAX(25) (25) (50) MAX(25) (25) (50)

PARCIALES SENSITIVOS

TFD + TFI = **TF TOTAL** PPD + PPI = **PP TOTAL**

MAX(56) (56) (112) MAX(56) (56) (112)

NIVELES NEUROLÓGICOS

1. SENSITIVO 2. MOTOR

3. NIVEL NEUROLÓGICO DE LA LESIÓN (NLI)

4. COMPLETA O INCOMPLETA?

Incompleta = Cualquier función motora o sensible en S4-5

5. ESCALA DEFICIENCIA DE ASIA (AIS)

6. ZONA DE PRESERVACIÓN PARCIAL

(En lesiones con función motora o sensible ausente en S4-5 solamente)

Niveles más codificados con alguna intervención

SENSITIVO MOTOR

Page 1/2 Este formulario puede ser copiado libremente pero no puede ser alterado sin permiso de la American Spinal Injury Association. REV 04/19

Fuente: American Spinal Injury Association [58]

Anexo 2 - Escala de evaluación metodológica PEDro

Escala PEDro-Español

- | | | |
|---|---|--------|
| 1. Los criterios de elección fueron especificados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos) | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 3. La asignación fue oculta | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 5. Todos los sujetos fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar" | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
-

Fuente: *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) [\[59\]](#)

Anexo 3 - Escala de fuerza muscular MRC

Valor para cada movimiento	Escala Medical Research Council. Examen muscular
0	Contracción no visible
1	Contracción muscular visible pero sin movimiento de la extremidad
2	Movimiento activo pero no contra gravedad
3	Movimiento activo contra gravedad
4	Movimiento activo contra gravedad y resistencia
5	Movimiento activo contra total resistencia

Fuente: *Evolución de la fuerza muscular en paciente críticos con ventilación mecánica invasiva*

[60]

Anexo 4 - Escala Ashworth Modificada

Puntaje	Descripción
0	No hay cambios en la respuesta del músculo en los movimientos de flexión o extensión.
1	Ligero aumento en la respuesta del músculo al movimiento (flexión o extensión) visible con la palpación o relajación, o solo mínima resistencia al final del arco de movimiento.
1+	Ligero aumento en la resistencia del músculo al movimiento en flexión o extensión seguido de una mínima resistencia en todo el resto del arco de movimiento (menos de la mitad).
2	Notable incremento en la resistencia del músculo durante la mayor parte del arco de movimiento articular, pero la articulación se mueve fácilmente.
3	Marcado incremento en la resistencia del músculo, el movimiento pasivo es difícil en la flexión o extensión.
4	Las partes afectadas están rígidas en flexión o extensión cuando se mueven pasivamente.

Fuente: *Espasticidad* [61]

Anexo 5 - Escala WISCI-II

Nivel	Descripción
0	Paciente incapaz de ponerse de pie y/o participar en marcha asistida
1	Camina en barras paralelas, con ortesis y ayuda física de 2 personas, menos de 10 metros
2	Camina en barras paralelas, con ortesis y ayuda física de 2 personas, 10 metros
3	Camina en barras paralelas, con ortesis y ayuda física de 1 persona, 10 metros
4	Camina en barras paralelas, sin ortesis y con ayuda física de 1 persona, 10 metros
5	Camina en barras paralelas, con ortesis y sin ayuda física, 10 metros
6	Camina con andador, con ortesis y con ayuda física de una persona, 10 metros
7	Camina con 2 bastones/muletas, con ortesis y con ayuda física de 1 persona, 10 metros
8	Camina con andador, sin ortesis y con ayuda física de 1 persona, 10 metros
9	Camina con andador, con ortesis y sin ayuda física, 10 metros
10	Camina con 1 bastón/muleta, con ortesis y ayuda física de 1 persona, 10 metros
11	Camina con 2 bastones/muletas, sin ortesis y con ayuda física de 1 persona, 10 metros
12	Camina con 2 bastones/muletas, con ortesis y sin ayuda física, 10 metros
13	Camina con andador, sin ortesis ni ayuda física, 10 metros
14	Camina con 1 bastón/muleta, sin ortesis y con ayuda física de 1 persona, 10 metros
15	Camina con 1 bastón/muleta, con ortesis y sin ayuda física, 10 metros
16	Camina con 2 bastones/muletas, sin ortesis ni ayuda física, 10 metros
17	Camina sin apoyos ni ortesis y con ayuda física de 1 persona, 10 metros
18	Camina sin apoyos, con ortesis y sin ayuda física, 10 metros
19	Camina con 1 bastón/muleta, sin ortesis ni ayuda física, 10 metros
20	Camina sin apoyos, ortesis ni ayuda física, 10 metros

Fuente: *Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision* [62]

Anexo 6 - HWAS (Holden Walking Ability Scale)

Grado	Descripción
0	Incapaz de caminar
1	Necesita ayuda para la marcha
2	Necesita asistencia sustancial para la marcha
3	Necesita poca ayuda para la marcha
4	Caminar sin ayudas sobre una superficie lisa
5	La marcha es normal

Fuente: *Cerebral Theta-Burst Stimulation Combined with Physiotherapy in Patients with Incomplete Spinal Cord Injury* [\[41\]](#)

Anexo 7 - Escala de Independencia Funcional (FIM)

FIM Total	Dominio	Categorías	Puntaje
126 puntos	Motor 91 puntos	Autocuidado	
		1. Alimentación	
		2. Arreglo personal	
		3. Baño	
		4. Vestido hemicuerpo superior	
		5. Vestido hemicuerpo inferior	
		6. Aseo perineal	
		Control de esfínteres	
		7. Control de vejiga	
		8. Control de intestino	
		Movilidad	
		9. Traslado de la cama a silla o silla de ruedas	
		10. Traslado al baño	
	11. Traslado en bañera o ducha		
	Ambulación		
	12. Caminar/desplazarse en silla de ruedas		
	13. Subir y bajar escaleras		
	Cognitivo 35 puntos	Comunicación	
14. Comprensión			
15. Expresión			
Conocimiento social			
16. Interacción social			
		17. Solución de problemas	
		18. Memoria	
Total			

Cada ítem será puntuado de 1 a 7 de la siguiente manera

Grado de dependencia	Nivel de funcionalidad
Sin ayuda	7. Independencia completa 6. Independencia modificada
Dependencia modificada	5. Supervisión 4. Asistencia mínima (mayor del 75% de independencia) 3. Asistencia moderada (mayor del 50% de independencia)
Dependencia completa	2. Asistencia máxima (mayor del 25% de independencia) 1. Asistencia total (menor del 25% de independencia)

Fuente: *Noche Digna* [63]

Anexo 8 - Índice de Barthel modificado (MBI)

	Incapaz de hacerlo	Intenta pero inseguro	Cierta ayuda necesaria	Mínima ayuda necesaria	Totalmente independiente
Aseo personal	0	1	3	4	5
Bañarse	0	1	3	4	5
Comer	0	2	5	8	10
Usar el retrete	0	2	5	8	10
Subir escaleras	0	2	5	8	10
Vestirse	0	2	5	8	10
Control de heces	0	2	5	8	10
Control de orina	0	2	5	8	10
Desplazarse	0	3	8	12	15
Silla de ruedas	0	1	3	4	5
Traslado silla/cama	0	3	8	12	15

Fuente: *Valoración de la discapacidad física: el Índice de Barthel* [\[56\]](#)

Anexo 9 - SCIM-III

Appendix

SPANISH VERSION OF THE SPINAL CORD INDEPENDENCE MEASURE VERSION III (eSCIM III)
Unidad de Lesionados Medulares. Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla

CUIDADO PERSONAL

1. ALIMENTACIÓN

(Cortar, abrir envases, servirse, llevarse la comida a la boca, sostener una taza con líquido)

□□□□□□

0. Requiere nutrición parenteral, gastrostomía o asistencia total para la alimentación oral.
1. Requiere ayuda parcial para comer y/o beber, o para utilizar ayudas técnicas.
2. Come independientemente; necesita ayudas técnicas o asistencia sólo para cortar los alimentos y/o servir y/o abrir recipientes.
3. Come y bebe independientemente; no requiere asistencia o ayudas técnicas.

2. BAÑO

(Enjabonarse, lavarse, secarse cuerpo y cabeza, manejar el grifo)

A. Parte superior del cuerpo

□□□□□□

0. Requiere asistencia total.
1. Requiere asistencia parcial.
2. Se lava de forma independiente con ayudas técnicas o accesorios específicos (por ej. silla, barras...).
3. Se lava de forma independiente; no requiere ayudas técnicas o accesorios específicos (no habituales para personas sanas).

B. Parte inferior del cuerpo

□□□□□□

0. Requiere asistencia total.
1. Requiere asistencia parcial.
2. Se lava de forma independiente con ayudas técnicas o accesorios específicos.
3. Se lava de forma independiente; no requiere ayudas técnicas o accesorios específicos.

3. VESTIDO

(Ropa, zapatos, ortesis permanentes: ponérselos, llevarlos puesto y quitárselos)

A. Parte superior del cuerpo

□□□□□□

0. Requiere asistencia total.
1. Requiere asistencia parcial con prendas de ropa sin botones, cremalleras o cordones.
2. Independiente con prendas de ropa sin botones, cremalleras o cordones; requiere ayudas técnicas y/o accesorios específicos.
3. Independiente con prendas de ropa sin botones, cremalleras o botones; no requiere ayudas técnicas ni accesorios específicos; requiere asistencia o ayudas técnicas o accesorios específicos sólo para botones, cremalleras o cordones.
4. Se pone (cualquier prenda) independientemente; no requiere ayudas técnicas o accesorios específicos.

B. Parte inferior del cuerpo

□□□□□□

0. Requiere asistencia total
1. Requiere asistencia parcial con prendas de ropa sin botones, cremalleras o cordones.
2. Independiente con prendas de ropa sin botones, cremalleras o cordones; requiere ayudas técnicas y/o accesorios específicos.
3. Independiente con prendas de ropa sin botones, cremalleras o botones sin ayudas técnicas ni accesorios específicos; requiere asistencia o ayudas técnicas o accesorios específico sólo para botones, cremalleras o cordones.
4. Se pone (cualquier prenda) independientemente; no requiere ayudas técnicas o accesorios específicos.

4. CUIDADOS Y APARIENCIA

□□□□□□

(Lavarse las manos y la cara, cepillarse los dientes, peinarse, afeitarse, maquillarse)

- 0. Requiere asistencia total.
- 1. Requiere asistencia parcial.
- 2. Se arregla independientemente con ayudas técnicas.
- 3. Se arregla independientemente sin ayudas técnicas.

SUBTOTAL (0-20)

□□□□□□

RESPIRACIÓN Y MANEJO ESFINTERIANO

5. RESPIRACIÓN

□□□□□□

- 0. Requiere cánula de traqueostomía y ventilación asistida permanente o intermitente.
- 2. Respiración espontánea con cánula de traqueostomía; requiere oxígeno, gran asistencia para toser o para el manejo de la cánula de traqueostomía.
- 4. Respiración espontánea con cánula de traqueostomía; requiere pequeña asistencia para toser o para el manejo de la cánula de traqueostomía.
- 6. Respiración espontánea sin cánula de traqueostomía; requiere oxígeno, gran asistencia para toser, mascarilla (p.e. máscara de presión positiva espiratoria (PPE) o ventilación asistida intermitente (BiPAP).
- 8. Respiración espontánea sin cánula de traqueostomía; requiere pequeña asistencia o estimulación para toser.
- 10. Respiración espontánea sin asistencia ni dispositivos.

6. MANEJO ESFINTERIANO - VEJIGA

□□□□□□

- 0. Sonda permanente.
- 3. Volumen de orina residual >100cc; no cateterismo regular o cateterismo intermitente asistido.
- 6. Volumen de orina residual <100cc o autocateterismos intermitentes; necesita asistencia para utilizar los instrumentos de drenaje.
- 9. Autocateterismos intermitentes; usa instrumentos de drenaje externo; no necesita asistencia para colocárselos.
- 11. Autocateterismos intermitentes; continente entre sondajes; no utiliza instrumentos de drenaje externos.
- 13. Volumen de orina residual <100cc; necesita únicamente instrumento de drenaje externo de orina; no requiere asistencia para el drenaje.
- 15. Volumen urinario residual <100cc; continente; no utiliza instrumento de drenaje externo.

7. MANEJO ESFINTERIANO - INTESTINO

□□□□□□

- 0. Cadencia irregular o frecuencia muy baja (menos de una vez cada 3 días) de deposiciones.
- 5. Cadencia regular pero requiere asistencia (por ej. para aplicarse un supositorio); accidentes esporádicos (menos de dos al mes).
- 8. Evacuación regular, sin asistencia; accidentes esporádicos (menos de dos al mes).
- 10. Evacuación regular, sin asistencia; no accidentes.

8. WC - INODORO

□□□□□□

(Higiene perineal, ajuste de prendas antes/después, uso de compresas o pañales)

- 0. Requiere asistencia total.
- 1. Requiere asistencia parcial: no se limpia solo.
- 2. Requiere asistencia parcial: se limpia independientemente.
- 4. Usa el WC de forma independiente en todas las tareas pero necesita ayudas técnicas o accesorios específicos (por ej. barras).
- 5. Usa el WC de forma independiente; no requiere ayudas técnicas o accesorios específicos.

SUBTOTAL (0-40)

□□□□□□

MOVILIDAD (DORMITORIO Y BAÑO)

9. MOVILIDAD EN CAMA Y ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN DE ÚLCERAS POR PRESIÓN

□□□□□□

- 0. Necesita asistencia en todas las actividades: voltear la parte superior del cuerpo en la cama, voltear la parte inferior del cuerpo en la cama, sentarse en la cama, pulsarse de la silla de ruedas, con o sin ayudas técnicas, pero no con adaptaciones eléctricas.
- 2. Realiza una de las actividades sin asistencia.
- 4. Realiza dos o tres de las actividades sin asistencia.
- 6. Realiza todas las movilizaciones en la cama y las actividades de liberación de presión de forma independiente.

10. TRANSFERENCIAS CAMA - SILLA DE RUEDAS

□□□□□□

(Frenar silla de ruedas, subir reposapiés, retirar y ajustar reposabrazos, transferirse, subir los pies)

- 0. Requiere asistencia total.
- 1. Necesita asistencia parcial y/o supervisión, y/o ayudas técnicas (por ej. tabla de transferencias).
- 2. Independiente (o no requiere silla de ruedas).

11. TRANSFERENCIAS SILLA DE RUEDAS - WC - BAÑERA

□□□□□□

(Si utiliza silla con inodoro: realizar transferencias a y desde ella; si usa silla de ruedas convencional: frenar la silla de ruedas, subir reposapiés, retirar y ajustar reposabrazos, transferirse, subir los pies)

- 0. Requiere asistencia total.
- 1. Necesita asistencia parcial y/o supervisión, y/o ayudas técnicas (por ej. barras de baño).
- 2. Independiente (o no requiere silla de ruedas).

MOVILIDAD (INTERIORES Y EXTERIORES, EN CUALQUIER SUPERFICIE)

12. MOVILIDAD EN INTERIORES

□□□□□□

- 0. Requiere asistencia total.
- 1. Necesita silla de ruedas eléctrica o asistencia parcial para utilizar silla de ruedas manual.
- 2. Se desplaza de forma independiente con silla de ruedas manual.
- 3. Requiere supervisión mientras camina (con o sin ayudas).

4. Deambula con andador o muletas (marcha pendular).
5. Deambula con muletas o dos bastones (marcha recíproca).
6. Deambula con un bastón.
7. Necesita solamente ortesis de miembro inferior.
8. Deambula sin ayudas para la marcha.

13. MOVILIDAD EN DISTANCIAS MODERADAS (10–100 METROS)

□□□□□□

0. Requiere asistencia total.
1. Necesita silla de ruedas eléctrica o asistencia parcial para utilizar silla de ruedas manual.
2. Se desplaza de forma independiente con silla de ruedas manual.
3. Requiere supervisión mientras deambula (con o sin ayudas).
4. Deambula con andador o muletas (marcha pendular).
5. Deambula con muletas o dos bastones (marcha recíproca).
6. Deambula con un bastón.
7. Necesita solamente ortesis de miembro inferior.
8. Deambula sin ayudas para la marcha.

14. MOVILIDAD EN EXTERIORES (MÁS DE 100 METROS)

□□□□□□

0. Requiere asistencia total.
1. Necesita silla de ruedas eléctrica o asistencia parcial para utilizar silla de ruedas manual.
2. Se desplaza de forma independiente con silla de ruedas manual.
3. Requiere supervisión mientras deambula (con o sin ayudas).
4. Deambula con andador o muletas (marcha pendular).
5. Deambula con muletas o dos bastones (marcha recíproca).
6. Deambula con un bastón.
7. Necesita solamente ortesis de miembro inferior.
8. Deambula sin ayudas para la marcha.

15. MANEJO EN ESCALERAS

□□□□□□

0. Incapacidad para subir o bajar escaleras.
1. Sube y baja al menos 3 escalones con soporte o supervisión de otra persona.
2. Sube y baja al menos 3 escalones con soporte de barandilla y/o muleta o bastón.
3. Sube y baja al menos 3 escalones sin ningún soporte ni supervisión.

16. TRANSFERENCIAS SILLA DE RUEDAS - COCHE

□□□□□□

(Acercarse al coche, frenar la silla de ruedas, retirar reposabrazos y reposapiés, realizar transferencias a y desde el coche, introducir la silla de ruedas dentro y fuera del coche)

0. Requiere asistencia total.
1. Necesita asistencia parcial y/o supervisión y/o ayudas técnicas.
2. Se transfiere de forma independiente; no requiere ayudas técnicas (o no requiere silla de ruedas).

17. TRANSFERENCIAS SUELO - SILLA DE RUEDAS

□□□□□□

0. Requiere asistencia total.
1. Se transfiere de forma independiente con o sin ayudas técnicas (o no requiere silla de ruedas).

TOTAL PUNTUACIÓN SCIM (0–100)

SUBTOTAL 0–40

□□□□□□
□□□□□□

Ac
Ve :

Fuente: *Development of the Spanish version of the Spinal Cord Independence Measure version III*

[\[57\]](#)

Anexo 10 - Cuestionario SF-36

Marque una sola respuesta:

1. En general, usted diría que su salud es:

- Excelente**
- Muy buena**
- Buena**
- Regular**
- Mala**

2. ¿Cómo diría que es su salud actual, comparada con la de hace un año?

- Mucho mejor ahora que hace un año**
- Algo mejor ahora que hace un año**
- Más o menos igual que hace un año**
- Algo peor ahora que hace un año**
- Mucho peor ahora que hace un año**

Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal

3. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores?

- Sí, me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

4. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora?

- Sí, me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

5. Su salud actual, ¿le limita para coger o llevar la bolsa de la compra?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

6. Su salud actual, ¿le limita para subir varios pisos por la escalera?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

7. Su salud actual, ¿le limita para subir un solo piso por la escalera?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

8. Su salud actual, ¿le limita para agacharse o arrodillarse?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

9. Su salud actual, ¿le limita para caminar un kilómetro o más?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

10. Su salud actual, ¿le limita para caminar varias manzanas (varios centenares de metros)?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

11. Su salud actual, ¿le limita para caminar una sola manzana (unos 100 metros)?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

12. Su salud actual, ¿le limita para bañarse o vestirse por sí mismo?

- Sí , me limita mucho**
- Sí, me limita un poco**
- No, no me limita nada**

Las siguientes preguntas se refieren a problemas en su trabajo o en sus actividades diarias

13. Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas a causa de su salud física?

- Sí**
- No**

14. Durante las últimas 4 semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de su salud física?

- Sí**
- No**

15. Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?

- Sí**
- No**

16. Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo dificultad para hacer su trabajo o sus actividades cotidianas (por ejemplo, le costó más de lo normal), a causa de su salud física?

- Sí**
- No**

17. Durante las últimas 4 semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- Sí**
- No**

18. Durante las últimas 4 semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- Sí**
- No**

19. Durante las últimas 4 semanas, ¿no hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- Sí**
- No**

20. Durante las últimas 4 semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?

- Nada**
- Un poco**
- Regular**
- Bastante**
- Mucho**

21. ¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?

- No, ninguno**
- Sí, muy poco**
- Sí, un poco**
- Sí, moderado**
- Sí, mucho**
- Sí, muchísimo**

22. Durante las últimas 4 semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?

- Nada**
- Un poco**
- Regular**
- Bastante**
- Mucho**

Las siguientes preguntas se refieren a cómo se ha sentido y como le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. En cada pregunta, responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted.

23. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió lleno de vitalidad?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

24. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo estuvo muy nervioso?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

25. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

26. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

27. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo tuvo mucha energía?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

28. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió desanimado y triste?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

29. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió agotado?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

30. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió feliz?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

31. Durante las 4 últimas semanas, ¿Cuánto tiempo se sintió cansado?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

32. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a amigos o familiares)?

- Siempre
- Casi siempre
- Muchas veces
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

Por favor, diga si le parece cierta o falsa cada una de las siguientes frases

33. Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas

- Totalmente cierta
- Bastante cierta
- No lo sé
- Bastante falsa
- Totalmente falsa

34. Estoy tan sano como cualquiera

- Totalmente cierta
- Bastante cierta
- No lo sé
- Bastante falsa
- Totalmente falsa

35. Creo que mi salud va a empeorar

- Totalmente cierta**
- Bastante cierta**
- No lo sé**
- Bastante falsa**
- Totalmente falsa**

36. Mi salud es excelente

- Totalmente cierta**
- Bastante cierta**
- No lo sé**
- Bastante falsa**
- Totalmente falsa**

El cuestionario de salud SF-36 está compuesto por 36 ítems que pretenden recoger todos los aspectos relevantes para caracterizar la salud de un individuo. Con estas preguntas se trata de cubrir, al menos, 8 aspectos o dimensiones: Función Física, Rol Físico; Dolor Corporal; Salud General; Vitalidad; Función Social; Rol Emocional y Salud Mental. Para cada una de estas dimensiones se pueden computar escalas de puntuación, fácilmente interpretables, caracterizadas todas ellas por encontrarse ordenadas, de tal suerte que cuanto mayor es el valor obtenido mejor es el estado de salud.

Fuente: SECOT [\[64\]](#)

Anexo 11 - Escala HAD (Escala Hospitalaria de Ansiedad y Depresión)

1. Me siento tenso(a) o nervioso(a):

Todo el día	Gran parte del día	De vez en cuando	Nunca
-------------	--------------------	------------------	-------

2. Sigo disfrutando de las cosas como siempre:

Igual que antes	No tanto como antes	Solamente un poco	Ya no disfruto como antes
-----------------	---------------------	-------------------	---------------------------

3. Siento una especie de temor como si algo malo fuera a suceder:

Sí y muy intenso	Sí, pero no muy intenso	Sí, pero no me preocupa	No siento nada de eso
------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------

4. Soy capaz de reirme y ver el lado gracioso de las cosas:

Igual que siempre	Actualmente, algo menos	Actualmente, mucho menos	Actualmente, nada
-------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------

5. Tengo la cabeza llena de preocupaciones:

Todo el día	Gran parte del día	De vez en cuando	Nunca
-------------	--------------------	------------------	-------

6. Me siento lento(a) y torpe:

Todo el día	Gran parte del día	De vez en cuando	Nunca
-------------	--------------------	------------------	-------

7. Soy capaz de permanecer sentado(a) tranquilo(a) y relajado(a):

Siempre	A menudo	Raras veces	Nunca
---------	----------	-------------	-------

8. He perdido el interés por mi aspecto personal:

Completamente	A menudo	Rara vez	Nada
---------------	----------	----------	------

9. Experimento una desagradable sensación de "nervios y hormigueos" en el estómago:

Siempre	A menudo	Rara vez	Nunca
---------	----------	----------	-------

10. Espero las cosas con ilusión:

Siempre	A menudo	Rara vez	Nunca
---------	----------	----------	-------

11. Me siento inquieto(a) como si no pudiera parar de moverme:

Siempre	A menudo	Rara vez	Nunca
---------	----------	----------	-------

12. Soy capaz de disfrutar con un buen libro o con un buen programa de radio o televisión:

Siempre	A menudo	Rara vez	Nunca
---------	----------	----------	-------

13. Experimento de repente sensaciones de gran angustia o temor:

Siempre	A menudo	Rara vez	Nunca
---------	----------	----------	-------

Fuente: *Escala de Ansiedad y Depresión Hospitalaria (HADS)* [65]