

Memoria del
Trabajo de Fin de Grado
en
Fisioterapia

**EFFECTIVIDAD DE LOS DIFERENTES TIPOS
DE ENTRENAMIENTO DE LA MARCHA CON
SISTEMA DE SOPORTE DE PESO CORPORAL
EN LESIÓN MEDULAR CRÓNICA**

Revisión

Autor: ANDREA PÉREZ FERNÁNDEZ

Director: TARSICIO FORCÉN ALONSO

upna
Universidad
Pública de Navarra

Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Escuela Universitaria de Estudios Sanitarios
Osasun Ikasketen Unibertsitate Eskola

Curso: 2013- 2014

Fecha de la defensa: 30 de junio de 2014

*Nafarroako
Unibertsitate
Publikoa*



Universidad
Pública de
Navarra

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Objetivos e hipótesis	7
Materiales y métodos	8
Resultados	17
Discusión	35
Limitaciones y cuestiones a mejorar	37
Conclusiones	38
Agradecimientos	39
Bibliografía	40
Anexos	43

RESUMEN

Diseño: Revisión de estudios en la que se han incluido artículos que estudian y comparan la efectividad de los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha mediante sistema de soporte de peso corporal en la lesión medular crónica.

Introducción: El entrenamiento de la marcha con sistemas de soporte de peso corporal produce mejoras en pacientes con lesión medular crónica, mejora que se observa en los parámetros de velocidad, distancia y equilibrio.

Objetivos: Reunir y comparar la evidencia científica actual referente a los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha en el campo de la lesión medular crónica, con el fin de constatar cuales son más eficaces.

Metodología: Se llevó a cabo una búsqueda de artículos relacionados con el tema y que hubiesen sido publicados entre el año 2004 y el 2014 en las siguientes bases de datos: Dynamed, Medline, Web of Science, Science Direct, IME, Scopus y Springer Link. Se incluyeron los artículos que estudiaran el tema a tratar y que cumpliesen los criterios de selección: pacientes en edad adulta (>16 años), con lesión medular crónica (> 1 año), cualquier nivel lesional (parapléjicos y tetrapléjicos), con lesiones tanto completas como incompletas (AIS A, B, C y D). En todos los estudios tenían que participar una muestra de al menos 20 personas. La calidad metodológica se valoró mediante la escala PEDro (17). Finalmente fueron 11 los artículos incluidos en esta revisión.

Resultados: Comparando los datos extraídos de los artículos, se ha observado que excepto el artículo de Benito- Penalva et al (16), el resto sólo incluían pacientes de clasificación AIS C y D. Respecto al nivel lesional, se ha visto una gran variedad en la muestra. Todas las modalidades de tratamiento analizadas han generado cambios en los pacientes, siendo el sistema de soporte de peso corporal en suelo con estimulación eléctrica funcional el que producía un mayor porcentaje de mejoras significativas (8, 12, 13). Los pacientes que más mejora han experimentado son los que tenían una mayor afectación (13, 14).

Conclusiones: El entrenamiento con SPC en suelo y con estimulación eléctrica funcional ha demostrado una mayor efectividad comparándolo con el entrenamiento con SPC en cinta de correr. En pacientes con una mayor discapacidad neurológica el método de entrenamiento más adecuado sería el de SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional.

Palabras clave: Lesión medular, estado crónico, entrenamiento de la marcha, entrenamiento locomotor.

Abreviaturas: LM (lesión medular), SNC (sistema nervioso central), SPC (soporte de peso corporal), ASIA (American Spinal Injury Association), AIS (ASIA Impairment Scale), NRN (NeuroRecovery Network), ROM (rango de movimiento)

ABSTRACT

Design: Review which includes articles that study and compare effectiveness of different types of gait training using body weight support in chronic spinal cord injury.

Background: Gait training with body weight support systems produces improvements in chronic spinal cord injury. This improvement is seen in the parameters of speed, distance and balance.

Objectives: The main objective of this review is to collect and compare evidence about different types of gait training in chronic spinal cord injury, in order to establish which type of training is more effective.

Methodology: A literature search from 2004 until 2014 of the following databases: Dynamed, Medline, Web of Science, Science Direct, IME, Scopus and Springer Link was carried out. Articles that studied our topic were included in this review, as long as they fulfill the inclusion criteria: adult patients (>16 years) with chronic (>1 year) spinal cord injury, any lesional level (both paraplegic and quadriplegic) and both complete and incomplete injuries (AIS A, B, C and D). All studies had to engage a sample of at least 20 people. Methodological quality was assessed using the PEDro scale (17). Finally, 11 articles were included in this review.

Results: Comparing the data obtained from articles, it has been observed that except the article of Benito- Penalva et al (16), the rest only included patients classified like AIS C and D. The sample included all the lesional levels. In spite of the fact that all the analyzed training modalities have generated changes in patients, it has been seen that the body weight supported over ground training with functional electrical stimulation has generated the most significant improvements (8, 12, 13). The patients who have experienced the biggest amount of improvement are those who were more impaired (13, 14).

Conclusions: The BWS over ground training with functional electric stimulation has shown more effectiveness compared to BWS training in a treadmill environment. However, in patients with a greater neurologic impairment, the appropriate training approach is BWS in a treadmill environment.

Keywords: Spinal cord injury, chronic, gait training, locomotor training

Abbreviations: SCI (spinal cord injury), CNS (central nervous system), BWS (body weight support), ASIA (American Spinal Injury Association), AIS (ASIA Impairment Scale), NRN (NeuroRecovery Network), ROM (range of movement)

INTRODUCCIÓN

Lesión medular

La lesión medular (LM) es el daño en la médula espinal que provoca alteración o pérdida de funciones sensoriales, motoras, vesicales, intestinales y sexuales (1).

La gravedad depende del nivel lesional y del grado de lesión (1, 2); el primero viene determinado por el último segmento medular sano, y el segundo por la clasificación ASIA.

Si el nivel se sitúa en los segmentos cervicales, se trata de una tetraplejía; en cambio, si el nivel se encuentra a la altura o por debajo de T1, se trata de paraplejía (3)

En función a la altura del nivel lesional se verán afectadas otras funciones: en los niveles altos, puede verse comprometida la habilidad del cuerpo para regular la temperatura corporal; en los niveles muy altos, se necesitará asistencia para la respiración mediante un ventilador (3).

La distribución de las lesiones completas/incompletas es de 50/50 (2), teniendo las incompletas mayor capacidad de recuperación motora (y consecuentemente, de la marcha) al haber preservación motora y sensitiva por debajo del nivel lesional (1)

Fisioterapia en pacientes con LM

Tras la LM puede afectarse la función y estructura corporal, así como presentar limitación en las actividades y en la participación. El proceso de rehabilitación de LM incluye diferentes fases, siendo la primera fase la rehabilitación que se lleva a cabo con los pacientes ingresados en estado agudo (4)

En esta primera fase, los objetivos son maximizar la independencia en tareas básicas (movilidad en la cama, manejo de la silla de ruedas, transferencias), progresar a la deambulación si es posible, entrenar a los cuidadores, darles equipamiento y educación referente a la lesión. Para poder cumplir estos objetivos, en el estudio de Taylor- Schroeder et al (4) se calculó a qué tipo de ejercicio se le dedicaba más tiempo en función al nivel y grado lesional:

-AIS A, B o C en los niveles C1- C4: Estiramiento del ROM, fortalecimiento, transferencias

.AIS A, B o C en los niveles C5- C8: Estiramiento del ROM, transferencias, fortalecimiento

-AIS A, B o C en los niveles T1- L3: Transferencias, estiramiento del ROM, fortalecimiento

-AIS D en todos los niveles lesionales: entrenamiento de la marcha, fortalecimiento, equilibrio.

Bases fisiológicas de la neurorehabilitación tras el entrenamiento de la marcha

A pesar de que no haya una evidencia manifiesta disponible y de que aun no se entiendan los mecanismos de recuperación, la mayoría de las estrategias de rehabilitación están basadas en el concepto de la plasticidad del SNC mediante terapia precoz, intensiva y específica (5).

Los segmentos lumbosacros de la médula espinal pueden producir una respuesta de patrón de marcha si se aplican los estímulos aferentes apropiados. Esto se debe a que la locomoción representa la interacción entre el patrón innato y la modulación apropiada de la activación muscular, la cual se adapta continuamente a los requerimientos del entorno. De esta manera, mediante la aplicación de los estímulos aferentes apropiados, se pueden activar los circuitos neuronales de la médula por debajo del nivel lesional en pacientes lesionados (6)

La activación repetitiva de las vías sensitivas y motoras mediante inputs apropiados durante el entrenamiento específico puede reforzar los circuitos medulares y las sinapsis utilizadas para realizar con éxito el movimiento practicado. El estímulo de carga sobre la articulación de la cadera es crucial para generar la activación muscular y así incrementar la eficacia del entrenamiento. Se considera que la recuperación locomotora tiene éxito cuando los circuitos de la médula espinal utilizan esa información multisensorial para generar el patrón de marcha (6)

En pacientes con lesión medular incompleta, se puede usar esta forma de entrenamiento para mejorar la habilidad locomotora. Para poder realizar apropiadamente los movimientos que se producen durante la marcha, el paciente necesita facilitación y asistencia en los miembros inferiores y un sistema de soporte de peso corporal (SPC). Hay que tener en consideración que este soporte no debe proporcionarle la descarga de peso completa al paciente, puesto que el contacto con el suelo con algo de carga es necesaria para la activación muscular (6). También es necesario que se haya superado la fase de shock medular, puesto que en esta fase se produce un grado de hiperreflexia que facilitaría este automatismo, o un grado alto de espasticidad que bloquearía la respuesta motora (1)

En pacientes con lesión medular completa, no se pueden reaprender los movimientos que se producen durante la marcha, por lo que necesitará asistencia total

durante el entrenamiento. A pesar de que no recupere la marcha, se producen una serie de efectos positivos en los sistemas cardiovascular y musculoesquelético, así como una reducción de los espasmos (6)

Se puede decir que la recuperación funcional tras la lesión medular depende en parte de la reorganización de los patrones neurales que preserva el individuo, la cual se produce gracias a los segmentos que permanecen activos y a la plasticidad (1)

Tipos de entrenamiento locomotor mediante sistemas de soporte de peso corporal

En el artículo de Harkema (10), se define el entrenamiento locomotor como “estrategia de rehabilitación designada para realzar la recuperación del control postural, equilibrio, bipedestación, marcha, salud y calidad de vida después de daño o enfermedad neurológica, basado en evidencia científica y clínica”.

Muchas intervenciones terapéuticas tienen su enfoque en el uso de las estructuras no dañadas para compensar el déficit neurológico. Por ejemplo, durante una sesión de entrenamiento, el terapeuta usa ayudas asistivas (ortesis para sostener miembros débiles, silla de ruedas, etc.) o estrategias alternativas que minimizan el uso de los componentes lesionados del sistema neuromuscular (10).

Sin embargo, la recuperación de la marcha no se basa sólo en la capacidad de movimiento de las extremidades inferiores, sino que también se necesita una coordinación neural que regule las fases de balanceo y apoyo y que permita la adaptación al entorno (1).

Bajo esta idea, el objetivo del entrenamiento de la marcha en pacientes con lesión medular no sólo se basa en la preservación de la función (potenciando las capacidades funcionales residuales del individuo), sino que también en la adaptación, maximizando el potencial de la persona para su recuperación (realizando el entrenamiento con soporte de carga, ortesis y ayudas técnicas) (1, 2).

A pesar de que tras el entrenamiento locomotor los pacientes con LM experimentan mejora, cabe decir que no todos conseguirán recuperar una marcha funcional para la integración en comunidad (10). Para que la marcha sea funcional, se establece que tiene que llegar a una velocidad de, como mínimo, 0'4 m/s (9, 15).

Aunque no se consiga recuperar la marcha, el entrenamiento locomotor mejora el equilibrio tanto en sedestación como en bipedestación, lo cual genera un impacto en la vida diaria del paciente, haciendo que éste sea más independiente. Otros aspectos que se ven beneficiados tras el entrenamiento locomotor son la habilidad de

desplazamiento con la silla de ruedas, realización de las transferencias, un menor uso de las extremidades superiores de forma compensatoria ante el déficit neurológico, y una menor necesidad de asistencia para realizar las actividades básicas de la vida diaria (10).

En esta revisión se comparan los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha que se realizan con un sistema de SPC, el cual sostiene el peso corporal del paciente mediante unos arneses y una grúa (13). La suspensión del peso corporal es, de esta manera, suficientemente alta como para que el paciente pueda mantenerse en bipedestación, pero lo suficientemente baja como para que haya contacto del pie con el suelo, lo cual es un input aferente esencial para generar el patrón de marcha como respuesta.

-SPC en cinta de correr con asistencia manual: El sistema de SPC se coloca sobre una cinta de correr, lo que permite que el paciente tenga el input aferente para generar el movimiento y que pueda avanzar. El fisioterapeuta es el que ayuda al paciente a reproducir los movimientos que se realizan durante la marcha. El beneficio de la asistencia manual, es que el terapeuta puede permitir que el paciente complete el ciclo de movimiento en la medida de lo posible, y de la misma manera lo asiste en los movimientos que no puede realizar (8).

-SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional: Se realiza de la misma manera que el entrenamiento anterior, pero en vez de recibir asistencia manual, el paciente tiene una estimulación eléctrica del nervio peroneo, lo cual ayuda al paciente a realizar la dorsiflexión de tobillo (13). El beneficio de la estimulación eléctrica es que la respuesta refleja que ésta genera se dirige hacia el circuito medular, lo cual es parte del circuito generador de patrones que produce el output locomotor (8).

-SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional: Al igual que el entrenamiento anterior, se realiza mediante estimulación eléctrica en el nervio peroneo (13). La diferencia es que en lugar de realizarse sobre una cinta de correr, se realiza en el suelo, lo cual genera que el paciente tenga que adaptarse al terreno y le da una experiencia más similar a la marcha funcional. De la misma manera, permite que el paciente genere y controle la fuerza necesaria para iniciar la marcha y el desplazamiento. (8).

-SPC en cinta de correr con robot locomotor: A pesar de que se puede regular el grado de asistencia, la característica del robot locomotor es que puede darle al paciente asistencia máxima a la vez que reproduce en él el movimiento cinemático apropiado de los miembros inferiores; esto es, le proporciona un input propioceptivo específico para facilitar el aprendizaje motor (8).

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo principal:

Reunir y comparar la evidencia científica actual referente a los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha en el campo de la lesión medular crónica, con el fin de constatar cuál de dichos entrenamientos demuestra mayor eficacia.

Objetivos secundarios:

Conocer la aplicabilidad de los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha en función al nivel y grado de lesión.

Conocer los diferentes protocolos existentes para que la realización del entrenamiento sea efectiva.

Otros resultados:

Buscar evidencia respecto a la efectividad del entrenamiento de la marcha en lesiones medulares motoras completas (grados AIS A y B).

Hipótesis:

Existe evidencia de que a través de estímulos aferentes repetitivos a la médula espinal se estimula la neuroplasticidad de ésta, y que el ejercicio físico es efectivo para pacientes con lesión medular.

En función a esto, la hipótesis que se plantea es que mediante el diseño de un protocolo estandarizado (en función de los diferentes niveles y grados lesionales) se podrá obtener una mayor efectividad del entrenamiento de la marcha; esto es, que la forma de aplicación de dichos estímulos aferentes será óptima para fomentar la neuroplasticidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño

Se trata de una revisión de la literatura en la que se han incluido artículos que estudian y comparan la efectividad de los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha mediante sistema de soporte de peso corporal en la lesión medular crónica.

Métodos utilizados

-Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda de artículos que incluyeran información sobre los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha con sistema de soporte de peso corporal en pacientes con lesión medular en estado crónico.

Las bases de datos en las que se realizó la búsqueda bibliográfica son: Dynamed, Medline (a través PubMed), Web of Science, Science Direct, IME, Springer Link y Scopus.

La búsqueda bibliográfica se realizó mediante la utilización de MeSH (terminología en inglés referente a nuestro tema). En este caso, los MeSH que se utilizaron fueron “Chronic”, “Spinal cord injury”, “Gait training” y “Locomotor training”. En el caso de bases de datos como IME se utilizaron los Decs (terminología técnica en castellano referente a nuestro tema) “Lesión medular” y “Marcha”.

Se limitó la búsqueda a estudios que fuesen realizados en humanos y que hubiesen sido publicados desde el año 2004 hasta el 2014. De la misma manera, se incluyeron sólo artículos publicados en inglés o en castellano. En la figura 1 se puede ver la búsqueda realizada en PubMed. Se realizó de manera similar en el resto de bases de datos, adaptando la búsqueda en función a las opciones que ofrecía cada una de ellas.

1. “Spinal cord injury” [Mesh] → 52313 artículos
2. “Chronic” [Mesh] → 965333 artículos
3. 1 AND 2 → 5188 artículos
4. “Gait training” [Mesh] → 3603 artículos
5. 3 AND 4 → 60 artículos
6. “Locomotor training” [Mesh] → 1497 artículos
7. 5 AND 6 → 33 artículos
Limitaciones
- 10 años → 30 artículos

Fig. 1 Estrategia de búsqueda realizada con PubMed. Elaboración propia

-Población y sujetos, criterios de selección

A continuación se detallan los criterios tenidos en cuenta a la hora de llevar a cabo la selección de artículos que se incluyeron en la revisión

Inclusión:

- Pacientes con lesión medular
- Lesiones medulares en estado crónico (>1 año tras lesión)
- Adultos (mayor o igual a 16 años)
- Estudios cuyo objetivo sea ver la efectividad del entrenamiento de la marcha con sistema de soporte del peso corporal en lesión medular crónica
- Cualquier nivel lesional (parapléjicos y tetrapléjicos)
- Lesiones tanto completas como incompletas

Exclusión:

- Estudios realizados en personas con daño cerebral tras accidente cerebro vascular
- Pacientes menores de 16 años
- Lesiones medulares en estado agudo (<1 año tras la lesión)
- Estudios realizados en seres vivos que no sean humanos
- Estudios de mayor antigüedad a 10 años
- Estudios realizados con muestras menores a 20 pacientes

-Detalles de búsqueda

((((spinal cord injury) AND chronic) AND gait training) AND locomotor training)

-Procedimiento de selección**#1. Búsqueda realizada en Dynamed**

Las palabras clave que se utilizaron para la búsqueda fueron “SPINAL CORD INJURY”, “CHRONIC”, “GAIT TRAINING” y “LOCOMOTOR TRAINING”. De esta manera se mostraron las actualizaciones más recientes de la bibliografía (hasta el 5 de febrero de 2014) referente al manejo de la lesión medular en estado crónico. Se seleccionó la bibliografía correspondiente a la rehabilitación de miembro inferior, lo que mostró 4 resultados. Se descartó uno de ellos al leer el título puesto que no correspondía al tema seleccionado → **3 ARTÍCULOS INCLUIDOS**

#2. Búsqueda realizada con PubMed

Se introdujeron los términos (((spinal cord injury) AND chronic) AND gait training) AND locomotor training y se limitó a los artículos publicados en los últimos 10 años, lo que mostró 30 resultados. Leyendo el título se descartó 1 artículo al estar duplicado, y 12 porque no correspondían al tema. Se procede a la lectura del abstract de los 17

artículos restantes y se descartaron 8 al no cumplir los criterios de selección establecidos. Se leyeron los 9 artículos seleccionados, descartando 3 de ellos al no centrarse concretamente en las posibilidades de entrenamiento de la marcha y su efectividad en pacientes lesionados medulares → **6 ARTÍCULOS INCLUIDOS**

#3. Búsqueda realizada en *Web of Science*

Se introdujeron las palabras clave (((spinal cord injury) AND chronic) AND gait training) AND locomotor training) en la búsqueda avanzada, lo cual dio un total de 52 resultados. Con el objetivo de refinar la búsqueda, se activaron los filtros de año de publicación (2004-2014), idioma (inglés), área de investigación (“neuroscience”, “neurology” y “rehabilitation”) y tipo de documento (journal), lo cual mostró 43 artículos. Mediante la lectura de los títulos, se descartan 30 al estar duplicados y 12 por no estar relacionados con nuestro tema → **1 ARTÍCULO INCLUIDO**

#4. Búsqueda realizada en *Science Direct*

Mediante la introducción de las palabras clave y la fecha de publicación (últimos 10 años), se obtuvo un total de 522 resultados. Para refinar la búsqueda se activaron los filtros de publicación (Archives of Physical Medicine and Rehabilitation y Experimental Neurology) y tópicos (“spinal cord”, “cord injury”, “incomplete sci”, “locomotor training”, “gait training”), con lo que se redujo a 36 resultados. Leyendo el título se descartaron 5 por estar duplicados y 24 por no estar acorde al tema elegido. Se leyó el abstract de los 7 artículos restantes y se excluyeron 4 al no cumplir los criterios de selección, por lo que se procedió a la lectura de los 3 artículos que quedaban. Se descartan 2 → **1 ARTÍCULO INCLUIDO**

#5. Búsqueda realizada en *CSIC- IME*

Al ser una base de datos perteneciente al Gobierno Español, se utilizaron descriptores en castellano en lugar de en inglés, más concretamente “Lesión medular” y “Marcha”. Esta búsqueda dio 6 resultados, de los cuales se descartaron 2 al ser de una antigüedad mayor a 10 años. Leyendo el título de los 4 artículos restantes se excluyeron 3 al no tratar el tema de entrenamiento de la marcha, y leyendo el abstract se descartó el último artículo al no cumplir los criterios de selección → **NINGÚN ARTÍCULO INCLUIDO**

#6. Búsqueda realizada en *Scopus*

Se realizó la búsqueda de la misma manera que en PubMed, obteniendo 31 resultados. Se descartaron todos al estar duplicados → **NINGÚN ARTÍCULO INCLUIDO**

#7. Búsqueda realizada en *Springer Link*

Mediante la introducción de las palabras clave se obtuvieron 439 artículos. Para refinar la búsqueda se activaron los siguientes filtros: tipo de trabajo (“article”), disciplina

(“biomedic sciences” y “medicine”) y subdisciplina (“biomedic engineering”, “neurology” y “neurosciences”), tras lo cual se obtuvieron 24 resultados. Al leer el título se descartaron 3 por estar duplicados y 19 por no corresponder a nuestro tema. Se procedió a la lectura del abstract de los 2 artículos restantes y se excluyeron al no cumplir los criterios de selección → **NINGÚN ARTÍCULO INCLUIDO**

En la Tabla 1 y la Figura 2 se detalla cómo se ha hecho la selección de artículos.

En resumen, a través de las búsquedas realizadas en las bases de datos mencionadas se obtiene un total de 172 artículos, 70 de los cuales están duplicados.

Mediante la lectura del título de los artículos se descartaron 71 por ser casos clínicos, por ser estudios realizados en niños o en animales, o porque el tratamiento se basaba únicamente en farmacología o estimulación eléctrica en lugar de en el entrenamiento de la marcha.

A continuación se procedió a la lectura del abstract de los 31 artículos que quedaban y se descartaron todos aquellos que no cumpliesen los criterios de selección, por lo que se excluyeron 15 artículos.

Cuando la lectura del abstract no fue suficiente para decidir si se podían incluir en la revisión, se comenzó con la evaluación de los estudios a texto completo, lo cual se realizó en 16 artículos y tras lo cual se excluyeron 5: 1 porque su objetivo era evaluar la fiabilidad de las escalas de valoración en lugar de evaluar el entrenamiento en sí; 1 porque la muestra era muy pequeña; 1 porque trataba de analizar los cambios corticoespinales que se observan tras el entrenamiento de la marcha; 1 porque su objetivo era establecer una relación entre la fuerza muscular previa al entrenamiento y la ejecución de la marcha y otro por no constar en él los resultados obtenidos.

BASE DE DATOS	DUPLICADOS	DESCARTADOS			INCLUIDOS	TOTAL
		TÍTULO	ABSTRACT	ARTÍCULO		
DYNAMED	0	1	0	0	3	4
PUBMED	1	12	8	3	6	30
WEB OF SCIENCE	30	12	0	0	1	43
SCIENCE DIRECT	5	24	4	2	1	36
IME	0	3	1	0	0	4
SCOPUS	31	0	0	0	0	31
SPRINGER LINK	3	19	2	0	0	24
TOTAL	70	71	15	5	11	172

Tabla 1: Número de artículos incluidos, excluidos y duplicados por cada base de datos. Elaboración propia

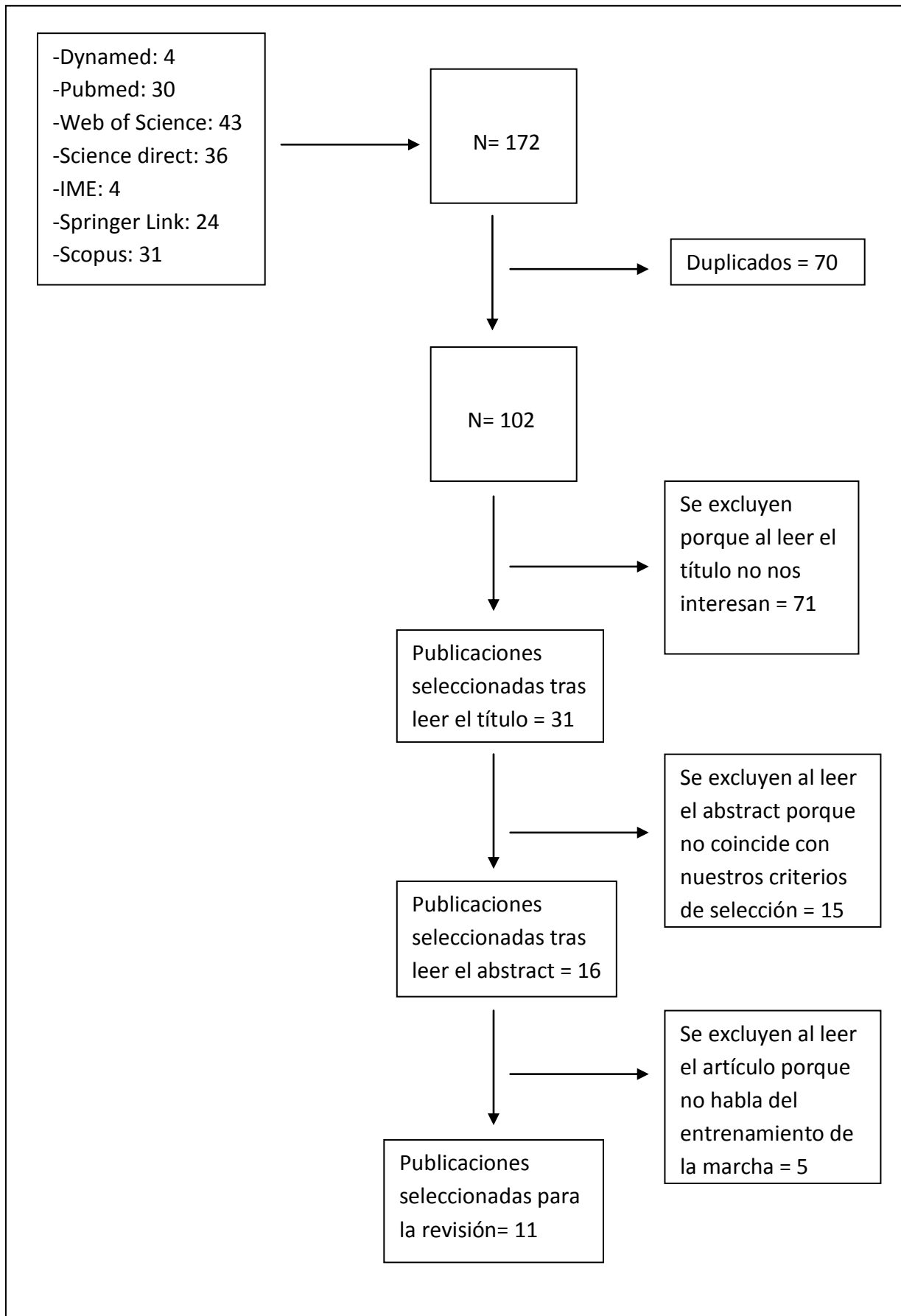


Fig 2. Diagrama de flujo explicando la selección de artículos. Elaboración propia

En total, fueron 11 los artículos incluidos para la revisión, 3 de los cuales eran revisiones sistemáticas para someter a análisis.

Criterios de validez y calidad metodológica

La calidad metodológica de los artículos incluidos en esta revisión se valoró mediante la escala de PEDro (Anexo 1) (17). Se valoran 11 criterios: el primero valora la validez externa, los criterios 2-9 la validez interna, y el 10 – 11 la validez estadística. La puntuación total de esta escala se obtiene mediante la suma de los criterios 2-11, por lo que la puntuación máxima es de 10 puntos. Sólo se puntúa cada criterio si se muestra de forma clara en el estudio. Se clasifica el artículo como de calidad excelente si la puntuación es de 9 o 10; buena calidad de 6 a 8 puntos; moderada de 4 a 5 puntos y de baja calidad si obtiene menos de 4 puntos.

En la Tabla 2 se han reflejado las puntuaciones obtenidas en los artículos incluidos en esta revisión

Medidas de valoración

Tras revisar la metodología de los artículos incluidos en esta revisión, se observó que las medidas de valoración que se utilizaron estaban dirigidas a determinar la velocidad y distancia de deambulación que podían realizar los pacientes y el equilibrio. Las medidas con las que se llevó a cabo la valoración fueron las siguientes:

- **2 min walk test:** valora la capacidad para realizar una marcha funcional. Se mide la distancia que puede llegar a recorrer el paciente en un tiempo de 2 minutos. La medición se hace mediante la captura en video del paciente realizando la prueba, caminando a lo largo de una pista de 24'4 metros con marcas cada 1'5 metros (8).
- **10 m walk test:** valora la velocidad en la que deambula el paciente en corta distancia (10metros) (12, 15).
- **6 m walk test:** Durante la realización del test anterior, se graban en video los 6 metros centrales para recoger los siguientes datos cinemáticos: cadencia, longitud del paso, longitud de la zancada, índice de simetría, coordinación entre ambos miembros y sincronización de la extensión de la rodilla durante el ciclo de movimiento de la cadera (8).
- **AIS:** ASIA Impairment Scale. Escala de valoración neurológica en la lesión medular. Se valoran 4 aspectos (18):
 1. *Exploración motora:* Se exploran 10 músculos clave en decúbito supino, puntuando su balance de 0 a 5 al igual que con la escala de Daniels.

2. *Exploración sensitiva*: Se valora la sensibilidad superficial y profunda en una escala de 0-2 en 28 dermatomas, siendo 0 el valor que se asigna cuando no se sabe discriminar un estímulo, 1 cuando la percepción de ese estímulo está disminuida o alterada y 2 cuando la percepción es normal.
3. *Nivel de lesión*: En función a los datos obtenidos en las dos anteriores exploraciones, se valora el nivel lesional, el cual se define mediante el último segmento medular sano.
4. *Extensión de la lesión*: Se clasifica como completa o incompleta en función a la presencia de actividad motora o sensitiva por debajo del nivel de la lesión. Una lesión completa con preservación parcial se produce cuando se conserva parte de la función motora o sensitiva en los niveles inmediatamente inferiores a la lesión.

Tras valorar estos 4 aspectos, la lesión medular se clasifica de la siguiente manera:

- AIS A. Lesión completa sensitivo- motora
- AIS B. Lesión incompleta sensitiva- motora completa
- AIS C. Lesión incompleta sensitiva- motora no útil
- AIS D. Lesión incompleta sensitiva- motora útil
- AIS E. Normal

- **LEMS**: Lower Extremity Motor Score. Escala que valora la presencia de actividad motora en los segmentos medulares L2- S1. Al igual que en la exploración motora de AIS, se hace el balance muscular de los grupos musculares clave inervados por las raíces L2- S1. Cada grupo muscular obtiene una puntuación de 0 a 5, siendo 50 la máxima puntuación. (14)
- **Test Tinetti**: Test que valora la marcha (12 puntos) y el equilibrio (16 puntos) con el objetivo de detectar el riesgo potencial de caída en el anciano. A mayor puntuación obtenida, menor riesgo de caída. La puntuación máxima es de 28 puntos, 19-24 indica riesgo de caída y <19, alto riesgo de caída (19).
- **FIM motor component**: Functional independence measure. Sirve para medir la capacidad de independencia del paciente para realizar las actividades de la vida diaria. La amplitud de esta escala varía de 18 a 126 puntos de manera que cuanto más baja sea la puntuación, peor es el nivel funcional del paciente (20).
- **Berg Balance Scale**: Escala de 14 ítems diseñada para evaluar el equilibrio en adultos mayores. Cada uno de los ítems se corresponde a diferentes tareas

funcionales, y se valora con una puntuación de 0-4, siendo 56 la mayor puntuación (21).

- **WISCI-II:** Walking Index for Spinal Cord Injury II. Escala para evaluar en ensayos clínicos la habilidad de deambulación exclusivamente en pacientes con lesión medular. Valora la ayuda física, asistiva u ortésica requerida para caminar 10 metros (22).
- **Timed Up and Go:** Test que se utiliza para evaluar la movilidad y que requiere equilibrio tanto estático como dinámico. Para llevar a cabo el test, el paciente tiene que levantarse de una silla, caminar 3 metros, dar la vuelta y volver a sentarse, mientras que el evaluador mide el tiempo que necesita (>20 segundos requiere asistencia, >30 segundos tiene riesgo de caída) (23).
- **EAM:** Escala de Asworth modificada. Escala clínica de valoración subjetiva que mide la espasticidad (grado de resistencia al estiramiento pasivo dependiente de la velocidad) (24)

Principales resultados a alcanzar

Mediante esta revisión de la literatura se espera conocer qué tipo de entrenamiento es más efectivo en pacientes con lesión medular crónica. Esta intervención no se considerará efectiva solamente por factores como aumento de velocidad, distancia y equilibrio necesario para la ejecución de la marcha, puesto que habrá pacientes que no llegarán a deambular; se considerará efectivo si consiguen una mejor capacidad para la realización de las AVD, mayor control de tronco, disminución de la espasticidad, menor dependencia respecto a los cuidadores, mayor capacidad para realizar las transferencias y una mejora en la calidad de vida.

También se espera resolver otras cuestiones como qué tipo de pacientes son más sensibles a cada tipo de entrenamiento, si existen protocolos estandarizados o si se ha demostrado eficacia también en lesiones medulares completas.

De esta manera se ampliará el conocimiento referente a este tema y se podrá aplicar posteriormente a pacientes de estas características en la práctica clínica.

	Field- Fote et al(8)	Buehner et al (9)	Harkema et al (10)	Nooijen et al(12)	Field- Fote et al(13)	Wirz et al (14)	Alexeeva et al (15)	Benito Penalva et al (16)
Criterios de selección	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Aleatorización de selección	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Asignación oculta	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Compara datos basales	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI
Ciego participantes	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Ciego de clínicos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Ciego de evaluadores	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO
Adecuado seguimiento	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Análisis de intención de tratar	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Análisis entre grupos	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Medidas puntuales y variabilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Puntuación validez externa	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
Puntuación validez interna	4/8	1/8	2/8	2/8	2/8	0/8	5/8	1/8
Puntuación validez estadística	2/2	1/2	2/2	2/2	2/2	1/2	2/2	2/2
PEDro score	6/10	2/10	4/10	4/10	4/10	1/10	7/10	3/10

Tabla 2: Valoración de la calidad metodológica de los artículos incluidos en esta revisión mediante la escala PEDro. Elaboración propia

RESULTADOS

Antes de comenzar a analizar los resultados de los artículos seleccionados, se analiza la bibliografía de las revisiones sistemáticas encontradas para ver si hay algún artículo de interés para completar este trabajo.

Morawietz C, Moffat F (2)

Esta revisión sistemática realizó una búsqueda de artículos en las bases de datos Allied and Complementary Medicine Database, Cumulative Index to Nursing and Allied Literature, Cochrane Database of Systematic Reviews, MEDLINE, PEDro y PubMed.

Se incluyeron ensayos controlados aleatorios que evaluaran el entrenamiento locomotor después de lesión medular incompleta en adultos. Se identificaron 8656 artículos, de los cuales 8 se incluyen en la revisión por ser los que se ajustan a los criterios de selección y han obtenido una puntuación mayor de 4 en la escala de PEDro. Se procede al análisis de esos 8 artículos.

Se descartan:

- **Postans et al (2004)** porque se lleva a cabo en lesionados medulares en fase aguda y su objetivo es analizar la efectividad de la estimulación eléctrica funcional, no el entrenamiento de la marcha en sí.
- **Dobkin et al (2006)**: porque se lleva a cabo en lesionados medulares en estado agudo.
- **Dobkin et al (2007)**: porque el entrenamiento se realiza en las 12 primeras semanas tras la lesión.
- **Lucareli et al (2011)**: porque su objetivo es hacer un análisis cualitativo de la marcha en lesionados medulares, no analizar los métodos de entrenamiento.
- **Alcobendas- Maestro et al (2012)**: porque se realiza entre los primeros 3- 6 meses tras la lesión.

Por tanto, los artículos que interesan para esta revisión son los estudios de Field- Fote et al (3), Nooijen et al (7), Field- Fote et al (8) y Alexeeva et al (10), los cuales ya estaban incluidos porque se habían localizado previamente en las otras bases de datos.

Mehrholz et al (7)

Para la realización de esta revisión sistemática los investigadores hicieron la búsqueda de artículos en relación al entrenamiento locomotor en pacientes con lesión medular en las bases de datos Cochrane Central Register of Controlled Trials, MEDLINE, EMBASE, CINAHL, Allied and Complementary Medicine Database, SPORTDiscus, PEDro, COMPENDEX, INSPEC, PubMed e ISI Web of Knowledge.

Tras la búsqueda, los investigadores encontraron un total de 1251 artículos, de los cuales 5 se incluyeron en la revisión. Se procede al análisis de estos 5 artículos.

Se descartan:

- **Postans et al (2004)**
- **Dobkin et al (2006)**
- **Hornby et al (2007):** porque el estudio sólo se realiza en pacientes lesionados medulares en estado subagudo.

Por lo tanto, los artículos que interesar para esta revisión son Alexeeva et al (10) y Field- Fote et al (3), los cuales ya se habían incluido porque se habían identificado tanto en otras bases de datos como en la revisión de Morawietz y Moffat (1).

Swinnen et al (11)

Para llevar a cabo la realización de esta revisión sistemática, los investigadores realizaron la búsqueda en las bases de datos MEDLINE, Web of Knowledge, Cochrane Library, PEDro y DAREnet.

De los 722 artículos encontrados, 6 se identificaron como válidos para realizar la revisión. Se analizan las características de estos 6 artículos para ver si se podían incluir en esta revisión.

Se descartan:

- **Hornby et al (2007)**
- **Freigovel et al (2008):** porque no aborda específicamente la lesión medular, sino la patología neurológica en general.
- **Winchester et al (2005):** porque no habla de la efectividad del entrenamiento de la marcha, sino de los cambios fisiológicos que se producen tras dicho entrenamiento
- **Hornby et al (2005):** porque el número de participantes no llegaba a 20.

Los artículos que podrían interesar para la realización de esta revisión son Field- Fote et al (8) y Wirz et al (9), los cuales ya se habían identificado tanto en las revisiones de Morawietz et al (1), Mehrholz et al (2) como en otras bases de datos.

A continuación se muestran las Tablas 3, 4 y 5, donde se exponen los datos más relevantes extraídos de cada artículo:

AUTOR	DISEÑO	OBJETIVO	CRITERIOS DE SELECCIÓN
Field- Fote et al (8)	Ensayo controlado aleatorio	Comparar las mejoras en velocidad y distancia durante la marcha tras la aplicación de 4 enfoques diferentes de entrenamiento	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lesión medular crónica (>1 año) -ASIA C o D -Lesión por encima de T10 -Capacidad para dar como mínimo un paso con una pierna -Capacidad para pasar de sedestación a bipedestación con ayuda moderada como máximo <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Problemas ortopédicos -Patología cardíaca -Patología de cadera
Buehner et al (9)	Cohorte prospectiva	Determinar los efectos del entrenamiento locomotor en: (1) la clasificación de la lesión según ISNCSCI; (2) velocidad y distancia de la marcha; (3) equilibrio; (4) velocidad funcional de la marcha	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tener datos completos de la mejora funcional y mejora en descarga -ASIA C o D -Lesión en estado crónico <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Que el número de sesiones sea <15 -Edad <17 -Lesiones motoras completas -Lesión por debajo de T11 -Pacientes cuya clasificación ASIA al inicio del tratamiento no estuviese establecida -Pacientes con ventilador -Pacientes con heridas abiertas
Harkema	Cohorte	Evaluar los efectos del entrenamiento locomotor	-Lesión medular no progresiva

<p>et al (10)</p>	<p>prospectiva</p>	<p>intensivo en el equilibrio y la función ambulatoria en descarga durante la rehabilitación en lesión medular incompleta</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Lesión por encima de T11 -No participación simultanea en otro programa de entrenamiento -No haber tomado medicación para la espasticidad en los últimos 3 meses -Algo de movimiento en extremidades inferiores o contracción visible -Capacidad para generar patrón de marcha alternando flexión y extensión de manera recíproca en miembros inferiores -Referencia por parte de un fisioterapeuta -Haber recibido un mínimo de 20 sesiones de entrenamiento
<p>Nooijen et al (12)</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>Comparar los cambios que se producen en la calidad de la marcha asociados a cuatro diferentes modalidades de entrenamiento locomotor con sistema de soporte de peso corporal en pacientes con lesión medular crónica e incompleta, e identificar cómo cambian los parámetros de marcha respecto a las personas no discapacitadas</p>	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lesión medular crónica (>1 año) -Capacidad para pasar de sedestación a bipedestación con un máximo de 50% de asistencia -Capacidad de deambular con asistencia -Lesión medular por encima de T12 (en el caso de que el nivel lesional estuviese por debajo de T12, se incluían en el caso de que la motoneurona inferior estuviese intacta, lo cual se confirmaba si había respuesta refleja en cuádriceps, tibial anterior y sóleo) -Recomendación médica <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Problemas ortopédicos -Antecedentes de patología cardíaca

			-Patología de cadera
Field- Fote et al (13)	Ensayo controlado aleatorio	Comparar las mejoras asociadas a las diferentes modalidades de entrenamiento	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lesión medular crónica (>1 año) -Nivel lesional por encima de T10 -Habilidad de realizar como mínimo un paso con una pierna -Capacidad para pasar de sedestación a bipedestación con un máximo de 50% de asistencia -Recomendación médica <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Problemas ortopédicos -Antecedentes de patología cardíaca -Patología de cadera
Wirz et al (14)	Ensayo cuasi-experimental	Determinar qué tipo de entrenamiento locomotor con ortesis automática para la marcha puede aumentar la movilidad funcional en personas con lesión medular crónica e incompleta	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lesión medular crónica (>2 años) -No participar en otro programa de entrenamiento -Capacidad para mantener estable la dosis de medicación antiespástica a lo largo del entrenamiento -Edad entre 16 y 65 años -Capacidad de poder cargar el peso en extremidades inferiores (bipedestación o marcha) -Autorización médica <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Enfermedad severa diagnosticada -Infección de las vías urinarias u otras infecciones -Enfermedad tromboembólica -Osteoporosis significativa (presencia de fractura)

			<ul style="list-style-type: none"> -Contracturas severas de miembros inferiores -Espasticidad en miembros inferiores que pueda limitar el ROM funcional durante el entrenamiento de la marcha -Patología pulmonar significativa (obstructiva o restrictiva) -Intolerancia a la bipedestación durante 45 minutos -Limitaciones antropométricas para el uso de la ortesis automática de la marcha (fémur de <35cm o >47cm, peso >150 kg)
Alexeeva et al (15)	Ensayo controlado aleatorio	Comparar el entrenamiento de la marcha mediante dos tipos de dispositivos (sistema de soporte de peso corporal en una guía fija o en una cinta de correr) con fisioterapia intensiva para mejorar la velocidad de la marcha en personas con lesión medular crónica e incompleta	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Edad entre 16 y 70 años -Nivel lesional por encima de T10 -Más de un año de evolución de la lesión -Que presente movimiento voluntario en un miembro inferior al menos -Capacidad para pasar de sedestación a bipedestación con un máximo de asistencia moderada -Poder avanzar independientemente al menos un miembro inferior -Mantener su rutina habitual (en cuanto a la actividad y a la medicación) durante el periodo de entrenamiento) -Recomendación médica <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mielopatía degenerativa

			<ul style="list-style-type: none"> -Neoplasia -Anomalías medulares congénitas -Haber recibido previamente entrenamiento de la marcha con sistema de soporte de peso corporal -Uso de ortesis rodilla- tobillo- pie bilateral para la bipedestación -Capacidad para trotar o correr
Benito-Penalva et al (16)	Estudio longitudinal prospectivo	Informar sobre las mejoras clínicas en la lesión medular crónica tras el entrenamiento intensivo de la marcha con sistemas electromecánicos adaptados a las características de los pacientes	<p>INCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pacientes con lesión medular incompleta (ASIA C o D) -Pacientes con lesión medular completa (ASIA A o B) que presentasen algo de movimiento voluntario en flexores de cadera o extensores de rodilla (L2 y L3) -Pacientes mayores de 18 años -Capacidad para mantenerse en bipedestación sin uso de ortesis <p>EXCLUSIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> -Inestabilidad cardiorrespiratoria -Ulceras de presión que interfieran con los componentes mecánicos de los dispositivos para la marcha -Espasticidad severa (Asworth ≥ 3) -Contracturas severas en miembros inferiores -Peso corporal >115kg

Tabla 3: Diseño, objetivos y criterios de selección de los artículos incluidos. Elaboración propia.

AUTOR	Nº PACIENTES	EDAD (años)	RATIO HOMBRE/MUJER	TIEMPO DESDE LA LESIÓN (años)	NIVEL LESIONAL	GRADO LESIONAL
Field- Fote et al (8)	74	41.25	No disponible	≥ 1 año	Por encima de T10	ASIA C, ASIA D
Buehner et al (9)	225	42.5± 15.9	167/58	2.45±3.79	Tetraplejia (n=166), paraplejia (n=59)	ASIA C (n=57), ASIA D (n=167)
Harkema et al (10)	196	41±15	148/48	<1 año (n=101), 1-3 años (n=43), ≥3 años (n=52)	Tetraplejia (n=138), paraplejia (n=58)	ASIA C (n=66), ASIA D (n=130)
Nooijen et al (12)	51	40.89	40/11	6.03	Tetraplejia (n=31), paraplejia (n=20)	ASIA C, ASIA D
Field- Fote et al (13)	27	43.18 (21-64)	22/5	6 (1-23.4)	Tetraplejia (n=20), paraplejia (n=7)	ASIA C, ASIA D
Wirz et al (14)	20	No disponible	18/2	5.65	Tetraplejia (n=11), paraplejia (n=9)	ASIA C (n=9), ASIA D (n=11)
Alexeeva et al (15)	35	38.51 (19-63)	30/5	7 (1- 37)	Tetraplejia (n=23), paraplejia (n=12)	ASIA C (n=8), ASIA D (n=27)
Benito-Penalva et al (16)	105	45	71/34	<0'5 (n=81), 0'5-1 (n=8), >1 (n= 16)	Tetraplejia (n= 45), paraplejia (n= 60)	ASIA A y B (n=11), ASIA C (n= 44), ASIA D (n=50)

Tabla 4: Datos demográficos de los pacientes que participaron en los estudios. Elaboración propia

AUTOR	MEDIDAS	INTERVENCIÓN	FRECUENCIA DE ENTRENAMIENTO	DURACIÓN DE ENTRENAMIENTO	Nº DE SESIONES	SEGUIMIENTO
Field-Fote et al (8)	-2 min walk test -6 m walk test -LEMS	1- SPC con cinta de correr y asistencia manual (n=17) 2- SPC con cinta de correr y estimulación eléctrica funcional (n=18) 3- SPC y estimulación eléctrica funcional en suelo (n=15) 4- SPC en cinta de correr con robot locomotor (n= 14)	-5 sesiones por semana -12 semanas	60 minutos	Potencial: 60 -Media: 49 -Rango: 27- 58	Se realizó una re-evaluación 6 meses después de acabar el entrenamiento en 10 de los pacientes que mostraron mejoría
Buehner et al (9)	-10 m walk test -6 min walk test -Berg Balance	Protocolo de NRN Locomotor Training Program: -SPC en cinta de correr	-5 sesiones por semana en pacientes sin habilidad para deambular -4 sesiones por semana en pacientes que deambulen pero con asistencia	60 minutos	-Media: 50	No

	Scale -LEMS -AIS	-SPC en suelo	pronunciada -3 sesiones por semana en pacientes que deambulen independientemente con ayuda moderada			
Harkema et al (10)	-10 m walk test -6 min walk test -Berg Balance Scale	Protocolo de NRN Locomotor Training Program: -SPC en cinta de correr -SPC en suelo	-Media: 2 sesiones cada día de entrenamiento	-60 minutos de entrenamiento en cinta de correr -30 minutos de entrenamiento en suelo	-Media: 47 -Rango: 20- 251	Se realizó una media de 4 re-evaluaciones por cada paciente una vez finalizada la intervención
Nooijen et al (12)	-10 m walk test con análisis cinemático de la marcha	1-SPC en cinta de correr con asistencia manual (n = 13) 2-SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional (n=15) 3- SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional (n=11)	-5 sesiones por semana -12 semanas	-60 minutos	-Media: 50 -Rango: 30- 58	No

		4-SPC en cinta de correr con robot locomotor (n= 12)				
Field-Fote et al (13)	-2 min walk test -6 m walk test -LEMS	1- SPC en cinta de correr con asistencia manual (n= 7) 2- SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional (n= 7) 3- SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional (n= 7) 4- SPC en cinta de correr con robot locomotor(n=6)	-5 sesiones por semana -12 semanas	60 minutos	Potencial: 60 -Media: 44'5 -Rango: 27- 54	No
Wirz et al (14)	-10 m walk test -6 min walk test	SPC en cinta de correr con robot locomotor	-De 3 a 5 veces por semana -8 semanas	-45 minutos	-Media: 26 -Rango: 24-37	No

	-Timed Up and Go -WISCI II -LEMS					
Alexeeva et al (15)	-10 m walk test -Test de Tinetti -LEMS -FIM Motor Component	1- SPC en cinta de correr (n=9) 2-SPC sobre una pista (n=14) 3- Fisioterapia convencional (n=12)	-3 sesiones por semana -13 semanas	-60 minutos	Potencial: 39 -Media: 39	No
Benito-Penalva et al (16)	-LEMS -WISCI II -10 m walk test	1- SPC en cinta de correr con robot locomotor(n=39) 2- SPC con Gait Trainer GT I (n=66)	-5 sesiones por semana -8 semanas	-65 minutos	Potencial: 40	No

Tabla 5: Datos sobre las medidas tomadas, características de las intervenciones y seguimiento de los pacientes de los artículos incluidos. Elaboración propia

Todos los test que valoraban la distancia y velocidad se realizaron antes y después del entrenamiento, sin SPC y con los dispositivos asistivos u ortésicos que necesitasen los pacientes. Las instrucciones que se daban para la realización de los test, eran “camina tan rápido como puedas”, independientemente del tiempo que durase la prueba, pues los periodos de descanso estaban permitidos. La sensación de disnea se valoraba con la escala de Borg, siendo el valor 13 (sensación de disnea moderada) la máxima a la que debían llegar los pacientes.

Efectos de la intervención

-Field- Fote et al (8)

- **Velocidad:** En conjunto, se produce una mejora significativa en las 4 modalidades de entrenamiento ($P<.0001$). Sin embargo, analizando por separado las diferentes modalidades, se observa que la mejora significativa se produce en los pacientes que realizan el entrenamiento con SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional (mejora de 0'09 m/s), SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional (mejora de 0'05 m/s) y SPC en cinta de correr (mejora de 0'04 m/s). No sucede de la misma manera en el entrenamiento con SPC en cinta de correr y robot locomotor, cuya mejora es de 0'01 m/s.
- **Distancia:** Al igual que en el parámetro de velocidad, hay una mejora significativa en las 4 modalidades de entrenamiento ($P<.0001$). Analizando por separado los tipos de entrenamiento, vemos que la mejora significativa se produce en el entrenamiento con SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional y SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional (diferencia de 14'2 m y 3'8 m respectivamente). No sucede de la misma manera con el entrenamiento de SPC en cinta de correr con asistencia manual y con SPC en cinta de correr con robot locomotor, cuyas mejoras son de 0'8 y 1'2 respectivamente.
- **LEMS:** Los valores de esta escala aumentaron entre un 8% y un 13% en los 4 grupos de entrenamiento. No se vieron diferencias entre los grupos y en las medidas del miembro inferior izquierdo y el miembro inferior derecho.
- **En general:** los pacientes con menor afectación obtuvieron mejores respuestas tanto en velocidad como en distancia con el entrenamiento con SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional. Los pacientes con mayor afectación obtuvieron mejores respuestas en velocidad con el SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional, y en distancia con el SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional.

-Buehner et al (9)

- **Modificaciones en la clasificación AIS después del entrenamiento locomotor:** se produjeron independientemente del nivel lesional del paciente, puesto que tetraplégicos y parapléjicos recibieron un número y duración de sesiones similar. El 28'1% de los pacientes de este estudio clasificados como AIS C evolucionaron a AIS D. Un 2% de los pacientes involucionó de AIS D a AIS C.
- **Cambios generales en la funcionalidad después del entrenamiento locomotor:** Se han observado mejoras en velocidad (72%), distancia (74%) y equilibrio (43%). Debido a la mayor proporción de pacientes AIS D en la muestra, sus valores se aproximaban más a los resultados generales comparando con los pacientes clasificados como AIS C. Sin embargo, fueron estos segundos los que experimentaron una mayor mejoría.
- **Relación de LEMS con velocidad, marcha y equilibrio:** Tras el entrenamiento locomotor se produce una mejora de 21% del LEMS. En pacientes AIS C, no hay una correlación entre el LEMS inicial y la mejora de estos 3 parámetros, puesto que hay pacientes con un LEMS inicial bajo que experimentan una gran mejoría, y otros que tienen un LEMS inicial alto y no experimentan cambios. Sin embargo, sí que se ha visto una sutil correlación entre el LEMS inicial y la mejora en los 3 parámetros en el caso de los pacientes AIS D.

-Harkema et al (10)

- **Habilidad funcional al inicio del tratamiento:** Los pacientes clasificados como AIS C tenían un mayor riesgo de caída (menor puntuación en la Berg Balance Scale) comparados con pacientes AIS D ($P<.0001$). En relación a los test de distancia y velocidad, la mayoría de los pacientes AIS C no eran capaces de concluir los test sin asistencia, mientras que los pacientes AIS D sí que podían.
- **Mejora funcional después del tratamiento:** El 57% de los pacientes de esta muestra experimentaron mejoras en las 3 medidas (distancia, velocidad y equilibrio); el 87% experimentaron mejoras en al menos una de las 3 medidas; el 83% mejoraron o se mantuvieron estables en las 3 medidas, y el 99% mejoraron o se mantuvieron estables en al menos una de las medidas. Respecto al equilibrio, las mejoras fueron significativas tanto en pacientes AIS C como AIS D, pero también había una diferencia significativa entre ambos grupos. Un 11% de pacientes AIS C y 37% de pacientes AIS D con riesgo de caída mejoraron su puntuación en la Berg Balance Scale hasta clasificarlos como mínimo riesgo de caída. En cuanto a los test de distancia y velocidad

ambos parámetros mejoraron significativamente, pero las diferencias entre AIS C y AIS D también eran significativas.

- **Relación entre el tiempo transcurrido desde la lesión, la habilidad funcional y la mejora funcional:** Las mejoras en los parámetros de velocidad, distancia y equilibrio eran significativamente diferentes entre pacientes con distinta cronicidad, pero las mejoras fueron significativas para ambos grupos, indicando que a pesar de que los pacientes con mayor cronicidad mejoren poco, se trata de una mejora significativa.
- **Pacientes que no experimentan mejoría:** El 12% de los pacientes (n=24) de la muestra no experimentaron mejoría. En este estudio se establece que la falta de respuesta se produce cuando no hay mejora o hay un empeoramiento en las tres variables medidas. La mayoría de los pacientes que no mostraron mejoría en este estudio eran pacientes no ambulantes al inicio del entrenamiento (n=22), de clasificación AIS C (n=19) y con lesión medular a nivel cervical (n=10) o torácico (n=12).

-Nooijen et al (12)

- **Calidad de la marcha:** Se valoró la calidad de la marcha analizando datos cinemáticos con una videocámara durante el 10 m walk test, comparando las 4 modalidades de entrenamiento. No se encontraron diferencias significativas entre las mejoras que producían las diferentes modalidades, pero sí que se observó que las mejoras más importantes se producían en la cadencia, en la longitud de la zancada y en la longitud del paso. Estas mejoras se vieron tanto en el miembro inferior débil como en el fuerte, siendo la mejora más evidente en el débil.
- **Pasos por minuto:** Tras el entrenamiento, todos los grupos eran capaces de realizar más pasos por minuto. Las diferencias fueron las siguientes: SPC en cinta de correr con asistencia manual 2'3 pasos/minuto; SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional 3'9 pasos/minuto; SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional 5 pasos/minuto, y SPC en cinta de correr con robot locomotor 1'5 pasos/minuto.
- **Longitud del paso y de la zancada:** La única modalidad de entrenamiento cuyas mejoras no eran significativas, era SPC en cinta de correr con robot locomotor, puesto que no había una diferencia mayor a 0'01m entre las medidas tomadas antes y después de la intervención. El entrenamiento con SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional produjo mejoras en la

longitud del paso de la pierna fuerte (diferencia de 0'11m) y en la longitud de la zancada de la pierna débil (diferencia de 0'16m). El entrenamiento con SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional produjo mejoras en la longitud de paso de la pierna débil (diferencia de 0'12m).

-Field- Fote et al (13):

- **Velocidad de marcha:** Tras el entrenamiento se pudo ver un 55% de mejora en la velocidad asociada a cortas distancias, y a un 37% de mejora en velocidad asociada a largas distancias.

En los grupo de pacientes que realizaron el entrenamiento con SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional y con SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional, se pudieron ver mejoras significativas ($P= 0'02$ y $P=0'008$ respectivamente). Estas diferencias no se vieron en los grupos de SPC en cinta de correr con asistencia manual ($P=0'09$) y SPC en cinta de correr con robot locomotor ($P=0'47$).

Hay una notable diferencia entre los pacientes que tenían una mayor o menor velocidad inicial: los pacientes con menor velocidad inicial experimentaron una mejoría del 85%, mientras que los pacientes con mayor velocidad inicial experimentaron una mejoría del 9'2%.

Hay una correlación positiva entre el LEMS inicial y la velocidad inicial ($P=0'05$).

- **Longitud y simetría del paso:** Los grupos de pacientes que entrenaron con SPC en cinta de correr con asistencia manual, SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional y SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional experimentaron un aumento en la longitud del paso tanto en la pierna fuerte (11%, 20% y 30% respectivamente) como en la débil (24%, 22% y 27% respectivamente).

En el entrenamiento con SPC en cinta de correr con robot locomotor, en cambio, hubo una disminución de la longitud del paso del 1% en la pierna fuerte y 22% en la pierna débil. Sin embargo, cabe decir que el mayor porcentaje de mejoría en la simetría del paso se produjo también en esta modalidad (24%).

-Wirz et al (14):

- **WISCI II:** Sólo 2 sujetos experimentaron un aumento en la puntuación de esta escala. Uno de ellos era capaz de deambular con dos muletas antes del entrenamiento, y después de finalizarlo podía caminar con sólo un bastón, por lo que su puntuación subió de 12 a 15 puntos; el otro paciente usaba un bastón antes del entrenamiento, y tras finalizarlo no necesitaba ayudas asistivas, por lo que su puntuación subió de 19 a 20. Todos los pacientes que no fueran capaces de deambular antes del entrenamiento, tampoco lo hicieron una vez finalizado.

- **Velocidad (10 m walk test):** Los pacientes experimentaron una mejora significativa en la velocidad de la marcha tras el entrenamiento ($P < .001$, 56%). Una vez iniciado el entrenamiento, se realizaron 2 mediciones, una a mitad de tratamiento (4ª semana) y otra al final del tratamiento (8ª semana), no encontrando diferencias significativas en el ritmo de mejora entre ambos periodos ($P = 0.79$).
- **Distancia (6 min walkt test):** 15 sujetos mejoraron su distancia de marcha en un 53%. Al igual que con la velocidad, tanto en las primeras 4 semanas como en las 4 siguientes, sin encontrar diferencias significativas en el ritmo de mejora de ambos periodos.
- **Timed Up and Go:** Hubo mejoras en el test en todos los pacientes con capacidad deambulatoria excepto dos. La media de disminución de tiempo para realizar el test fue de 25 segundos, produciéndose la disminución más notable en las primeras 4 semanas.
- **LEMS:** Las mejoras significativas se producen entre la 4ª y la 8ª semana (la puntuación de LEMS aumenta 2.5 puntos) ($P = .016$). En 9 de los pacientes con capacidad de deambulación, el aumento en la puntuación de LEMS no estaba correlacionado con las mejoras en los test anteriores.
- **EAM:** Los cambios en esta escala no se correlacionaban con los cambios en las medidas anteriores ($P = .27$)
- **En general,** los pacientes con una menor velocidad inicial experimentaron una mayor mejoría en el 10 m walk test y en el 6 min walk test, pero no en el Timed Up and Go.

-Alexeeva et al (15):

- **Velocidad:** No había diferencias significativas entre los 3 grupos antes del entrenamiento. Todos los sujetos (independientemente del entrenamiento recibido) obtuvieron mejoras una vez terminado el tratamiento ($P < .0001$), y no había diferencias significativas en la cantidad de mejora entre los grupos. 25 pacientes no eran capaces de caminar a la velocidad mínima para caminar en comunidad (0.4 m/s). 8 de estos pacientes llegaron a esta velocidad, y 6 de ellos eran dependientes de la silla de ruedas antes del entrenamiento. Estos pacientes entrenaban en las diferentes modalidades de entrenamiento. 2 pacientes mostraron una mejora mínima; una paciente tenía una velocidad inicial de 0 m/s porque no era capaz de realizar ningún paso, pero al finalizar el

tratamiento podía dar 10 pasos en el suelo sin asistencia y sin SPC. 3 pacientes experimentaron un empeoramiento en la velocidad, dos de ellos porque tuvieron una exacerbación de la espasticidad que no les permitía entrenar correctamente, y otro porque prefería mejorar la simetría de la marcha, lo que hacía que deambulase más lentamente

- **Equilibrio:** No había diferencias significativas entre los grupos antes de iniciar el entrenamiento. Se observaron mejoras significativas tanto en el grupo de fisioterapia convencional como en el grupo de SPC sobre una pista ($P < 0'001$ y $P < 0'01$ respectivamente). No sucedió así en el grupo de SPC en cinta de correr ($P = 0'23$).
- **Fuerza:** No había diferencias significativas entre los grupos antes de iniciar el tratamiento. La mayoría de los pacientes experimentaron una mejoría tras el entrenamiento de entre 6% y 9% ($P < 0'05$ en los tres grupos). La musculatura de los miembros inferiores era significativamente más fuerte en pacientes que ya tuviesen la capacidad de deambular antes del entrenamiento (LEMS 37'3) comparando con los pacientes que no tuviesen esa capacidad (LEMS 27'8). Sin embargo, la mejora significativa se produjo tanto en pacientes con habilidad deambulatoria como en dependientes de la silla de ruedas (42'8 y 30'9 respectivamente).

-Benito- Penalva et al (16):

- **Sistemas electromecánicos y la mejora clínica:** Los participantes de este estudio experimentaron una mejoría significativa en las escalas de LEMS, WISCI II y 10 m walk test independientemente del sistema electromecánico con el que hubiesen entrenado.
- **Clasificación AIS y la mejora clínica:** Los pacientes clasificados como AIS C obtuvieron una mayor mejoría en la escala LEMS comparando con los pacientes AIS A y B ($P = ,012$) y D ($P = ,064$). Para la escala WISCI II, en cambio, los pacientes AIS D presentaron una mayor mejoría, al igual que con el 10 m walk test.
- **Tiempo transcurrido desde la lesión y la mejora clínica:** los pacientes con menor cronicidad fueron los que presentaron una mayor mejoría en las tres medidas de valoración utilizadas en este estudio.
- **Etiología de la lesión, nivel lesional, sexo, edad y la mejora clínica:** No hay correlación entre estas características de los pacientes y la mejora clínica.

DISCUSIÓN

Aunque a día de hoy existe evidencia científica respecto a la efectividad del entrenamiento locomotor en pacientes con LM incompleta, no está del todo claro qué tipo de entrenamiento es más efectivo en general y en función al nivel y grado lesional. Tampoco hay evidencia de que dicho entrenamiento genere mejorías en pacientes con LM completa.

La hipótesis que se plantea en esta revisión es que mediante el diseño de un protocolo de entrenamiento estandarizado se obtendrían mejores resultados en la recuperación de la marcha. Para poder resolver esta hipótesis, era necesario resolver las dudas arriba planteadas, por lo que no había que olvidar que el objetivo principal de esta revisión era conocer la efectividad de los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha con SPC.

Una vez estudiados los resultados obtenidos en cada estudio incluido en esta revisión, se observa lo siguiente:

Para determinar la efectividad de los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha, tenemos que observar las mejoras que se producen en los parámetros medidos, como lo son el equilibrio, la velocidad y la distancia.

En cambio, no se ha encontrado una correlación entre el aumento de puntuación en la escala de LEMS (que mide el parámetro de la fuerza de la extremidad inferior) y la recuperación de la marcha (8, 14). Por tanto, la fuerza no tiene un valor predictivo en la recuperación de la marcha.

Considerando estas dos ideas, se establece qué es la efectividad y se puede analizar la efectividad de los diferentes tipos de entrenamiento de la marcha con SPC.

El entrenamiento de la marcha asociado a SPC en suelo con estimulación eléctrica funcional produce mejoras significativas tanto en velocidad como en distancia comparándolo con las otras modalidades de entrenamiento. Cabe decir que valorando a nivel global los pacientes más afectados y los que menos, la mejora más significativa se producía tras el entrenamiento con dicha modalidad, a pesar de que el mayor índice de pacientes más afectados estaba en el grupo de SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional. Esto se debe a que el entrenamiento con SPC en suelo tiene una mayor demanda para realizar esfuerzo voluntario para iniciar la marcha y continuar la progresión (8).

En el caso de que el paciente tenga una afectación considerable, el método de entrenamiento con el cual se ha evidenciado que experimentará una mejora es con el SPC en cinta de correr con estimulación eléctrica funcional. Mediante la estimulación eléctrica funcional se estimula el nervio peroneo; de esta manera, se le asiste al paciente para llevar a cabo la dorsiflexión de tobillo a la vez que recibe el input aferente por parte de la cinta de correr, el cual se dirige a los circuitos medulares.

En los estudios de Buehner y Harkema (9, 10) la intervención que se realiza es un protocolo de entrenamiento estandarizado que viene dado por la NRN. Dicho entrenamiento ha producido mejoras tanto en el equilibrio como en la velocidad y distancia durante la marcha. La efectividad de este protocolo viene dada por su contenido, ya que tiene 3 componentes: (1) 60 minutos de entrenamiento con SPC en cinta de correr con asistencia manual, (2) 30 minutos de entrenamiento con SPC en suelo y (3) integración en la comunidad. De esta manera, con el primer componente se reproducen los movimientos de manera correcta, por lo que se obtiene un aprendizaje motor apropiado; con el segundo, se fomenta la participación activa del paciente y recibe una experiencia más similar a la realidad; y con el tercero, se aplica lo aprendido a la vida diaria. Por tanto, el diseño de este protocolo de entrenamiento ha sido efectivo a la hora de incrementar la funcionalidad de la marcha del paciente.

En el estudio de Benito- Penalva (16) se pudo observar en los resultados que las lesiones completas mostraron mejoría tras el entrenamiento en las escalas de LEMS, 10 m walk test, WISCI II. Sin embargo, el aumento en la puntuación de dichas escalas se debe a la potenciación de la musculatura preservada, puesto que los lesionados medulares AIS A y B que se incluyeron en este artículo tenían que cumplir la condición de presentar algo de función en extremidades inferiores (su nivel lesional se situaba a la altura de L2- L3). Esto se contradice con el fundamento de la neuroplasticidad en el entrenamiento locomotor, puesto que en vez de activar los circuitos medulares de los niveles por debajo de la lesión mediante input aferentes, lo que se ha hecho es potenciar las estructuras preservadas de manera compensatoria, para minimizar las consecuencias de la lesión (6, 10). Por tanto, no se ha encontrado evidencia en los artículos leídos de que haya una recuperación de la capacidad de deambulación en pacientes con lesión medular crónica completa.

LIMITACIONES Y CUESTIONES A MEJORAR

A lo largo de la realización de este trabajo ha habido una serie de limitaciones que pueden restarle calidad metodológica a la revisión:

Los artículos incluidos para la revisión tenían una baja puntuación en la escala PEDro (Tabla 2) (Anexo 1) (17) para valorar la calidez metodológica.

Estas bajas puntuaciones se debían a que:

- 4 de los 8 artículos incluidos no eran ensayos controlados aleatorios, por lo que no asignaban a los pacientes en un grupo caso y en un grupo control
- No había cegamiento de los participantes, porque es difícil realizar un cegamiento en tratamientos que se basan en un entrenamiento
- Las muestras eran muy pequeñas. A pesar de que para que un estudio sea significativo las muestras tienen que ser de al menos 30 participantes, en los criterios de selección se estableció que se incluirían los artículos cuyas muestras superasen los 20 participantes.
- Había una gran heterogeneidad dentro de las muestras de pacientes, puesto que:
 - o No establecían un nivel lesional concreto como criterio de inclusión, esto es, dentro de las muestras de cada artículo había un rango muy amplio de niveles lesionales
 - o De la misma manera, tampoco se establecía un grado de lesión concreto como criterio de inclusión. Todos los estudios incluían pacientes clasificados como AIS C o D, exceptuando al estudio de Benito- Penalva (16), quien incluía pacientes clasificados como AIS A y B también.

CONCLUSIONES

1. Las personas con lesión medular incompleta tienen potencial para incrementar la funcionalidad de la marcha mejorando parámetros como el equilibrio, la velocidad y la distancia en un tiempo específico.
2. El entrenamiento con SPC en suelo y con estimulación eléctrica funcional ha demostrado una mayor efectividad comparándolo con el entrenamiento con SPC en cinta de correr.
3. En pacientes con una mayor discapacidad neurológica el método de entrenamiento más adecuado sería el de SPC en cinta de correr.
4. Comparando los tres métodos de entrenamiento con SPC en cinta de correr, el que ha demostrado mayor efectividad es el que incluía la estimulación eléctrica funcional.
5. En referencia a la calidad de la marcha, se han observado mejoras en los pacientes independientemente de la modalidad de tratamiento recibida.
6. El entrenamiento de la marcha con SPC en cinta de correr con robot locomotor no muestra una mejoría significativa en los parámetros de velocidad, distancia y equilibrio, pero sí es efectivo si el objetivo es mejorar la calidad de la marcha.
7. Los pacientes que notan un mayor nivel de mejora en el parámetro de velocidad son aquellos que tienen un mayor déficit inicial en la funcionalidad de la marcha.
8. No se ha encontrado evidencia de que el entrenamiento de la marcha con SPC sea efectivo en pacientes con lesiones motoras completas (AIS A y B).
9. Los protocolos de entrenamiento estandarizados son una herramienta efectiva tanto para la recuperación de la marcha como para realizar evaluaciones cuantitativas, y así entender mejor la capacidad de recuperación mediante la rehabilitación en pacientes con LM crónica.
10. Clasificar a los pacientes en función de la AIS tiene poco valor predictivo para la recuperación de la marcha, siendo la valoración inicial de equilibrio, distancia y velocidad la que tiene un mayor valor predictivo.

AGRADECIMIENTOS

Por la ayuda prestada en la realización de este proyecto, me gustaría mencionar a varias personas en este apartado: en primer lugar a mi tutor Tarsicio Forcén, por su predisposición a ayudarme, por haberme animado a escoger este tema y sin el cual no habría sabido cómo desarrollar este trabajo; en segundo lugar a Cesar Navas, por haber fomentado mi interés en este campo, por haberme ofrecido toda la información de primera mano de la que dispone, y por ser la persona gracias a la cual he aprendido tantos aspectos de la lesión medular; y por último a mis compañeros de clase, por todas las dudas que he resuelto gracias a ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Esclarín, A et al. **Sistema Robotizado para la reeducación de la marcha en pacientes con lesión medular incompleta.** Rev Neurol. 2009; 49 (12): 617-622
- (2) Morawietz C, Moffat F. **Effect of locomotor training after incomplete spinal cord injury: a systematic review.** Arch Phys Med Rehabil. 2013 Nov;94(11):2297-308. doi: 10.1016/j.apmr.2013.06.023.
- (3) Spinal Injuries association. **What is Spinal Cord Injury?** disponible en ULR <http://www.spinal.co.uk/page/Some-basic-facts-about-SCI>.
- (4) Taylor- Schroeder et al. **Physical therapy treatment time during inpatient spinal cord injury rehabilitation.** The Journal of Spinal Cord Medicine. 2011; 34(2): 149- 161. doi: 10.1179/107902611X12971826988057
- (5) Fouad K, Tetzlaff W. **Rehabilitative training and plasticity following spinal cord injury.** Exp Neurol. 2012; 235:91-9
- (6) Hubli M, Dietz V. **The physiological basis of neurorehabilitation- Locomotor training after spinal cord injury.** Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2013 10: 5. doi: 10.1186/1743-0003-10-5
- (7) Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. **Locomotor training for walking after spinal cord injury.** Cochrane Database Syst Rev. 2012 Nov 14;11:CD006676. doi: 10.1002/14651858.
- (8) Field- Fote E, Roach K. **Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: A randomized clinical trial.** Phys Ther. 2011 Jan;91(1):48-60. doi: 10.2522/ptj.20090359.

(9) Buehner JJ, Forrest GF. **Relationship between ASIA examination and functional outcomes in the neurorecovery network locomotor training program.** Arch Phys Med Rehabil. 2012 Sep;93(9):1530-40. doi: 10.1016/j.apmr.2012.02.035.

(10) Harkema SJ et al. **Balance and ambulation improvements in individuals with chronic incomplete spinal cord injury using locomotor training based rehabilitation.** Arch Phys Med Rehabil. 2012 Sep;93(9):1508-17. doi: 10.1016/j.apmr.2011.01.024.

(11) Swinnen E et al. **Effectiveness of robot assisted gait training in persons with spinal cord injury: a systematic review.** J Rehabil Med. 2010 Jun;42(6):520-6. doi: 10.2340/16501977-0538.

(12) Nooijen CF. **Gait quality is improved by locomotor training in individuals with sci regardless of training approach.** J Neuroeng Rehabil. 2009 Oct 2;6:36. doi: 10.1186/1743-0003-6-36.

(13) Field-Fote E et al. **Locomotor training approaches for individuals with spinal cord injury: a preliminary report of walking related outcomes.** J Neurol Phys Ther. 2005 Sep;29(3):127-37.

(14) Wirz M et al. **Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial.** Arch Phys Med Rehabil. 2005 Apr;86(4):672-80.

(15) Alexeeva N et al. **Comparison of training methods to improve walking in persons with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial.** Journal of spinal cord medicine. Volumen: 34 Número: 4 Páginas: 362-379 Fecha de publicación: Jul 2011 doi: 10.1179/2045772311Y.0000000018.

(16) Benito-Penalva J et al. **Gait training in human spinal cord injury using electromechanical systems: effect of device type and patient characteristics.** Arch Phys Med Rehabil 2012;93:404-12. doi: 10.1016/j.apmr.2011.08.028

(17) **PEDro Scale** disponible en URL http://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale.pdf

(18) Esclarín de Ruz, A. **Lesión medular. Enfoque multidisciplinario**. Editorial Médica Panamericana. 2010. ISBN: 8498352142

(19) **Tinetti Balance Assessment Tool** disponible en URL <http://www.bhps.org.uk/falls/documents/TinettiBalanceAssessment.pdf>

(20) **Functional Independence Measure** disponible en URL http://www.dementia-assessment.com.au/symptoms/FIM_manual.pdf

(21) **Berg Balance Scale** disponible en URL http://www.aahf.info/pdf/Berg_Balance_Scale.pdf

(22) **Walking Index for Spinal Cord Injury II** disponible en URL http://www.spinalcordcenter.org/research/wisci_guide.pdf

(23) **Timed Up and Go** disponible en URL <http://www.mnfallsprevention.org/professional/assessmenttools.html>

(24) **Modified Asworth Scale** disponible en URL <http://www.rehabmeasures.org/PDF%20Library/Modified%20Ashworth%20Scale%20Instructions.pdf>

ANEXOS**1. Escala PEDro**

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:
