

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER EN FISIOTERAPIA Y DISCAPACIDAD



**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

EFFECTIVIDAD DE LA TERAPIA ROBÓTICA EN PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR. REVISIÓN SISTEMÁTICA

EFFECTIVENESS OF ROBOTIC THERAPY IN PATIENTS WITH SPINAL CORD
INJURY. SYSTEMATIC REVIEW

AUTOR

D. ^a Celia García Collado

DIRECTOR

Prof./Prof.^a Nuria Sánchez Labraca



**Facultad de
Ciencias de la Salud**
Universidad de Almería

Curso Académico
2019/2020
Convocatoria
Julio

ÍNDICE

RESUMEN.....	Pag.1.
ABSTRACT	Pag.2.
1. INTRODUCCIÓN.....	Pag.3-26.
1.1. Recuerdo anatómico.....	Pag.3-7.
1.2. Lesión Medular.....	Pag.8-20.
1.3. Tratamiento.....	Pag.21-26.
2. OBJETIVOS.....	Pag.27.
3. METODOLOGÍA.....	Pag.27-34.
4. RESULTADOS	Pag.35-43.
5. DISCUSIÓN.....	Pag.43-47.
6. CONCLUSIONES.....	Pag.48.
7. BIBLIOGRAFÍA.....	Pag.49-53.
8. ANEXOS.....	Pag.54.

RESUMEN

Introducción. La lesión medular es proceso patológico de etiología traumática/ no traumática, que afecta la médula espinal dando lugar a la aparición de alteraciones motoras, sensitivas y autonómicas por debajo de la lesión. En las últimas décadas los avances médicos han contribuido positivamente al pronóstico de la patología, surgiendo nuevos tratamientos, cómo la terapia robótica, para mantener la autonomía del paciente, mejorando así su calidad de vida. La terapia robótica se basa en la utilización de las nuevas tecnologías para el tratamiento de lesionados medulares; mediante la ayuda de exoesqueletos para trabajar la marcha y los programas de realidad virtual para mejorar la capacidad funcional de los pacientes.

Objetivo. Determinar la eficacia de la robótica como tratamiento de fisioterapia en pacientes que presentan lesión medular.

Metodología. Se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica en las principales de bases de datos (Pubmed, PeDro, Web of Science) de artículos comprendidos entre el 2005 hasta la actualidad. Se utilizó una combinación de lenguaje controlado y lenguaje natural aplicando los términos “injured spinal cord”, “physiotherapy”, “physical therapy”, “rehabilitation”, “robotic”, “new technology”; se obtuvieron 7 artículos que cumplieron los criterios de inclusión y los objetivos planteados, con información sobre 117 pacientes.

Resultados. A pesar de la heterogeneidad de los estudios, estos mostraron que el tratamiento de la lesión medular con terapia robótica puede ser eficaz en la mejora de variables como la velocidad de la marcha, el dolor, la destreza manual, la fuerza de agarre, la independencia en las actividades de la vida diaria y la autoestima de los pacientes. Sin embargo, existe poca evidencia con respecto a la variable de la fatiga tras el uso de robótica en pacientes con lesión medular incompleta.

Conclusiones. Los estudios incluidos en esta revisión muestran que el tratamiento con terapia robótica puede ser beneficioso para la mejora de algunas funciones motoras (patrón de la marcha y actividades de la vida diaria) en los pacientes con lesión medular. Sin embargo, es necesario promover futuras investigaciones con el fin de conocer los beneficios reales del uso de la robótica en los lesionados medulares y en la mejora de su calidad de vida.

Palabras clave. Robótica. Realidad Virtual. Exoesqueleto. Marcha. Lesión medular.

ABSTRACT

Introduction. Spinal cord injury is a pathological process of traumatic/ non-traumatic etiology, affecting the spinal cord resulting in the appearance of motor, sensory and autonomic alterations below the lesion. In recent years, medical advances have contributed positively to the prognosis of pathology, with the emergence of new treatments, such as robotic therapy, to maintain the patient's autonomy, thus improving the patient's quality of life. Robotic therapy is based on the use of new technologies for the treatment of spinal cord injuries; through the help of exoskeletons to work the gait and virtual reality programs to improve the functional capacity of patients.

Objective. To determine the efficacy of robotics as a physiotherapy treatment in patients with spinal cord injury.

Methodology. An exhaustive bibliographic search was carried out in the main databases (Pubmed, Pedro, Web of Science) of articles between 2005 and the present. A combination of controlled language and natural language was used using the terms "injured spinal cord", "physiotherapy", "physical therapy", "rehabilitation", "robotic", "new technology"; 7 articles were obtained that fulfilled the inclusion criteria and the objectives set, with information on 117 patients.

Results. Despite the heterogeneity of the studies, they showed that the treatment of spinal cord injury with robotic therapy can be effective in improving variables such as speed of walking, pain, manual dexterity, strength of grip, independence in the Activities of Daily Living and self-esteem of patients. However, there is little evidence regarding the fatigue variable after the use of robotics in patients with incomplete spinal cord injury.

Conclusions. The studies included in this review show that treatment with robotic therapy may be beneficial for the improvement of some motor functions (gait pattern and Activities of Daily Living) in patients with spinal cord injury. However, it is necessary to promote future research in order to know the real benefits of the use of robotics in spinal cord injuries and in improving their life quality.

Keywords. Robotics. Virtual Reality. Exoskeleton. Gait. Spinal cord injury.

1. INTRODUCCIÓN

En primer lugar me gustaría proceder a la justificación sobre la elección del tema que versa la siguiente revisión. En el proceso de rehabilitación de lesionados medulares uno de los objetivos primordiales es lograr que dichos pacientes consigan la máxima calidad y funcionalidad posible en la marcha. Para conseguir este propósito el papel de la fisioterapia es muy importante. En los últimos años, se ha producido un gran avance en la utilización de nuevas tecnologías robóticas, dando lugar a grandes y prometedores resultados en la rehabilitación de la marcha. No obstante, a día de hoy no hay certeza si el uso de procedimientos con robótica tiene una mayor eficacia comparado con los tratamientos rehabilitadores tradicionalmente usados en lesionados medulares.

1.1. Recuerdo Anatómico

El Sistema Nervioso puede separarse en diferentes partes en base a su estructura o función. Estructuralmente puede dividirse en Sistema Nervioso Central (SNC) y Sistema Nervioso Periférico (SNP); funcionalmente puede dividirse en parte somática y parte visceral (1).

El SNC está compuesto por el encéfalo y la médula espinal; ambos desarrollados a partir del tubo neural del embrión.

El SNP está constituido por todas las estructuras nerviosas externas al SNC que conectan este sistema con el resto del cuerpo. Consta de los nervios espinales y craneales, los nervios y plexos viscerales y el sistema entérico (2).

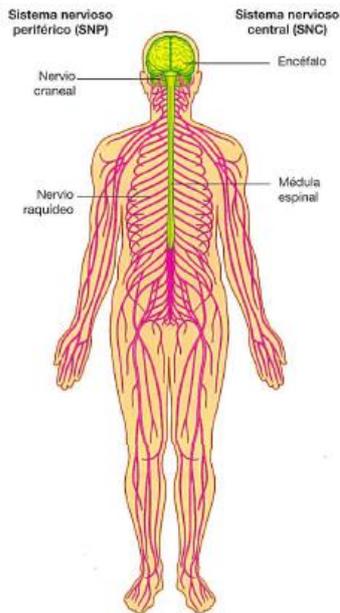


Imagen 1. Estructura del Sistema Nervioso (1)

La médula espinal es la parte más caudal del SNC que se extiende desde el agujero magno hasta aproximadamente el nivel del disco entre las vertebra L1 y L2 en adultos, aunque puede terminar incluso tan alta como el nivel de la vertebra T12 o tan baja como el disco intervertebral L2 – L3. El extremo distal de la médula (el cono medular) tiene forma de cono. Un delgado filamento de tejido conjuntivo (la parte pial del filum terminal) se extiende inferiormente desde el vértice del cono medular (1).

La médula espinal no tiene un diámetro uniforme en toda su longitud. Está protegida por la columna vertebral, las meninges y el líquido cefalorraquídeo, impidiendo la mayor parte de daños producidos por los elementos del entorno (3).

Presenta dos ensanchamientos principales en las regiones asociadas con el origen de los nervios espinales que inervan los miembros superiores e inferiores. Se produce una intumescencia cervical en la región asociada con los orígenes de los nervios espinales entre C5 y T1, que son los que inervan los miembros superiores. Hay una intumescencia lumbosacra en la región asociada con los orígenes de los nervios espinales entre L1 y S3, que inervan los miembros inferiores.

La superficie externa de la médula espinal está marcada por varias fisuras y surcos:

- La **fisura media anterior** se extiende a lo largo de la superficie anterior.
- El **surco medio posterior** se extiende a lo largo de la superficie posterior.
- El **surco posterolateral** en cada lado de la superficie posterior determina dónde las raicillas posteriores de los nervios espinales entran en la médula (1).

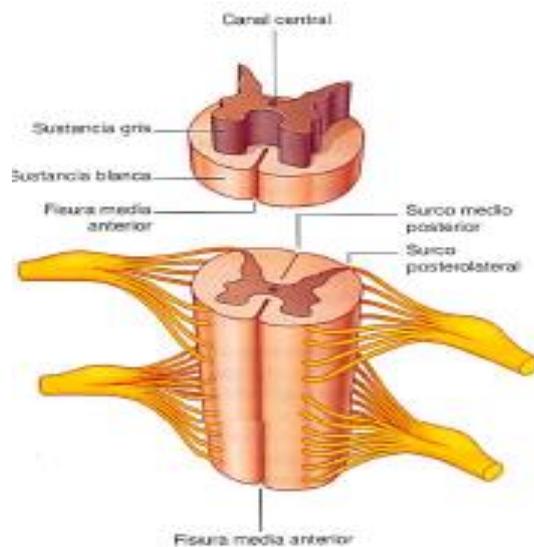


Imagen 2. Rasgos de la médula espinal (1)

Internamente, la médula tiene un pequeño canal central rodeado por sustancia gris y blanca, sin embargo la disposición es inversa que en el cerebro, es decir, la sustancia blanca está situada en una posición externa y la sustancia gris en la parte interna de la médula (3).

La sustancia gris tiene una apariencia característica en forma de H en la región central de la médula y está estructurada en diferentes astas, siendo las principales astas la ventral, la dorsal y la zona intermedia. También existe un asta lateral, pero solo se encuentra en la zona torácica y al principio de la zona lumbar (1).

- El **asta ventral** tiene como principal función emitir la información a los nervios, provocando una reacción del organismo a los estímulos internos y externos, ejecutando los movimientos voluntarios.
- El **asta dorsal** recibe la información de todos los sistemas que la médula espinal inerva.
- La **zona intermedia**, formada en su mayoría por interneuronas, se encarga de servir de enlace entre otras dos neuronas.
- El **asta lateral** tiene gran importancia, ya que inerva diferentes estructuras y participa en los sistemas simpático y parasimpático del Sistema Nervioso Autónomo.

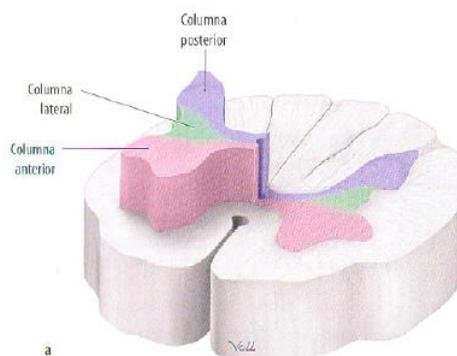


Imagen3. Sustancia gris de la médula espinal (4).

La sustancia blanca está compuesta principalmente por los axones de las neuronas, los cuales interconectan la médula y cerebro. Está dispuesta en diferentes fibras cuyo nombre viene dado según las zonas con las que conectan, pudiendo ser ascendentes o descendentes. En la médula espinal se pueden encontrar tres columnas, la dorsal, la lateral y la ventral.

- La **columna dorsal** está constituida por fibras aferentes somáticas. Son las encargadas de transmitir la información sensorial del cerebro a la médula y viceversa según sea ascendente o descendente.
- Tanto la **columna ventral** como la **columna lateral** son tractos y fascículos de tipo eferente, encargadas de transportar órdenes motoras que manda el cerebro.

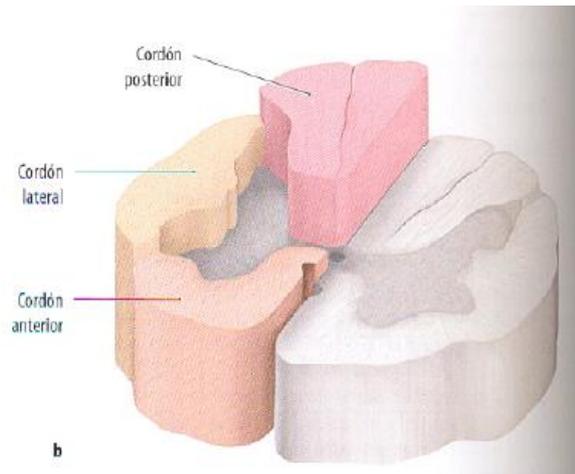


Imagen 4. Sustancia blanca de la médula espinal (4).

Las principales funciones de la médula son la transmisión de información sensorial y motora, el procesamiento de información y la reacción inmediata (reflejos).

La médula actúa como un ascensor para la información aferente y la información eferente. El cerebro percibe una información que es mandada en primer lugar a la médula, allí se genera una respuesta que es enviada a los músculos o al cerebro para que la gestione y se lleva a cabo (2).

1.2. Lesión Medular (LM)

1.1.1. Definición

La LM se define como cualquier proceso patológico (conmoción, contusión, laceración, compresión o sección), de cualquier etiología (traumática y no traumática), que afecta a la médula ósea, dando lugar a afectaciones motoras, sensitivas y autonómicas por debajo del nivel de la lesión. La complejidad del déficit neurológico, y por tanto del cuadro clínico derivado de esta, es debido al nivel y la cantidad de sustancia gris o blanca que se ve afectada en la lesión (5).

Para describir el tipo de lesión medular se hace alusión al último nivel medular que mantiene ileso tanto la sensibilidad como la motricidad, el nivel neurológico de lesión (NNL) que nos ayudará a crear un esquema del estado sensitivo y motor del lesionado medular.

En los últimos tiempos los progresos en la medicina han ayudado a que la esperanza de vida de los lesionados medulares crezca, acrecentando el tamaño poblacional. Para ingresar en la Unidad de Lesionados Medulares (ULM) se realiza una evaluación completa y continuada para impedir que aparezcan grandes complicaciones en la fase crónica de la patología.

El aumento de la expectativa de vida se ha debido, entre otras causas, a la mejora de la calidad de vida y los cuidados que reciben los lesionados medulares. Esto permite que más pacientes con lesión medular puedan llegar a alcanzar edades avanzadas, existiendo un gran riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en los pacientes que han sido operados invasivamente (6).

1.1.2. Prevalencia e Incidencia

Se estima que existen entre 250 – 500 personas por cada millón de habitantes que son lesionados medulares; por lo tanto, si extrapolamos esos datos a España, se estaría hablando de más de 25.000/ 30.000 personas con esta patología (7).

La verdadera incidencia calculada depende del país y la metodología usada para medirla. Su estimación engloba un rango de 9 - 53 lesionados medulares por millón de habitantes, en países desarrollados (8). En los últimos años, en España, esa cifra ha aumentado llegando a alcanzar 30 casos nuevos por millón de habitantes. Aproximadamente cada año se producen 1000 nuevos casos en España por traumatismo (70% – 80% de los casos), la mitad por accidente de tráfico y el resto de personas sufrieron caídas, golpes, accidentes deportivos u otro tipo de traumatismos. El 20 % restante está compuesto por personas con diferentes enfermedades (tumores, esclerosis en placas, mielomeningocele, etc.) (9).

El prototipo de un paciente con lesión medular suele ser un varón (con una relación promedio hombre/mujer 4:1) con edad de aproximadamente 20-30 años que sufre un accidente de circulación, siendo el conductor del vehículo y no llevando puesto el cinturón de seguridad. Estos accidentes suelen ocurrir en su mayoría durante el fin de semana a partir del atardecer o durante la madrugada, debido en su mayoría a la presencia de sustancias alcohólicas en la sangre de los pacientes. Las principales lesiones que resultan de estos accidentes son tetraplejía (40%), paraplejía (60%) y lesión completa (63%) (8).

1.1.3. Fisiopatología

La LM, dependiendo del nivel de lesión pueden aparecer diferentes manifestaciones clínicas, dando lugar a que la persona con lesión medular pueda tener una gran discapacidad y numerosos problemas médicos.

Como los signos y síntomas son iguales para cualquier lesión medular, a continuación se explicara brevemente la fisiopatología de las lesiones traumáticas (10).

- **Lesión primaria:** Es el primer daño, normalmente mecánico, que aparece tras sufrir un traumatismo. Afecta tanto al SNC como periférico (SNP). Se presenta un daño conjunto en la perturbación de los axones, la lesión neuronal y vascular de la médula, provocando microhemorragias en la materia gris de la médula. Una vez sufrido el daño, la médula se inflama cubriendo todo el canal medular del nivel de la lesión, dando lugar a una isquemia secundaria que surge por la presión capilar que ejerce el edema provocado por la inflamación previa. La autorregulación del flujo sanguíneo se para y aparece una hipotensión sistémica, debida al shock neurogénico, que aumenta la isquemia favoreciendo así la liberación de toxinas de las membranas neuronales lesionadas y la modificación del equilibrio hidroeléctrico, incrementando la lesión mecánica inicial.
- **Lesión secundaria:** Después de la lesión que se inicia en la sustancia gris, la hipoperfusión se expande hasta la sustancia blanca. Esto reduce o impide la total transmisión de los potenciales del axón facilitando el shock medular.
- **Shock medular:** Se trata de un estado fisiológico temporal, en el cual desaparece la función refleja de la medula por debajo del nivel de lesión con una pérdida ligada de las habilidades sensitivas y motoras, además de la falta del tono de la musculatura rectal. Primero aparece la hipertensión arterial sistémica

a causa de la liberación de catecolaminas, dando lugar, seguidamente, a una hipotensión. Surge una parálisis flácida con hiporreflexia vesical e intestinal. Este cuadro clínico puede estar presente desde pocas horas hasta unos días, todo depende de cuánto tiempo tarde en volver a funcionar la actividad refleja por debajo del nivel de lesión.

- **Shock neurogénico:** Se caracteriza por la aparición conjunta de hipotensión, bradicardia e hipotermia. Aparece con gran asiduidad en daños superiores al nivel T6 a causa de la disfunción del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) con la discontinuidad del Sistema Simpático entre T1-L2 y la falta de resistencia del tono vagal, dando lugar a la reducción de la resistencia vascular periférica con vasodilatación.

1.1.4. Clasificación

Dependiendo de los miembros que se vean afectados según el nivel de lesión medular, los pacientes se clasifican en tetra- o para-, además del uso de otros términos como plejía y paresia para expresar si se mantiene o no alguna habilidad motora. Es por eso que la carencia que padece el lesionado medular estará determinada por la extensión de la lesión, la cantidad de sustancia que se ve afectada y la integridad de la médula (6).

Desde el punto de vista clínico es importante distinguir si la lesión medular es completa o incompleta según si existe o no función neurológica por debajo del nivel lesionado.

- **Lesiones completas:** En estas lesiones no existe ninguna posibilidad de que se realice ningún tipo de movimiento y de sensibilidad por debajo del nivel de la lesión, y la médula está devastada por completo.

- **Lesiones incompletas:** Estos pacientes mantienen alguna capacidad de movimiento o sensación por debajo del nivel de la lesión, ya que sólo de una parte de la médula está dañada (7).

La clasificación ASIA (American Spinal Injury Association)(ANEXO I) es la más empleada en todo el mundo por todos los profesionales que tratan a lesionados medulares. Se divide en 5 grados dependiendo de la gravedad de la lesión (11):

- **GRADO A (lesión completa):** No hay presencia de actividad motora ni sensitiva en los segmentos sacros. En este grado se acepta la zona que preserva parcialmente denominada como dermatoma o moitoma más bajos de cada lado con una sensibilidad superior a cero.
- **GRADO B (lesión incompleta):** En este grado se preserva la actividad sensitiva por debajo de la lesión hasta los últimos segmentos (sacros S4-S5), pero no hay ningún tipo de actividad motora.
- **GRADO C (lesión incompleta):** La función sensitiva se encuentra intacta y la función motora se encuentra parcialmente conservada. La mitad de la musculatura más importante por debajo de la lesión presenta una valoración media por debajo de 3.
- **GRADO D (lesión incompleta):** Este grupo presenta una actividad sensitiva normal y la mitad de la musculatura más importante por debajo de la lesión presenta una valoración media por encima de 3.
- **GRADO E (normalidad neurológica):** La actividad sensitiva y motora están intactas.

Lesión completa A	Ausencia de función motora y sensitiva que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5.
Lesión incompleta B	Preservación de la función sensitiva por debajo del nivel neurológico de la lesión, que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5 y con ausencia de función motora.
Lesión incompleta C	Preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos llave por debajo del nivel neurológico tienen un balance muscular menor de 3.
Lesión incompleta D	Preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos llave por debajo del nivel neurológico tienen un balance muscular de 3 o más.
Normal E	Las funciones sensitiva y motora son normales.

Imagen 5. Escala de clasificación de la lesión medular (5)

Esta clasificación es la encargada de establecer los conceptos fundamentales de los términos utilizados para la evaluación de los pacientes con lesión medular y determinar así una clasificación de acuerdo a cinco grados establecidos debido a falta o conservación de la actividad motora y sensitiva, denotando la gravedad del daño medular y su probable prognosis.

De acuerdo con la extensión de la lesión éstas pueden dividirse en transversales y longitudinales, existiendo una combinación de ambas en la mayoría de los lesionados medulares.

- **Extensión transversal:** Hace alusión a la extensión transversal de la metámera, seccionando la médula completa o incompletamente, dando lugar a que las vías ascendentes y descendientes se vean comprimidas ocasionando así la sintomatología de estos pacientes.

- **Extensión longitudinal:** Se trata de una lesión en los planos verticales, y están determinadas por la cantidad de metámeras dañadas en el proceso patológico. (5)

Dependiendo del nivel de afectación se pueden clasificar en lesiones cervicales (C1 a C8), lesiones torácicas altas (T1 a T6), lesiones torácicas bajas (T7 a T12), lesiones lumbosacras (L1 a S1) y lesiones del cono medular (sacro coccígeas). Cuanto más elevada se encuentra la lesión, más se aumenta el compromiso de la actividad funcional del paciente.

- Las **lesiones cervicales** producen, generalmente, una tetraplejía. El paciente no puede mover ni los miembros superiores, ni los inferiores ni el tronco. En este tipo de lesiones se produce una alteración de la sensibilidad, del sistema vegetativo y de las funciones urinarias, intestinal y sexual. Si se trata de lesiones elevadas (C1-C3) se puede llegar a generar una parálisis de la musculatura respiratoria.
- Las **lesiones a nivel torácico y lumbar** producen una paraplejía que repercute sólo a la función motora y sensitiva de los miembros inferiores.
- Las **lesiones en el cono medular** no suelen afectar a la movilidad de los pacientes.(7)

1.1.5. Diagnostico

Cualquier daño en la médula espinal impide conexión de las vías motoras y/o sensitivas, dando lugar a distintos grados de trastornos en la función motora, en la sensitiva y en la función autónoma. Es fundamental llevar a cabo un diagnóstico de LM de forma exacta y apropiada, como en toda patología (10).

La principal causa por la que los pacientes acuden a consulta suele ser la astenia y/o pérdida de la capacidad sensitiva. Suele ser más fácil de diagnosticar un lesionado medular cuando la presencia de astenia y la pérdida de la sensibilidad comienzan a producirse anteriormente una lesión traumática. En ese escenario es clave tener en cuenta que no todas las lesiones medulares son de origen traumático, y las que sí lo son no tiene por qué mostrar un daño a nivel del hueso.

Cuando se tiene un presentimiento de que puede existir una LM se debe evaluar el sistema nervioso al completo para desechar diferentes orígenes a la LM adquirida y, en el caso de LM traumática, daños a otro nivel y/o lesiones medulares múltiples. Además de realizar pruebas de imagen complementarias para corroborar el diagnóstico (TAC, Resonancia magnética, mielograma, estudio de potenciales evocados somatosensoriales y radiografías de columna).

Para realizar el diagnóstico, los médicos utilizan principalmente la Escala de Discapacidad ASIA (de la Asociación Americana de Lesión de la Médula Espinal) realizando tanto una exploración motora como una exploración sensitiva. La evaluación de la función motora se realiza habitualmente en decúbito supino. Se valoran 10 músculos fundamentales (5 en miembros superiores y 5 en miembros inferiores) y se les da una puntuación dependiendo de su balance muscular entre 0-5. Se considera que la musculatura es “normal” cuando se le da una puntuación de 3 si los músculos que se encuentran inmediatamente por encima tienen una puntuación de 5. La contracción de la musculatura anal voluntaria se mide de manera objetiva por el examinador. La valoración de la sensibilidad se lleva a cabo para saber cómo se encuentran las vías de los cordones posteriores y las vías del espinotalámico lateral, dependiendo de qué vía vayamos a valorar se utilizará un algodón (vías posteriores) o un alfiler (vías del espinotalámico lateral). La escala de puntuación va desde 0-2 (se puntúa como 0 la anestesia y como dos la sensibilidad

normal) en los puntos clave de 28 dermatomas de ambos lados del cuerpo y tomando como normalidad la sensibilidad de la cara (11).

Como se ha citado anteriormente, la LM puede ser consecuencia de diversos factores; por lo que el inconveniente fundamental para su diagnóstico llega a la hora de reconocer el origen de la lesión (sobre todo en el caso de las no traumáticas). Esto es crucial, ya que, dependiendo de la causa, la terapia y el pronóstico pueden cambiar.

También es imprescindible realizar un diagnóstico diferencial con las distintas enfermedades degenerativas del sistema nervioso que pueden aparecer en una LM, enfermedades de la neurona motora o polineuropatías periféricas. En todos estos supuestos es primordial reconocer si la enfermedad degenerativa altera la médula espinal o no. Si se repara en que existe un daño en la médula se debe catalogar al paciente como a cualquier lesionado medular (10).

Además hay que tener en cuenta que una LM es un proceso dinámico cuando se encuentra en la fase aguda, esto quiere decir que si se trata de una lesión incompleta puede evolucionar y convertirse en una lesión completa o que el nivel de la lesión inicial puede ascender o descender hasta dos niveles durante las primeras horas transcurridas tras haber sufrido el daño inicial (10).

1.1.6. Signos y síntomas

Las principales consecuencias de la LM en el cuerpo se verán determinadas por el grado de afectación de las capacidades sensitivas, motoras y del SNA.

La consecuencia más representativa y palpable de la LM es la parálisis de la musculatura voluntaria, provocando una falta de control de tronco y de los miembros

superiores e inferiores. La incapacidad para la contracción musculatura inervada inferior al nivel de la lesión es debida al daño de los cordones motores descendentes, de las células del asta anterior y/o raíces nerviosas. Cuando las células del asta anterior se encuentran afectadas, la neurona motora inferior se ve dañada, produciendo una parálisis flácida de los músculos inervados por ese segmento medular. Cualquier afectación a nivel de los cordones descendentes lesiona la neurona motora superior, dando lugar a una parálisis espástica de la musculatura inervada por los segmentos inferiores a la lesión.

La LM suele manifestarse como una mezcla de lesión de las dos neuronas motoras, superior e inferior, afectando así el daño a la sustancia gris y a la sustancia blanca (10).

Hay que tener en cuenta el grado de importancia del daño medular, ya que pueden surgir debilidades musculares o ausencia de movilidad en niveles inferiores a la lesión, acompañadas de alteraciones de los reflejos miotáticos y /o tono muscular.

Durante la fase de shock medular desaparecen los reflejos en todos los segmentos inferiores al nivel de la lesión, dando lugar a un periodo de arreflexia que desaparecerá cuando esta fase se resuelva. Una vez vuelve la función refleja aparece la espasticidad progresivamente. La espasticidad es una de las secuelas más importantes en lesionados medulares. Es una manifestación multifactorial en el que influyen las particularidades de la persona con LM, el tipo de lesión, el tiempo de evolución y la respuesta del tratamiento (7).

La alteración o pérdida de la sensibilidad por debajo del nivel de la lesión es una de las consecuencias evidentes en la mayoría de los pacientes con LM, trayendo como resultado los movimientos descoordinados del cuerpo, incrementando el riesgo a padecer otro tipo de lesiones y restringiendo la capacidad de alerta del paciente.

El sistema autónomo también se ve afectado en los lesionados medulares. Las principales funciones que se ven alteradas dentro de este sistema son la vesical (vejiga neurógena), la intestinal (intestino neurógeno), la sexual, la respiratoria, las cardiovasculares y las funciones de termorregulación (12).

1.1.7. Secuelas y complicaciones

- **Complicaciones urinarias:** La excreción habitual de la orina y las heces se ven afectadas en este tipo de pacientes. Los problemas urinarios suelen deberse a una anomalía en el vaciado de la vejiga, la cual no reacciona de la manera que lo hacía antes a la voluntad del paciente y evacuando la orina de manera errónea. En algunos pacientes llega a quedar obstruido el uréter en su totalidad, impidiendo que la orina salga y dando lugar a que vejiga se distienda y se deforme progresivamente, llegando a provocar daño a nivel renal. Todas estas afecciones hacen que la orina se contamine con facilidad, dando lugar a infecciones que producen fiebre, cefalea o malestar general en los pacientes con lesión medular. (7).
- **Complicaciones gastrointestinales:** Una de las complicaciones gastrointestinales más habituales de la LM en la fase aguda es la úlcera gástrica o duodenal secundaria al estrés. Este tipo de úlcera aparece en un 22% de los pacientes. Además se puede manifestar un sangrado del tubo digestivo (10). La musculatura del intestino se paraliza, ya que no le llegan los ordenes del sistema nervioso, y el paso de las heces se ve afectado, permaneciendo éstas más tiempo del habitual en el tracto digestivo, dando lugar a que se endurezcan y su expulsión sea más difícil que de costumbre (7).

- **Complicaciones cardiorrespiratorias:** En pacientes con lesión medular, debido a la poca actividad física que realizan, existe un gran riesgo de que se produzcan trombos en el sistema circulatorio, sobretodo en la zona de los miembros inferiores (Trombosis Venosa Profunda). Esta complicación bastante considerable, ya que estos trombos pueden alcanzar el sistema respiratorio y dar lugar a un tromboembolismo pulmonar (7).
- **Complicaciones ortopédicas:** La consecuencia más clara de la LM es la alteración de movilidad. Se puede ver alterada por la falta de fuerza en la musculatura, que se observa con una limitación funcional secundaria a la leve fijación que presentan las articulaciones. Estas fijaciones pueden provocar ausencia o reducción del rango articular, una postura del paciente poco recomendada, la aparición de contracturas musculares y/o osteoporosis (10).
- **Úlceras por presión:** Debido a que la sensibilidad y la movilidad de los pacientes con lesiones medulares se ven afectadas, tienden a presentar una mayor facilidad para desarrollar úlceras por presión. La piel se ve sometida a diferentes agentes que pueden provocar daños en ella (10). Al no tener control sobre el cuerpo, los lesionados medulares echan el peso sobre las misma áreas de la piel, provocando que la irrigación sanguínea no sea buena en dicha área y la piel se muera (necrosis) y aparezcan úlceras de diferente magnitud (7).
- **Dolor:** Entre el 30-50% de las personas con LM presentan dolor de forma frecuente como una complicación. Es necesario diferenciar la clase de dolor y las afectaciones que especifica el paciente. Ese dolor puede aparecer o incrementarse debido ala presencia de infecciones, UPP, distensión vesical y/o abdominal, espasticidad, sobreesfuerzo o reposo excesivo, tabaco o estrés (10).

Hay que tener en cuenta que estos pacientes pueden presentar dolor neuropático. Se describe como una sensación o experiencia emocional desagradable asociada con la disfunción o lesión del sistema nervioso.

1.1.8. Pronostico (10)

Los lesionados medulares presentan un pronóstico diferente dependiendo de cada paciente. Habitualmente existe la posibilidad de que se recupere parte de la movilidad, especialmente si se trata de una lesión medular incompleta.

Esta posible recuperación suele ocurrir durante los primeros meses, una vez que se ha producido la lesión medular. Estimar el tiempo que pueden tardar los músculos en recuperarse es muy difícil, pero en un gran número de pacientes, y si no aparece ningún contratiempo que retrase el desarrollo, se produce una mejoría notable entre los primeros seis meses y el año de haber sufrido el daño medular. Tras el paso de un año, sólo pocos pacientes presentan grandes mejoras en la movilidad funcional.

Por más que a nivel global las lesiones incompletas de la médula consigan tener una buena prognosis, predecir su desarrollo es prácticamente imposible debido a las características de cada paciente. Es por eso que no es posible afirmar que una lesión incompleta tenga mejor pronóstico que una lesión completa.

1.3. Tratamiento

- Tratamiento farmacológico

Algunos estudios experimentales han sugerido que el tratamiento con metilprednisolona (MP) pueda ser beneficioso en la LM. Este medicamento estabiliza la membrana celular, inhibe la peroxidación lipídica y reduce la liberación de radicales libres, aumentando el flujo sanguíneo y reduciendo el edema y la inflamación de la zona lesionada (13).

Hay pacientes con LM que pueden presentar epilepsia, por lo tanto el uso de antiepilépticos es bastante importante. El tratamiento más utilizado en esta cuestión es con pregabalina y gabapentina (14).

Para tratar la espasticidad el fármaco más utilizado es el baclofén (se trata de uno de los inhibidores más importantes del sistema nervioso central (SNC) por el cual se inhibe la fase presináptica) que influye sobre la actividad refleja monosináptica y polisináptica disminuyendo la tarea que ejecutan las neuronas motoras de tipo gamma. Además se pueden utilizar otras alternativas como la tizanidina, las benzodiacepinas y el dantralene. La tizanidina es un sucedáneo del imidazol que inhibe los receptores imidazólicos y alfadrenérgicos y reduce principalmente la actividad de los reflejos polisinápticos. Las benzodiacepinas provocan un bloqueo de los receptores GABA, las que tienen un mayor uso a día de hoy son el diacepam (Valium) y clonacepam (Rivotril). El dantralene es un relajante muscular que reduce el corriente de calcio por el retículo sarcoplásmico (15).

La trombosis venosa se tratará mediante la administración de heparina. Se utilizará en dosis de bajo peso molecular, la cual se empieza a administrar en los

3 primeros días, llegando a mantener este tratamiento hasta los 3 meses. Los medicamentos usados en nuestra serie de lesionados medulares fueron la nadroparina (principalmente), la bemiparina y la enoxaparina (16).

Otros problemas como la osteoporosis se suelen tratar con bifosfonatos, que previenen la pérdida mineral ósea (10).

- **Tratamiento rehabilitador (17)**

El tratamiento rehabilitador realizado a pacientes con lesión medular debe ser precoz para prevenir los problemas de pérdida de masa muscular, mantener intacta la densidad de los huesos de estos pacientes y conservar el sistema respiratorio y digestivo en un perfecto funcionamiento. Este tratamiento se centra en la tonificación de la musculatura sobre la que los pacientes no tienen aún el control total, consiguiendo una mejor autonomía en las actividades de la vida cotidiana; también es importante la mejora de la amplitud de movimiento, la fuerza, la flexibilidad de estos pacientes, además de la reducción de la espasticidad de la zona afectada.

Para obtener buenos resultados es esencial que el tratamiento se realice en lo más pronto posible por un equipo multidisciplinar (formado por médicos rehabilitadores, neurólogos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, psicólogos y trabajadores sociales).

- **Tratamiento quirúrgico**

La prescripción del tratamiento quirúrgico de un daño medular causado de manera traumática es un tema que presenta bastante polémica en la literatura científica. Debido al progreso que se ha sucedido de unos años hasta hoy en día

en el campo de estas operaciones, como son las técnicas anestésicas y quirúrgicas (fijaciones vertebrales), se ha conseguido un aumento de realización de cirugías como tratamiento de personas que padecen una LM (18).

Tras producirse la lesión, la intervención quirúrgica está dirigida a dos finalidades, la descompresión y la estabilización. Con la descompresión se retiran los fragmentos que están dañando la médula tras el mecanismo lesional; y con la estabilización se pretende reducir la movilidad de los segmentos para evitar que la lesión se agrave (19).

Los objetivos de la cirugía son disminuir la estancia hospitalaria de los pacientes, acelerar y facilitar el tratamiento rehabilitador y permitir una reincorporación más rápida del paciente a la sociedad y a las AVD (18).

- **Tratamiento Fisioterapéutico**

A día de hoy hay una gran evidencia sobre la eficacia de las técnicas fisioterapéuticas en los pacientes con lesión medular según varios estudios revisados anteriormente (19).

El tratamiento fisioterapéutico se empieza a realizar en el hospital una vez que el paciente esté estable para realizarlo. Durante la fase aguda y subaguda de la patología se realizan ejercicios para mantener una postura correcta y estabilizar el tronco y la pelvis, acompañados de ejercicios de cinesiterapia. Una vez que el paciente tiene una buena estabilidad en sedestación se inicia un tratamiento basado en ejercicios en bipedestación para evitar posibles complicaciones por estar demasiado tiempo en cama y para iniciar la reeducación de la marcha (17).

Actualmente son muchos los métodos y técnicas que se utilizan en el tratamiento de las secuelas que se originan en los pacientes con lesión medular como (19):

- Método Bobath: Este método se basa en inhibir movimientos anormales y potenciar el control de la postura de los pacientes (19).
- Método Kabat: Es utilizado para buscar reacciones neuromusculares (19).
- Método Perfetti: Se trata de activar las funciones cognitivas de los pacientes utilizando estímulos somatosensoriales (19).
- Terapias de neurodesarrollo: Su objetivo se centra en facilitar el movimiento mediante las primeras etapas del desarrollo motor humano. Centrándose, principalmente, en fortalecer los miembros superiores e inferiores (19).
- Electroestimulación: Se trata de una técnica que, mediante impulsos eléctricos, provoca contracciones musculares creando un efecto parecido al que se puede obtener ejercitando los músculos (19).

La reeducación de la marcha es el principal objetivo que se aborda en el tratamiento fisioterapéutico en los lesionados medulares con una lesión incompleta. Existen evidencias de que la fisioterapia aporta grandes beneficios para llegar a este propósito pero no está claro qué tipo de procedimiento es el más eficaz para la restauración de marcha.

- **Tratamiento con terapia robótica**

La incorporación de las nuevas tecnologías en el ámbito de la neurorrehabilitación se está produciendo de manera rápida, presentándose como

una herramienta muy prometedora para cambiar el paradigma terapéutico de las lesiones medulares.

Los dispositivos robóticos se adaptan adecuadamente a la necesidad de asistir los movimientos de las extremidades, basándose en su capacidad de realizar tareas sencillas y repetitivas de forma consistente, facilitando así la recuperación funcional y la plasticidad adaptativa. Estos dispositivos pueden ser programados para guiar al paciente para que realice una serie de movimientos específicos manteniendo un nivel de soporte y de restricción de recorridos articulares específico. Además son capaces de llevar a cabo movimientos repetidos sin fatiga al mismo tiempo que facilitan datos objetivos sobre dichos movimientos. Se pueden clasificar en dos categorías fundamentales: dispositivos de efector distal y dispositivos tipo exoesqueleto.

Los dispositivos de efector distal fueron los primeros en aparecer y se caracterizan porque utilizan un único punto distal de contacto para guiar el movimiento de toda la extremidad. En la extremidad superior suele contactar con la mano o el antebrazo, para facilitar los movimientos del codo y el hombro. Este tipo de dispositivos producen movimientos combinados por lo que resulta difícil aislar movimientos simples puros.

Los exoesqueletos son estructuras que se sitúan en paralelo a las distintas partes de las extremidades con más de un punto de interacción con la persona con lesión medular. El exoesqueleto proporciona un control directo sobre cada segmento de la extremidad, incorporando motores individualizados, que coinciden con el eje anatómico de la articulación. Cada motor individualizado

desencadena el movimiento de cada articulación sobre la que está localizado (20).

Uno de los exoesqueletos más conocidos para la rehabilitación de la marcha es el dispositivo Lokomat, un mecanismo robótico que suele utilizarse en las unidades que se especializan en pacientes con lesión medular, siendo esta máquina una sobre la que más investigaciones se han realizado últimamente. El Lokomat ayuda al paciente en la realización de la marcha mientras se encuentra está suspendido sobre una cinta sin fin. Además es necesario la utilización de un pre ordenador para fijar una serie de parámetros que serán oportunos para que la marcha se pueda reeducar correctamente basándose en las necesidades de cada paciente (17). Existen múltiples estudios que comprueban la eficacia del uso del dispositivo Lokomat, mostrando una mejora en la velocidad de la marcha y en el desarrollo de habilidades funcionales.

Hasta el momento, los dispositivos tipo exoesqueletos quedan restringidos a entornos clínicos de rehabilitación y no parece realista su traslado al domicilio del paciente (20).

Además, se han establecido que el añadir estímulos, mediante terapias de realidad virtual, a una tarea específica mejora los resultados, ya que favorece la plasticidad cerebral y medular, dando lugar a la facilitación de formación de las redes nerviosas para realizar la tarea adecuadamente. Se ha demostrado que la información externa puede ser un suplemento a disminución de la información interna, al facilitar dinámica intrínseca del sistema de movimiento, sincronizando y entrenando el acoplamiento de fases de los segmentos corporales (21).

2. OBJETIVOS

Objetivo principal

Determinar la eficacia de la robótica como tratamiento de fisioterapia en pacientes que presentan lesión medular.

Objetivos específicos

- Revisar y conocer la existencia de evidencia científica sobre la efectividad de la robótica respecto a la consecución de marcha en pacientes con lesión medular.
- Revisar y conocer la existencia de evidencia científica sobre la efectividad de la robótica respecto a la velocidad de la marcha en pacientes con lesión medular.
- Revisar y conocer la existencia de evidencia científica sobre la efectividad de la robótica respecto a las actividades de la vida diaria (AVD) en pacientes con lesión medular.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño

Hemos realizado un estudio descriptivo transversal a través de una revisión sistemática siguiendo las normas PRISMA (22) para la búsqueda bibliográfica. Inicialmente se realizó una búsqueda en bases de datos esenciales en medicina y fisioterapia de artículos publicados desde el 2005 hasta la actualidad. Esta primera búsqueda se desarrolló entre los meses de Marzo de 2020 a Abril del año 2020.

3.2. Pregunta de Investigación

Para llevar a cabo nuestro estudio se procedió a la elaboración de una pregunta de investigación, usando para ello el modelo Paciente-Intervención-Resultado (PIO) (23).

¿Es eficaz el tratamiento con dispositivos robóticos para la mejora de la marcha y las AVD en pacientes con lesión medular?

Tabla I. Tabla PIO en base a la pregunta de investigación. Donde se combina el lenguaje natural y el lenguaje controlado

		P	I	O
Lenguaje Natural		Lesión medular	Robótica Realidad virtual Exoesqueletos	Marcha AVD
Lenguaje Controlado	MeSH	Spinal Cord Injuries	Robotics Virtual Reality Exoskeleton Device	Gait Activities of Daily Living
	DeCS	Lesiones de la Médula Espinal	Robótica	Marcha Actividades cotidianas

3.3. Estrategia y Procedimiento de Búsqueda

Se procedió a la extracción de los estudios mediante la búsqueda de los tesauros, combinando términos MeSH con los operadores booleanos AND y OR tal y como se muestra en la tabla II.

La búsqueda se lleva a cabo en las bases de datos MEDLINE-Pubmed (National Library of Medicine, Estados Unidos), PEDro (fisioterapia basada en la evidencia científica) y Web of Science (WOS) usando la combinación de los siguientes descriptores: “injured spinal cord”, “physiotherapy”, “physical therapy”, “rehabilitation”, “robotic”, “new technology” (“lesión medular”, “fisioterapia”, “terapia física”, “rehabilitación”, “robótica”, “nueva tecnología”).

3.3.1. Pubmed

Se buscaron ensayos clínicos con las palabras “injured spinal cord” [Mesh], “rehabilitation” [Mesh], combinadas con el operador booleano AND de modo que la caja de búsqueda queda de la siguiente forma: “injured spinal cord” [Mesh] AND “rehabilitation”.

Se obtuvieron 119 resultados, de los cuales fueron seleccionados 6 ensayos clínicos tras aplicarles los límites y criterios de inclusión y exclusión.

3.3.2. Web of Science

Se realiza la búsqueda bibliográfica utilizando las palabras clave “injured spinal cord”, “physiotherapy”, “robotic”, combinadas con el operador booleano AND, quedando la caja de búsqueda de la siguiente forma: “injured spinal cord” AND “physiotherapy”, “injured spinal cord” AND “robotic”.

Se obtuvieron 66 resultados, de los cuales fueron seleccionados 4 artículos tras aplicarles los límites y criterios de inclusión y exclusión.

3.3.3. PEDro

Se realiza una búsqueda avanzada de la literatura en esta base de datos, que nos permite la selección de palabras clave respecto al título y al resumen, la parte del cuerpo en la que se centra el artículo, que será la columna vertebral en este caso, el tipo de tratamiento que serán aplicaciones de robótica, clase de artículo que será ensayo clínico y la fecha en la que se publican dichos artículos.

Se obtuvieron 11 resultados con las siguientes cajas de búsqueda: “injured spinal cord” AND “robotic”.

Tabla II. Ecuaciones de búsqueda.

Base de datos	Ecuación de búsqueda
Pubmed	“injured spinal cord” [Mesh] AND “physical therapy” OR “rehabilitation” AND “robotic” OR “new technology”
Web of Science	“injured spinal cord” AND “physiotherapy” OR “injured spinal cord” AND “robotic”
PEDro	TITLE-ABS-KEY “injured spinal cord” AND “robotic”

3.4. Criterios de inclusión

Los artículos que se han seleccionado en esta revisión debían cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- Tipo de estudio: Ensayos clínicos aleatorios (ECA)
- Ensayos clínicos donde el uso de la robótica y las nuevas tecnologías se incluyen como tratamiento en la recuperación de la lesión medular.
- Ensayos clínicos donde se habla de la importancia de la robótica en la fisioterapia.
- Ensayo clínicos sobre los nuevos tratamientos tecnológicos para la recuperación de los lesionados medulares.
- Estudios en los que los participantes eran adultos.
- Idioma: Sólo se utilizaran aquellos artículos que hayan sido escritos en inglés y en español.
- Periodo de publicación: Deben haber sido publicados en los últimos 15 años.
- Artículos con una puntuación mayor o igual a 3 según las escala JADAD.

3.5. Criterios de exclusión

Los artículos fueron rechazados por los siguientes motivos:

- Estudios que incluyan otros tratamientos que no estén relacionados con la tecnología.
- Artículos que no tengan acceso a texto completo.
- Modelos: animales.

3.6. Lectura crítica y clasificación de la Evidencia

La evaluación de la calidad de la evidencia se basa en analizar la validez de los hallazgos en virtud de la calidad metodológica de las investigaciones, garantizando la veracidad científica y la posibilidad de aplicación clínica del estudio.

Para clasificar la evidencia de este trabajo se utilizó el sistema SIGN, compuesto por niveles de evidencia (Tabla III) y grados de recomendación según estos niveles (Tabla IV). Este sistema se basa en un análisis cuantitativo exhaustivo de las revisiones sistemáticas otorgando a la disminución del error sistemático una gran relevancia y considerando la calidad metodológica de los estudios que las componen (24).

Tabla III. Niveles de evidencia para estudio de tratamiento con análisis cuantitativo (SIGN).

Nivel de evidencia	Interpretación
1++	Meta-análisis de alta calidad, RS de EC o EC de alta calidad con muy poco riesgo de sesgo
1+	Meta-análisis bien realizados, RS de EC o EC bien realizados con pocos riesgo de sesgos
1-	Meta-análisis, RS de EC o EC con alto riesgo de sesgos
2++	RS de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles. Estudios de cohortes o de casos y controles con riesgo muy bajo de sesgo y con alta probabilidad de establecer una relación causal
2+	Estudios de cohortes o de casos y controles bien realizados con bajo riesgo de sesgo y con una moderada probabilidad de establecer una relación causal
2-	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de sesgo y riesgo significativo de que la relación no sea causal
3	Estudios no analíticos, como informes de casos y series de casos
4	Opinión de expertos

Los estudios clasificados como 1- y 2- no deben usarse en el proceso de elaboración de recomendaciones por su alto potencial de sesgo.

Tabla IV. Grados de recomendación para estudios de tratamiento con análisis cuantitativo (SIGN).

Grados de recomendación	Interpretación
A	Al menos un meta-análisis, RS o EC clasificado como 1++ y directamente aplicable a la población diana de la guía; o un volumen de evidencia científica compuesto por estudios clasificados como 1+ y con gran consistencia entre ellos
B	Un volumen de evidencia científica compuesta por estudios clasificados como 2++, directamente aplicable a la población diana de la guía y que demuestran gran consistencia entre ellos; o evidencia científica extrapolada desde estudios clasificados como 1++ o 1+
C	Un volumen de evidencia científica compuesta por estudios clasificados como 2+ directamente aplicables a la población diana de la guía y que demuestran gran consistencia entre ellos; o evidencia científica extrapolada desde estudios clasificados como 2++
D	Evidencia científica de nivel 3 o 4; o evidencia científica extrapolada desde estudios clasificados como 2+

Tras seleccionar los artículos potencialmente relevantes se realizó una lectura crítica de dichos estudios a texto completo, para ello, se empleó la escala de calidad Jadad (25), una escala validada, que nos permitió evaluar de forma independiente la calidad metodológica de los ensayos clínicos incluidos en nuestro estudio. Dicha escala valora los estudios en función de la aleatorización, el cegado de pacientes e investigador (doble ciego) y la descripción de los abandonos.

Cada artículo se sometió a las 5 cuestiones en la escala Jadad (Ver Tabla V). La puntuación obtenida, superior o igual a 3, muestra una adecuada calidad metodológica y la relevancia de los artículos seleccionados.

Tabla V. Escala Jadad.

Cuestiones para valorar la calidad de un ensayo clínico	Puntuación
1. ¿Se describe el estudio como <u>aleatorizado</u> ?	Sí: 1 punto No: 0 puntos
2. ¿Se describe el método utilizado para realizar la <u>aleatorización</u> y este método es adecuado?	Sí: 1 punto No: 0 puntos El método es inadecuado: -1 punto
3. ¿El estudio se describe como doble ciego?	Sí: 1 punto No: 0 puntos
4. ¿Se describe el método de cegamiento y este método es adecuado?	Sí: 1 punto No: 0 puntos El método es inadecuado: -1 punto
5. ¿Hay descripción de las pérdidas de seguimiento y los abandonos?	Sí: 1 punto No: 0 puntos

Tabla VI. Calidad de los ensayos clínicos incluidos según la escala Jadad.

Items Estudios	I	II	III	IV	V	Puntuación Total
Sale P et al. 2016 (26)	1	1	1	0	No Abandonos 1	4
<u>Labruyère R et al. 2014</u> (27)	1	1	1	1	No Abandonos 1	5
Lam T et al. 2015 (28)	1	1	1	1	1 Abandono 1	5
<u>Dimbwadyo-Terrer I et al. 2016</u> (29)	1	1	1	0	9 Abandonos 1	4
<u>Niu X et al. 2014</u> (30)	1	1	0	0	No Abandonos 1	3
<u>Kilgore K et al. 2006</u> (31)	1	1	0	0	No Abandonos 1	3
Gorman, P et al. 2016 (32)	1	1	0	0	No Abandonos 1	3

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de los artículos seleccionados

El total de estudios encontrados fue de 196 (N=196), tras un análisis exhaustivo se descartaron 175 estudios ya que no se ajustaban a los criterios de inclusión planteados o se encontraban repetidos. Fueron revisados a texto completo 21 estudios. Finalmente, se revisaron en profundidad 7 artículos; de los cuales 4 artículos fueron encontrados en la base de datos Pubmed, 2 artículos fueron encontrados en la base de datos Web of Science y 1 artículo fue encontrado en la base de datos PEDro.

En la Figura I se indica el procedimiento realizado para la extracción de los artículos, donde inicialmente se parte de 196 tras la búsqueda realizada y se incluyen finalmente 7 ensayos clínicos para la revisión a texto completo.

Figura I. Diagrama de flujo de selección de artículos incluidos en el estudio.

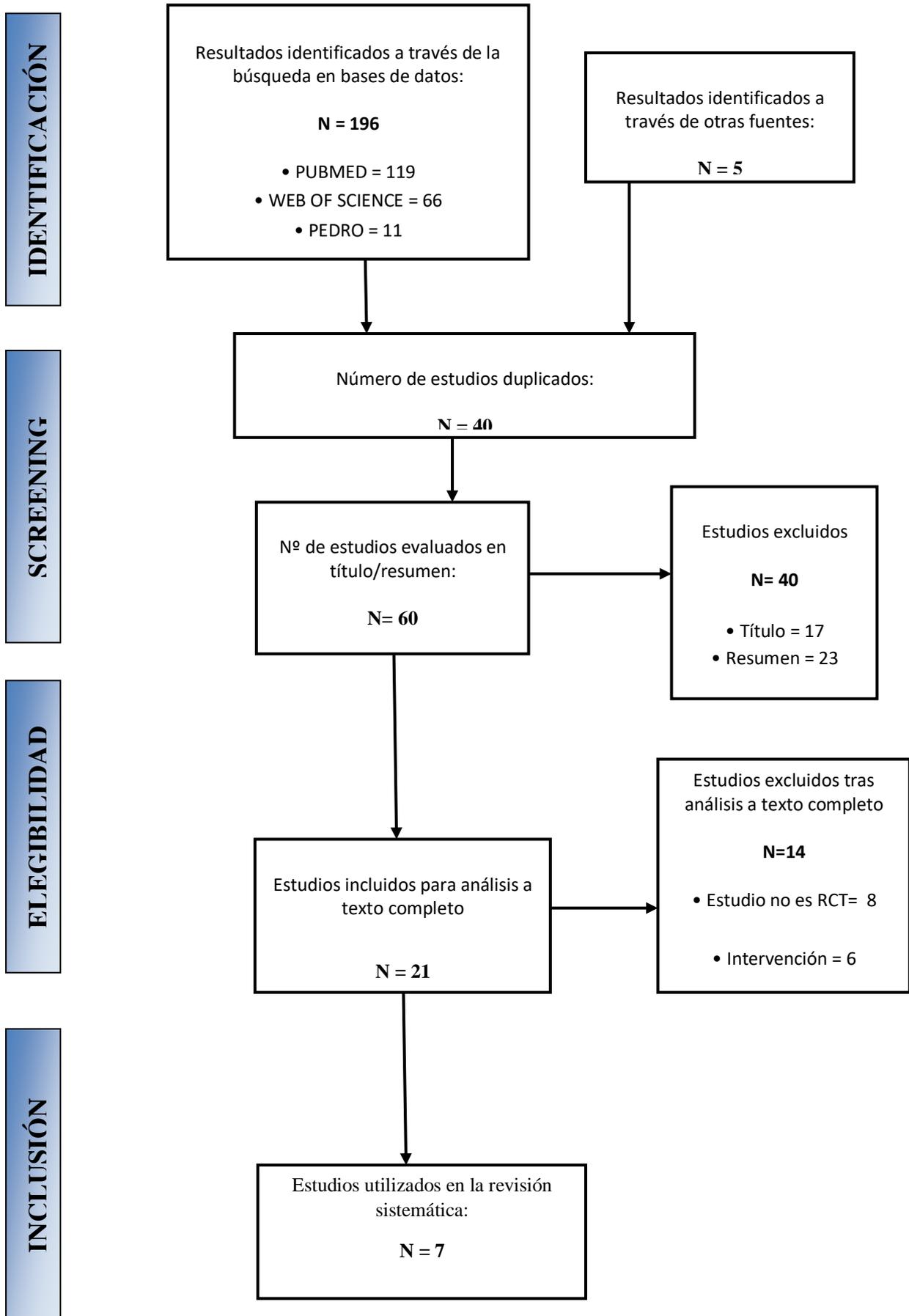


TABLA VII. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN

REFERENCIA	DISEÑO DE ESTUDIO Y PARTICIPANTES		INTERVENCIÓN		RESULTADOS	
Autor/Año	Tipo de estudio	Muestra y Edad Media	Tratamiento Grupo A	Tratamiento Grupo B	Variables Medidas	Resultados
Sale P et al. (26) 2016	Ensayo Clínico Aleatorio	N:3 Lesión medular incompleta. Trastorno en la marcha	Entrenamiento de la movilidad y equilibrio mediante el dispositivo EKSO. Sesiones de caminata 45 minutos al día. 3 a 4 veces en semana. Un total de 20 sesiones.	No recibe tratamiento	Prueba Caminata 6 metros (6MWT). Análisis de la marcha (GA) Escala Borg (mediación del esfuerzo/fatiga). Escala EVA (medición del dolor) Prueba TUG (equilibrio) Cuestionario de Satisfacción.	Mejora significativa de la velocidad y cadencia de marcha. Buen efecto sobre la fatiga y dolor. Comentarios positivos respecto a la satisfacción.
Labruyère R et al. (27) 2014	Ensayo Clínico Aleatorio	N:9 Lesión Medular Crónica	Entrenamiento de RAGT (marcha asistida por robot), con sesiones de 45 minutos con un total de 16 sesiones en 4 semanas. Entrenamiento de fuerza, con sesiones de 45 min con un total de 16 sesiones en 4 semanas.	Entrenamiento de fuerza, con sesiones de 45 min con un total de 16 sesiones en 4 semanas. Entrenamiento de RAGT (marcha asistida por robot, con sesiones de 45 minutos con un total de 16 sesiones en 4 semanas. Mismo tratamiento pero a la inversa.	Prueba Caminata 10 metros (10MWT). Velocidad de Marcha bajo diferentes condiciones (fuerza y equilibrio). Escala Eva (medición del dolor). Escala de Eficacia de las Caídas (FES-I).	RAGT no resulto ser más efectivo respecto al entrenamiento de la fuerza de miembros inferiores. Únicamente mejora la velocidad de marcha máxima (10MWT) en entrenamiento con fuerza respecto al entrenamiento con RAGT.

<p>Lam T et al. (28) 2015</p>	<p>Ensayo Clínico Aleatorio</p>	<p>N:15 Lesión medular crónica</p>	<p>Entrenamiento con Loko-R, en cinta sin fin con suspensión del paciente y resistencia aplicada. Sesiones de 45 minutos, durante 3 veces a la semana a lo largo de 3 meses.</p>	<p>Entrenamiento con Lokomat convencional. Sesiones de 45 minutos, durante 3 veces a la semana a lo largo de 3 meses.</p>	<p>Escala Borg (medición de tolerancia al entrenamiento) Perfil de Ambulación Funcional de LM (SCI-FAP), medición de la capacidad de caminar.</p>	<p>Velocidad de cinta fue menor en el entrenamiento con Loko-R. No hubo diferencias significativas en cuanto a BWS. Mejora significativa en SCI-FAP en el entrenamiento con Loko- R. Mayores informes de fatiga en el grupo Loko-R.</p>
<p>Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) 2016</p>	<p>Ensayo Clínico Aleatorio</p>	<p>N: 31 Lesión Medular a nivel C5-C8.</p>	<p>Tratamiento convencional de fisioterapia (movilizaciones pasivas y activas, ejercicios de fuerza de miembros superiores y entrenamiento de las AVD) Sesiones de 1 hora y 30 minutos durante 5 días a la semana Además de un entrenamiento con Sistema Torya de Realidad Virtual Sesiones de 30 minutos, 3 días a la semana a lo largo de 5 semanas.</p>	<p>Tratamiento convencional de fisioterapia (movilizaciones pasivas y activas, ejercicios de fuerza de miembros superiores y entrenamiento de las AVD) Sesiones de 1 hora y 30 minutos durante 5 días a la semana</p>	<p>Medida de Independencia Funcional (FIM) The Spinal Cord Injury Independence Measure (SCIM III) Índice de Barthel (BI) Índice de Motricidad (MI) Cuestionario Calidad de Vida (QUEST). Cuestionario de Satisfacción de Likert</p>	<p>Aumento significativo de motivación para realizar las tareas. Mejora la seguridad y el buen gusto al sistema. No hubo mejoras respecto a las AVD.</p>

<p>Niu X et al. (30) 2014</p>	<p>Ensayo Clínico Aleatorio</p>	<p>N: 40 Lesión medular e hipertonia espástica en los tobillos.</p>	<p>Entrenamiento con Lokomat. 12 sesiones de 1 hora durante 1 mes</p>	<p>No recibe tratamiento</p>	<p>Al comienzo, a la 1, 2 y 4 semana al acabar el entrenamiento. Prueba de los 10 metros andando (10MWT) Prueba de los 6 metros andando (6MWT). Test de Time Up and Go (TUG)</p>	<p>Los sujetos que tenían una gran capacidad de andar al inicio del entrenamiento mostraron resultados positivos significativos en la velocidad y la movilidad funcional, pero no mostraron mejoras en la resistencia. Los sujetos con una capacidad baja al inicio del entrenamiento no mostraron mejoras significativas.</p>
<p>Kilgore K et al. (31) 2006</p>	<p>Ensayo Clínico Aleatorio</p>	<p>N:4 Lesión medular a nivel C5-C6.</p>	<p>Implantación de 12 electrodos estimulantes, dos electrodos que registran la señal mioeléctrica, un implante estimulador – telemétrico y una unidad de control externa y bobina de transmisión/ recepción.</p>	<p>No recibe tratamiento</p>	<p>Medidor de pinzamiento modificado. Prueba de agarre y liberación. ADL Test: Abilities Test (ADLAT): Medición del impacto de la neuroprótesis en el rendimiento de las AVD; y Habits Survey (ADLHS) Escala Rosenberg (Escala de Autoestima) Inventario de Salud Mental (medición del impacto del uso de neuroprótesis). Satisfacción con la Tecnología de Asistencia (QUEST)</p>	<p>Se demostró que la señal mioeléctrica puede grabarse de la musculatura voluntaria en presencia de la estimulación eléctrica en la musculatura cercana. Los resultados funcionales muestran que la neuroprótesis proporciona una fuerza de pellizco y agarre significativamente mayor en cada sujeto. Todos los sujetos han mostrado una mayor independencia y una mejor función en AVD.</p>

<p>Gorman, P et al. (32) 2016</p>	<p>Ensayo Clínico Aleatorio</p>	<p>N:15 Lesión Medular</p>	<p>Entrenamiento con Loko-R. Sesiones de 45 minutos, durante 3 veces a la semana a lo largo de 3 meses.</p>	<p>No recibe tratamiento</p>	<p>Al mes y al cado de 6 meses: Capacidad de andar Velocidad y distancia en línea base y tras el entrenamiento Perfil de Ambulación Funcional de LM (SCI-FAP), medición de la capacidad de caminar Escala de Modificación Corporal (BMS)</p>	<p>El dispositivo Loko-R es positivo en cuanto al control en la SCI- FAP. Disminución en la escala BMS. Aumenta significativa la velocidad en tratamiento con Loko-R.</p>
---	-------------------------------------	--------------------------------	--	------------------------------	--	---

4.2. Participantes del estudio

Los estudios incluidos en esta revisión contenían información sobre 117 pacientes. El estudio con mayor muestra de pacientes contaba con 40 participantes, siendo el grupo control el que no recibió ninguna clase de tratamiento.

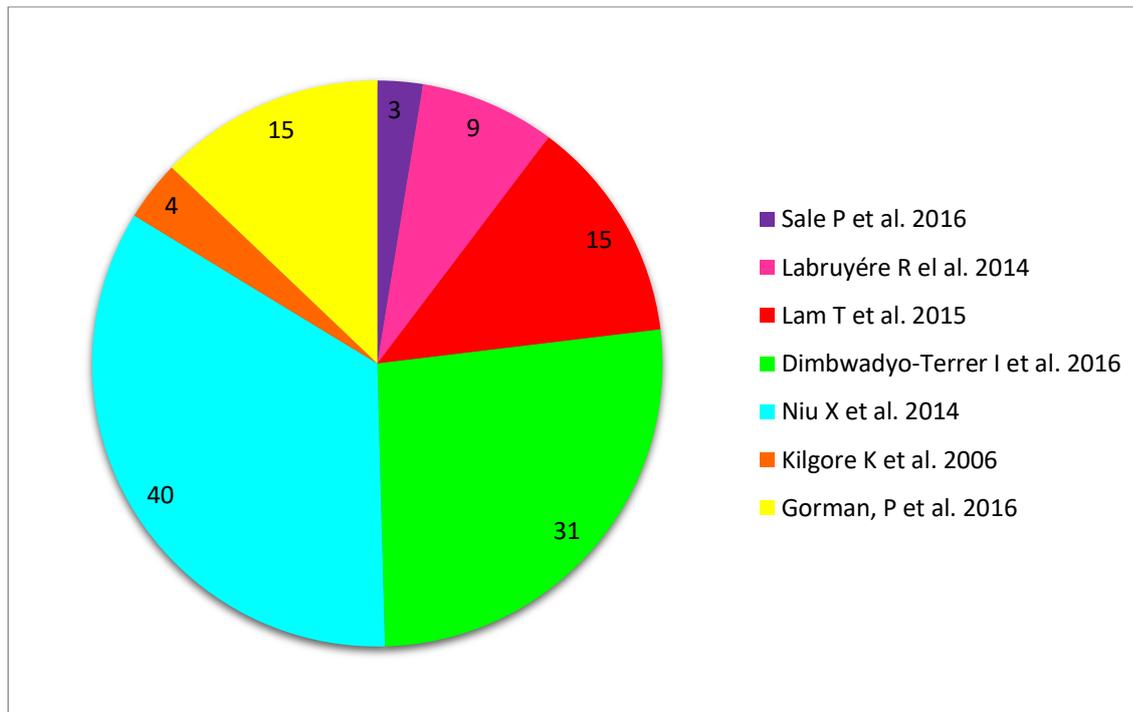


Figura II. Gráfico de la distribución de los pacientes.

4.3. Análisis del contenido de la información de los artículos

De todos los artículos analizados, 5 de ellos aplicaron el uso de exoesqueletos como forma de tratamiento, empleando diferentes prototipos como Lokomat, RAGT y EKSO, con una duración de 30 minutos a 1 hora de trabajo.

Dos artículos se centraron en el tratamiento de las extremidades superiores para mejorar la calidad de las actividades de la vida diaria en personas con lesión medular. Dimbwadyo-Terrer I

et al. (29) optó por el uso de realidad virtual, mientras que Kilgore K et al. (31) utilizó la implantación de electrodos estimulantes en los pacientes.

En cuanto a los grupos de intervención, Sale P et al. (26), Niu X et al. (30), Kilgore K et al. (31), Gorman, P et al. (32) no realizaron dos grupos de tratamiento y todos sus pacientes recibieron la misma intervención. Labruyère R et al. (27) realizó el mismo tratamiento a los dos grupos pero alternando dicho tratamiento. El grupo A recibió un entrenamiento de RAGT (marcha asistida por robot) las primeras 4 semanas y un entrenamiento de fuerza las 4 semanas siguientes. El grupo B recibió el tratamiento a la inversa, primero el entrenamiento de la fuerza y luego el entrenamiento con RAGT.

Lam T et al. (28) dividió su muestra en dos grupos los cuales fueron intervenidos con el dispositivo robótico Lokomat. El grupo A realizó un entrenamiento con Loko-R (resistencia aplicada a Lokomat), en cinta sin fin con suspensión del paciente y resistencia aplicada, mientras que el grupo B realizó un entrenamiento con Lokomat convencional (sin resistencia).

Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) optó por realizar el mismo tratamiento de fisioterapia convencional basada en movilizaciones pasivas y activas, ejercicios de fuerza de miembros superiores y entrenamiento de las AVD a ambos grupos, pero al grupo A se le agregó un entrenamiento con el Sistema Torya de Realidad Virtual.

El tiempo de cada sesión varía desde 30 minutos de entrenamiento con Realidad Virtual que aplica Dimbwadyo-Terrer I et al. (29); 45 minutos que realizan Sale P et al. (26), Labruyère R et al. (27), Lam T et al. (28) y Gorman, P et al. (32); 1 hora que lleva a cabo Niu X et al. (31); a 1 hora y 30 minutos que desarrolla Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) en su tratamiento de fisioterapia convencional en ambos grupos.

4.3.1. Resultados primarios

Los estudios analizados en esta revisión sistemática que utilizaron exoesqueletos para desarrollar sus tratamientos han valorado, principalmente, la mejora de la marcha. Tres autores usaron los mismos instrumentos de medida de medida: Labruyère R et al. (27) optó por la prueba de los 10 metros andando (10MWT) y Sale P et al. (26) por la prueba de los 6 metros andando (6MWT), mientras que Niu X et al. (30) utilizó las dos.

Dos de ellos, Lam T et al. (28) y Gorman, P et al. (32), procedieron a la valoración de la marcha con el Perfil de Ambulación Funcional de LM (SCI-FAP).

4.3.2. Resultados secundarios

- **Fatiga:** La manera de medir la tolerancia del entrenamiento de los lesionados medulares fue incluida en los artículos de Sale P et al. (26) y Lam T et al. (28), utilizando ambos la Escala Borg.
- **Dolor:** La valoración del umbral del dolor que presentaban los pacientes al realizar los tratamientos fue medida por la escala EVA por los autores Sale P et al. (26) y Labruyère R et al. (27).
- **Equilibrio:** Este ítem fue medido de diferentes maneras, Sale P et al. (26) y Niu X et al. (30) usaron el Test de Time Up and Go (TUG), mientras que Labruyère R et al. (27) utilizó la Escala de Eficacia de las Caídas (FES-I).
- **Actividades de la Vida Diaria:** Para la valoración de las AVD existen varios instrumentos de medida, Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) utiliza las escalas de Medida de Independencia Funcional (FIM), The Spinal Cord Injury Independence Measure (SCIM III) y el Índice de Barthel (BI). Kilgore K et al. (31) usó la escala ADL Habits Survey (ADLHS) y al haber realizado un implante de electrodos, optó por el uso de el ADL

Abilities Test (ADLAT) para medir el impacto de la neuroprótesis en el rendimiento de las AVD.

- **Otras variables medidas que valoraron dichos estudios fueron:** Sale P et al. (26), Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) y Kilgore K et al. (31) evaluaron el nivel de satisfacción de los pacientes. Kilgore K et al. (32) y Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) utilizaron el test QUEST para evaluar la satisfacción de los usuarios con la tecnología de asistencia. Este autor también utilizó la Escala de Rosenberg para medir el autoestima de los pacientes y el Inventario de Salud Mental para medir el impacto del uso de la neuroprótesis. Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) valoró la potencia y el rango del movimiento activo del hombro y el codo, además de la fuerza pellizco entre el pulgar y el dedo índice con el Índice de Motricidad (MI). Gorman, P et al. (32) usó la Escala de Modificación Corporal (BMS) para evaluar el autoconcepto de los pacientes.

5. DISCUSIÓN

La lesión de la médula espinal (LME) es un trastorno neurológico grave asociado, no solo a las complicaciones sino también con una pérdida significativa de movilidad y participación. La introducción de tecnologías robóticas para recuperar la función de las extremidades se ha utilizado mucho en la práctica de rehabilitación.

En los artículos encontrados se detalla principalmente cómo el entrenamiento Lokomat influye en la marcha y en la velocidad de esta y en pacientes con lesión medular, pero también como incide su influencia sobre la fatiga, el equilibrio y las actividades de la vida diaria.

A continuación exponemos la discusión según los objetivos marcados para esta revisión bibliográfica.

La marcha es uno de los problemas primordiales que resolver en lesionados medulares con una lesión incompleta. El robot es un dispositivo automático que realiza funciones normalmente atribuidas a los humanos o una máquina en forma de humano. En particular, el uso de dispositivos de entrenamiento con locomotoras robóticas en el entorno de rehabilitación podría aumentar la recuperación de la deambulación en personas después de una lesión neurológica aumentando la duración total del entrenamiento y reduciendo la asistencia de mano de obra intensiva proporcionada por los fisioterapeutas.

En la actualidad en la práctica clínica el uso de dispositivos robóticos para trabajar y mejorar la marcha de lesionados medulares es una parte integral de los diferentes tratamientos rehabilitadores que se les realiza a estos pacientes. Este innovador programa de rehabilitación de robots se basa en la comprensión comprobada de que numerosas repeticiones de movimientos funcionalmente orientados pueden estimular la reorganización de la médula espinal.

Además, para el entrenamiento de la marcha, es de la mayor importancia caminar de forma repetitiva en un modo de andar natural similar a la marcha sobre el terreno y con la retroalimentación propioceptiva y exteroceptiva correcta.

Al analizar los resultados, se puede decir que no existe un consenso respecto a las pautas terapéuticas empleadas. El número de sesiones, duración y frecuencia de las terapias varía según el planteamiento de los diferentes estudios. Dependiendo del tipo de tratamiento que se utilice varía el tiempo total de sesiones que reciben los pacientes. Sale P et al. (26) utiliza un entrenamiento con EKSO durante 4 semanas, mientras que con el dispositivo RAGT Labruyère R et al. (27) observa que es más eficaz si se utiliza durante 6 semanas. Con el dispositivo Lokomat se abre un rango de 4 a 5 semanas de entrenamiento, según Niu X et al. (30) y Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) respectivamente. Sin embargo, son Lam T et al. (28) y Gorman,

P et al. (32) los que exponen que cuando se emplea el dispositivo Loko – R en pacientes con lesión medular es necesario un tratamiento de 12 semanas para empezar a notar resultados.

Sale P et al. (26), Labruyére R et al. (27), Lam T et al. (28) y Gorman, P et al. (32) proponen una duración de 45 minutos de entrenamiento para obtener resultados positivos tras el entrenamiento. En cuanto a la frecuencia de las sesiones prevalece la realización de 3 sesiones a la semana propuestas por Sale P et al. (26), Lam T et al. (28), Dimbwadyo-Terrer I et al. (29), Niu X et al. (30) y Gorman, P et al. (32).

En todos los estudios analizados se constató un aumento significativo en la velocidad con el entrenamiento de la robótica. Sale P et al. (26) demuestra que con el uso del dispositivo EKSO durante las sesiones de entrenamiento de la marcha mejora significativamente la velocidad, debido a la mejora de la cadencia de la marcha, a la longitud del paso y anchura del paso en pacientes con una lesión medular incompleta. El uso del dispositivo Lokomat también presenta una mejora significativa de la velocidad de la marcha y de la movilidad funcional de los pacientes con lesión medular, pero únicamente si dichos pacientes mantenían la capacidad de marcha antes de empezar el entrenamiento con este dispositivo, según propone el estudio de Niu X et al. (30).

Por otro lado, Labruyére R et al. (27) afirma que la velocidad de la marcha sólo se ve mejorada cuando se realiza un entrenamiento de la fuerza, independientemente de que se realicen entrenamientos con el dispositivo RAGT. Además dicho dispositivo tampoco mejora la fuerza en miembros inferiores, proponiendo la posibilidad de que este tipo de dispositivos no sean efectivos en pacientes con lesión medular crónica.

Tanto Lam T et al. (28) como Gorman, P et al. (32) reportan que el uso de Loko – R produce una mejora significativa en la capacidad de caminar en lesionados medulares. Ambos estudios miden la capacidad de mejorar la velocidad durante la marcha, dando como resultado una disminución de la velocidad en los pacientes que realizan los entrenamientos con resistencia (28)

y un aumento significativo de la marcha en los pacientes que realizan el entrenamiento sin ningún tipo de resistencia (32).

El entrenamiento locomotor repetitivo en pacientes con lesión medular crónica es beneficioso para desarrollar la fuerza en la musculatura plantar. Esta mejora podría ser la expresión del fenómeno de plasticidad muscular resultante la carga extra en la extremidad inferior, así como una mejora de la unidad de activación voluntaria por la repetición intensiva de una tarea.

La debilidad en los músculos dorso-flexores es una de las principales causas de deterioro en el despegue del pie durante el fase de oscilación (es decir, síndrome de caída del pie). Por lo tanto, la recuperación de la fuerza de los músculos dorsi-flexores del tobillo es esencial para evitar el movimiento excesivo de flexión plantar.

Por lo tanto según la evidencia científica encontrada queda demostrada la efectividad del uso de esta determinada robótica para la mejora de la marcha.

Según el estudio Sale et al (26) el entrenamiento con EKSO hallamos una disminución del 27% y el 9% sobre fatiga y dolor respectivamente. Además se descubrió un aumento de la fatiga con el uso de Loko-R con respecto al uso de Lokomat neuromotor según el estudio de Lam T et al. (28) ya que se adapta con más precisión a la fisiología del individuo.

Hay muchos beneficios psicológicos y sociales para estar de pie, incluida una mejor autoimagen, contacto interpersonal ojo a ojo, mayor independencia vocacional, recreativa y de vida diaria. Dimbwadyo-Terrer I et al. (29) afirma mediante su estudio que la utilización de un sistema de Realidad Virtual (Sistema Torya) mejora bastante la motivación de los pacientes para afrontar ese tratamiento.

Con respecto a la mejora en las AVD aparece controversia en los hallazgos encontrados en dos de los estudios analizados. Kilgore K et al (31) muestra una mejora en la independencia para la realización de las AVD en pacientes con una lesión medular en C5 – C6 mediante la

implantación de electrodos estimulantes en los nervios del brazo. Esto puede deberse a que estos implantes producen un aumento significativo de la fuerza de agarre y de la capacidad de pellizco del dedo pulgar en estos pacientes. En el lado opuesto se encuentra Dimbwadyo-Terrer I et al. (29), quién afirma con su estudio que no se producen mejoras en las AVD en pacientes con una lesión medular de C5 – C8 a los que se le realiza un tratamiento de fisioterapia basado en movilizaciones pasivas y activas, ejercicios de fuerza en miembros superiores y un entrenamiento con el sistema Torya de Realidad Virtual.

Finalmente una vez hecha esta revisión sistemática y en base a lo aprendido en los diferentes estudios que han sido incluidos, es necesario promover futuras investigaciones con el fin de conocer los beneficios reales del uso de la robótica en los lesionados medulares y en la mejora de su calidad de vida.

Por lo tanto, es necesario seguir esta línea de investigación con el objetivo de promover el uso de exoesqueletos en la recuperación de pacientes lesionados medulares para mejorar la calidad de la marcha de dichos pacientes.

6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en nuestro trabajo, podemos concluir que:

- La aplicación de la robótica tiene efectividad para los pacientes con lesión medular incompleta.
- Existe una mejora significativa en la adquisición del correcto patrón de la marcha, de la velocidad de la marcha así como en la realización de las AVD con el uso de robótica en pacientes con lesión medular incompleta.
- No se han hallado resultados concluyentes con respecto a la variable fatiga tras el uso de robótica en pacientes con lesión medular incompleta.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Gray, D. R. L., Drake, R., Vogl, W., & Mitchell, A. (2015). Anatomía para estudiantes. *EUA: Elsevier*.
2. Testut, L.; Latarjet, A. (1969). Tratado de anatomía humana. Vol.2, Angiología-Sistema nervioso central. Salvat.
3. Cardinali, D. P. (2000). Manual de neurofisiología. Ediciones Díaz de Santos.
4. PROMETHEUS, T. Y. A. D. A. Schünke, Schulte y Schumacher. Edit. Medica Panamericana. 2006. FOTOS SUSTANCIA GRIS Y BLNCA.
5. Lema, C. P. H., & Parra, J. E. P. (2010). Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. *Aquichan*, 10(2), 157-172.
6. Juan, M. Á. C. (2016). El paciente con lesión medular en fase crónica. Revisión del tratamiento fisioterápico. *fisioGlía: revista de divulgación en Fisioterapia*, 3(1), 5-12.
7. Martín, S. (2002). Guía práctica para lesionados medulares. *Madrid: ASPAYM Madrid*.
8. Sánchez A, Salvador S, García L, Jáuregui MJ, Samsó J, Ferreiro ME. Planificación Sanitaria de la Atención al Lesionado Medular: Modelos Organizativos. En: FEGAS, editor. Mesa redonda de la Sociedad Española de Paraplejía [Internet]. Santiago de Compostela; 2008 [Citado 10 Abr 2020]. p. 127. Disponible en: <https://www.sergas.es/gal/Publicaciones/Docs/AtEspecializada/PDF1804-ga.pdf>
9. Hospital Nacional de Parapléjicos [Internet]. [cited 10 Apr 2020]. Available from: <https://hnparaplejicos.sanidad.castillalamancha.es/es>

10. Strassburguer, K., Hernández, Y., & Barquín, E. (2001). Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica. *Madrid: Aspaym. Recuperado de [http://www. isfie.org/documentos/guia_practica_lm. pdf](http://www.isfie.org/documentos/guia_practica_lm.pdf).*
11. Huete García, A. (2018). Análisis sobre la lesión medular en España.
12. Burney, R. E., Maio, R. F., Maynard, F., & Karunas, R. (1993). Incidence, characteristics, and outcome of spinal cord injury at trauma centers in North America. *Archives of Surgery, 128*(5), 596-599.
13. Castellano, J. M. (2007). Manejo prehospitalario de la lesión medular. *emergencias, 19*, 25-31.
14. Gómez-Garrido, A., González-Viejo, M. A., Fraile-Soriano, R., & Herraiz-Díaz, A. (2010). Incidencia del dolor neuropático en el lesionado medular. *Rehabilitación, 44*(3), 199-204.
15. De Ruz, A. E., Polo, M. S., Rojo, M. V., González, P. D., Dorado, J. T., Díaz, M. S., & García, V. G. (2002). Estudio de prevalencia de la espasticidad en el paciente con lesión medular. *Rehabilitación, 36*(1), 6-12.
16. Blasco, J. N., Mourelle, R. M., Marqués, A. M., Velasco, M. F., de la Barrera, S. S., & Sotillo, A. R. (2012). Trombosis venosa profunda en la lesión medular traumática aguda. *Rehabilitación, 46*(4), 277-281.
17. Puyuelo-Quintana, G., Gil-Agudo, Á. M., & Cano-de la Cuerda, R. (2017). Eficacia del sistema robótico de entrenamiento de la marcha tipo Lokomat en la rehabilitación de pacientes con lesión medular incompleta. Una revisión sistemática. *Rehabilitación, 51*(3), 182-190.

18. Vicario Espinosa, C., & Alcobendas Maestro, M. (2006). El manejo quirúrgico actual de las lesiones medulares traumáticas. *Patología del Aparato Locomotor*, 4(4), 247-253.
19. Fuentes Gómez, M. (2016). Terapia robótica vs fisioterapia convencional en la reeducación de la marcha en personas con lesión medular: una revisión sistemática.
20. Agudo, A. G. (2019). Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación aplicadas al tratamiento del paciente con lesión medular. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(75), 4437-4445.
21. Fresnedo, J. Q., Olmos, R. S., Hernández, S. L., Zavala, R. P., Uriostegui, I. Q., Salazar, C. S., ...& Santana, M. T. (2015). Efectos a corto plazo del entrenamiento de la marcha en una órtesis robótica (Lokomat®) con retroalimentación auditiva en pacientes con lesión medular incompleta crónica. *Rehabilitacion*, 49(1), 30-37.
22. Hutton B, Catalá-López F, Moher D. La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc)* [Internet]. 2016;147(6):262–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medcli.2016.02.025>
23. Martínez Díaz, J. D., Ortega Chacón, V., & Muñoz Ronda, F. J. (2016). El diseño de preguntas clínicas en la práctica basada en la evidencia: modelos de formulación. *Enfermería Global*, 15(43), 431-438.
24. Mella, M., Zamora, P., Mella, M., Ballester, J. J., & Uceda, P. (2012). Niveles de evidencia clínica y grados de recomendación. *RevSoc Andaluza Trauma y Ortop*, 29(1-2), 59-72.

25. Jadad AT, Moore Ra, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJM GD et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Controlled Clinical Trials*. 1996;17(1):1–12.
26. Sale, P., Russo, E. F., Russo, M., Masiero, S., Piccione, F., Calabrò, R. S., & Filoni, S. (2016). Effects on mobility training and de-adaptations in subjects with spinal cord injury due to a wearable robot: a preliminary report. *BMC neurology*, 16(1), 12.
27. Labruyère, R., & van Hedel, H. J. (2014). Strength training versus robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: a randomized pilot study in patients depending on walking assistance. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 4.
28. Lam, T., Pahl, K., Ferguson, A., Malik, R. N., Krassioukov, A., & Eng, J. J. (2015). Training with robot-applied resistance in people with motor-incomplete spinal cord injury: Pilot study. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 52(1).
29. Dimbwadyo-Terrer, I., Gil-Agudo, A., Segura-Fragoso, A., De Los Reyes-Guzmán, A., Trincado-Alonso, F., Piazza, S., & Polonio-López, B. (2016). Effectiveness of the virtual reality system Toyra on upper limb function in people with tetraplegia: a pilot randomized clinical trial. *BioMed research international*, 2016.
30. Niu, X., Varoqui, D., Kindig, M., & Mirbagheri, M. M. (2014). Prediction of gait recovery in spinal cord injured individuals trained with robotic gait orthosis. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 42.
31. Kilgore, K. L., Hart, R. L., Montague, F. W., Bryden, A. M., Keith, M. W., Hoyen, H. A., ... & Peckham, P. H. (2006, August). An implanted myoelectrically-controlled neuroprosthesis for upper extremity function in spinal cord injury. In *2006 International*

Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 1630-1633).
IEEE.

32. Gorman, P. H., Scott, W., York, H., Theyagaraj, M., Price-Miller, N., McQuaid, J., ...&Macko, R. F. (2016). Robotically assisted treadmill exercise training for improving peak fitness in chronic motor incomplete spinal cord injury: a randomized controlled trial. *The journal of spinal cord medicine*, 39(1), 32-44.

8. ANEXOS

ANEXO I. Valoración neurológica ASIA


INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)


Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

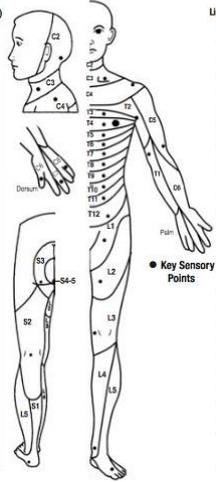
Elbow flexors C5
 Wrist extensors C6
 Elbow extensors C7
 Finger flexors C8
 Finger abductors (little finger) T1

Hip flexors L2
 Knee extensors L3
 Ankle dorsiflexors L4
 Long toe extensors L5
 Ankle plantar flexors S1

(VAC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No)

RIGHT TOTALS (MAXIMUM) (50) (56) (56)

MOTOR SUBSCORES
 UER + UEL = UEMS TOTAL LER + LEL = LEMS TOTAL
 MAX (25) (25) MAX (25) (25) (50)



• Key Sensory Points

SENSORY KEY SENSORY POINTS
 Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
L1
L2
L3
L4
L5
S1
S2
S3
S4-5

SENSORY SUBSCORES
 LTR + LTL = LT TOTAL PPR + PPL = PP TOTAL
 MAX (56) (56) (112) MAX (56) (56) (112)

LEFT

MOTOR KEY MUSCLES

Elbow flexors C5
 Wrist extensors C6
 Elbow extensors C7
 Finger flexors C8
 Finger abductors (little finger) T1

Hip flexors L2
 Knee extensors L3
 Ankle dorsiflexors L4
 Long toe extensors L5
 Ankle plantar flexors S1

(DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)

LEFT TOTALS (MAXIMUM) (50) (56) (56)

MOTOR SUBSCORES
 UEL + UER = UEMS TOTAL LEL + LER = LEMS TOTAL
 MAX (25) (25) MAX (25) (25) (50)

NEUROLOGICAL LEVELS

1. SENSORY

R	L
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. MOTOR

R	L
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In complete injuries only)

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) Must correlate level with any level tested

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION

R	L
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SENSORY MOTOR

R	L
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. REV 11/15