



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA

Informe final de investigación previo a la obtención del título de licenciada en Ciencias
de la Salud en Terapia Física y Deportiva

TRABAJO DE TITULACIÓN

Exoesqueleto en la rehabilitación del paciente con lesión de médula espinal

Autora:
Diana Carolina Cefla Suntasig

Tutora:
Mgs. LAURA VERÓNICA GUAÑA TARCO

Riobamba – Ecuador

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de revisión del proyecto de investigación denominado: **EXOESQUELETO EN LA REHABILITACIÓN DEL PACIENTE CON LESIÓN DE MÉDULA ESPINAL**; presentado por **DIANA CAROLINA CEFLA SUNTASIG** y dirigido por la **Mgs. LAURA VERÓNICA GUAÑA TARCO** en calidad de tutor; una vez revisado el informe escrito del proyecto de investigación con fines de graduación en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del documento.

Por la constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Laura Verónica Guaña Tarco

TUTOR

Dr. Guillermo Vinicio Granizo Mena

Miembro de Tribunal

Mgs. Nataly Estefanía Rubio López

Miembro de Tribunal



Firmado electrónicamente por:

**LAURA
VERONICA
GUANA TARCO**



Firmado electrónicamente por:

**GUILLERMO
VINICIO GRANIZO
MENA**



Firmado electrónicamente por:

**NATALY
ESTEFANIA
RUBIO LOPEZ**

Riobamba, noviembre, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA

CERTIFICADO DEL TUTOR

Yo, **Mgs. LAURA VERÓNICA GUAÑA TARCO** docente de la carrera de Terapia Física y Deportiva de la Universidad Nacional de Chimborazo, en mi calidad de tutor del proyecto de investigación denominado **EXOESQUELETO EN LA REHABILITACIÓN DEL PACIENTE CON LESIÓN DE MÉDULA ESPINAL**, elaborado por la señorita **DIANA CAROLINA CEFLA SUNTASIG** certifico que, una vez realizadas la totalidad de las correcciones el documento se encuentra apto para su presentación y sustentación.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad facultando al/la interesado/a hacer uso del presente para los trámites correspondientes.

Riobamba, noviembre, 2021

Atentamente,



Mgs. Laura Verónica Guaña Tarco

DOCENTE TUTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA

DERECHO DE AUTORÍA

Yo, **CEFLA SUNTASIG DIANA CAROLINA**, con C.I. **172028460-1** declaro la responsabilidad del contenido del Proyecto de Investigación modalidad Revisión Bibliográfica con el tema: **EXOESQUELETO EN LA REHABILITACIÓN DEL PACIENTE CON LESIÓN DE MÉDULA ESPINAL**, corresponde exclusivamente a mi persona y el patrimonio intelectual pertenece a la Universidad Nacional de Chimborazo.

Riobamba, noviembre 2021

.....
Diana Carolina Cefla Suntasig

C.I. 172028460-1

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud en primer lugar a Dios por brindarnos la oportunidad de vivir y de cumplir con las metas que me he propuesto. A todas las personas que me apoyaron en mi formación personal y profesional, impulsándome a cumplir con esta meta. En especial a mi madrina Ximena Otáñez por ser un pilar fundamental durante toda mi preparación universitaria.

A mi tutora Mgs. Laura Guaña agradecerle por haber brindado su conocimiento, tiempo, dedicación y paciencia para poder culminar con mi proyecto de titulación y haberme guiado para alcanzar esta etapa de profesionalización.

Finalmente, a la prestigiosa Universidad Nacional de Chimborazo en especial a las autoridades y docentes de la Carrera de Terapia Física y Deportiva por brindarme conocimiento y experiencia durante mi universitaria para alcanzar mi formación académica y profesional.

Cefla Suntasig Diana Carolina

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar mi trabajo investigativo a Dios por ser mi guía en este camino, por darme fuerzas y sabiduría para poder seguir adelante en cada una de mis decisiones y por siempre permanecer a lado mío en los momentos más difíciles de la vida.

A mi madre Ximena Suntasig y mi abuelita Angélica, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome su apoyo y amor incondicional en cada momento de mi vida, gracias por ser un ejemplo de inspiración y perseverancia día a día. A mi abuelito Enrique por confiar en mí y darme varios consejos y lecciones de vida, aunque se fue físicamente de mi lado cuando yo menos lo esperaba, sé que desde arriba me está guiando como mi guardián para que logre cumplir con todas esas metas que me propuse. A mi tío Juan Carlos por estar a mi lado en toda esta trayectoria de mi vida personal y profesional guiándome con sus enseñanzas.

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional en cada momento, por cada una de sus oraciones o consejos que me brindaron en el transcurso de mi vida universitaria.

Cefla Suntasig Diana Carolina

RESUMEN

La presente investigación fue documental, se basó en la revisión bibliográfica de documentos científicamente validados, para evidenciar los efectos del uso del exoesqueleto en pacientes con lesión de la médula espinal, identificando la incidencia en el tren inferior y su vinculación en la recuperación de la marcha.

El uso del exoesqueleto en nuestro país aún es desconocido y no ha presentado un gran impacto debido a la falta de conocimiento. Se analizaron 76 artículos científicos, de los cuales 37 artículos cumplieron rigurosamente con los criterios de inclusión y exclusión; de ellos, 32 artículos fueron valorados mediante la escala de PEDro; y, 5 artículos científicos fueron seleccionados por encontrarse publicados en revistas de Scimago Journal & Country Rank tanto en idioma inglés y español; mediante la investigación se evidenciaron los efectos positivos del uso del exoesqueleto en pacientes con lesiones de la médula espinal. Las bases de datos con mayor resultado para la recolección de artículos científicos fueron PubMed, ScienceDirect, Google Académico. Se concluyó que el uso del exoesqueleto tiene efectos favorables en la rehabilitación de pacientes con lesiones medulares.

Palabras clave: Dispositivos exoesqueleto, traumatismo de la médula espinal, rehabilitación, marcha.

ABSTRACT

The present investigation was documentary, it was based on the bibliographic review of scientifically validated documents, to demonstrate the effects of the use of the exoskeleton in patients with spinal cord injury, identifying the incidence in the lower body and its link in gait recovery.

The use of the exoskeleton in our country is still unknown and has not presented a great impact due to the lack of knowledge. 76 scientific articles were analyzed, of which 37 articles rigorously met the inclusion and exclusion criteria; of them, 32 articles were valued using the PEDro scale; and, 5 scientific articles were selected because they were published in Scimago Jomal & Country Rank journals both in English and Spanish; Research showed the positive effects of exoskeleton use in patients with spinal cord injuries. The databases with the highest results for the collection of scientific articles were PubMed, ScienceDirect, Google Scholar. It was concluded that the use of the exoskeleton has favorable effects in the rehabilitation of patients with spinal cord injuries.

Key words: Exoskeleton devices, spinal cord trauma, rehabilitation, gait.



El escáner electrónico por:
DIANA CAROLINA
CHAVEZ GUZMAN

Reviewed by:

Lcda. Diana Chávez

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 065003795-5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID
Ext. 1133

Riobamba 17 de noviembre del 2021
Oficio N° 267-URKUND-CU-CID-TELETRABAJO-2021

Dr. Marcos Vinicio Caiza Ruiz
DIRECTOR CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNACH
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por la **MSc. Laura Guña Tarco**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 1898-D-FCS-TELETRABAJO-2020, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% URKUND verificado	Validación	
					Si	No
1	D- 118802212	Exoesqueleto en la rehabilitación del paciente con lesión de médula espinal	Cefla Suntasig Diana Carolina	2	x	

Atentamente,

CARLOS GAFAS GONZALEZ
Firmado digitalmente por CARLOS GAFAS GONZALEZ
Fecha: 2021.11.17 16:32:00 -05'00'

Dr. Carlos Gafas González
Delegado Programa URKUND
FCS / UNACH
C/c Dr. Gonzalo E. Bonilla Pulgar – Decano FCS

Debido a que la respuesta del análisis de validación del porcentaje de similitud se realiza mediante el empleo de la modalidad de Teletrabajo, una vez que concluya la Emergencia Sanitaria por COVID-19 e inicie el trabajo de forma presencial, se procederá a recoger las firmas de recepción del documento en las Secretarías de Carreras y de Decanato.

1/1

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL	II
CERTIFICADO DEL TUTOR	III
DERECHO DE AUTORÍA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
URKUND.....	IX
ÍNDICE GENERAL	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	9
Criterios de inclusión y exclusión.....	10
Estrategia de búsqueda.....	11
Criterios de selección y extracción de datos	11
3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
Resultados	13
Discusión.....	21
4. CONCLUSIONES	24
5. PROPUESTA	25
6. BIBLIOGRAFÍA	27
7. ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Flujograma.....	12
Ilustración 2: Tipo de exoesqueletos mencionado en los artículos científicos.....	15
Ilustración 3: Género de la población investigada.....	17
Ilustración 4: Edad de la población investigada.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nervios Espinales.....	34
Tabla 2: Escala de ASIA.....	34
Tabla 3: Grupo de musculares claves en la valoración del ASIA.....	35
Tabla 4: Base de datos electrónicas de los artículos recopilados.....	35
Tabla 5: Criterios de búsqueda.....	35
Tabla 6: Escala de PEDro.....	36
Tabla 7: Artículos incluidos por factor de impacto	37
Tabla 8: Artículos recopilados valorados con la escala de PEDro.....	37
Tabla 9: Aplicación de escala de PEDro.....	42
Tabla 10: Resultados de uso del exoesqueleto en pacientes con lesiones medulares...	43
Tabla 11: Tipos de exoesqueletos utilizados en los artículos	53
Tabla 12: Población según el género.....	54
Tabla 13: Población según edad.....	54
Tabla 14: Tiempo de entrenamiento con un exoesqueleto	54
Tabla 15: Duración del entrenamiento con exoesqueleto	55
Tabla 16: Test de valoraciones aplicadas en los artículos científicos.....	55

1. INTRODUCCIÓN

La investigación corresponde a un análisis de documentos de calidad científica publicados en revistas de alto impacto y que describan el uso actualizado del exoesqueleto en la rehabilitación de pacientes con lesión medular, se describe el exoesqueleto como un dispositivo motorizado que está compuesto por una órtesis externa que se coloca sobre las extremidades paralizadas con la finalidad de que la persona pueda permanecer de pie y así facilitar la deambulaci3n, subir escaleras y realizar de esta manera actividades de la vida diaria.

Según la Organizaci3n mundial de la Salud (OMS), las lesiones medulares se sitúan entre los 40 y 80 casos por mill3n de habitantes, lo que significa que cada ańo alrededor de 250.000 y 500.000 personas sufren de una lesi3n medular espinal (LME). La principal causa de las lesiones medulares son los accidentes de tr3nsito, caídas, lesiones deportivas o heridas por armas de fuego. Los estudios han demostrado que las personas con una lesi3n medular tienen la probabilidad de morir a una edad temprana. La secuela en los pacientes que tienen una lesi3n medular traumática es la tetraplejia o paraplejia por lo tanto se requiere un largo perıodo de rehabilitaci3n. La mayor incidencia de lesiones medulares son en los hombres j3venes que alcanzan el m3ximo de la edad adulta y en menor incidencia se encuentran las mujeres y los ancianos. Varios estudios indican que las mortalidades en los paıses de bajos recursos son tres veces mayores que en los paıses de altos recursos.

La columna vertebral es el eje del esqueleto, en el adulto est3 conformada por 26 huesos llamados v3rtebras y discos intervertebrales. Las v3rtebras se dividen en: 7 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares, 1 hueso sacro conformado por 5 v3rtebras fusionadas y 1 huesos coxis formado por 4 v3rtebras coxıgea fusionadas. (Tortora, Derrickson, & Bryan, 2013) En la columna vertebral de un adulto se muestran cuatro curvaturas, las cervicales y lumbares son convexas conocidas como lordosis mientras las curvaturas

dorsales y sacra son cóncava conocida como cifosis. Estas curvaturas son las encargadas de mantener el equilibrio mientras estamos en posición bípeda. La columna vertebral es la encargada de proteger la médula espinal.

Según Vallejo et al, 2019. El sistema nervioso está compuesto por dos grandes sistemas que son: sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP) ambos conectados entre sí. El sistema nervioso central está formado por el encéfalo (cerebro, cerebelo y tronco encefálico) y médula espinal, el sistema nervioso periférico está formado por los 12 pares craneales y 31 pares de nervios espinales. Esto permite que el sistema nervioso transmite señales entre el cerebro hasta el resto del cuerpo.

La médula espinal es un cordón nervioso que se extiende en los adultos desde la parte inferior del encéfalo (bulbo raquídeo) hasta la región lumbar en el borde superior de la segunda vértebra. Tienen una longitud aproximadamente de 42 a 45 cm y está cubierta por tres capas de tejidos llamadas meninges (Tortora, Derrickson, & Bryan, 2013). De acuerdo con Chú, Cuenca, & Marcelo, 2015. Los nervios espinales son los que permiten la comunicación entre la médula espinal y las regiones específicas en el cuerpo. Tiene una organización de 31 pares de nervios espinales que salen desde la médula espinal y pasan a través de los agujeros intervertebrales de la columna vertebral, se designan los nombres de cada nervio de acuerdo al segmento de donde se originan (Anexo 1).

Los nervios espinales están compuestos por fascículos de fibras nerviosas que se encuentran sostenidas por tejido conjuntivos, cada nervio se une a la médula espinal por medio de dos raíces (Vallejo et al, 2019). Las raíces se proyectan en forma dorsales (posterior) y ventrales (anterior). Las raíces anteriores compuestas por fibras nerviosas permiten transportar los impulsos nerviosos desde el SNC hasta los músculos esqueléticos se denominan fibras eferentes, este impulso permite que se contraigan los músculos porque contienen los axones de las neuronas motoras. Las raíces posteriores compuesta

por fascículos de raíces nerviosas también conocidas como fibras aferentes, son aquellas contienen axones sensitivos que conducen los impulsos nerviosos hasta el SNC, por lo que estas fibras permiten conducir información de los receptores ubicados en la piel como sensaciones del tacto, dolor, temperatura y vibraciones.

Según Snell, 2006. El reflejo se define como la respuesta involuntaria al estímulo esto depende el arco reflejo. El arco reflejo está compuesto de cuatro estructuras que son: un órgano receptor, una neurona aferente, una neurona eefectora y un órgano eefector para trabajar en la coordinación y equilibrio de una efectiva respuesta ante un estímulo. El órgano receptor se halla situado en la piel, el músculo o el tendón. El cuerpo celular de la neurona aferente está localizado en el ganglio espinal posterior y el axón central de esta neurona de primer orden termina en la sinapsis con la neurona eefectora. Puesto que las fibras aferentes son de diámetro grande con conducción rápida, y dada la presencia de sólo una sinapsis, es posible una respuesta muy veloz. Es conocido como unidad morfofuncional del sistema nervioso. La interrupción en cualquier punto del arco reflejo anula la respuesta. En la médula espinal los arcos reflejos cumplen un papel importante para mantener el tono muscular porque son la base para la postura corporal cuando existe una lesión de la médula espinal puede producir una pérdida parcial o completa de la función de los tractos nerviosos aferentes y eferentes por debajo de la lesión

De acuerdo con Esclarín, 2009. La lesión de la médula espinal es cuando existe la interrupción en las vías nerviosas que permitían la comunican entre el cerebro y el cuerpo, esta interrupción puede darse de forma permanente o temporal ocasionando una alteración en las funciones motoras y sensitivas, produciendo que el paciente presente ausencia de la sensibilidad por debajo de la zona afectada, una parálisis en la movilidad de los músculos y una afección en los sistemas y órganos.

Según Martín,2002. Los mecanismos de lesiones de la médula espinal pueden ser traumáticas o no traumáticas asociadas a factores congénitos, infecciosos, neoplásicos, etc. Las más común son las traumáticas que son ocasionadas por accidentes de tránsito donde ocurre un desplazamiento de los elementos de la columna vertebral (vértebras, discos intervertebrales y ligamentos) viéndose afectado el cordón medular.

Según Snell, 2006. Las lesiones traumáticas de los nervios periféricos se dividen en tres tipos, la neuropraxia es una lesión de grado leve donde se produce un bloqueo transitorio, los axones y el tejido conectivo están intactos, pero existe una interferencia en la conducción del impulso nervioso en el segmento afectado, la recuperación es rápida y completa. La axonotmesis es una lesión nerviosa donde los axones se encuentran dañados y las vainas de tejido conectivo se encuentran prácticamente intactas, las causas más frecuentes son por aplastamiento, tracción y compresión. Mientras la neurotmesis es la lesión más grave porque es la sección completa del nervio tanto el axón como el tejido conectivo se ven afectados y no existe ninguna probabilidad de una recuperación espontánea por lo que necesita un tratamiento quirúrgico.

De acuerdo con Esclarín, 2009. Cuando ocurre una lesión traumática en la médula espinal (LME), los síntomas dependen del nivel donde se haya producido lesión en la columna, si la lesión es a nivel cervical se produce una tetraplejía afectando la movilidad de los miembros superiores (MMSS), tronco y miembros inferiores (MMII), mientras si la lesión se a nivel torácico y lumbar se produce una paraplejía afectando a la sensibilidad y movimientos de las extremidades inferiores. En la clasificación de las lesiones medulares según la extensión es completa cuando afecta en su totalidad a la médula, el paciente no tiene capacidad de movimiento, ni sensibilidad por debajo de la lesión mientras que la incompleta presenta una afectación parcial de la médula y el paciente presenta una capacidad mínima tanto motora como sensitiva por debajo de la lesión. La

Escala ASIA (American Spinal Injury Association), es la escala más utilizada a nivel mundial con el fin de unificar la nomenclatura, considera los puntos clave motores y sensitivos determinando si se trata de una lesión completa (ASIA A) o incompleta (ASIA B, C, D) o normal (E) (Anexo2).

Según Kirshblum, 2014. La escala ASIA permite valorar la función sensitiva que consiste en la exploración de un punto clave en cada uno de los 28 dermatomas, el dermatoma es las áreas de la piel inervada por axones sensitivos de una específica raíz espinal en cada lado del cuerpo. Se valora la sensibilidad superficial a través del tacto ligero. Mientras para la función motora se basa en comprobar la fuerza de diez músculos claves (Anexo 3). Cada grupo muscular está representado por un miotoma. El miotoma es un conjunto de fibras musculares que están inervadas por axones motores una específica raíz espinal, para valorar la fuerza de cada músculo se utiliza la Escala de Daniels. Estableciendo de esta manera el nivel neurológico, que corresponde al nivel sensitivo y motor preservado en lesiones simétricas, mientras en lesiones asimétricas se establecerá el nivel más alto ya sea motor o sensitivo.

Según Strassburguer, Hernández, & Barquín, 2013. Las principales consecuencias de la LM en el cuerpo dependerán del grado de afectación. Existe la afectación de la función motora su consecuencia más visible es la plejía o parálisis de la musculatura voluntaria, produciendo la pérdida del control de tronco y de las extremidades lo que dificulta el desplazamiento en el espacio y afectando la capacidad de manipular el entorno. Cuando se produce una lesión de neurona motora inferior como consecuencia es una parálisis flácida de la musculatura inervada por ese segmento medular, en cambio la lesión se da en la neurona motora superior como consecuencia es una parálisis espástica de los músculos inervados por los segmentos medulares. La parálisis flácida es cuando el músculo se vuelve más blando, no presenta resistencia a un estiramiento pasivo, y existe

la pérdida completa de los reflejos mientras la parálisis espástica es el aumento del tono muscular provocando que el músculo se vuelva rígido por lo que dificulta su movilidad. La afectación de la función sensitiva es la alteración o pérdida de la sensibilidad (dolor, tacto, temperatura) por debajo del nivel de lesión. Estas alteraciones traen como consecuencia una falta de coordinación en los movimientos del cuerpo. Mientras que la afectación de la función autónoma es la alteración del sistema autónomo donde se ven afectados la función vesical e intestinal, la función sexual entre otras.

Según López & López, 2008. Los pacientes con una lesión de la medula espinal en estado agudo deben someterse a un tratamiento quirúrgico y luego de haber superado esa etapa, el paciente debe seguir un tratamiento de rehabilitación. Los estudios revelan que si la rehabilitación es aplicada durante los tres a seis meses luego de la lesión, estos pacientes presentaran una recuperación más rápida, debido a que los primeros meses o incluso años son esenciales, se debe tener en cuenta que la médula espinal al igual que el cerebro y todo el sistema nervios tiene la capacidad de la plasticidad que se define como la habilidad de organizarse, adaptarse, modificar su estructura y función, este proceso comienza desde el momento que se produce la lesión.

La Terapia Física es importante en los pacientes con lesiones medulares porque su tratamiento ayudará a mejorar la función motora de las extremidades afectadas y al mismo tiempo aprenderá técnicas para lograr su independencia en las actividades de la vida diaria. Actualmente el exoesqueleto es una herramienta de gran utilidad en el área fisioterapéutica porque favorece en la rehabilitación de los pacientes que presentan una parálisis total o parcial de las extremidades, sin embargo, es un tema poco explorado debido al desconocimiento de los efectos que tienen su aplicación.

De acuerdo con Cifu, Lew, & Oh-Park, 2019. El exoesqueleto o robots portátiles son estructuras mecánicas que se ajustan a la parte externa cuerpo a manera de una prenda de

vestir que se asemeja con la forma y función del mismo pueden ser utilizados tanto en los miembros superiores como los inferiores. Sirve como apoyo, se usa para asistir en la función motora y aumentar las capacidades del cuerpo. En la última década se ha dado a conocer que, gracias a la ciencia y la tecnología, se ha empleado el uso de exoesqueletos en la rehabilitación de la marcha en pacientes con lesiones medulares.

Actualmente existen diversos tipos de exoesqueletos que han sido diseñados y comercializados exclusivamente para las personas con lesiones de la médula espinal, entre ellos tenemos: Rewalk, Ekso, Indego, HAL y Lokomart cada exoesqueleto presenta sus características propias y beneficios. Estos exoesqueletos tienen un sistema que cuenta con articulaciones mecánicas que permiten, mediante sensores, el control del dispositivo robótico durante la actividad seleccionada levantarse, sentarse y caminar así de esta manera el exoesqueleto cubren todo el miembro inferior por la parte externa. Están empleados en la rehabilitación de la marcha especialmente en la caminata de 6 a 10 minutos y asistiendo a los pacientes al momento de realizar actividades de la vida diaria.

De acuerdo con Strassburguer, Hernández, & Barquín, 2013. El uso del exoesqueleto favorece potencialmente a nivel musculoesquelético, cardiorrespiratorio y endocrino permitiendo además la estimulación la plasticidad cortical, estudios recientes revelan que las áreas corticales corresponden a estímulos sensoriales. El grado de lesión es un factores importates al momento de pronosticar una recuperación. Según estudios diversos la lesión neurológica puede disminuir a partir del tercer a sexto mes. Alrededor el 50% de los pacientes diagnosticados inicialmente con lesiones ASIA B o C mejoran durante los primeros meses cambiando a un nivel de ASIA C o D respectivamente. Es más raro que pacientes con ASIA D se recuperen totalmente es decir, que lleguen al nivel ASIA E. Al momento que los pacientes con lesiones medulares utilizan un exoesqueleto en la rehabilitación de la marcha, se presume que entre 30-45% de los pacientes con lesión ASIA B van a deambular por lo menos durante distancias cortas con o sin ayuda mientras

que la mayoría de pacientes con lesiones ASIA C y D van a poder deambular distancias largas por lo menos de 6 a 10 metros.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) tiene un total del 471.200 de personas con discapacidad registradas en el Ecuador durante el 2021, el 45,75% de la población en el Ecuador presenta una discapacidad física mientras que la población de la provincia de Chimborazo el 37,30% tiene discapacidad física dando un total de 5477 personas. El 58,96% de las población con discapacidad física que representa a 3229 personas, tiene el índice del grado de discapacidad que va del 30-49% de discapacidad. Se debe tener en cuenta que la discapacidad física puede ser ocasionado por traumatismos medulares y la mayoría de ellos son producidos por accidentes de tránsito, durante el año 2014 se presentaron un total de 453 casos donde ecuatorianos sufrieron una lesión medular traumática y su incidencia es la población fue entre 25-44 años. Las lesiones medulares son más frecuentes en hombres (80%) y en mujeres (20%). Basándose en los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), los accidentes de tránsito representan la sexta causa principal de mortalidad en el país.

La importancia de la investigación radica en la generación del conocimiento sobre un tema poco explorado como, por ejemplo, el uso del exoesqueleto de tren inferior para la rehabilitación de la marcha, al momento de ser aplicado en una etapa posterior al sufrir una lesión de la médula espinal. En Latinoamérica y especialmente en el Ecuador son pocos los profesionales que conocen sobre los exoesqueletos, así como son escasos los centros médicos que cuentan con tecnología de este tipo, particularmente por desconocimientos de los beneficios de la misma, aun teniendo en cuenta que la rehabilitación debe ser inmediata después de una lesión medular para disminuir la intensidad de las complicaciones y evitar las secuelas a futuro, por este motivo será favorable dar a conocer sobre la relevancia de los exoesqueletos en la recuperación de la función motora.

Para finalizar, el objetivo de la investigación fue identificar, analizar y describir los efectos que tiene el uso del exoesqueleto en la rehabilitación del paciente con lesión de médula espinal, identificando la incidencia en el tren inferior para vincularla a la recuperación de la marcha del paciente con lesión de médula espinal, mediante la recopilación de diversos de artículos bibliográficos que tengan calidad y validez científica.

2. METODOLOGÍA

La investigación fue de tipo documental porque se basó en la revisión bibliográfica del tema: exoesqueleto en la rehabilitación del paciente con lesión de médula espinal y de esta manera se valoró e interpretó los resultados conseguidos entre las variables de investigación. El método de investigación aplicado fue el inductivo, es decir se analizó la particularidad de las estructuras afectadas por la lesión medular y sobre los efectos que tiene un exoesqueleto de tren inferior en la rehabilitación de la marcha de estos pacientes.

El nivel de investigación aplicado fue el analítico – descriptivo, con el uso de toda la bibliografía recopilada se amplió el conocimiento sobre los efectos del exoesqueleto en la rehabilitación de personas con lesiones medulares, para ello se analizó y describió la importancia, efectos y beneficios de estos dispositivos. Por lo tanto, el diseño que se utilizó fue el descriptivo de observación indirecta, el cual permitió orientar una triangulación de ideas entre el primer autor, el investigador y los conceptos generales pre establecidos y de esta manera se ordenó la información para darle al lector una búsqueda adecuada y precisa.

El enfoque aplicado en la investigación fue el cualitativo, lo cual permitió conocer indirectamente los argumentos de varios autores sobre la aplicación de estos dispositivos en una población determinada. Por lo tanto, en relación con el tiempo, la investigación fue retrospectiva, se analizó los hechos ocurridos en el pasado a través de la búsqueda de

información por medio de una observación indirecta de los efectos de tiene el exoesqueleto en la rehabilitación de la marcha en pacientes con lesiones medulares.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Artículos científicos que abarque sobre el tema de exoesqueleto como rehabilitación de pacientes con lesiones medulares.
- Artículos que hablen acerca de los efectos que tiene el exoesqueleto para tren inferior en la rehabilitación de la marcha en pacientes con lesiones medulares.
- Artículos publicados entre 2010 al 2020.
- Artículos acerca de pacientes que han realizado rehabilitación con exoesqueletos para tren inferior luego de sufrir una lesión medular.
- Artículos que cumplan claramente con los criterios de puntuación según la escala de PEDro
- Artículos extraídos de bases de datos con rigor científico.

Criterios de exclusión:

- Artículos duplicados en diferentes bases de datos.
- Artículos relacionados con otras patologías que no sean lesiones medulares.
- Artículos que no se haya incluido el exoesqueleto para el tren inferior en la rehabilitación de la marcha ante una lesión medular.
- Artículos sin modalidad aplicada realizada por otros autores en sus investigaciones.
- Artículos que no cumplen claramente con los criterios de puntuación según la escala de PEDro.
- Artículos publicados antes 2010
- Artículos de revistas que no tiene rigor científico.

Estrategia de búsqueda

La recolección de la información se realizó basada en la evidencia científica sobre los efectos del exoesqueleto en la rehabilitación de pacientes con lesión medular para luego realizar la recolección, elección y clasificación de artículos científicos buscados en diferentes bases de datos electrónicas como: PubMed, Science Direct, ProQuest, Google Académico. De estas bases de datos PubMed permitió recolectar el 78% de la totalidad de los documentos incluidos en la investigación (Anexo4). Estas páginas de mayor relevancia a nivel mundial permitieron la extracción de una gran variedad de información al momento de realizar la búsqueda usando términos específicos de búsqueda.

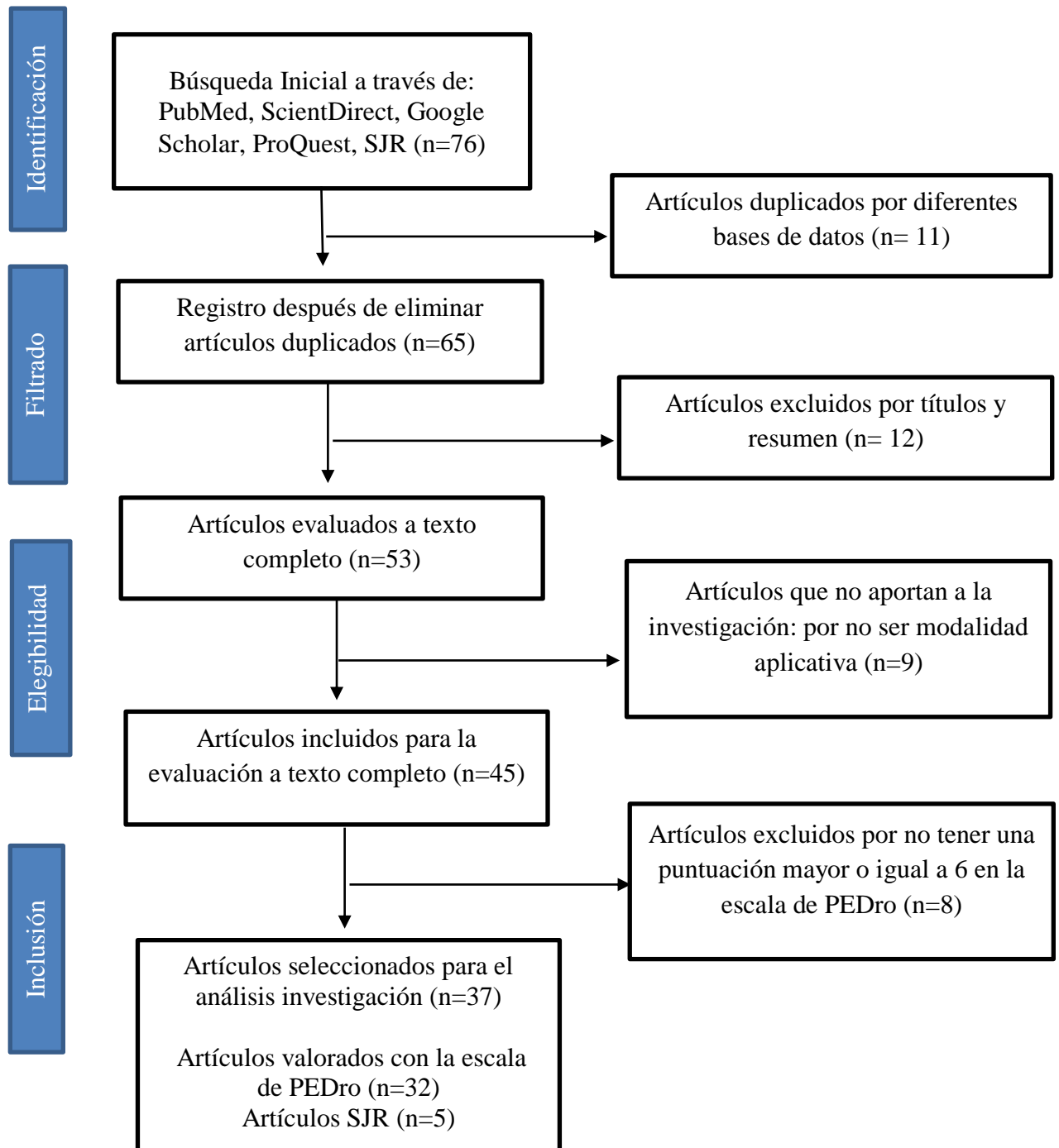
Se usaron operadores booleanos para la búsqueda de información, los cuales fueron: “AND”, “OR”, “NOT”. El operador más utilizado al momento de realizar la búsqueda fue el “AND” con el 65% de la totalidad de los documentos incluidos en la investigación (Anexo5).

Criterios de selección y extracción de datos

Para establecer los criterios de selección y extracción de datos se consideraron cuatro aspectos fundamentales: Identificación, filtrado, elegibilidad y la inclusión. La identificación muestra la estrategia de búsqueda a través de diferentes bases de datos electrónicas como: PubMed, Science Direct, ProQuest, Google Académico, donde se recolecto 76 artículos, de los cuales 11 se excluyeron por ser duplicados, por lo tanto, en el aspecto de filtrado se obtuvo 65 artículos no duplicados, donde se eliminó 12 artículos por el título, debido a que se trataban de otras patologías por lo tanto no tenía suficiente relevancia el resumen para la investigación, de esta manera se obtuvo 53 artículo. En el aspecto de elegibilidad se eliminaron 9 artículos que no aportaban a la investigación porque correspondieron a revisiones sistemática. Teniendo un total de 45 artículos, de los cuales 8 artículos fueron excluidos no cumplir claramente con los criterios de puntuación

según la escala de PEDro (Anexo 6). Finalmente, para el aspecto de la inclusión se obtuvo un total de 37 artículos (Ilustración 1)

Ilustración1. Flujograma



Fuente: Escala “Physiotherapy Evidence Database (PEDro)” para analizar la calidad metodológica de los estudios clínicos. (Ramírez, Meneses, & Flores, 2013)

Del total de artículos (n=37), 32 artículos cumplen claramente con todos los aspectos de la escala de PEDro y 5 artículos fueron seleccionados por factor de impacto mediante Scimago Journal & Country Rank (SJR) fueron extraídos de revistas con altos porcentajes de ranking: Journal of Neurologic Physical Therapy y Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation con un factor Q1 (Anexo 7).

Cabe recalcar que mediante la escala de PEDro (Anexo 6) se analizaron los 32 artículos seleccionados para la investigación los cuales fueron extraídos de diferentes bases de datos electrónicas, esto es importante porque la escala nos ayuda a identificar rápidamente estudios con calidad metodológica y con suficiente información estadística, 17 artículos alcanzaron la puntuación de 7/10 (Anexo 9).

3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Los resultados de los 37 artículos científicos recolectados para la investigación (Anexo 10), acerca del uso del exoesqueleto para la rehabilitación de la marcha en pacientes con lesiones de la médula espinal concuerdan que brinda varios beneficios como:

- Disminución del dolor
- Disminución de la espasticidad de los miembros inferiores
- Ayuda a la recuperación motora de los miembros inferiores
- Mejora la calidad de vida de los pacientes con lesiones medulares

Un factor importante es la disminución del dolor al momento de usar el exoesqueleto. Como menciona *Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino* en su investigación realizada en el 2012. El dolor fue un factor primordial de estudio por lo cual fue medido antes y después de cada sesión. Dando como resultado que el dolor se redujo de forma considerable en varios pacientes. Por lo cual todos los pacientes tuvieron comentarios

positivos acerca del uso del exoesqueleto. Otro factor importante fue la disminución de la espasticidad de los miembros inferiores. De acuerdo a *Stampacchia, et al*, en su investigación realizado en el 2016. Menciona que la espasticidad se valoró a los pacientes pre y post en cada sesión, a través de la escala de Ashworth aplicando en tres segmentos de la pierna (flexores y extensores de cadera, rodilla y tobillo). Los resultados demostraron una reducción de la espasticidad muscular en el rendimiento del paciente. La disminución de la espasticidad se debe a la activación de circuitos neuronales implicados en los patrones de la marcha ayudando a recuperar la función de la médula espinal.

En la rehabilitación de la marcha un factor primordial que produce el uso del exoesqueleto es que ayuda en la recuperación de la función motora en los miembros inferiores. Como menciona *Jansen, et al.*, en su investigación realizada en el 2018. Para determinar el aumento potencial de la fuerza muscular, se evaluó la puntuación motora de los miembros inferiores (LEMS). Los resultados demuestran que al finalizar las sesiones todos los pacientes tuvieron un aumento de la fuerza muscular, mejorando así la capacidad funcional para caminar en términos de velocidad y distancia. Según *Wirz, et al.*, en su investigación realizada en el 2017, cabe recalcar que es importante el uso de dispositivos robóticos en la neurorehabilitación porque permite enfoques intensivos de entrenamiento funcional en personas con LME y el entrenamiento funcional es eficaz para desarrollar la neuroplasticidad de la médula para así recuperar la función motora.

Otro factor importante al momento de utilizar el exoesqueleto en la rehabilitación de la marcha es que ayuda a progresar el nivel de independencia que poseen estos pacientes para mejorar su calidad de vida. Como menciona *Gorgey, et al.*, en su investigación realizada en el 2017. Se evidencia que el uso del exoesqueleto aumenta la absorción de oxígeno, mientras disminuye la masa de grasa corporal, mejora la respuesta cardiovascular y la motilidad intestinal porque el exoesqueleto tiene un buen potencial

para ser utilizado como dispositivo de ejercicio tanto como en ambiente de rehabilitación como doméstico. También el exoesqueleto permirmite una interacción social a la altura de los ojos de otras personas, por lo que contribuye a la salud física y mental de pacientes con LME.

De esta manera se identificó un total de 9 tipos de exoesqueletos mencionados dentro de los 37 artículos científicos (Anexo 11). Los exoesqueletos pueden estar disponibles para el uso de la rehabilitación o en la comunidad. Los exoesqueletos más utilizados al momento de la rehabilitación son el ReWalk con un 29% y Ekso Bionics con un 24%(Ilustración 2). Cada exoesqueleto posee sus propias características y también pueden ser utilizados con cinta rodante que ayudan a los pacientes especialmente con la velocidad de su marcha y el número de pasos que dan durante las sesiones de rehabilitación.

Ilustración 2. Tipo de exoesqueletos mencionado en los artículos científicos



El ReWalk es un dispositivo robótico exoesquelético para las extremidades inferiores que permite a los pacientes con lesiones medulares completas e incompletas asistir en la marcha de forma independiente. Según Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino

en 2012 como mencionan en su investigación el ReWalk contiene motores bilaterales de articulación de rodilla y cadera controlados independientemente. El dispositivo es fácilmente ajustable en altura y ancho y tiene interfaces acolchadas para pantorrillas y muslos y un marco pélvico rígido que une las extremidades. Se utilizan cierres de velcro con almohadillas, zapatos y un cinturón para asegurar al usuario en el exoesqueleto. Posee baterías recargables y un sistema de control computarizado que se lleva en una mochila. Tiene muletas que brindan estabilidad al paciente al momento de ponerse en bipedestación.

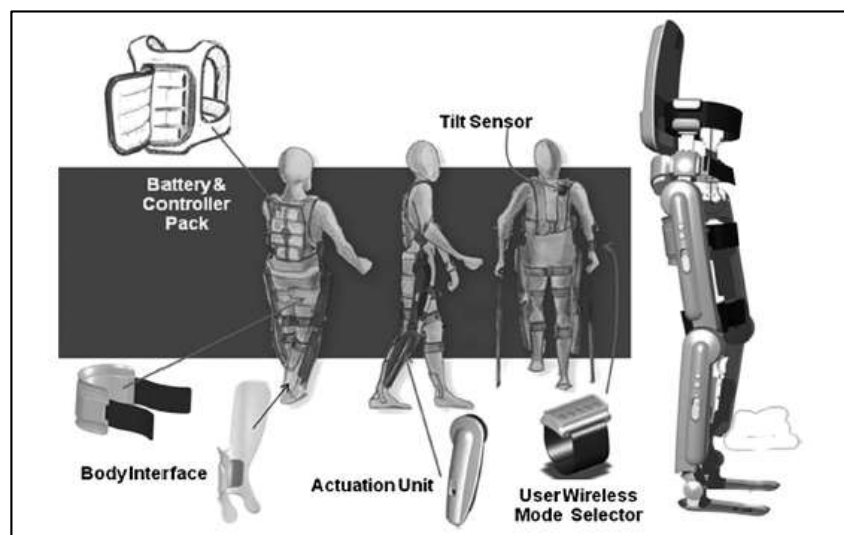


Imagen extraída: (Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino, 2012) Exoesqueleto ReWalk

El Ekso Bionics es un robot portátil que tiene la estructura de un exoesqueleto para las extremidades inferiores. Según Gagnon, et al., en 2018 el Ekson Bionics consta de par de piernas robóticas alimentadas por baterías que impulsan un motor, de esta manera generan movimiento en las articulaciones de la cadera y la rodilla de una manera secuenciada correctamente. Cada articulación está controlada de forma independiente por diferentes sensores conectados a un pequeño sistema de control computarizado portátil conectado al módulo de maletero flexible que también incluye la batería. Consta de 35 sensores diferentes.

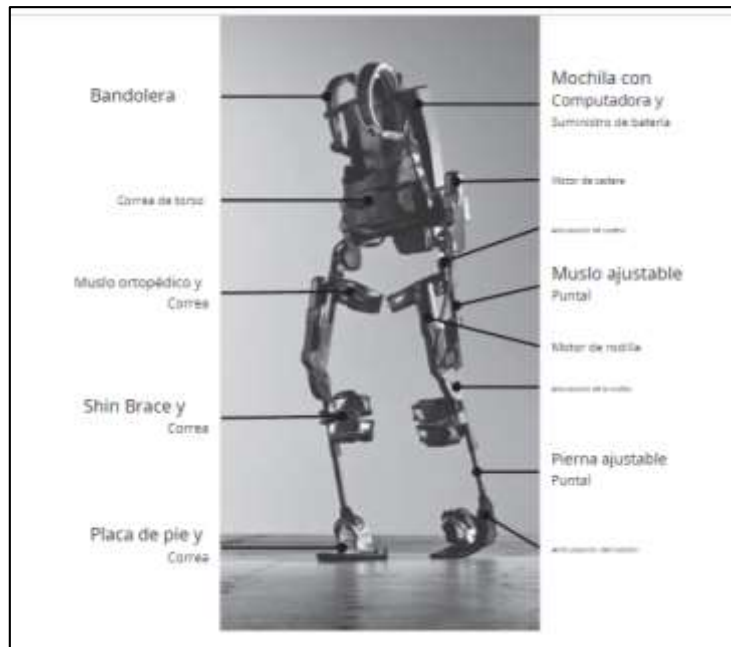


Imagen extraída: (Kozlowski, Bryce, & Dijkers, 2015). Exoesqueleto Ekso Bionics

Para la interpretación de los resultados se recopiló el número total de sujetos investigados en las 37 fuentes bibliográficas (Anexo12), se incluye un total de 695 pacientes, de los cuales 479 fueron hombres representando el 69% mientras que las mujeres fueron 216 representando el 31%, por lo que se comprende que el género que predominó durante esta investigación fue el género masculino (Ilustración 3).

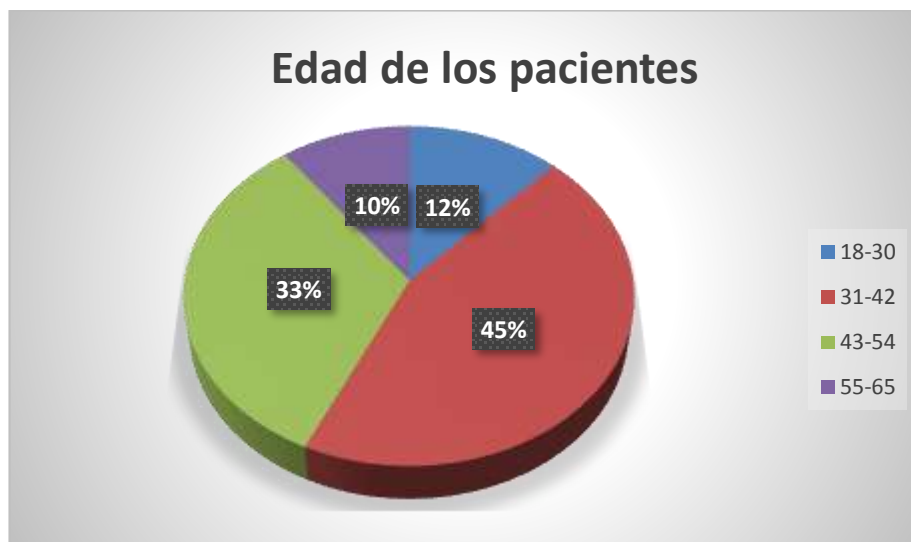
Ilustración 3. Género de la población investigada



Dentro de la investigación la población analizada fueron adultos que comprendía entre 18-65 años, los cuales fueron divididos por edades (Anexo 13). La edad predominante dentro de la investigación fueron pacientes entre 31-42 años que corresponde al 45%, los

pacientes entre 43-54 años que representan al 33%, luego los pacientes entre 18-30 años representando el 12% y finalmente los pacientes entre 55-65 años que representan el 10%. De acuerdo a estos resultados se reconoce que los adultos varones tienen grandes posibilidades de sufrir una lesión medular (Ilustración 4).

Ilustración 4. Edad de la población investigada



En la investigación se identifica algunas variaciones durante la intervención de los pacientes al momento de utilizar el exoesqueleto en el proceso de rehabilitación: entrenamiento de la marcha asistido por un exoesqueleto, entrenamiento de la marcha por un exoesqueleto y terapia convencional, entrenamiento asistido de la marcha por un exoesqueleto con cinta rodante y peso corporal. Todas estas variaciones producen resultados favorables sobre la función motora y calidad de vida del paciente (Anexo 10)

Se analizó el tiempo y la duración que tuvieron los pacientes al momento de la rehabilitación de la marcha. En cuanto al tiempo de entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto, existe 10 artículos que utilizaron el exoesqueleto de 1-5 semanas, 18 artículos utilizaron el exoesqueleto de 6-10 semanas, 9 artículos utilizaron el exoesqueleto de 11- 15 semanas (Anexo 14). Mientras tanto que en la duración se enfoca en cuantos minutos utilizaron el exoesqueleto en cada sesión de terapia, existen 30 artículos donde utilizaron el exoesqueleto de 30 a 60 minutos y 7 artículos donde utilizaron el

exoesqueleto de 61-90 minutos (Anexo 15), es por eso se comprende que los pacientes que asistieron a rehabilitación de 6-10 semanas y utilizaron el exoesqueleto durante un periodo de 30 a 60 minutos en cada sesión de rehabilitación, obtuvieron resultados favorables al momento de la rehabilitación de la marcha con un exoesqueleto.

Además, se analizaron los test más utilizados para la evaluación de los pacientes que participaron en cada uno de los artículos (Anexo 16), entre las más relevantes tenemos a las siguientes: La prueba de caminata de 6 metro (6MWT) que fue mencionada por 26 artículos, esta prueba ayuda a evaluar la capacidad de resistencia que tiene el paciente para caminar, midiendo la distancia en metros recorrida por 6 minutos, el paciente debe también es utilizada para valorar el número total de pasos y la velocidad de la caminata.

Otra prueba utilizada fue la caminata de 10 metros (10 MWT) también conocida como *10 Metre walk test*, fue mencionada por 20 artículos y es caso similar a la anterior se utiliza para evaluar la velocidad de caminata midiendo el tiempo dedicado a caminar en una distancia de 10 metros. Por ejemplo: *Varoqui, Niu1 y Mirbagheri* en su investigación *Mejora del movimiento voluntario del tobillo después del entrenamiento locomotor asistido por robot* en el 2014, comprobó que a sus pacientes al momento de aplicar la prueba de 10MWT mostró un aumento significativo en la velocidad media de la marcha sobre el suelo ($0,08 \pm 0,02$ m / s) después del entrenamiento, de una velocidad media de $0,56 \pm 0,09$ m / s antes del entrenamiento a una velocidad media de $0,64 \pm 0,10$ m / s post-entrenamiento. Este cambio correspondió a una mejora de $13,4 \pm 2,8\%$. Por lo cual el uso del exoesqueleto ayuda al paciente a mejorar la capacidad motora de las extremidades inferiores.

La Prueba Timed up and Go, fue mencionada por 11 artículos y se utilizó para valorar a los pacientes en el desempeño de múltiples, consiste en evaluar la capacidad que tiene los pacientes para movilizarse de un lado al otro, iniciando por levantarse de la silla de

ruedas, caminar 3 metros, darse la vuelta, volver a la silla y sentarse. El paciente debe regresar a su posición inicial.

Por otra parte, la puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) también conocida como *Lower Extremity Motor Score* fue mencionada por 10 artículos. Esta escala ayuda a valorar la presencia de actividad motora en los segmentos medulares L2-S1. Se realiza un balance muscular de los grupos musculares clave inervados por las raíces L2-S1 (Anexo 3). Cada grupo muscular obtiene una puntuación de 0 a 5, siendo 50 la máxima puntuación. Otra prueba que es indispensable en esta investigación es el índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II) es conocida como *Walking Index for Spinal Cord Injury II*. Esta escala fue mencionada en 9 artículos y sirve para realizar una evaluación en estudios clínicos sobre la habilidad de deambulaci3n exclusivamente en pacientes con lesi3n medular. Tienen una puntuaci3n de 0 a 20 para valor la funci3n de las ayudas t3cnicas, 3rtesis y asistencias necesarias para caminar 10 metros. Por 3ltimo, en 8 art3culos mencionan sobre la escala de la Medida de independencia de la m3dula espinal III (SCIM), esta escala ayuda a valorar el nivel de independencia en todos los aspectos de las actividades de vida diaria para los pacientes que presentan una lesi3n medular, Las 3reas funcionales que eval3a esta escala son: autocuidado, respiraci3n - manejo del esf3nter y movilidad. La puntuaci3n final de la SCIM va entre 0 y 100. Por ejemplo: *Midikl, Parker, Buğdayci y Midik* en su investigaci3n sobre *Efectos del entrenamiento de la marcha asistido por robot sobre la fuerza de las extremidades inferiores, la independencia funcional y la funci3n de caminar en hombres con lesi3n traum3tica incompleta de la m3dula espinal* en el a3o 2020, en los resultados de su investigaci3n obtuvieron que los puntajes de LEMS y SCIM-III fueron estad3sticamente m3s altos en el grupo RAGT (grupo de entrenamiento con el exoesqueleto) que comparaci3n con en el grupo de control (terapia convencional). Cabe recalcar que todos las diferentes pruebas o test utilizados en los 37 art3culos han sido de gran utilidad, dando

como resultado que la intervención del uso del exoesqueleto en miembros inferiores para pacientes con lesiones medulares ayuda en especial a la función motora y a la calidad de vida de estos pacientes.

Las personas que fueron excluidas de la investigación son aquellas que no cumplieron los criterios de inclusión. Todos los artículos recolectados para esta investigación fueron aprobados por un comité de ética y se le hizo firmar con consentimiento informando a cada uno de los pacientes antes de participar en el estudio. Cabe recalcar que los pacientes con este tipo de condición deben ser tratadas con todo el respecto que se merecen mientras que el equipo multidisciplinario debe tener todo el conocimiento adecuado para tratar esta condición. Por eso en todas las investigaciones se debe autorizar un permiso para que se cumpla con el código de ética y de esta manera poder establecer un seguimiento adecuado a los casos que se vayan a tratar en cada estudio.

Discusión

El paciente que sufre una lesión de la médula espinal (LME) presenta un cambio brusco en su vida. Debido a que LME es provocada por un daño en la médula espinal existiendo una interrupción de la comunicación tanto de las vías sensitivas como motoras, dando como resultado alteraciones en las funciones de la sensibilidad, en la motricidad y función autónoma. Las causas pueden ser de forma traumática (accidente de tránsito, accidentes laborales, caídas, etc.) o no traumáticas (enfermedades congénitas, degenerativas, inflamatorias, entre otras). La vida para estos pacientes cambia por completo, pasaron de ser personas independientes a depender totalmente de otras personas y su salud tanto física como psicológica se ven afectadas. Alrededor del 90% de pacientes con LME requieren de dispositivo asistencial como las sillas de ruedas para poder trasladarse en su entorno.

La mayor incidencia de LME es por causa traumática debido a que existe un porcentaje alto de accidentes de tránsito en el Ecuador, siendo los accidentes de tránsito

la sexta causas de mortalidad en nuestro país, dando como resultado que la paraplejía sea el grado de lesión más relevante en estos pacientes. Se debe tener en cuenta que, tanto en la paraplejía como en la tetraplejía, la parte del cuerpo que más se ven afectados son los miembros inferiores. Por ello se resaltan los efectos positivos que tiene el uso del exoesqueleto en la rehabilitación especialmente en los miembros inferiores para que los pacientes que han sufrido una lesión de médula espinal puedan recuperar su funcionalidad y calidad de vida; los datos investigados evidencian la validez científica del uso de dispositivos robóticos siendo un factor fundamental en el tratamiento rehabilitador.

El avance de la tecnología en los últimos años ha dado un paso significativo en la medicina especialmente en el área de rehabilitación, por lo que actualmente se estudia el desarrollo de exoesqueletos o también conocidos como dispositivos robóticos, que tienen como objetivo primordial que las personas con lesión neurológica recuperen la capacidad funcional como por ejemplo la deambulación. Como menciona *Tefertiller, et al.*, en su investigación realizada en el 2018. Se han desarrollado diferentes versiones de sistemas robóticos de exoesqueletos, su estructura es dispositivo mecánico externo compuesto por palancas que encajan perfectamente con la anatomía del cuerpo de los pacientes, también posee un sistema de control computarizado y baterías recargables. De esta manera los exoesqueletos de miembro inferior se encargan de trabajar en conjunto con los pacientes para asistir en los movimientos de extensión de la cadera y la rodilla necesarios para lograr actividades funcionales como son la sedestación, bipedestación y caminar con un patrón de movimiento casi normal caso contrario las personas no podrían movilizarse de manera erguida.

El efecto que producen el exoesqueleto en la reeducación de la marcha es ayudar a incrementar la fuerza y la resistencia que tienen los miembros inferiores. En cuanto a la marcha los efectos que más se evidenciaron en la investigación fueron: la velocidad al caminar, el número de pasos y la distancia para caminar sobre el suelo. Otros beneficios

que presenta el uso del exoesqueleto es mejorar la postura y disminuir la espasticidad, el dolor, así como las complicaciones que afectan los sistemas cardiovascular, gastrointestinal y renal. Actualmente los exoesqueletos han sido empleados en los programas de rehabilitación de la marcha en pacientes con LME, porque representan un complemento terapéutico. Teniendo en cuenta que la terapia robótica en los últimos años ha demostrado ser una técnica segura y cómoda para los pacientes porque ayuda a aumentar el número de repeticiones y la intensidad con la que se puede trabajar al momento de aplicar el tratamiento, las intervenciones siempre deben ser guiadas por un fisioterapeuta.

Según *Shin, Kim, Park, & Kim* en su investigación realizada en el 2014. Los tratamientos empleando el uso del exoesqueleto se han centrado en mejorar la actividad de las interneuronas espinales fundamentándose en la función de generar patrones centrales para promover una estimulación sensorial-motora y potenciar la plasticidad neuronal. El exoesqueleto puede ser utilizado con cinta rodante y peso corporal o aplicado contra el suelo. Teniendo como resultado que al momento de aplicar la terapia convencional más la terapia robótica produce beneficios adicionales sobre el tratamiento del paciente y no son los mismos efectos, si solo se aplicara la terapia convencional.

Con el fin de restaurar la capacidad de locomoción en los primeros meses después de la lesión medular, en estos últimos años se ha hecho un énfasis en la plasticidad de la médula espinal para la recuperación motora. *Chang, et al.*, menciona en su investigación publicada en el año 2018 en la revista *Pilot and feasibility studies*, comprueba que una serie de estudios de investigación ha demostrado que la plasticidad neuronal y la reorganización cortical podrían ocurrir a través de una serie de entrenamientos específicos para la recuperación de la marcha después de sufrir una lesión neurológica. El ejemplo más común de entrenamiento de la marcha es la utilización del exoesqueleto en una cinta rodante con soporte de peso corporal (BWSTT). BWSTT produce una gran cantidad de

repeticiones de pasos, de esta manera, se induciría a una serie de cambios neuroplásticos tanto a nivel espinal como cortical.

4. CONCLUSIONES

El análisis de los criterios de selección y extracción de datos son estrategias versátiles para realizar una búsqueda de información adecuada dentro de la revisión bibliográfica como parte de una investigación documental; la elección e inclusión de los artículos más relevantes sobre los efectos del exoesqueleto en la rehabilitación de pacientes con lesión medular, ponderó a través de la escala de PEDro aquellos documentos con calidad metodológica adecuada, además, se evidenció el interés mundial de este estudio por las publicaciones en revistas de alto impacto de las cuales se extrajo la información.

La incidencia de la población con discapacidad física en la provincia de Chimborazo es de 58,96% que representa a 3229 personas que están predispuestas a tener una paraplejía debido a que el grado de discapacidad que presenta esta lesión va entre el 30-49% de discapacidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) nos indica que entre 250 000 y 500 000 personas sufren cada año en todo el mundo lesiones medulares, pero se calcula que su incidencia mundial anual oscila entre 40 y 80 casos por millón de habitantes, hasta un 90% de esos casos se deben a causas traumáticas; por tal motivo el exoesqueleto es utilizado en el área de terapia física, como un instrumento complementario al momento de aplicar el tratamiento de rehabilitación de la marcha, se basa en el uso de un dispositivo robótico externo que se ajusta la anatomía del paciente. Permitiendo ayudar en la activación de las interneuronas espinales para favorecer a la estimulación sensitiva-motora y potenciar la plasticidad neuronal.

En cuanto a la reeducación de la marcha, el exoesqueleto permite aumentar el número de repeticiones y la intensidad con la que se puede trabajar para valorar la velocidad, distancia y el número de pasos durante el entrenamiento al momento de realizar el

tratamiento; produciendo varios efectos positivos en el paciente que presenta una paraplejía, entre los más relevantes se destacan: disminución del dolor y la espasticidad en los miembros inferiores, contribuye en la recuperación motora de los miembros inferiores, mejora la calidad de vida de los pacientes, aporta en la salud física y mental de pacientes con LME.

Actualmente existe un prototipo de exoesqueleto para miembro inferiores en el Ecuador que fue creado por investigadores de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, este exoesqueleto cuenta con sus patentes desde el mes de agosto de este año. Los investigadores esperan contar con la ayuda de empresas privadas para poder reproducir más unidades a escala nacional, a un bajo costo. El exoesqueleto está enfocado para el área de rehabilitación y lo pueden utilizar personas con afecciones neurológicas. Este prototipo se encuentra en una fase de prueba con pacientes para verificar su funcionamiento real.

5. PROPUESTA

Por la escasa información sobre el uso del exoesqueleto en la rehabilitación, se propone que este tema sea parte de la formación de los estudiantes de la Carrera de Fisioterapia, dentro del componente práctico-docente en la malla curricular. A continuación, se detalla la propuesta:

Semestre: Sexto

Asignatura: Fisioterapia en la diversidad funcional

Tema: Uso del exoesqueleto en LME paraplejía (lesión T1-T9, T10-L1, L2-S1)

Subtemas:

- Concepto de exoesqueleto
- Exoesqueletos para miembro inferior
- Uso del exoesqueleto en la rehabilitación de marcha en el área fisioterapia

Objetivos: Conocer los efectos que tiene el uso del exoesqueleto como parte de la rehabilitación de marcha en el paciente con lesión neurológica.

Resultados del aprendizaje:

Interpreta los resultados obtenidos del método de intervención profesional o la interacción del profesional-investigador que busca mejorar y/o controlar el deterioro, alteración o lesión; mediante técnicas de recuperación funcional, dentro del modelo de atención integral de salud.

Actividades:

- Valoración del paciente parapléjico a través de la Escala de ASIA, valoración de la fuerza muscular con la escala de Daniels, valoración de la espasticidad utilizando la escala de Ashworth Modificada, Valoración del dolor con la escala de EVA
- Evaluación de la independencia funcional del paciente parapléjico a través de la Escala SCIM (Spinal Cord Independency Measure). Es una escala utilizada especialmente en pacientes con LME.
- Planificar giras de observación para conocer el prototipo del exoesqueleto para miembros inferiores. Actualmente existen dos universidades en el Ecuador que poseen prototipos de exoesqueletos: La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en Riobamba; y, Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca.
- Realizar teleconferencias con las universidades: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca con sus respectivas Facultades de Ingeniería Mecánica para que les permitan a los estudiantes de fisioterapia adquirir nuevos conocimientos y así puedan aprender acerca del uso del exoesqueleto en área de rehabilitación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aach, M. (2014). Voluntary driven exoskeleton as a new tool for rehabilitation in chronic spinal cord injury: a pilot study. *The Spine Journal*, 2847-2853.
- Ama, A., Agudo, Á., Pons, J., & Moreno, J. (2014). Hybrid gait training with an overground robot for people with incomplete spinal cord injury: a pilot study. *Frontiers in human neuroscience.*, 1-10.
- Asselin, P. (2015). Heart rate and oxygen demand of powered exoskeleton-assisted walking in persons with paraplegia. *Journal of rehabilitation research and development.*, 147-158.
- Baunsgaard, C. (2017). Gait training after spinal cord injury: safety, feasibility and gait function following 8 weeks of training with the exoskeletons from Ekso Bionics. *Spinal Cord*, 106-116.
- Benson, I., Hart, K., Tussler, D., & J van Middendorp, J. (2016). Lower-limb exoskeletons for individuals with chronic spinal cord injury: findings from a feasibility study. *Clinical rehabilitation*, 73-84.
- Chang, S. (2018). Exoskeleton-assisted gait training to improve gait in individuals with spinal cord injury. *Pilot and feasibility studies.*, 1-10.
- Chú, Á., Cuenca, S., & Marcelo, L. (2015). *Anatomía y fisiología del sistema nerviosos*. Machala: UTMACH .
- Chun, A. (2019). Changes in bowel function following exoskeletal-assisted walking in persons with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 459-466.
- Cifu, D., Lew, H., & Oh-Park, M. (2019). *Rehabilitación Geriátrica*. Barcelona: Elsevier.

Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (12 de Octubre de 2020). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de Estadística de Discapacidad: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

Cruciger, O. (2016). Impact of locomotion training with a neurologic controlled hybrid assistive limb (HAL) exoskeleton on neuropathic pain and health related quality of life (HRQoL) in chronic SCI. *Disability and rehabilitation. Assistive technology.*, 529-534.

Dijsseldonk, R., Nes, I., Geurts, A., & Keijsers, N. (2020). Exoskeleton home and community use in people with complete spinal cord injury. *Scientific reports*, 1-8.

Esclarín, A. (2009). *Lesión medular un enfoque multidisciplinario*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Esquenazi, A., Talaty, M., Packel, A., & Saulino, M. (2012). El exoesqueleto con motor ReWalk para restaurar la función ambulatoria en personas con lesión de la médula espinal completa motora a nivel torácico. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 911-921.

Evans, N. (2015). Acute Cardiorespiratory and Metabolic Responses During Exoskeleton-Assisted Walking Overground Among Persons with Chronic Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation.*, 122-132.

Fleerkotte, B. (2014). The effect of impedance-controlled robotic gait training on walking ability and quality in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: an explorative study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 1-15.

- Gagnon, D. (2018). Locomotor training using an overground robotic exoskeleton in long-term manual wheelchair users with a chronic spinal cord injury living in the community: Lessons learned from a feasibility study in terms of recruitment, attendance, learnability, performa. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1-12.
- Gorgey, A. (2017). Exoskeleton Training May Improve Level of Physical Activity After Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation.*, 245-255.
- Grasmücke, D. (2017). Against the odds: what to expect in rehabilitation of chronic spinal cord injury with a neurologically controlled Hybrid Assistive Limb exoskeleton. *. Journal of Neurosurgery*, 1-9.
- Guanziroli, E. (2019). Assistive powered exoskeleton for complete spinal cord injury: correlations between walking ability and exoskeleton control. *European journal of physical and rehabilitation medicine.*, 209-216.
- Hartigan, C. (2015). Mobility Outcomes Following Five Training Sessions with a Powered Exoskeleton. *Topics in spinal cord injury rehabilitation.*, 93-99.
- Heinemann, A. (2018). Experience of Robotic Exoskeleton Use at Four Spinal Cord Injury Model Systems Centers. *Journal of neurologic physical Therapy*, 256-267.
- Jansen, O. (2018). Hybrid Assistive Limb Exoskeleton HAL in the Rehabilitation of Chronic Spinal Cord Injury. *World Neurosurgery*, 73-78.
- Kaiser, M. (2015). HAL® exoskeleton training improves walking parameters and normalizes cortical excitability in primary somatosensory cortex in spinal cord injury patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1-11.

- Khan, A. (2019). Retraining walking over ground in a powered exoskeleton after spinal cord injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.*, 1.17.
- Kinnett, D. (2020). Users with spinal cord injury experience of robotic Locomotor exoskeletons:. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 1-11.
- Kozlowski, A., Bryce, T., & Dijkers, M. (2015). Time and Effort Required by Persons with Spinal Cord Injury to Learn to Use a Powered Exoskeleton for Assisted Walking. *Topics in spinal cord injury rehabilitation.*, 110-121.
- Lam, T. (2015). Training with robot-applied resistance in people with motor-incomplete spinal cord injury: Pilot study. *Journal of rehabilitation research and development.*, 113.129.
- López, J., & López, L. (2008). *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid: Médica Panamerica.
- Manns, P., Hurd, C., & Yang, J. (2019). Perspectives of people with spinal cord injury learning to walk using a powered exoskeleton. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.*, 1-10.
- Martín, S. (2002). *Tratamiento de la lesión medular: Guía para Fisioterapeutas*. Barcelona: ASPAYM MADRID.
- Mıdık, M., Paker, N., Buğdaycı, D., & Mıdık, A. (2020). Effects of robot-assisted gait training on lower extremity strength, functional independence, and walking function in men with incomplete traumatic spinal cord injury. *Effects of robot-assisted gait training on lower extremity strength, functional independence, and walking function in men with incomplete traumatic spinal cord injury*, 54-59.

- Organización Mundial de la Salud, The International Spinal Cord Society. (2013). *International Perspectives on Spinal Cord Injury. Summary*. Malta: Ediciones de la OMS. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/131504/WHO_NMH_VIP_13.03_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, R., Meneses, J., & Flores, M. (2013). Una propuesta metodológica para la conducción de revisiones sistemáticas de la literatura de la investigación biomédica. *CES Movimiento y Salud*, 61-73.
- Shin, J. C., Kim, J. Y., Park, H. K., & Kim, N. Y. (2014). Effect of robotic-assisted gait training in patients with incomplete spinal cord injury. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 719-725.
- Snell, R. (2006). *Neuroanatomía Clínica*. Madrid: Mpedica Panamericana.
- Stampacchia, G. (2016). Walking with a powered robotic exoskeleton: Subjective experience, spasticity and pain in spinal cord injured persons. *NeuroRehabilitation*, 277-283.
- Strassburguer, K., Hernández, Y., & Barquín, E. (2013). *Lesión Medular: Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica*. Madrid: ASPAYM Madrid.
- Swank, C. (2019). Feasibility of integrating robotic exoskeleton gait training in inpatient rehabilitation. *Disability and rehabilitation. Assistive technology.*, 409-417.
- Tefertiller, C. (2018). Initial Outcomes from a Multicenter Study Utilizing the Indego Powered Exoskeleton in Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation.*, 78-85.

- Tortora, G., Derrickson, & Bryan. (2013). *Principios de la anatomía y fisiología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Vallejo, P. (2019). *Bases neuromorfofisiopatológicas del sistema nervioso y su impacto*. Alicante: Editorial Aria de Innovación y Desarrollo,S.L.
- Varoqui, D., Mirbagheri, M., & Niu, X. (2014). Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.*, 1-15.
- Wirz, M. (2017). Effectiveness of Automated Locomotor Training in Patients with Acute Incomplete Spinal Cord Injury. *Journal of Neurotrauma*, 1-23.
- Wu-Hua, C. (2018). The effects of gait training using powered lower limb exoskeleton robot on individuals with complete spinal cord injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.*, 1-10.
- Xiang, X. (2021). Exoskeleton-assisted walking improves pulmonary function and walking parameters among individuals with spinal cord injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1-10.
- Yang, A. (2015). Assessment of In-Hospital Walking Velocity and Level of Assistance in a Powered Exoskeleton in Persons with Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, 100-109.
- Yıldırım, M., Öneş, K., & Gökşenoğlu, G. (2018). Early term effects of robotic assisted gait training on ambulation and functional capacity in patients with spinal cord injury. *Turkish journal of medical sciences.*, 838-843.

Zeilig, G. (2012). Safety and tolerance of the ReWalk™ exoskeleton suit for ambulation by people with complete spinal cord injury: a pilot study. *The journal of spinal cord medicine*, 96-101.

7. ANEXOS

Anexo 1.

Tabla 1. Nervios Espinales

Nervios Espinales o Raquídeos	Segmento
8 pares cervicales	(C1- C8)
12 pares torácicos	(T1-T12)
5 pares lumbares	(L1-L5)
5 pares sacros	(S1-S5)
1 par coxígeo	(Cx1)

Anexo 2.

Tabla2. Escala de ASIA

Escala ASIA		
A	Completa	No se conserva la función motora ni la sensorial en los segmentos sacros S4-S5
B	Incompleta	Se conserva la función sensorial pero no la motora, por debajo del nivel neurológico incluyendo los segmentos sacro S4-S5
C	Incompleta	La función motora se encuentra preservada por debajo del nivel neurológico y la mayoría de los músculos claves inferiores presentan pérdida de grado muscular inferior a 3
D	Incompleta	La función motora se encuentra preservada por debajo del nivel neurológico y la mayoría de los músculos claves inferiores presentan un grado muscular superior o igual a 3
E	Normal	La función motora y sensitiva son normales en todos los segmentos evaluados

Fuente: Escala ASIA. Estándares internacionales para la clasificación neurológica de las lesiones de la médula espinal. (Kirshblum, et al., 2014)

Anexo 3.

Tabla 3. Grupo de musculares claves en la valoración del ASIA

Tren Superior		Tren Inferior	
C5	Flexores del codo	L2	Flexores de la cadera
C6	Extensores de la muñeca	L3	Extensores de la rodilla
C7	Extensores del codo	L4	Flexores dorsales del tobillo
C8	Flexores de los dedos	L5	Extensor del primer dedo
T1	Abductores del dedo meñique	S1	Flexores plantares del tobillo

Anexo 4.

Tabla 4. Base de datos electrónicas de los artículos recopilados

Bases de datos Electrónicas	Nº de Artículos	Porcentajes
PubMed	25 Artículos	78%
Sciencedirect	3 Artículos	9%
Google Académico	3 Artículos	9%
ProQuest	1 Artículos	4%
Total	32 Artículos	100%

Anexo 5.

Tabla 5. Criterios de búsqueda

Operadores Booleanos	Cantidad	Porcentaje
AND	24	65%
OR	13	35%
NOT	0	0%
TOTAL	37	100%

Anexo 6.

Tabla 6. Escala de PEDro

N°	CRITERIOS	SI	NO
1	Los criterios de elección fueron especificados (no se cuenta para el total)	1	0
2	Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos	1	0
3	La asignación fue oculta	1	0
4	Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes.	1	0
5	Todos los sujetos fueron cegados.	1	0
6	Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados.	1	0
7	Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.	1	0
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.	1	0
9	Se presentaron los 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”.	1	0
10	Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.	1	0
11	El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.	1	0

Fuente: Escala “Physiotherapy Evidence Database (PEDro)” para analizar la calidad metodológica de los estudios clínicos. (Ramírez, Meneses, & Flores, 2013)

Anexo 7.

Tabla 7. Artículos incluidos por factor de impacto

Nombre de la Revista		Nº de Artículos	Porcentaje
Inglés: Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	Español: Revista de Neuroingeniería y Rehabilitación	5	80%
Inglés: Journal of Neurologic Physical Therapy	Español: Revista de fisioterapia neurológica	1	20%
TOTAL		5	100%

Anexo 8.

Tabla 8. Artículos recopilados valorados con la escala de PEDro

Nº	Año	Base de datos	Autor	Título en Inglés	Título en español	Valoración de la escala de PEDro
1	2012	PubMed	(Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino, 2012)	The ReWalk powered exoskeleton to restore ambulatory function to individuals with thoracic-level motor-complete spinal cord injury	El exoesqueleto con motor ReWalk para restaurar la función ambulatoria en personas con lesión de la médula espinal completa motora a nivel torácico	6/10
2	2012	Google Académico	(Zeilig, et al., 2012)	Safety and tolerance of the ReWalk™ exoskeleton suit for ambulation by people with complete spinal cord injury: a pilot study	Seguridad y tolerancia del traje de exoesqueleto ReWalk™ para la deambulacion de personas con lesión completa de la médula espinal: un estudio piloto	7/10

3	2014	PubMed	(Shin, Kim, Park, & Kim, 2014)	Effect of robotic-assisted gait training in patients with incomplete spinal cord injury	Efecto del entrenamiento de la marcha asistido por robot en pacientes con lesión medular incompleta	8/10
4	2014	PubMed	(Fleerkotte, et al., 2014)	The effect of impedance-controlled robotic gait training on walking ability and quality in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: an explorative study	El efecto del entrenamiento robótico de la marcha controlado por impedancia sobre la capacidad y la calidad de la marcha en individuos con lesión crónica incompleta de la médula espinal: un estudio exploratorio	7/10
5	2014	Sciencedirect	(Aach, et al., 2014)	Voluntary driven exoskeleton as a new tool for rehabilitation in chronic spinal cord injury: a pilot study	Exoesqueleto impulsado voluntariamente como una nueva herramienta para la rehabilitación en la lesión crónica de la médula espinal	7/10
6	2014	PubMed	(Varoqui, Mirbagheri, & Niu, 2014)	Ankle voluntary movement enhancement following robotic-assisted locomotor training in spinal cord injury	Mejora del movimiento voluntario del tobillo después del entrenamiento locomotor asistido por robot en la lesión de la médula espinal	7/10
7	2014	PubMed	(Ama A. , Agudo, Ponds, & Moreno, 2014)	Hybrid gait training with an overground robot for people with incomplete spinal cord injury: a pilot study	Entrenamiento de la marcha híbrida con un robot de superficie para personas con lesión de la médula espinal incompleta	6/10
8	2015	PubMed	(Hartigan, et al., 2015)	Mobility Outcomes Following Five Training Sessions with a Powered Exoskeleton	Resultados de movilidad después de cinco capacitaciones Sesiones con un exoesqueleto motorizado	7/10
9	2015	PubMed	(Yang, et al., 2015)	Assessment of In-Hospital Walking Velocity and Level of Assistance in a Powered Exoskeleton in Persons with Spinal Cord Injury	Evaluación de la velocidad al caminar en el hospital y el nivel de asistencia en un exoesqueleto motorizado en personas con lesión de la médula espinal	7/10

10	2015	PubMed	(Kozlowski, Bryce, & Dijkers, 2015)	Time and Effort Required by Persons with Spinal Cord Injury to Learn to Use a Powered Exoskeleton for Assisted Walking	Tiempo y esfuerzo que requieren las personas con lesión de la médula espinal para aprender a usar un exoesqueleto motorizado para caminar asistido	7/10
11	2015	PubMed	(Asselin, et al., 2015)	Heart rate and oxygen demand of powered exoskeleton-assisted walking in persons with paraplegia	Frecuencia cardíaca y demanda de oxígeno de la marcha asistida por exoesqueleto motorizado en personas con paraplejía	6/10
12	2015	PubMed	(Evans, et al., 2015)	Acute Cardiorespiratory and Metabolic Responses During Exoskeleton-Assisted Walking Overground Among Persons with Chronic Spinal Cord Injury	Respuestas agudas cardiorrespiratorias y metabólicas durante la caminata sobre el suelo asistida por exoesqueleto entre personas con lesión crónica de la médula espinal	6/10
13	2015	PubMed	(Lam, et al., 2015)	Training with robot-applied resistance in people with motor-incomplete spinal cord injury: Pilot study	Entrenamiento con resistencia aplicada por robot en personas con lesión de la médula espinal motora incompleta	7/10
14	2016	PubMe	(Benson, Hart, Tussler, & Middendorp, 2016)	Lower-limb exoskeletons for individuals with chronic spinal cord injury: findings from a feasibility study	Exoesqueletos de miembros inferiores para personas con lesión crónica de la médula espinal: hallazgos de un estudio de viabilidad	7/10
15	2016	PubMed	(Stampacchia, et al., 2016)	Walking with a powered robotic exoskeleton: Subjective experience, spasticity and pain in spinal cord injured persons	Caminar con un exoesqueleto robótico motorizado: experiencia subjetiva, espasticidad y dolor en personas con lesión de la médula espinal	8/10
16	2016	PubMed	(Cruciger, et al., 2016)	Impact of locomotion training with a neurologic controlled hybrid assistive limb (HAL) exoskeleton on neuropathic pain and health related quality of	Impacto del entrenamiento de locomoción con un exoesqueleto de extremidad asistida híbrida controlada neurológicamente	6/10

				life (HRQoL) in chronic SCI	(HAL) en el dolor neuropático y la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en la LME crónica	
17	2017	PubMed	(Gorgey, et al., 2017)	Exoskeleton Training May Improve Level of Physical Activity After Spinal Cord Injury: A Case Series	El entrenamiento con exoesqueleto puede mejorar el nivel de actividad física después de una lesión de la médula espinal: una serie de casos	7/10
18	2017	Google Académico	(Baunsgaard, et al., 2017)	Gait training after spinal cord injury: safety, feasibility and gait function following 8 weeks of training with the exoskeletons from Ekso Bionics	Entrenamiento de la marcha después de una lesión de la médula espinal: seguridad, viabilidad y función de la marcha después de 8 semanas de entrenamiento con los exoesqueletos de Ekso Bionics	7/10
19	2017	PubMed	(Grasmücke, et al., 2017)	Against the odds: what to expect in rehabilitation of chronic spinal cord injury with a neurologically controlled Hybrid Assistive Limb exoskeleton. A subgroup analysis of 55 patients according to age and lesion level	Qué esperar en la rehabilitación de una lesión crónica de la médula espinal con un exoesqueleto de extremidad asistida híbrida controlado neurológicamente	6/10
20	2017	Google Académico	(Wirz, et al., 2017)	Effectiveness of Automated Locomotor Training in Patients with Acute Incomplete Spinal Cord Injury	Eficacia del entrenamiento locomotor automatizado en pacientes con aguda lesión de la médula espinal incompleta	8/10
21	2018	PubMed	(Yıldırım, Öneş, & Gökşenoğlu, 2018)	Early term effects of robotic assisted gait training on ambulation and functional capacity in patients with spinal cord injury	Efectos tempranos del entrenamiento de la marcha asistido por robot sobre la deambulacion y la capacidad funcional en pacientes con lesión de la médula espinal	8/10

22	2018	PubMed	(Tefertiller, et al., 2018)	Initial Outcomes from a Multicenter Study Utilizing the Indego Powered Exoskeleton in Spinal Cord Injury	Resultados iniciales de un estudio multicéntrico que utilizó el exoesqueleto impulsado por Indego en la lesión de la médula espinal	7/10
23	2018	PubMed	(Chang, et al., 2018)	Exoskeleton-assisted gait training to improve gait in individuals with spinal cord injury	Entrenamiento de la marcha asistido por exoesqueleto para mejorar la marcha en personas con lesión de la médula espinal	7/10
24	2018	ScienceDirect	(Gagnon, et al., 2018)	Locomotor training using an overground robotic exoskeleton in long-term manual wheelchair users with a chronic spinal cord injury living in the community	Entrenamiento locomotor utilizando un exoesqueleto robótico sobre el suelo en usuarios de sillas de ruedas manuales a largo plazo con una lesión crónica de la médula espinal que viven en la comunidad.	7/10
25	2018	ScienceDirect	(Jasen, et al., 2018)	Hybrid Assistive Limb Exoskeleton HAL in the Rehabilitation of Chronic Spinal Cord Injury	HAL de exoesqueleto híbrido asistido de extremidades en la rehabilitación de una lesión crónica de la médula espinal	7/10
26	2019	PubMed	(Guanziroli, et al., 2019)	Assistive powered exoskeleton for complete spinal cord injury: correlations between walking ability and exoskeleton control	Exoesqueleto asistido para una lesión completa de la médula espinal: correlaciones entre la capacidad para caminar y el control del exoesqueleto	8/10
27	2019	PubMed	(Khan, et al., 2019)	Retraining walking over ground in a powered exoskeleton after spinal cord injury	Reentrenamiento para caminar sobre el suelo en un exoesqueleto motorizado después de una lesión de la médula espinal	6/10
28	2020	PubMed	(Chun, et al., 2020)	Changes in bowel function following exoskeletal-assisted walking in persons with spinal cord injury: an observational pilot study	Cambios en la función intestinal después de caminar con ayuda exoesquelética en personas con lesión de la médula espinal	6/10
29	2020	PubMed	(Swank, et al., 2020)	Feasibility of integrating robotic	Viabilidad de integrar el entrenamiento de la	6/10

				exoskeleton gait training in inpatient rehabilitation	marcha del exoesqueleto robótico en la rehabilitación hospitalaria	
30	2020	PubMed	(Midik, et al., 2020)	Effects of robot-assisted gait training on lower extremity strength, functional independence, and walking function in men with incomplete traumatic spinal cord injury	Efectos del entrenamiento de la marcha asistido por robot sobre la fuerza de las extremidades inferiores, la independencia funcional y la función de caminar en hombres con lesión traumática incompleta de la médula espinal	8/10
31	2020	PubMed	(Dijsseldonk, et al., 2020)	Exoskeleton home and community use in people with complete spinal cord injury	Uso de exoesqueleto en el hogar y en la comunidad en personas con lesión completa de la médula espinal	7/10
32	2020	ProQuest	(Kinnett, et al., 2020)	Users with spinal cord injury experience of robotic Locomotor exoskeletons: a qualitative study of the benefits, limitations, and recommendations	Usuarios con experiencia en lesiones de la médula espinal con exoesqueletos locomotores robóticos: un estudio cualitativo de los beneficios, limitaciones y recomendaciones	7/10

Fuente: Diana C. Cefla S.

Elaborado por: Diana C. Cefla S.

Anexo 9.

Tabla 9. Aplicación de escala de PEDro

Nº de Artículos	Valoración Metodológica
6 Artículos	8/10
17 Artículos	7/10
9 Artículos	6/10
Total: 32 artículos	

Anexo 10.

Tabla 10. Resultados de uso del exoesqueleto en pacientes con lesiones medulares

N°	Autor	Tipo de Estudio	Población/ Género	Intervención	Resultados
1	(Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino, 2012)	Estudio Prospectivo	12 Pacientes F:4 M:8	Rehabilitación de la marcha con un exoesqueleto ReWalk en pacientes parapléjicos	Después del entrenamiento, todos los sujetos pudieron trasladarse y caminar de forma independiente, sin ayuda humana mientras usaban el ReWalk, durante al menos 50 a 100 m de forma continua, durante un período de al menos 5 a 10 minutos de forma continua y con velocidades que oscilan entre 0,03 y 0,45 m. / seg (media, 0,25 m / seg). Excluyendo a dos sujetos con habilidades para caminar considerablemente reducidas, las distancias y velocidades promedio mejoraron significativamente. Algunos sujetos informaron mejoras en el dolor, la función intestinal y de la vejiga y la espasticidad durante el ensayo. Todos los sujetos tuvieron fuertes comentarios positivos con respecto a los beneficios emocionales / psicosociales del uso de ReWalk. (Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino, 2012)
2	(Zeilig, et al., 2012)	Estudio Observacional	6 Pacientes M:6	Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto ReWalk para evaluar la seguridad y tolerancia de uso	No hubo eventos adversos de seguridad. El uso del sistema fue generalmente bien tolerado, sin aumento del dolor y con un nivel moderado de fatiga después de su uso. Las personas con un nivel más bajo de lesión de la médula espinal realizaron la caminata de manera más eficiente. El proceso de aprendizaje motor dependía de la cantidad de práctica, y todos los sujetos progresaban en el desarrollo de esta capacidad cognitiva.-habilidad motora. (Zeilig, et al., 2012)
3	(Shin, Kim, Park, & Kim, 2014)	Estudio Prospectivo y aleatorizado	53 Pacientes M:34 F:19 G1: 27 pacientes. Marcha asistida por robot (RAGT) + fisioterapia	-Entrenamiento de la marcha asistida por robot -Programa fisioterapéutico	En el estudio el grupo RAGT combinado con fisioterapia convencional podría producir más mejoras en la función ambulatoria que el tratamiento convencional solo, mejorando así la fuerza muscular y la capacidad para caminar en pacientes con LME motora incompleta. RAGT debe considerarse como uno de los métodos de entrenamiento para proporcionar una forma segura y eficaz de realizar la reeducación neuromuscular para

			G2: 26 pacientes. Fisioterapia (Grupo de control)		pacientes con LME. (Shin, Kim, Park, & Kim, 2014)
4	(Fleerkotte, et al., 2014)	Estudio Exploratorio	10 Pacientes M:4 F:6	Entrenamiento de marcha robótico controlado por LOPES	Los principales hallazgos fueron una mejora funcional significativa y un aumento de la fuerza muscular. Los participantes experimentaron mejoras significativas en la velocidad al caminar, distancia, TUG, LEMS y WISCI después de ocho semanas de entrenamiento con LOPES. En el seguimiento de ocho semanas, los participantes conservaron las mejoras medidas al final del período de entrenamiento. También se encontraron mejoras significativas en las medidas espacio-temporales y el rango de movimiento de la cadera. (Fleerkotte, et al., 2014)
5	(Aach, et al., 2014)	Estudio Experimental	8 Pacientes M:2 F:6	Entrenamiento locomotor con el exoesqueleto HAL en cinta rodante con soporte de peso	La puntuación WISCI II fue de $10 \pm 4,3$. Al final de la prueba de 90 días, la media de WISCI II fue $11,13 \pm 6,68$. Mejoras en la velocidad y la resistencia en las evaluaciones de la marcha sobre el suelo en todos los participantes se han logrado. La 10MWT mostró un aumento significativo en la marcha media. Fuerza muscular (LEMS) se aumentó en todos los pacientes acompañada de una ganancia de la extremidad inferior. Un paciente refirió una disminución de la espasticidad espinal. (Aach, et al., 2014)
6	(Varoqui, Niu, & Mirbagheri, 2014)	Estudio Aplicativo	30 Pacientes M: 22 F:8 G1: 15 pacientes, grupo de intervención G2: 15 pacientes, grupo de intervención	Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto Lokomat	En el estudio después del entrenamiento Lokomat, el rango de movimiento activo, la velocidad máxima y la suavidad del movimiento mejoraron significativamente en el movimiento voluntario. Los pacientes también mostraron una mejora en la MVC de los músculos flexores plantar y dorsal del tobillo. En términos de actividad funcional, observamos una mejora en la movilidad (TUG) y la velocidad de la marcha sobre el suelo (10MWT) con el entrenamiento. (Varoqui, Niu, & Mirbagheri, 2014)
7	(Ama A. , Agudo, Pons, & Moreno, 2014)	Estudio Piloto	3 Pacientes M:3	Entrenamiento de la marcha híbrida con el Kinesis para valorar la función de la marcha, la	Los participantes toleraron la intervención de marcha híbrida proporcionada por Kinesis. La mejora en los índices de 6mWT, 10mWT, MMT de las extremidades inferiores y espasticidad demuestra este paradigma de entrenamiento, denominado entrenamiento

				fuerza y espasticidad	de la marcha híbrida, para mejorar el rendimiento locomotor a corto plazo que es consistente con la recuperación promovida del control neuromuscular de la marcha. (Ama A. , Agudo, Pons, & Moreno, 2014)
8	(Hartigan, et al., 2015)	Estudio Clínico piloto	16 Pacientes M: 13 F:3	Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto motorizado Indego	La velocidad media de la marcha de los participantes con paraplejía más baja en este estudio fue de 0,45 m / s después de 5 sesiones. Por lo tanto, es probable que los individuos con paraplejía inferior sean capaces de deambular en la comunidad o al menos de una deambulación comunitaria limitada fuera del hogar con la ayuda de exoesqueletos motorizados. La competencia de los participantes después de 5 sesiones sugiere que los sistemas de exoesqueletos motorizados son capaces de proporcionar a las personas con LME la capacidad de deambular tanto en ambientes interiores como exteriores. Para las personas con SCI de nivel más alto (tetraplejía), el uso de exoesqueletos puede ser más apropiado para propósitos de ejercicio y entrenamiento de rehabilitación dentro de un entorno clínico. (Hartigan, et al., 2015)
9	(Yang, et al., 2015)	Estudio Exploratorio	12 Pacientes M:10 F:2	Entrenamiento de la marcha asistida por exoesqueleto motorizada (EAW) con el ReWalk para evaluar la velocidad de la marcha	En general, cuanto menos ayuda necesitaba un participante, más rápido alcanzaba la velocidad de la EAW. El cincuenta y ocho por ciento de las personas con LME que se estudiaron pudieron deambular a la velocidad de la marcha \geq 0,40 m / s. Esta velocidad puede ser propicia para la deambulación comunitaria relacionada con actividades al aire libre. Los resultados de este estudio en el hospital respaldan los hallazgos de otros que afirman que el exoesqueleto con motor ReWalk es un dispositivo seguro para la deambulación. (Yang, et al., 2015)
10	(Kozlowski , Bryce, & Dijkers, 2015)	Estudio Piloto	7 Pacientes M:7	Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto motorizado Ekso	El estudio cuantificó el tiempo y esfuerzo requerido por 7 personas con paraplejía motora completa e incompleta, tetraplejía motora C8 completa y tetraplejía motora C4 incompleta para aprender a usar un exoesqueleto motorizado. Todos menos 1 participante con el nivel de lesión bajo podía pararse, caminar y sentarse sin más que una ayuda mínima, y la mitad lo hizo en la sesión 8. La actividad se informó como agradable, parecía proporcionar ejercicio de intensidad leve a moderada y no requería un esfuerzo excesivo. (Kozlowski, Bryce, & Dijkers, 2015)

11	(Asselin, et al., 2015)	Estudio Observacional prospectivo	8 pacientes M: 7 F:1	Entrenamiento de la marcha asistida por un exoesqueleto ReWalk para evaluar el volumen máximo de oxígeno y frecuencia cardiaca	Este estudio los valores medios de VO ₂ fueron ligeramente más altos para aquellos que necesitaban asistencia que los que no lo hicieron ($11,9 \pm 0,8$ vs $10,5 \pm 0,8$ ml / kg / min), pero la diferencia no fue significativa. Los participantes alcanzaron aproximadamente la mitad de su reserva de Frecuencia Cardiaca máxima estimada, lo que indicaría un nivel moderado de actividad. Las personas con paraplejía pudieron deambular de manera eficiente utilizando el exoesqueleto motorizado para la deambulación sobre el suelo, lo que brinda la posibilidad de obtener una ganancia funcional y una mejor condición física. (Asselin, et al., 2015)
12	(Evans, et al., 2015)	Estudio Piloto	5 Pacientes M:4 F:1	Entrenamiento de una caminata asistida por un exoesqueleto Indego para valor la velocidad.	Se observaron diferencias entre caminata 1 y caminata 2 tanto en velocidad como en distancia. La distancia total de caminata y la velocidad promedio de caminata completadas durante los 2 escenarios de caminata estuvieron dentro de rangos consistentes con informes anteriores sobre velocidad y distancia. El costo metabólico de la caminata asistida por exoesqueleto osciló entre 3,5 y 4,3 Met. (Evans, et al., 2015)
13	(Lam, et al., 2015)	Ensayo controlado aleatorizado	15 Pacientes M:9 F:6 G1: 8 pacientes, grupo experimental (Loko-R) G2:7 pacientes, grupo de control	-Entrenamiento en cinta rodante con soporte de peso corporal con resistencia aplicada del Lokomat (Loko-R) -Entrenamiento convencional asistido por Lokomat	Los resultados indican que el entrenamiento Loko-R podría aplicarse de manera factible a personas con lesión medular, aunque los participantes en Loko-R tendían a reportar niveles más altos de esfuerzo percibido durante el entrenamiento. Hubo un aumento en la 10MWT y la 6MWT a lo largo del tiempo, pero no hubo diferencias significativas en estos resultados entre los grupos. La velocidad de marcha en 10 MWT a 1 mes y 6 meses de seguimiento de las evaluaciones aumentó en 0,12 m/s. Para el 6MWT, la distancia de caminata posterior al entrenamiento aumentó en 19,6 m. Para las pruebas relativamente más simples de velocidad y distancia al caminar sobre el suelo, observamos mejoras significativas con el entrenamiento. (Lam, et al., 2015)
14	(Kaiser, 2015)	Estudio Piloto	11 Pacientes M:7 F:4	Entrenamiento en cinta rodante con soporte de peso corporal asistido por robot HAL (BWSTT)	En el estudio se muestra que los pacientes con LME tenían una mayor excitabilidad cortical en el área de la mano de S1 antes del entrenamiento y que esto se normalizó después de 12 semanas de BWSTT con exoesqueleto HAL. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre las

					medidas pre y post en pacientes con LME en cuanto a la velocidad en las pruebas 10MWT, 6MWT, prueba TUG y puntuación LEM. Los hallazgos sugieren que el BWSTT asistido por robot con HAL en pacientes con LME es capaz de inducir plasticidad cortical después del uso locomotor activo y altamente repetitivo de piernas paréticas. (Kaiser, 2015)
15	(Benson, Hart, Tussler, & Middendorp, 2016)	Estudio Longitudinal Prospectivo	10 Pacientes M:10	Entrenamiento de marcha asistida con un exoesqueleto ReWalk	Todos los participantes que completaron las 20 sesiones de entrenamiento experimentaron mejores resultados de deambulación usando el exoesqueleto. Se observaron mejoras en los resultados de movilidad en sujetos con LME completa que usaban el exoesqueleto. Sin embargo, cabe señalar que la 6MWT, una medida de la capacidad de deambulación centrada en el rendimiento, mostró que después de la sesión de entrenamiento final, la velocidad de la marcha con exoesqueleto osciló entre 0,25 y 0,48 m / segundo. Velocidades comparables, 0,33 a 0,45 m / segundo, se encontraron para el 10 MWT. (Benson, Hart, Tussler, & Middendorp, 2016)
16	(Stampacchia, et al., 2016)	Estudio Experimental	21 Pacientes M:17 F:4	Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto robótico Ekso Bionics para evaluar el dolor y la espasticidad	El estudio reveló que después de la sesión de caminata se observó una disminución significativa de la espasticidad muscular y la intensidad del dolor. Las personas con Lesiones medulares reclutadas en este estudio informaron: 1) un cambio global después de la sesión de caminata, 2) puntuaciones altas en los resultados positivos y 3) puntuaciones bajas en las sensaciones negativas, lo que indica una buena aceptabilidad de la marcha asistida por robot. La marcha asistida por robot puede ser también considerado como una especie de distracción psicológica. Las endorfinas endógenas activadas al momento de caminar. El ejercicio podría contribuir a la reducción del dolor como bien. (Stampacchia, et al., 2016)
17	(Cruciger, et al., 2016)	Estudio Experimental	2 Pacientes M:1 F:1	-Entrenamiento en cinta rodante utilizando el exoesqueleto HAL para evaluar el dolor neuropático y la calidad de vida del paciente -Fisioterapia	Ambos pacientes informaron un alivio significativo del dolor (CNP) y un aumento en la calidad de vida (CVRS) posterior al entrenamiento de locomoción con exoesqueleto HAL. Además de los efectos beneficiosos sobre el CNP y la CVRS, ambos sujetos de este estudio de caso mejoraron en términos de deambulación, después de 12 semanas de HAL -BWSTT. La distancia deambulada en la cinta de

					correr aumentó. Ambos pacientes mostraron mejoras menores en el examen ASIA. La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) aumentó. (Cruciger, et al., 2016)
18	(Gorgey, et al., 2017)	Estudio Piloto	4 Pacientes M:3 F:1	-Entrenamiento de marcha por un exoesqueleto Ekso para evaluar la actividad física de los pacientes	Los 4 participantes mostraron una mejora significativa en las variables de caminata mencionadas anteriormente durante en el transcurso de 10 a 15 semanas, el tiempo máximo de caminata aumentó de 12 a 57 minutos y el número de pasos aumentó de 59 a 2284 pasos. Al final de la formación, los 4 participantes pudieron hacer ejercicio durante 26 a 59 minutos. La velocidad máxima al caminar fue de 0,24 m / s, y el gasto energético aumentó en 1,4 kcal / min durante la marcha (Gorgey, et al., 2017)
19	(Baunsgaard, et al., 2017)	Estudio Prospectivo cuasi experimental	52 Pacientes M:36 F:16 G1: 25 pacientes, lesionados recientemente G2: 27 pacientes, lesionados crónicos	-Entrenamiento de la marcha utilizando un exoesqueleto robótico de Ekso Bionics	Este estudio multicéntrico mostró que los exoesqueletos de Ekso Bionics son seguros y factibles para su uso por personas con LME, incluidas personas con paraplejía y tetraplejía, lesiones recientes y crónicas, así como LME completa e incompleta. El esfuerzo percibido fue respaldado por mediciones de FC, fue relativamente bajo e indica que el dispositivo se puede utilizar durante períodos de tiempo más prolongados. Para aquellos participantes con función de la marcha fuera del exoesqueleto, los resultados indican mejoras principalmente en el equilibrio. (Baunsgaard, et al., 2017)
20	(Grasmücke, et al., 2017)	Estudio Prospectivo	55 Pacientes M: 43 F:12 G1: 13 pacientes G2: 15 pacientes G3: 18 pacientes G4: 9 pacientes	-Entrenamiento de la marcha en cinta rodante asistida por un exoesqueleto HAL	Todos los participantes mostraron una mejora funcional continua en las medidas funcionales no asistidas por HAL durante el período de entrenamiento de 12 semanas. La mejora máxima se produjo entre las semanas 4 y 10. Durante el período de entrenamiento, la capacidad de caminar de todos los pacientes aumentó considerablemente. Esto se evidencia en una mejora de aproximadamente el 47% en la velocidad de la marcha en distancias cortas (10MWT) y una mejora de aproximadamente el 50% en la resistencia (6MWT). Veinticuatro de los 55 pacientes (43,6%) eran menos dependientes de las ayudas para caminar que antes de comenzar el entrenamiento. (Grasmücke, et al., 2017)

21	(Wirz, et al., 2017)	Ensayo controlado aleatorizado	18 Pacientes M: 10 F:2 G1: 9 pacientes, grupo de intervención G2: 9 pacientes grupo de control	Entrenamiento locomotor asistido por un robot Lokomat	Ambos grupos fueron comparables al inicio del estudio. Se observaron mejoras mayores en el grupo de intervención. Sin embargo, ambos grupos mejoraron a un nivel estadísticamente significativo. los valores del SCIM al inicio y después de completar el entrenamiento. Hubo una mejora estadísticamente significativa en ambos grupos. Sin embargo, los cambios en el grupo de intervención fueron notablemente mayores. Este estudio es que los tiempos de entrenamiento más prolongados tienen un efecto beneficioso sobre el resultado de la función de caminar en pacientes con una LME aguda incompleto (Wirz, et al., 2017)
22	(Yıldırım, Öneş, & Gökşenoğlu, 2018)	Ensayo controlado aleatorizado	88 Pacientes M:55 F:33 G1:44 pacientes, entrenamiento en terapia robótica + terapia convencional G2:44 Pacientes, terapia convencional	- Entrenamiento de la marcha asistido por robot Lokomat sobre la deambulación y la capacidad Funcional -Terapia convencional	Se observó una mejora significativa en ambos grupos de acuerdo con el Índice de marcha para la lesión de la médula espinal II y las puntuaciones de la medida de independencia funcional. Sin embargo, se observó una mejora significativamente mayor de acuerdo con el Índice de caminata para Lesión de la Médula Espinal y las puntuaciones de la medida de independencia funcional en el grupo robótico que en el grupo de control. (Yıldırım, Öneş, & Gökşenoğlu, 2018)
23	(Tefertiller, et al., 2018)	Estudio Observacional prospectivo	32 Pacientes M:27 F: 5	-Entrenamiento de la marcha utilizando un exoesqueleto motorizado Indego	Los 32 participantes completaron el protocolo de entrenamiento con el dispositivo, lo que resultó en ninguna interrupción del entrenamiento. La mayoría de los participantes en esta prueba pudieron ponerse y quitarse el Indego de forma independiente. La velocidad de marcha final osciló entre 0,19 y 0,55 m / s. La velocidad media final al caminar en interiores y exteriores entre todos los participantes fue de 0,37 m / s, después de 8 semanas de entrenamiento. Se observaron mejoras significativas entre el punto medio y la velocidad final de la marcha tanto en condiciones interiores como exteriores. (Tefertiller, et al., 2018)
24	(Wu-Hua, et al., 2018)	Estudio Observacional	2 Pacientes M: 2	Entrenamiento de la marcha utilizando un robot exoesqueleto de extremidades inferiores	Los resultados indicaron que los participantes se colocaban y se quitaban el robot exoesqueleto motorizado de las extremidades inferiores de forma independiente con un menor nivel de esfuerzo y caminaban más rápido y más lejos sin ninguna lesión o incidencia de

				motorizado ITRI-EXO	caídas cuando usaban el exoesqueleto motorizado que cuando usaban una rodilla, tobillo y pie órtesis. Las densidades minerales óseas también aumentaron después del entrenamiento de la marcha. No se informaron efectos adversos, como abrasiones en la piel o molestias, mientras se usaba el exoesqueleto motorizado (Wu-Hua, et al., 2018)
25	(Chang, et al., 2018)	Estudio Piloto Controlado	7 Pacientes M:5 F:2 G1: 3 pacientes, Fisioterapia convencional (CPT) G2: 4 pacientes, entrenamiento robótico (EGT)	Entrenamiento de la marcha asistida por exoesqueleto Ekso (EGT)	Después del entrenamiento, se observó una mejora en la 6MWT para el grupo EGT. El grupo CPT mostró una mejora significativa en la prueba TUG. Tanto los grupos EGT como CPT mostraron un aumento significativo en la longitud del paso correcto. El grupo EGT también mostró una mejora en la longitud de la zancada. (Chang, et al., 2018)
26	(Gagnon, et al., 2018)	Estudio Prospectivo Longitudinal	14 Pacientes M: 9 F: 5	-Entrenamiento locomotor con un exoesqueleto robótico Ekso Bionics	En el estudio el mayor tiempo de reposo, tiempo de caminata y número de pasos dados durante una sesión fueron $64,5 \pm 10,2$ min, $47,2 \pm 11,3$ min y 1843 ± 577 pasos, respectivamente. Durante el programa de formación, estos tres últimos parámetros aumentaron. Al final del programa, al caminar con el exoesqueleto, la mayor de los participantes requirió un terapeuta (85,7%), necesitaron ayuda de guardia de emergencia o de contacto (57,1%), utilizaron muletas de antebrazo (71,4%) y alcanzaron una velocidad de marcha de $0,25 \pm 0,05$ m / s. (Gagnon, et al., 2018)
27	(Jansen, et al., 2018)	Estudio Piloto	21 Pacientes M:15 F: 6	-Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto HAL para evaluar la velocidad, la distancia y el tiempo de caminata en una cinta rodante	Después de un período de entrenamiento de 90 días, los 21 pacientes mejoraron significativamente su movilidad funcional y ambulatoria sin el exoesqueleto. Los pacientes fueron evaluados mediante la 6MWT, la prueba TUG y la 10MWT, que también indicaron un aumento en la puntuación WISCI-II junto con mejoras significativas en la velocidad, la distancia y el tiempo al caminar asociados con HAL. (Jansen, et al., 2018)
28	(Guanziroli, et al., 2018)	Estudio Observacional	15 Pacientes M:11 F:4 G1: 5 pacientes G2: 10 pacientes	-Entrenamiento locomotor para caminar sobre el suelo utilizando exoesqueletos motorizados ReWalk	Al comparar los niveles de rendimiento de los dos grupos de pacientes utilizando los dos diferentes softwares de control de el mismo exoesqueleto, el Grupo 1 cubrió menos distancia en 6 minutos y requirió más tiempo para realizar 10 MWT y STS-Time si se compara con el Grupo 2. El grupo 2 cubrió más distancia en 6 min (+

					124,52%) y requirió menos tiempo (-70,34%) para realizar 10 MWT y tiempo STS (-38,25%) en comparación con el grupo 1. (Guanziroli, et al., 2018)
29	(Heinemann, et al., 2018)	Estudio Experimental	30 pacientes M:4 F:26	-Entrenamiento locomotor con un exoesqueleto	En este estudio se informó sobre el uso de exoesqueletos principalmente en entornos ambulatorios y de bienestar, un centro utilizó exoesqueletos durante la rehabilitación hospitalaria. El tratamiento se enfoca en el entrenamiento para ponerse de pie, caminar y caminar; los terapeutas miden el progreso con evaluaciones estandarizadas. Más allá de la mejora de la marcha, los participantes atribuyeron beneficios fisiológicos, psicológicos y sociales al uso del exoesqueleto. (Heinemann, et al., 2018)
30	(Manns, Hurd, & Yang, 2019)	Estudio Experimental	11 Pacientes M:7 F:4	-Entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto robótico Rewalk	Este estudio proporciona el primer informe cualitativo en profundidad de la experiencia de las personas con LME durante y después del entrenamiento del exoesqueleto. El tema que fue omnipresente fueron los participantes reflexiones que el ReWalk les permitió cumplir con roles cotidianos, realizar actividades cotidianas y ser un poco más como todos los demás. Los participantes hablaron sobre mirar a las personas a los ojos y sobre la perspectiva diferente y enriquecida del entorno cuando están en posición vertical. (Manns, Hurd, & Yang, 2019)
31	(Khan, et al., 2019)	Estudio Prospectivo	10 Pacientes M:6 F:4	-Entrenamiento para caminar con un exoesqueleto ReWalk	La progresión en el entrenamiento indicó alrededor de 45 sesiones para alcanzar el 80% del rendimiento final en el entrenamiento. Al final del entrenamiento, los participantes caminaron a velocidades de 0.28-0.60 m/s y distancias de 0.74-1.97 km en 1 h. El esfuerzo de caminar fue aproximadamente 3,3 veces mayor que el de la propulsión manual en silla de ruedas. Una persona que no caminaba con una lesión incompleta se convirtió en caminante sin ReWalk después del entrenamiento. Medidas sensoriales y motoras: el equilibrio sentado mejoró en algunos, como se ve desde los límites de estabilidad y velocidad de balanceo. El dolor neuropático no mostró cambios a largo plazo. (Khan, et al., 2019)
32	(Chun, et al., 2019)	Estudio Observacional	10 Pacientes M:9 F:1	-Entrenamiento de la marcha asistida por un	En esta muestra de 10 participantes, del 50% al 80% de los participantes informaron al menos uno o más aspectos

		Prospectivo		exoesqueleto ReWalk (EAW)	mejorados de su función intestinal después de la EAW. Como tal, EAW pareció mitigar varios aspectos adversos de la disfunción intestinal neurogénica asociada con SCI. y una mejor calidad de vida relacionada con la función intestinal según el Instrumento de formato corto para las dificultades de manejo intestinal SCI-QOL. (Chun, et al., 2019)
33	(Swank, et al., 2019)	Estudio Longitudinal	7 Pacientes M:3 F:4	-Entrenamiento de la marcha asistida por un exoesqueleto Ekso	El estudio reveló que después de 6 meses, los terapeutas informaron una mejora en la viabilidad. Los pacientes con LME estaban en el Ekso entre 16 a 25min y caminó entre 6 o 13min durante 100 a 400 pasos en cada sesión. Los pacientes toleraron bien las sesiones de Ekso, sin complicaciones ni incidentes adversos, e informaron una mejora de la movilidad después de la sesión (Swank, et al., 2019)
34	(Mıdık, Paker, Buğdaycı, & Mıdık, 2020)	Estudio Prospectivo	30 Pacientes M:30 G1: 15 pacientes, grupo de intervención G2: 15 pacientes, grupo de control	-Entrenamiento de la marcha asistida por robot -Terapia convencional	Se observó una mejora significativa en las puntuaciones LEMS, WISCI-II y SCIM-III después del tratamiento en ambos grupos. La mejora en las puntuaciones LEMS fue significativamente mayor en el grupo RAGT al final de la quinta semana y a los tres meses ($p = 0,017$). Las puntuaciones SCIM-III también mejoraron significativamente en el grupo RAGT al final de la quinta semana y a los tres meses. (Mıdık, Paker, Buğdaycı, & Mıdık, 2020)
35	(Dijsseldonk, Nes, Geurts, & Keijsers, 2020)	Estudio Experimental	14 Pacientes M:7 F:7	-Entrenamiento locomotor de la marcha por un exoesqueleto	Catorce participantes tenían el exoesqueleto a su disposición para uso doméstico y comunitario. El propósito principal del uso del exoesqueleto informado por los sujetos fue el ejercicio individual (90 de 121 sesiones, 74% de todas las sesiones). Otros propósitos del uso del exoesqueleto fueron una combinación de ejercicio y evento social (14%, 17 sesiones). Cinco pacientes informaron efectos positivos relacionados con la salud en cuatro dominios: efectos sobre la salud social y mental ($n = 5$), disminución de la espasticidad ($n = 3$), reducción del dolor neuropático ($n = 1$) y aumento del rango de movimiento de la cadera y la espalda. ($n = 1$). (Dijsseldonk, Nes, Geurts, & Keijsers, 2020)
36	(Kinnett, et al., 2020)	Estudio Prospectivo	28 pacientes M:20 F:8	-Entrenamiento de la marcha utilizando un exoesqueleto	Los participantes expresaron que los exoesqueletos robóticos eran útiles en entornos de terapia, pero, en su forma actual, no eran prácticos para las

					actividades de la vida diaria debido a las limitaciones del dispositivo. Los participantes detallaron los beneficios psicológicos, mejoras fisiológicas en áreas como la función intestinal y de la vejiga. Los participantes detallaron las barreras del aumento de la fatiga, la espasticidad y los espasmos y expresaron su insatisfacción con los dispositivos debido a la incapacidad de usarlos de forma independiente y segura. Kinnett, et al., 2020)
37	(Xiang, et al., 2021)	Estudio Piloto aleatorio	18 Pacientes M:3 F:15 G1: 9 pacientes, grupo de intervención (EAW) G2: 9 pacientes, grupo de control	-Entrenamiento de caminata asistida por un exoesqueleto	En el estudio los valores de FVC y FVC fueron significativamente mayores en el grupo EAW en comparación con el grupo convencional después del entrenamiento. Los participantes en el grupo EAW completaron 6MWT con una mediana de 17,3 m mientras usaban el exoesqueleto. No hubo diferencias en LEMS ni eventos adversos. (Xiang, et al., 2021)

Fuente: Diana C. Cefla S.

Elaborado por: Diana C. Cefla S.

Anexo 11.

Tabla 11. Tipos de exoesqueletos utilizados en los artículos

Tipo de Exoesqueleto	N° Artículos	Porcentaje
Lokomat	6	16%
Ekso Bionics	9	24%
ReWalk	11	29%
Indego	5	13%
HAL	4	10%
AIDER	1	2%
LOPES	1	2%
Kinesis	1	2%
INTRI-EXO	1	2%
TOTAL	37	100%

Anexo 12.

Tabla 12. Población según el género

Género	Masculino	Femenino	Total
Pacientes	479	216	695
Porcentaje	69%	31%	100%

Anexo 13.

Tabla 13. Población según edad

Edad	Nº Pacientes	Porcentaje
18-30	84	12%
31-42	312	45%
43-54	228	33%
55-65	71	10%
Total	695	100%

Anexo 14.

Tabla 14. Tiempo de entrenamiento con un exoesqueleto

Tiempo de entrenamiento con un exoesqueleto	Nº Artículo	Porcentaje
1 a 5 semanas	10	27%
6 a 10 semanas	18	49%
11 a 15 semanas	9	24%

Anexo 15.

Tabla 15. Duración del entrenamiento con exoesqueleto

Duración del entrenamiento con un exoesqueleto	Nº Artículo	Porcentaje
30-60minutos	30	81%
61- 90 minutos	7	19%

Anexo 16.

Tabla 16. Test de valoraciones aplicadas en los artículos científicos

Nº	Autor	Test Aplicados
1	(Esquenazi, Talaty, Packel, & Saulino, 2012)	Escala de Ashworth Modificada Escala de EVA Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT
2	(Zeilig, et al., 2012)	Escala de EVA Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go
3	(Shin, Kim, Park, & Kim, 2014)	La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM) Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II)
4	(Fleerkotte, et al., 2014)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II) La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) Prueba Timed Up and Go
5	(Aach, et al., 2014)	Escala de Ashworth Modificada Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
6	(Varoqui, Niu, & Mirbagheri, 2014)	Escala de Ashworth Modificada Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
7	(Ama, Agudo, Pons, & Moreno, 2014)	Escala de Ashworth Modificada Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT

8	(Hartigan, et al., 2015)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT
9	(Yang, et al., 2015)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT
10	(Kozlowski, Bryce, & Dijkers, 2015)	Escala FIM adaptada Escala de Borg Prueba de caminata de 2 MWT
11	(Asselin, et al., 2015)	Escala de Borg Prueba de caminata de 6 MWT
12	(Evans, et al., 2015)	Escala de Borg Prueba de caminata de 6 MWT
13	(Lam, et al., 2015)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
14	(Kaiser, 2015)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS)
15	(Benson, Hart, Tussler, & J van Middendorp, 2016)	Escala de EVA Escala de Ashworth modificada Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT
16	(Stampacchia, et al., 2016)	Escala de Ashworth modificada Escala de Penn Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II) Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
17	(Cruciger, et al., 2016)	Escala de dolor crónico (NRS) Prueba de caminata de 10 MWT
18	(Gorgey, et al., 2017)	Prueba de caminata de 6MWT
19	(Baunsgaard, et al., 2017)	Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go Escala de Berg La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
20	(Grasmücke, et al., 2017)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II)
21	(Wirz, et al., 2017)	Escala de Ashworth modificada Escala de Penn Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II) Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
22	(Yıldırım, Öneş, & Gökşenoğlu, 2018)	Medida de la independencia funcional (FIM) Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II)
23	(Tefertiller, et al., 2018)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go Prueba de caminata de 600 M

24	(Wu-Hua, et al., 2018)	Escala de Borg Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go
25	(Chang, et al., 2018)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Prueba Timed Up and Go La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS)
26	(Gagnon, et al., 2018)	Prueba de caminata de 10 MWT
27	(Jansen, et al., 2018)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba Timed Up and Go Prueba de caminata de 10 MWT La puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II)
28	(Guanziroli, et al., 2018)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT
29	(Heinemann, et al., 2018)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT
30	(Manns, Hurd, & Yang, 2019)	Prueba de caminata de 6MWT
31	(Khan, et al., 2019)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba de caminata de 10 MWT Puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS)
32	(Chun, et al., 2019)	Encuesta Lynch Gastrointestinal (GI) Prueba de caminata de 6MWT Evaluación la función intestinal y la calidad de vida (SCI-QOL)
33	(Swank, et al., 2019)	Escala de Ashworth modificada Medida de la independencia funcional (FIM) Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II)
34	(Midik, Paker, Buğdaycı, & Midik, 2020)	Puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS) Índice de marcha para la lesión de la médula espinal (WISCI II) Medida de independencia de la médula espinal III (SCIM)
35	(Dijsseldonk, Nes, Geurts, & Keijsers, 2020)	Evaluación de la satisfacción del usuario con la tecnología de asistencia (D-QUEST) Prueba de caminata de 6MWT
36	(Kinnett, et al., 2020)	Prueba de caminata de 6MWT Prueba Timed Up and Go
37	(Xiang, et al., 2021)	Prueba de caminata de 6MWT Puntuación motora de las extremidades inferiores (LEMS)

Fuente: Diana C. Cefla S.

Elaborado por: Diana C. Cefla S.