



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

Fisioterapia para pacientes con tetraplejía por lesión medular

**Trabajo de Titulación para optar al título de licenciada en  
fisioterapia**

**Autor:**

Duchi Oyervide Marjorie Brigitte

**Tutor:**

Msc. Shirley Mireya Ortiz Pérez

**Riobamba, Ecuador. 2026**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Marjorie Brigitte Duchi Oyervide, con cédula de ciudadanía 0606104859, autora del trabajo de investigación titulado: Fisioterapia para pacientes con tetraplejía por lesión medular, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 12 de mayo de 2026.



---

Marjorie Brigitte Duchi Oyervide

C.I: 0606104859

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Shirley Mireya Ortiz Pérez catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Fisioterapia para pacientes con tetraplejía por lesión medular, bajo la autoría de Marjorie Brigithe Duchi Oyervide; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 12 días del mes de mayo de 2026



---

Shirley Mireya Ortiz Pérez

C.I: 0604217448

## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Fisioterapia para pacientes con tetraplejía por lesión medular, presentado por Marjorie Brigitte Duchi Oyervide, con cédula de identidad número 0606104859, bajo la tutoría de Msc. Shirley Mireya Ortiz Pérez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, a los 12 días del mes de mayo de 2026

Mgs. María Belén Pérez García

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Mgs. Karla Micaela Robles Bustos

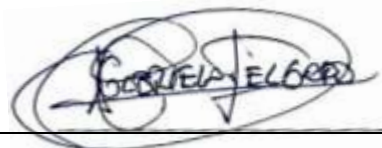
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Mgs. Gabriela Alejandra Delgado Masache

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



# CERTIFICACIÓN

Que, **DUCHI OYERVIDE MARJORIE BRIGITHE** con CC: **0606104859**, estudiante de la Carrera **FISIOTERAPIA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**FISIOTERAPIA PARA PACIENTES CON TETRAPLEJÍA POR LESIÓN MEDULAR**", cumple con el 17%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 29 de abril de 2026

---

Mgs. Mireya Ortiz Pérez  
**TUTORA**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, fruto del esfuerzo de quienes han sido el pilar más grande en mi carrera y me ayudaron a ser la persona que soy; “mi familia”, mi querida madre quien me alentó y apoyo desde que estaba en la escuela, vio en mis ojos las ganas de superarme y nunca desistió de mí, mis hermanos y hermana que aunque lejos de mi me apoyaron incondicionalmente y fruto de ese apoyo se ve reflejado en este trabajo, a todos mis sobrinos y sobrinas que me dieron las fuerzas de seguir adelante para tener un ejemplo a seguir y por último, a mis fieles compañeros de 4 patitas que lastimosamente tuvieron que partir de mi lado para enseñarme que a pesar de todo debo continuar. Este trabajo se los dedico a los ya mencionados anteriormente con todo mi cariño, sabiendo que las palabras escritas no son suficiente para retribuir toda la ayuda que me han dado, pero estarán siempre presente en este esfuerzo.

Atentamente

**Marjorie Brigitte Duchi Oyervide**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero agradecer a Dios y La Santísima Virgen del Cisne por otorgarme las bendiciones recibidas hasta el día de hoy, por ser mis guías espirituales, por llenarme de fe y sabiduría en cada adversidad enfrentada en la vida personal y profesional.

Gracias a mi madre Pilar Oyervide, quien me ha brindado todo su apoyo y amor incondicional desde el día que me tuvo en brazos, por nunca dejarme y alentarme siempre ha seguir mis metas y sueños, por hacer de mí una mujer de principios y valores, a mi hermano Iván Pinduisaca, que me ayudo a escoger mi vocación, me ayudo a seguir cada semestre adelante cuando desistía de esta trayectoria, sus consejos y apoyo dieron fruto a la profesional que seré y por último a mi querida sobrina Nahomy, ella fue la luz en mi oscuridad y la motivación que necesitaba para seguir adelante con mi vida, a pesar de la distancia estas presente.

A mis maestros, quienes han sido parte de mi formación académica, a mi tutora Msc, Mireya Ortiz, por sus conocimientos y guía en este trabajo, a las personas que estuvieron presentes en cada semestre, quienes me ayudaron a desarrollarme como profesional.

A su vez también, a mi MJ, antes creía que las conexiones en la vida eran pasajeras, momentáneamente las personas aparecen para arreglar algo que no destruyeron y eso los define como van a quedarse en nuestro corazón, gracias por haberte quedado a pesar del desastre que soy y por darme las fuerzas, aliento, cariño y amor que necesitaba para nunca rendirme y descubrir la persona valiosa que soy hoy en día, algún día te devolveré el favor.

Por último, pero no menos importante, mi gatita Candy, quien estuvo desde el inicio de esta vocación, sus 7 años a mi lado han sido el pilar y la fuerza que una persona necesita cuando se encuentra lejos de la familia, gracias aun por seguir a mi lado y haberme esperado por este logro que es nuestro.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

## ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Definición .....	16
2.2. Anatomía de la médula espinal.....	16
2.3. Epidemiología.....	16
2.4. Fisiología .....	17
2.5. Fisiopatología .....	17
2.6. Escala American Spinal Injury Association .....	18
2.7. Tipos de lesiones medulares .....	18
2.7.1. Por su nivel.....	18
2.7.2. Por su extensión.....	18
Síndrome de Brown-Sequard:.....	19
2.8. Tratamiento.....	20
2.8.1. Estimulación eléctrica neuromuscular.....	21
2.8.2. Realidad virtual .....	21
2.8.2.1. Aplicación de la realidad virtual en la lesión medular .....	22
2.8.3. Dispositivos robóticos .....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	25

3.1.	Tipo de investigación .....	25
3.2.	Diseño de investigación.....	25
3.3.	Nivel de investigación .....	25
3.4.	Método de investigación.....	25
3.5.	Cronología de la investigación .....	25
3.6.	Población .....	25
3.7.	Muestra.....	25
3.8.	Criterios de inclusión.....	26
3.9.	Criterios de exclusión .....	26
3.10.	Técnica de recolección de información .....	26
3.11.	Métodos de análisis y procesamiento de datos.....	26
3.12.	Análisis de artículos científicos según la escala de PEDro .....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		33
4.1.	RESULTADOS .....	33
4.2.	DISCUSIÓN.....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		54
BIBLIOGRAFÍAS.....		56
ANEXOS.....		60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valoración de la calidad metodológica de los estudios controlados aleatorizados (ECA's) mediante la Escala PEDro .....	28
<b>Tabla 2.</b> Efectos de la estimulación eléctrica en pacientes con tetraplejía por lesión medular .....	33
<b>Tabla 3.</b> Efectos del entrenamiento de la marcha con exoesqueleto, realidad virtual y habilidades con la silla de ruedas .....	36
<b>Tabla 4.</b> Efectos de la fisioterapia respiratoria y ejercicios de alta intensidad para mejorar la presión arterial .....	41
<b>Tabla 5.</b> Efectos de la fisioterapia de la mano con férulas, fuerza e intervención comunitaria .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Anatomía de la médula espinal lumbosacra.....	20
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección.....	27

## RESUMEN

**Introducción:** Una lesión medular es un daño en la médula espinal que afecta la movilidad y sensibilidad, debido a traumatismo como caídas, deportes o accidentes de tránsito, la atención médica es inmediata y posterior rehabilitación. Los síntomas y la recuperación dependen del lugar en el que ocurrió la lesión y de que tan severa sea.

**Objetivo:** Analizar los tratamientos fisioterapéuticos aplicados en pacientes con tetraplejía por lesión medular orientados a mejorar su funcionalidad y calidad de vida.

**Metodología:** Descriptivo, por su objetivo en detallar y caracterizar las intervenciones fisioterapéuticas aplicadas en pacientes con tetraplejía, con una búsqueda en bases de datos como Medline, Scopus y Web of Science, publicados desde el 2016.

**Resultados:** En relación con los distintos tipos de intervenciones fisioterapéuticas, presentan mejorías significativas de acuerdo al tratamiento implementado, el GE presentan avances de menor magnitud, que, según autores, el tratamiento experimental se deriva como un componente lúdico que incrementa su motivación en las tareas por el uso de nuevas tecnologías.

**Conclusión:** La estimulación eléctrica, la neuro modulación, la robótica y la realidad virtual, actualmente son terapias experimentales, de acuerdo al análisis no existe una base científica concluyente donde de manera asilada puede sustituir a terapias convencionales.

**Palabras claves:** lesión medular cervical, realidad virtual, estimulación, exoesqueleto.

## ABSTRACT

**Introduction:** A spinal cord injury damages the spinal cord that affects movement and sensation. It is usually caused by trauma, such as falls, sports injuries, or traffic accidents. Medical care is provided immediately and is followed by rehabilitation. Symptoms and recovery depend on the location and severity of the injury.

**Objective:** To analyze physiotherapy treatments applied to patients with tetraplegia due to spinal cord injury, with a focus on improving their functionality and quality of life.

**Methodology:** This is a descriptive study. Its objective is to describe and characterize the physiotherapy interventions applied to patients with tetraplegia. A search was conducted in databases such as Medline, Scopus, and Web of Science, including studies published since 2016.

**Results:** Regarding the different types of physiotherapy interventions, significant improvements were observed depending on the treatment applied. The experimental group showed smaller improvements. According to the authors, the experimental treatment included playful components that increased motivation during tasks using new technologies.

**Conclusion:** Electrical stimulation, neuromodulation, robotics, and virtual reality are currently considered experimental therapies. According to the analysis, there is no conclusive scientific evidence showing that they can replace conventional therapies when used alone.

**Keywords:** cervical spinal cord injury, virtual reality, stimulation, exoskeleton.



---

Revised by  
Mario N. Salazar  
0604069781

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Una lesión de la médula espinal (LME) representa una afección neurológica que cambia la vida y causa consecuencias físicas, sociales, psicológicas y económicas devastadoras en el paciente lesionado. Más del 90% de casos de LME son causados por eventos traumáticos, como caídas, actos de violencia, deportes o accidentes de tránsito, siendo los hombres la población más vulnerable (1). Las LM se clasifican según su grado de extensión o nivel de la lesión, completas cuando existe ausencia total de función motora y sensorial o incompletas al conservar parcial o totalmente las funciones sensitivas y/o motoras por debajo del nivel de la lesión (2).

La mayor parte de las lesiones medulares se generan a nivel cervical, entre los síndromes clínicos asociados a lesiones medulares incompletas tenemos al síndrome medular central, con un 9% de incidencia y trata de la hiperextensión de la columna cervical o alguna espondilosis preexistente, estas lesiones son el resultado de una compresión aguda y se caracterizan por la mayor debilidad en las extremidades superiores que en las inferiores, con preservación sacra parcial, es frecuente en adultos mayores con cambios degenerativos y suelen presentar un buen pronóstico (3).

El síndrome de la columna posterior tiene una incidencia poco común con tan solo el 1%, es relacionado por una hiperextensión de cuello, ocasionalmente la función motora se ve afectada. El Síndrome de Brown-Séquard está presente en el 1% y 3% de todas las LME traumáticas, afectan la mitad lateral de la médula, más común en región cervical, tiene mejor pronóstico en recuperación funcional motora. Por último, el síndrome medular anterior afecta los dos tercios anteriores del cordón medular, produciendo pérdida de la función motora y de la sensibilidad termoalgésica, con preservación de la sensibilidad discriminativa y propioceptiva, debido a que las columnas posteriores permanecen intactas (3).

Según la OMS se estima que entre 250.000 y 500.000 de personas a nivel mundial tiene lesiones de la médula espinal anualmente (4), Teniendo en cuenta los datos en Latinoamérica, la frecuencia de las lesiones en la médula espinal ha variado bastante entre las distintas zonas, aunque, en general, se ha visto un ligero aumento entre 1990 y 2019. Sin embargo, en otras áreas como el Caribe y la parte tropical de Latinoamérica, las cifras apenas han cambiado o se han mantenido igual (5).

En Ecuador, los estudios indican que la incidencia subió un 14,6 %, pasando de no llegar a mil casos a alcanzar esa cifra en 2019, y la cantidad total de personas afectadas llegó a unas 23 mil, con un cambio del 5,3 % ajustando por edad. Todo esto nos dice que, aunque la situación en Ecuador no es de las peores en Latinoamérica, el hecho de que vaya en aumento hace necesario mejorar la prevención y el cuidado de las causas más comunes, sobre todo las caídas y los accidentes de tráfico. En la actualidad, se estima que entre el 40 % y el 60 % de las personas que presentan una lesión medular de origen traumático desarrollan tetraplejía (5).

El abordaje fisioterapéutico en pacientes con tetraplejía debe ser individualizado y basado en la clasificación ASIA, ya que la intervención dependerá del nivel y tipo de lesión (completa o incompleta). La fisioterapia busca mantener la funcionalidad remanente, prevenir complicaciones secundarias como contracturas, úlceras por presión, afecciones

respiratorias y potenciar la autonomía del paciente a través de técnicas específicas, ejercicio terapéutico y reeducación motora (6).

La investigación se enfoca en contribuir al conocimiento sobre la incidencia, características clínicas, factores biopsicosociales y estrategias del manejo en pacientes con tetraplejía por lesión medular. El estudio busca resaltar la importancia de un enfoque multidisciplinario para mejorar la calidad de vida de los pacientes para su inclusión social y funcional, una adecuada intervención fisioterapéutica otorgara una mejor dependencia y progreso con sus actividades de la vida diaria.

El objetivo de esta investigación es analizar los tratamientos fisioterapéuticos aplicados en pacientes con tetraplejía por lesión medular orientados a mejorar su funcionalidad y calidad de vida.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Definición**

La tetraplejía derivada de una lesión medular constituye un fenómeno clínico caracterizado por la interrupción estructural y funcional de las vías de conducción nerviosa del tramo cervical. Comúnmente desencadenado por eventos con un mecanismo de alta energía, como: siniestros viales, caídas de altura o traumas deportivos. Por consiguientes se genera una interrupción entre el encéfalo y las unidades motoras periféricas, resultando en un déficit sensorial y motriz inferior a los niveles de lesión, resultado en disfunciones autonómicas críticas, específicamente en el control neurogénico de los esfínteres (2).

### **2.2. Anatomía de la médula espinal**

La médula espinal caracterizada por su morfología cilíndrica, inicia desde el agujero occipital hasta el nivel vertebral (primera vértebra lumbar en adultos). Debido a esta condición, la médula ocupa aproximadamente los dos tercios cefálicos del conducto raquídeo, protegido por tres meninges, duramadre, material aracnoides, piamadre y el flujo del líquido cefalorraquídeo, el cual proporciona una protección adicional en la parte inferior, la misma que se va a encontrar estrecha en el cono medular, desde su extremo hasta la piamadre, llamada filum terminale, con su localización en la superficie posterior del cóccix (7).

En general la parte inferior de la médula espinal tiene una hendidura profunda conocida como fisura mediana anterior. Esta estructura da lugar a la red de 31 nervios espinales, las cuales se distribuyen en dos secciones principales: las raíces anteriores o motoras y las raíces posteriores o sensoriales. La distribución de estas raíces comprender 8 niveles cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y un único nivel coccígeo, garantizando la inervación somática integral del organismo (7).

### **2.3. Epidemiología**

Según la OMS se estima que entre 250.000 y 500.000 de personas a nivel mundial tiene lesiones de la médula espinal anualmente (4), Si echamos un vistazo a Latinoamérica, la frecuencia de las lesiones en la médula espinal ha variado bastante entre las distintas zonas, aunque, en general, se ha visto un ligero aumento entre 1990 y 2019. Por ejemplo, en la región Andina, donde está Ecuador, se calculó que hubo unos 3 mil casos en 2019, lo que supone una bajada del 39,5 % si tenemos en cuenta la edad de la población desde 1990. Sin embargo, en otras áreas como el Caribe y la parte tropical de Latinoamérica, las cifras apenas han cambiado o se han mantenido igual (5).

En Ecuador, los estudios indican que la incidencia subió un 14,6 %, asando de menos de mil casos a superar esa cifra en 2019, y la cantidad total de personas afectadas llegó a 23 mil, con un cambio del 5,3 % ajustando por edad. Todo esto nos dice que, aunque la situación en Ecuador no es de las peores en Latinoamérica, el hecho de que vaya en aumento hace necesario mejorar la prevención y el cuidado de las causas más comunes, sobre todo las caídas y los accidentes de tráfico. En la actualidad, se estima que entre el 40 % y el 60 % de

las personas que presentan una lesión medular de origen traumático desarrollan tetraplejía (5).

#### **2.4. Fisiología**

La médula espinal se presenta como un cordón de tejido nervioso que se extiende longitudinalmente entre 42 y 45cm, encontrándose resguardada entre el sistema de meninges, los nervios espinales son los que permiten la comunicación entre la médula espinal y diversas regiones corporales, constituyéndose mediante raíces dorsales y ventrales. Las raíces compuestas por fibras nerviosas permiten transportar los impulsos nerviosos desde el SNC hasta los músculos esqueléticos, denominado fibras eferentes, este impulso permite que se contraigan los músculos porque contiene los axones de las neuronas motoras (8).

Las raíces posteriores constituidas por fascículos de fibras aferentes albergan los axones sensoriales encargados de transmitir impulsos hacia el sistema nervioso central (SNC). Esto permite la decodificación de estímulos generados por los receptores cutáneos como: tacto, el dolor, temperatura y vibración. La sinapsis es el proceso de transferencia de información entre neuronas, convencionalmente, ocurre entre el terminal axónico presináptico y la dendrita postsináptica. No obstante, estas conexiones en diversas configuraciones, incluyendo contactos axosomáticos, axoaxónicos o dendrodendriticos (8).

#### **2.5. Fisiopatología**

El daño en el tejido medular conlleva una ruptura en las funciones de los impulsos nerviosos entre el encéfalo y el cuerpo, lo que con lleva en un déficit motor y sensorial. La médula espinal considerado la matriz conductora del sistema nervioso central, incluso una mínima alteración en su trayecto puede provocar cambios en sus funciones, las cuales regularmente son permanentes, afectando en la fuerza, la sensibilidad y funciones por debajo del punto de lesión (2).

Las LME tienen diferentes fuentes, abarcando desde eventos traumáticos (siniestros viales, incidente deportivos o episodios de violencia), hasta patologías de origen no traumático. En el ámbito clínico estas se categorizan según el grado de preservación funcional: las lesiones completas (pérdida total de la función por debajo del nivel de la lesión), por otro lado, las incompletas (existe una baja presencia de actividad neurológica). El pronóstico del cuadro clínico este sujeto estrictamente a la región vertebral comprometida, ya sea cervical, torácica, lumbar o sacra (2).

En la realidad actual la deficiencia física desencadena un impacto multidimensional que afecta las esferas psicosociales y económico del paciente. La pérdida de autonomía, mostrada como paraplejía o tetraplejía, generan complicaciones secundarias graves: problemas respiratorios, cuadros de espasticidad y dolor crónico de origen neuropático o musculoesquelético. Generalmente, las lesiones a nivel cervical y torácico producen una obstrucción en las vías nerviosas provocando un riesgo de insuficiencia ventilatoria y neumonía (2).

La espasticidad provoca rigidez muscular continua y dificulta la movilidad, mientras que el dolor crónico puede manifestarse como molestias neuropáticas, musculoesqueléticas o

viscerales. La LME puede tener un profundo impacto en el bienestar emocional y psicológico de una persona, lo que a menudo provoca depresión y ansiedad como resultado de cambios repentinos en las capacidades físicas. Además, la presión financiera causada por los altos gastos médicos y la pérdida del empleo puede exacerbar los desafíos que enfrentan las personas y sus familias (2).

## **2.6. Escala American Spinal Injury Association**

En un marco clínico, las lesiones medulares completas se categorizan mediante la escala de Deterioro de la Asociación Americana de Lesiones de Medulares (AIS), de acuerdo a la escala una lesión completa AIS A, cuando existe una ausencia total del control motor y sensibilidad en los segmentos sacros más distales S4, S5, la falta de contracción anal voluntaria y de percepción sensorial perianal son signos específicos. Esta clasificación es independiente del grado de funcionalidad que el paciente pueda conservar en niveles superiores al área sacra (9).

Por otro lado, las lesiones incompletas tienen los siguientes grados AIS B, C, D y E, estos poseen algún grado de función motora o sensitiva en los mencionados niveles S4 / S5. Estos grados se diferencian de acuerdo con el remanente neurológico detectado por debajo del nivel de la lesión. Para determinar el nivel neurológico de la lesión, se aplican protocolos estandarizados que evalúan de forma independiente los hemisferios derecho e izquierdo, permitiendo definir el diagnóstico mediante la combinación del nivel anatómico y el grado AIS (9).

En la práctica clínica, un individuo con tetraplejia, definida como C6 AIS A, esta clasificación indica una pérdida completa de funciones por debajo de la sexta vértebra cervical, en otro escenario con paraplejia T4 AIS C, lo que indica una conservación parcial de función bajo el cuarto segmento torácico. Para el fisioterapeuta, el dominio de esta nomenclatura es indispensable, ya que la correlación entre el nivel neurológico y la completitud de la lesión es el indicador principal para proyectar el potencial de recuperación y diseñar objetos de rehabilitación (9).

## **2.7. Tipos de lesiones medulares**

### **2.7.1. Por su nivel**

Dependiendo de la ubicación de la lesión y el grado de compromiso en los segmentos cervicales C1 a C8, manifestarán deterioros funcionales; extremidades superiores e inferiores, los órganos pélvicos y la musculatura del tronco. En este nivel, la afectación de músculos respiratorios es crítica, generando una dependencia del paciente a soporte de ventilación mecánica. Como principio clínico general, el grado de déficit motor, sensorial y respiratorio tiene una estrecha relación con la proximidad de la lesión a los niveles superiores de la columna (10).

### **2.7.2. Por su extensión**

**Síndrome Centro Medular:** Es la variante más frecuente en la práctica clínica. Su etiología suele vincularse a mecanismo de hiperextensión estas se presentan regularmente por caídas o pacientes con espondilosis cervical previa, estas se manifiestan incluso en ausencia de

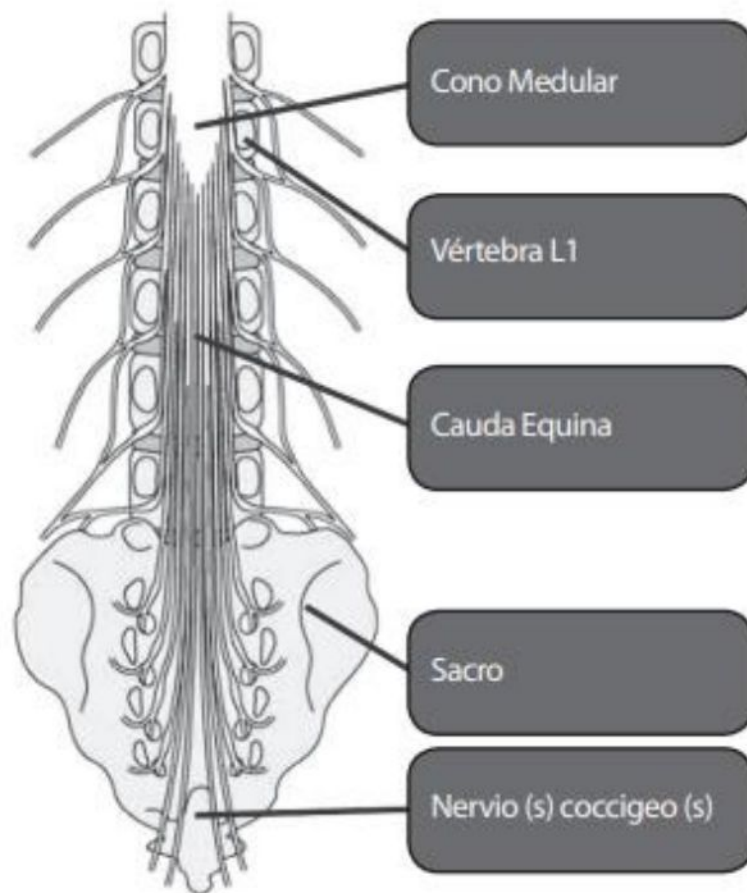
fracturas o luxaciones evidentes. Se caracteriza como una lesión incompleta donde el déficit motor es marcadamente más severo en las extremidades superiores en comparación con las inferiores (6).

**Síndrome de Brown-Sequard:** Síndrome relacionado históricamente con traumatismos por objetos punzocortantes, este síndrome describe una sección transversal de la mitad de la médula. Genera una pérdida ipsilateral (del mismo lado de la lesión) de la función motora, la propiocepción y la sensibilidad vibratoria. A la par se presenta una pérdida contralateral de la precepción término y dolorosa. Debido a que su forma pura no es recurrente, se aprecian con más frecuencia cuadros mixtos que combina rasgos de este síndrome con el central, denominándose “Brown-Sequard”(6).

**Síndrome Anterior de la Médula Espinal:** Este cuadro es poco frecuente, se origina por el compromiso o interrupción del flujo hemático en los dos tercios anteriores de la médula espinal. Fisiopatológicamente, los tractos corticoespinal y espinotalámico se ven afectados, mientras que las columnas dorsales permanecen íntegras. En un ámbito clínico, el paciente conserva el tacto fino y la propiocepción, pero se ve afectada la función motora y la sensibilidad al dolor y la temperatura por debajo del nivel de la lesión (6).

**Síndrome de Cauda Equina:** Caracterizada por la afectación de las raíces nerviosas lumbosacras, pudiendo dejar indemne al tejido medular. Al deteriorarse a las motoneuronas inferiores, desencadena una parálisis flácida en los miembros inferiores y arreflexia tanto vesical como intestinal. Los reflejos sacros (bulbocavernoso y guino anal) no se presentan normalmente, acompañados de una alteración generalizada de todas las modalidades sensoriales en los dermatomas implicados (figura 1) (6).

**Síndrome de Cono Medular:** Puede ser clínicamente similar al síndrome de la cauda equina, pero la lesión en la médula es más cefálica (área de L1 y L2), y es común que se relacione más a una lesión ósea tóracolumbar (figura 1). Según el nivel de daño, este tipo de lesión se puede manifestar con un patrón mixto de neurona motora superior (debido a daño del cuerpo celular de motoneuronas en el cono o lesión de raíz nerviosa) y síntomas de neurona motora inferior (por lesión de raíz nerviosa). En algunos casos, puede ser muy difícil hacer una distinción clínica de una lesión de cauda equina (6).



**Figura 1. Anatomía de la médula espinal lumbosacra\***

\*Tomado de: Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2021;27(2):1-22. American Spinal Injury Association (ASIA). doi:10.46292/sci2702-1.

## **2.8. Tratamiento**

La rehabilitación después de una LME, comienza una vez que el paciente se encuentra médicamente estable. Esto puede variar desde unos pocos días hasta semanas, dependiendo de si el paciente sufrió otras lesiones en el momento del accidente o desarrolló posteriormente complicaciones médicas o respiratorias. La fisioterapia se enfoca en maximizar la independencia y calidad de vida del paciente, centrándose en preservar la movilidad articular, prevenir contracturas, úlceras por presión y mantener la fuerza en los segmentos no afectados. Para una tetraplejía completa o incompleta la fisioterapia se centrará especialmente en la afectación motora, con la ayuda de dispositivos robóticos y avances tecnológicos como la realidad virtual que han demostrado ser valiosos para entrenar la marcha asistida combinados con el Lokomat (11). Por lo cual el presente trabajo se enfocó en 3 estudios principales; estimulación eléctrica, exoesqueleto y realidad virtual.

### **2.8.1. Estimulación eléctrica neuromuscular**

Una lesión medular produce alteraciones en el músculo esquelético, la composición fibrilar del músculo denervado se deteriora, y las fibras musculares son remplazadas por tejido fibroso y filtraciones grasas. Este proceso se da entre los 3-6 años en pacientes con LME, los mismos que han sido capaces de disminuir la pérdida de masa muscular y mejorar las capacidades cardiovasculares, contribuyendo así su capacidad motora y calidad de vida. La musculatura a estimular, va a depender del tipo de lesión, ya sea afectada o indemne, el objetivo primordial es aumentar los niveles de fuerza (12).

En pacientes con tetraplejía o lesiones medulares incompletas, su fortalecimiento será clave en los músculos como el deltoides, el supraespinoso y trapecio superior, los cuales son primordiales para disminuir las subluxaciones y dolor de hombro. La estimulación eléctrica neuromuscular ha sido efectiva para la espasticidad y será necesario la aplicación de anchuras de impulsos inferiores a 500  $\mu$ s, lo cual varía entre los 200  $\mu$ s y 400  $\mu$ s en cual es un número suficiente de fibras motoras sin tener un exceso de estimulación para el músculo (12).

El método más utilizado son las ráfagas o trenes de impulso. Estas ráfagas empiezan con una rampa ascendente (las mismas van de 1- 2 s) un tiempo de mantenimiento de contracción y una rampa de descenso de otros 1- 2 s. El tiempo total de la duración del tren se lo denomina tiempo ON, y el de descenso se denomina OFF. El tiempo de mantenimiento de la contracción varía según el objetivo de la terapia, aunque contracciones de 2-5 s son suficientes para tener un resultado del aumento de la fuerza muscular. Para evitar una fatiga muscular, el tiempo de OFF debe ser superior al tiempo ONN, esta modalidad ha proporcionado que, el tejido muscular es capaz de recuperarse antes y producir mayor fuerza (12).

Un estudio realizado por Niraj Singh Tharu et al. (13) analizó los efectos de la estimulación eléctrica transcutánea de la ME, combinado con la rehabilitación convencional, sobre el tronco de personas con tetraplejía crónica sobre la estabilidad de la sentada. Participaron un total de 5 personas con lesión completa del cordón cervical durante 24 semanas, con un total de 12 sesiones. El TSCS se administró simultáneamente en T11 y L1, a una Fr de 20-30 Hz, con un ancho de pulso bifásico de 0,1-1,0 ms.

Aunque el pronóstico neurológico no se manifestó en ninguno de los dos tratamientos, los resultados obtenidos, arrojaron un aumento significativo en la distancia de alcance en flexión de tronco, al igual que su control y función para los pacientes sentados. Además, el rango de movimiento del tronco y la respuesta electromiográfico de los mismos músculos, con una mejora de la dependencia en el equilibrio estático y dinámico de sedestación, el cual se mantuvo durante toda la sesión de TSR, con un excelente pronóstico a largo plazo (13).

### **2.8.2. Realidad virtual**

La realidad virtual en un entorno informático, multisensorial y tridimensional, en el que la persona tiene la sensación de estar y la capacidad de interactuar en tiempo real con los elementos que lo configuran. Los principales componentes son la simulación o experiencia de la realidad, la presencia o inmersión y la interacción o navegación en el entorno virtual:

la inmersiva, caracterizada por ser la más envolvente y generar mayor sensación de presencia; requiere el uso de gafas con visión estereoscópica y sensores de movimiento como guantes o controladores, como principal aspecto que trabaja aspectos sensoriomotores y cognitivos, como la atención centrada en la tarea (12).

La realidad virtual semiinversa, se presenta en el entorno virtual a través de una pantalla sin que el usuario deje de percibir el entorno que lo rodea, la interacción se produce a través de un avatar que produce los movimientos captados por sensores de movimiento. La ventaja de este tratamiento, es que estos sistemas suelen tolerarse bien y permite la navegación de varios usuarios al mismo tiempo, lo que permite el trabajo colaborativo. Por último la realidad virtual no inmersiva o de escritorio, presente en videojuegos tradicionales es de uso más fácil ya que poseen el uso de teclados, ratones y mandos, lo que hace más fácil acceso como de uso y su calidad gráfica como de sonido, lo hace que aumente su nivel de participación (12).

### **2.8.2.1. Aplicación de la realidad virtual en la lesión medular**

Según Gómez (12) las personas que han sufrido una lesión medular, los resultados de reciente revisiones sistemáticas y metaanálisis, señalan entre sus beneficios la posibilidad de ampliar la gama de ejercicios y tareas, la posibilidad de practicarlas en entornos realistas y seguros, monitorizar la actividad del paciente, y ajustar parámetros fundamentales como la dificultad, la intensidad, la duración y la retroalimentación sobre el rendimiento. Puesto que, dentro de los primeros meses tras la lesión, tiene lugar la recuperación sensoriomotriz, puesto que su pronta rehabilitación evitara el progreso de futuras complicaciones.

- **Control cefálico**

El control cefálico es esencial para la recuperación de ciertas funcionalidades como la alimentación y el manejo de ciertos dispositivos adaptados, además con la incorporación de la realidad virtual en el tratamiento de personas con LM tiene como finalidad aportar un carácter lúdico, de reto y motivador de la terapia tradicional. Desde un punto de vista científico, no existe evidencia que pongan en manifiesto los beneficios y contraindicaciones de uso de sistemas de realidad virtual, sin embargo, basándose en la práctica clínica se han identificado posibles soluciones tecnológicas que posibilitan el acceso de estos programas de rehabilitación (12).

- **Sistemas de realidad virtual inmersiva**

Los tipos más utilizados de este tipo de realidad virtual son las gafas inalámbricas en el que el entorno visual se suele mostrar a través de un smartphone en el que se ejecuta aplicaciones específicas de realidad virtual. En este sentido, hay que diferenciar entre apps de interacción y visualización. En las apps de interacción, mediante los movimientos de la cabeza y del cuello, facilitando a la persona navegar en un entorno visual, con una exploración activa y el control de la escena y los elementos que observa. Por otra parte, las apps de visualización, el escenario es dinámico en sí mismo e independiente de la acción del usuario. El seguimiento visual del movimiento de la escena conlleva una adaptación por parte del usuario mediante la activación de ajustes posturales cervicales, que paralelamente generan un feedback, además de la visual, vestibular y somatosensorial (12).

- **Sistema de realidad semiinmersiva**

Las consolas de videojuegos comerciales son una opción accesible y de bajo costo. Entre ellas, la videoconsola de Nintendo Wii ha sido la más versátil para entrenamiento del control cefálico en personas con lesiones medulares altas, su uso terapéutico requiere de la adaptación de un dispositivo externo no tecnológico, como gorras o cascos deportivos, sobre cuyas superficies se acopla en mando de la consola, que se comunica con esta mediante tecnología bluetooth, trasladando los movimientos de la cabeza y el cuello. Otra tecnología que puede utilizarse en la movilidad cefálica y facial son los sensores de captura de movimiento, mediante sensores de infrarrojos, este sistema genera diferentes puntos corporales y genera un mapa 3D de la imagen del usuario, creando el avatar que interactúa con el entorno visual (12).

Según Yasunari Hashimoto et al. (14) para personas en un estado de enclaustramiento la interacción directa cerebro-maquina permite restablecer. Las interfases cerebro-computadora (ICC) basadas en electroencefalograma (EEG) reconocen los cambios intencionales en las señales EEG y traducen diferentes estados mentales en comandos adecuados para operar dispositivos electrónicos o de ortografía. En su investigación detalla un seguimiento del uso de ICC en un sujeto tetrapléjico crónico de DM durante 5 meses, también se evaluó los cambios topográficos en un electroencefalograma (EEG) tras el uso prolongado de la ICC basada en realidad virtual (RV).

El sistema ICC, desarrollado originalmente, se utilizó para clasificar un EEG registrado en la corteza sensoriomotora en tiempo real y estimar la intención motora (IM) del usuario en tres movimientos diferentes de las extremidades: pies, mano izquierda y mano derecha. Un avatar en la RV basada en internet se controlaba según los resultados de la clasificación del EEG mediante la ICC. El sujeto fue entrenado para controlar su avatar a través de la ICC, paseando en la RV durante una hora al día y luego continuó el mismo entrenamiento dos veces al mes en su domicilio, tras el entrenamiento, la tasa de error en la clasificación del EEG disminuyó del 40 % al 28 %. El sujeto se desplazó con éxito por la RV utilizando únicamente su IM y conversó con otros usuarios mediante una función de chat de voz integrada en la RV basada en internet (14).

### **2.8.3. Dispositivos robóticos**

En las últimas décadas se ha podido experimentar un fuerte crecimiento de las terapias en rehabilitación basadas en robótica. Esto se debe al impulso tecnológico en su amplia gama de componentes electromecánicos, lo que permite que a la robótica se incorpore rápidamente en el ámbito de la neurorrehabilitación, tanto en la investigación como en aplicaciones clínicas. Proporciona el crecimiento en la comprensión de la neuroplasticidad y en el aprendizaje motor, la actividad locomotora se puede activar en pacientes con lesión medular grave mediante la activación pasiva de los miembros inferiores, su activación repetitiva y simultánea de ciertas vías sensoriales y motoras, con entrenamiento específico de tareas que pueden seleccionar y reforzar con centros generadores de patrones, con la capacidad para realizar con éxito el movimiento practicado (12).

- **Exoesqueleto**

Entre los dispositivos que buscan un movimiento más fisiológico y funcional podemos subrayar los exoesqueletos tanto de miembros inferiores como superiores. Estos sistemas

utilizan un esqueleto externo que: En miembros superiores de los pacientes, a través de ejercicios de realidad virtual semiinmersiva hace a la práctica simulada de actividades funcionales, proporcionan una valoración objetiva del paciente y posibilitando estudios longitudinales intra e interpersonales, y se obtiene lo necesario en el miembro para trabajar y la capacidad de adaptar los ejercicios a las capacidades del usuario (15).

En miembros inferiores posibilita realizar la marcha de una manera similar a la natural y permite la recogida de estadísticas para su posterior uso. Dispone de diversos ajustes, pudiendo seleccionar grados de fuerza ejercida por el dispositivo en función de la que tenga la persona, y tipos de acción, de modo que pueda ser activado por el propio paciente a medida que avanza en el proceso rehabilitador, siempre bajo supervisión de personal cualificado. El exoesqueleto facilita una rehabilitación de la marcha funcional y segura.

Ayuda a caminar desde la primera sesión como también, según las posibilidades de cada persona, a conseguir un patrón de marcha próximo al natural, además, incorpora unos sensores de carga que activa el propio paciente, según transfiera la carga hacia un miembro, u otro, para permitir dar el paso, por otro lado, aporta un feedback auditivo que informa, tanto al paciente como al fisioterapeuta, cuando la transferencia de la carga es la adecuada, según el valor previamente establecido (15).

Según Chelsea Pelletier (16), las estrategias eficaces para promover la actividad física entre las personas con LME, incluye técnicas de comportamiento para la resolución de problemas y el apoyo social, establecimiento de metas y planificación de acciones. Las barreras para el ejercicio de las personas con lesión medular incluyen el acceso a instalaciones, espacios para realizar la actividad física, falta de proveedores de ejercicio capacitados de la participación internalizado, estas pautas específicas para esta población se diseñaron considerando las importantes barreras para la actividad física que enfrentan las personas con LM y pueden utilizarse para elaborar una prescripción de ejercicio individualizada.

Según Alim Benabid et al. (17), de acuerdo a su estudio realizado en el Hospital Universitario de Grenoble, Francia, se reclutó a 2 participantes en el centro de investigaciones Clinec, de los cuales un participante fue excluido debido a un problema técnico con los implantes. El participante restante era un hombre de 28 años con tetraplejía después de una lesión de la médula espinal C4 - C5. Se implantaron dos registradores epidurales inalámbricos bilaterales, cada uno con 64 electrodos, sobre las áreas sensoriomotoras de las extremidades superiores del cerebro.

Las señales electrocorticográficas epidurales (ECOG) se procesaron en línea mediante un algoritmo de decodificación adaptativo para enviar comandos a los efectores (avatar virtual o exoesqueleto). A lo largo de los 24 meses de estudio, el paciente realizó varias tareas mentales para aumentar progresivamente el número de grados de libertad. Los hallazgos realizados en 2017 y 2019, el paciente controló corticalmente un programa que simula caminar y realizó movimientos bimanuales multiarticulares, de las extremidades superiores con 8 grados de libertad durante varios ejercicios de alcance, utilizando el avatar virtual en casa o un exoesqueleto en el laboratorio. Los hallazgos de este estudio revelaron que las AVD mejoran con el desempeño y la terapia robótica (17).

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación realizada fue de tipo bibliográfica, debido a que se realizó una búsqueda y análisis exhaustivo de información relacionada al tema mediante: artículos científicos, ensayos clínicos aleatorizados, metaanálisis, revistas de impacto científico.

### **3.2. Diseño de investigación**

El diseño de la presente investigación fue documental, ya que se centró en la recopilación, selección, interpretación y análisis de literatura existente, obtenida de diversas bases científicas, referente a la tetraplejía por lesión medular.

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación fue descriptivo, ya que tiene como objetivo detallar y caracterizar las intervenciones fisioterapéuticas aplicadas en pacientes con tetraplejía, su fundamentación, modalidades, objetivos clínicos y resultados observados. No se establecen relaciones causales ni se manipulan variables, sino que se presenta un panorama detallado de la evidencia existente.

### **3.4. Método de investigación**

Se utilizó el método analítico-sintético, el cual permitió descomponer la información en elementos conceptuales clave para su análisis (etapa analítica), y posteriormente integrarlos en una visión estructurada del conocimiento sobre fisioterapia en tetraplejía (etapa sintética). Este método es útil para construir una perspectiva integral a partir de múltiples fuentes teóricas y clínicas.

### **3.5. Cronología de la investigación**

La investigación utilizó el tipo retrospectivo, el cual, establece la recopilación y análisis de estudios científicos difundidos durante los últimos 10 años, a través del análisis de investigaciones cuyos autores difundieron sus resultados en bases de datos reconocidas y de libre acceso.

### **3.6. Población**

La población de la investigación está constituida de 82 artículos científicos, cuyo contenido aporta información relevante y actualizada acerca de la tetraplejía por lesión medular.

### **3.7. Muestra**

La muestra seleccionada está integrada por 20 artículos que cumplen con los criterios de inclusión establecidos para este estudio; estos artículos permitieron abordar de manera precisa el uso de la fisioterapia para pacientes con tetraplejía por lesión medular.

### **3.8. Criterios de inclusión**

- Artículos científicos publicados en el periodo 2016-2026
- Ensayos clínicos que presenten por lo menos una de las 3 variables de investigación
- Información disponible en el idioma español e inglés
- Ensayos clínicos aleatorizados con calificación igual o mayor a 6 en la escala de PEDro
- Artículos que involucren a población de lesiones medulares
- Artículos que combinen a la tetraplejía y cuadriplejía

### **3.9. Criterios de exclusión**

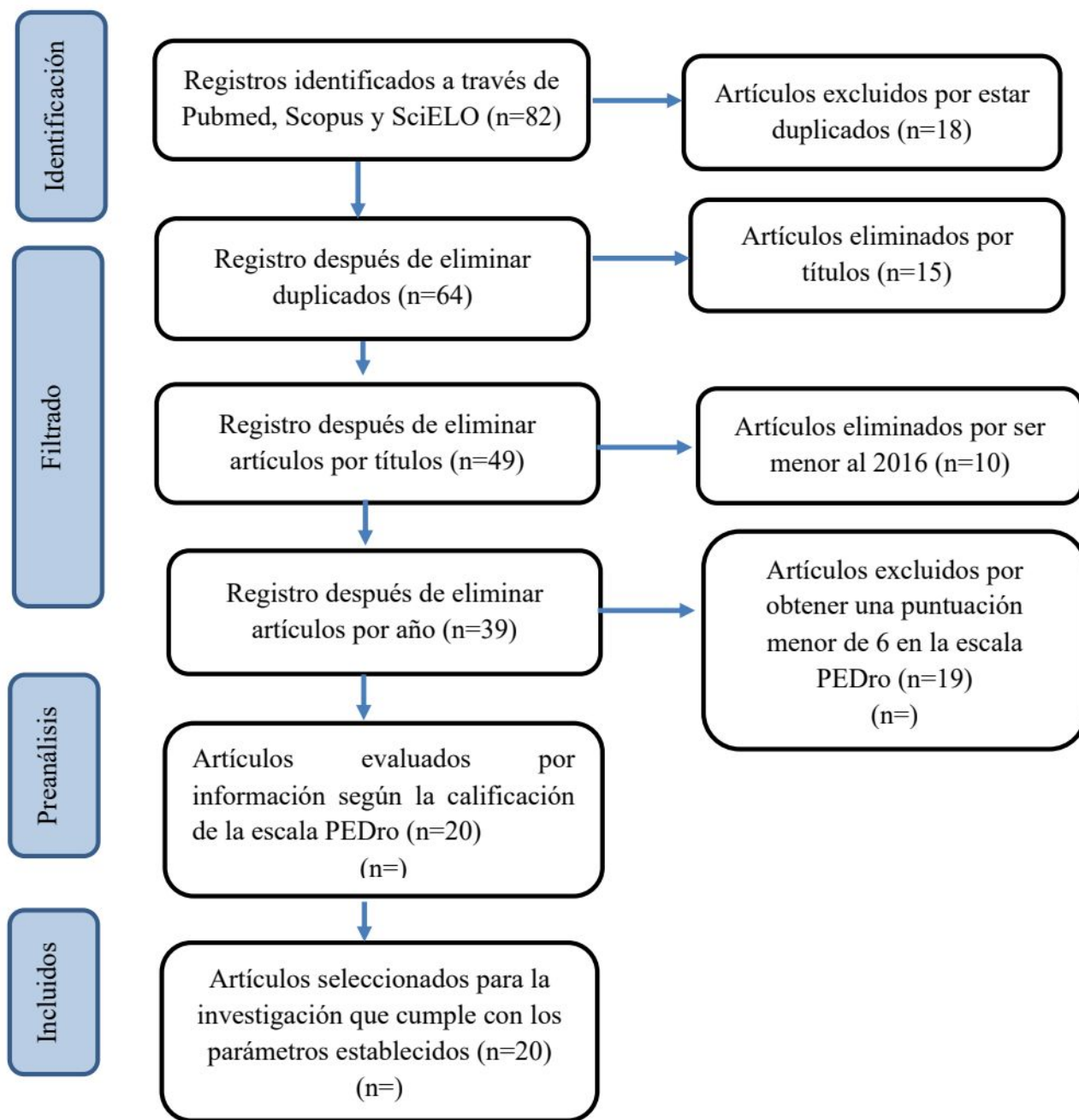
- Artículos con acceso restringido
- Artículos que no contengan ninguna de las variables
- Artículos con información incompleta o de difícil entendimiento
- Artículo con una puntuación menor a 6 en la escala de PEDro

### **3.10. Técnica de recolección de información**

La técnica empleada fue la lectura crítica y analítica de documentos científicos, que permitió examinar e interpretar el contenido de las fuentes seleccionadas, valorando su calidad, actualidad y aplicabilidad clínica. Los instrumentos utilizados fueron libros especializados, artículos científicos, revistas indexadas y guías clínicas internacionales, seleccionados por su rigurosidad metodológica y relevancia temática. Estas fuentes permitieron acceder a evidencia actualizada sobre los abordajes fisioterapéuticos en pacientes con tetraplejía por lesión medular cervical. Las búsquedas se realizaron en bases de datos académicas como PubMed, Scopus, SciELO y Google Scholar, utilizando descriptores como: *fisioterapia, rehabilitación neurológica, tetraplejía y lesión medular cervical*.

### **3.11. Métodos de análisis y procesamiento de datos**

Se utilizó un diagrama de flujo



**Figura 2.** Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección

\* Adaptado de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*. 2021; 10(1): 1-11.

### 3.12. Análisis de artículos científicos según la escala de PEDro

**Tabla 1.** Valoración de la calidad metodológica de los estudios controlados aleatorizados (ECA's) mediante la Escala PEDro

Nº	AUTOR/ AÑO	TÍTULO ORIGINAL	TÍTULO TRADUCIDO	BASE CIENTÍFICA	CALIFICACIÓN ESCALA DE PEDro
1	Chen L., (2025) (18)	Strength training with electrical stimulation has no or little effect on the very weak muscles of patients with spinal cord injury: a randomised trial	El entrenamiento de fuerza con estimulación eléctrica tiene poco o nulo efecto sobre los músculos muy débiles de pacientes con lesión medular: un ensayo aleatorizado	PubMed	8/10
2	Swank C., (2025) (19)	Overground Robotic Exoskeleton Gait Training in People With Incomplete Spinal Cord Injury During Inpatient Rehabilitation: A Randomized Control Trial	Entrenamiento de la marcha con exoesqueleto robótico en personas con lesión medular incompleta durante rehabilitación hospitalaria: un ensayo controlado aleatorizado	PubMed	6/10
3	Lim J., (2025) (20)	The combined effects of rTMS and upper extremity robotic therapy for restoring upper extremity function in patients with spinal cord injury: A randomized controlled trial	Los efectos combinados de la rTMS y la terapia robótica de las extremidades superiores para restaurar la función de las extremidades superiores en pacientes con lesión medular: un ensayo controlado aleatorizado	PubMed	7/10

4	Lozano V., (2024) (21)	¿Can Robotic Therapy Improve Performance in Activities of Daily Living? A Randomized Controlled Trial in Sub-Acute Spinal Cord Injured Patients	¿Puede la terapia robótica mejorar el rendimiento en las actividades de la vida diaria? Un ensayo controlado aleatorizado en pacientes con lesiones subagudas de la médula espinal	PubMed	7/10
5	Nam S., (2023) (22)	Efficacy of Wheelchair Skills Training Program in Enhancing Sitting Balance and Pulmonary Function in Chronic Tetraplegic Patients: A Randomized Controlled Study	Eficacia del programa de formación en habilidades en silla de ruedas para mejorar el equilibrio sentado y la función pulmonar en pacientes tetraplégicos crónicos: un estudio controlado aleatorizado	PubMed	6/10
6	García L., (2023) (23)	Transcutaneous Cervical Spinal Cord Stimulation Combined with Robotic Exoskeleton Rehabilitation for the Upper Limbs in Subjects with Cervical SCI: Clinical Trial	Estimulación transcutánea de la médula espinal cervical combinada con rehabilitación robótica del exoesqueleto para las extremidades superiores en sujetos con LME cervical: Ensayo clínico	PubMed	6/10
7	Shackleton C., (2023) (24)	Robotic locomotor training for spasticity, pain, and quality of life in individuals with chronic SCI: A pilot randomized controlled trial	Entrenamiento locomotor robótico para espasticidad, dolor y calidad de vida en personas con LM crónica: Un ensayo piloto controlado aleatorizado	PubMed	7/10

<b>8</b>	Mittal N., (2022) (25)	Intermittent theta burst stimulation modulates biceps brachii corticomotor excitability in individuals with tetraplegia	La estimulación intermitente en ráfagas theta modula la excitabilidad corticomotora del bíceps braquial en personas con tetraplejía	PubMed	6/10
<b>9</b>	Anderson K., (2022) (26)	Multi-center, single-blind randomized controlled trial comparing functional electrical stimulation therapy to conventional therapy in incomplete tetraplegia	Ensayo controlado aleatorizado, multicéntrico y ciego simple que compara la terapia de estimulación eléctrica funcional con la terapia convencional en tetraplejía incompleta	PubMed	7/10
<b>10</b>	Solinsky R., (2021) (27)	High-intensity, whole-body exercise improves blood pressure control in individuals with spinal cord injury: A prospective randomized controlled trial	El ejercicio de alta intensidad y de cuerpo completo mejora el control de la presión arterial en personas con lesión medular: un ensayo controlado aleatorizado prospectivo	PubMed	7/10
<b>11</b>	Frye S., (2021) (28)	A comparison of prefabricated and custom-made resting hand splints for individuals with cervical spinal cord injury: A randomized controlled trial	Comparación de férulas prefabricadas y personalizadas para la mano de reposo en personas con lesión de la médula cervical: un ensayo controlado aleatorizado	PubMed	6/10
<b>12</b>	Hossain M., (2021) (29)	A community-based intervention to prevent serious complications and death 2 years after discharge in people with spinal cord injury	Una intervención comunitaria para prevenir complicaciones graves y muertes 2 años después del alta en personas con lesión	PubMed	8/10

		in Bangladesh (CIVIC): a randomised trial	medular en Bangladesh (CIVIC): un ensayo aleatorizado		
<b>13</b>	Chen L., (2020) (30)	The effects of 10,000 voluntary contractions over 8 weeks on the strength of very weak muscles in people with spinal cord injury: a randomised controlled trial	Los efectos de 10.000 contracciones voluntarias durante 8 semanas sobre la fuerza de músculos muy débiles en personas con lesión medular: un ensayo controlado aleatorizado	PubMed	8/10
<b>14</b>	Boswell C., (2020) (31)	Impact of respiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and quality of life in individuals with tetraplegia: a randomised clinical trial	Impacto del entrenamiento del músculo respiratorio en la fuerza, función respiratoria y calidad de vida en personas con tetraplejía: un ensayo clínico aleatorizado	PubMed	10/10
<b>15</b>	Berlowitz D., (2019) (32)	Positive airway pressure for sleep-disordered breathing in acute quadriplegia: a randomised controlled trial	Presión positiva en las vías respiratorias para trastornos respiratorios del sueño en cuadriplejía aguda: un ensayo controlado aleatorizado	PubMed	7/10
<b>16</b>	Yeo S., (2018) (33)	Wheelchair Skills Training for Functional Activity in Adults with Cervical Spinal Cord Injury	Entrenamiento de habilidades en silla de ruedas para la actividad funcional en adultos con lesión de la médula espinal cervical	PubMed	6/10
<b>17</b>	Gomes J., (2017) (34)	Priming for Improved Hand Strength in Persons with Chronic Tetraplegia: A Comparison of	Preparación para mejorar la fuerza de la mano en personas con tetraplejía crónica: una comparación entre la	PubMed	6/10

		Priming-Augmented Functional Task Practice, Priming Alone, and	práctica de tareas funcionales aumentada con preparación, la preparación sola y el entrenamiento con ejercicios convencionales		
<b>18</b>	Harvey L., (2016) (35)	Early intensive hand rehabilitation is not more effective than usual care plus one-to-one hand therapy in people with sub-acute spinal cord injury ('Hands On'): a randomised trial	La rehabilitación intensiva temprana de la mano no es más eficaz que la atención habitual más la terapia individual de la mano en personas con lesión medular subaguda ('Hands On'): un ensayo aleatorizado	PubMed	7/10
<b>19</b>	Nooijen C., (2016) (36)	A behavioural intervention increases physical activity in people with subacute spinal cord injury: a randomised trial	Una intervención conductual aumenta la actividad física en personas con lesión subaguda de la médula espinal: un ensayo aleatorizado	PubMed	7/10
<b>20</b>	Dimbwad- yo I., (2016) (37)	Effectiveness of the Virtual Reality System Toyra on Upper Limb Function in People with Tetraplegia: A Pilot Randomized Clinical Trial	Eficacia del Sistema de Realidad Virtual Toyra en la función de las extremidades superiores en personas con tetraplejia: un ensayo clínico piloto aleatorizado	PubMed	6/10

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

**Tabla 2.** Efectos de la estimulación eléctrica en pacientes con tetraplejía por lesión medular

Nº	Autor/ Año	Población	Variabes	Intervención	Resultados
1	(18)	N= 60 GC= 30 GE= 30	<b>Fuerza voluntaria (escala 0–12/13)</b> Pre GC: 2.7 ± 1.2 Post GC: 6.9 ± 3.0 Pre GE: 2.6 ± 1.3 Post GE: 7.4 ± 3.1 <b>Metas autoseleccionadas (0–10)</b> Pre GC: 0.1 ± 0.4 Post GC: 4.5 ± 2.5 Pre GE: 0.3 ± 0.9 Post GE: 5.3 ± 2.6	GC: Cuidado habitual (rehabilitación estándar) con posibilidad limitada de entrenamiento de fuerza de objetivo. GE: Cuidado habitual + entrenamiento de fuerza combinado con estimulación eléctrica (3 sesiones/semana durante 8 semanas, 120 repeticiones por sesión con ES).	Las dos condiciones mejoraron con el tiempo, aunque la discrepancia entre los grupos no llegó a ser clínicamente significativa. La diferencia de fuerza voluntaria entre GC y GE fue de 0,7 puntos (IC del 95%: -0,7 a 2,1) en una escala de 13 puntos, lo que representa menos que el umbral clínico esperado de 1 punto. Tanto en el GE como en el GC, las percepciones de fuerza, función y objetivos mejoraron sin que existieran diferencias significativas entre ambos grupos.
3	(20)	N= 30 GC= 15 GE= 15	- GRASSP (Strength, Sensation, Quantitative Prehension) - Fuerza de agarre (grip strenght)	GC: 15 sesiones de sham rTMS + terapia robótica (mismo número de sesiones). GE: 15 sesiones de rTMS + terapia robótica en 5 semanas	La combinación rTMS + robótica puede tener beneficios, pero no mostró superioridad clara frente a robótica + sham en la mayoría de outcomes.

			- Dolor -Espasticidad (MAS) -KSCIM-III (independencia funcional)	
6	(23)	N= 29 GC= 14 GE= 15	-GRASSP (Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension = fuerza, sensibilidad y prensión). -BBT (Box and Block Test = destreza manual). -SCIM-III (Spinal Cord Independence Measure III = independencia funcional). -MVC (Maximal Voluntary Contraction = contracción voluntaria máxima).	-GC= entrenamiento de miembro superior asistido por exoesqueleto Armeo®Power, 4 sesiones/semana durante 2 semanas (total 8 sesiones). -GE (tSCS + exoesqueleto) = mismo protocolo de entrenamiento con exoesqueleto, añadiendo estimulación eléctrica transcutánea de médula cervical (tSCS)  - Ambos grupos mejoraron significativamente en GRASSP total, BBT, SCIM-III, fuerza de agarre cilíndrico y puntuación motora AIS/UEMS tras la intervención y mantuvieron la mejoría en el seguimiento a 2 semanas ( $p \leq 0,05$ ).

8	(25)	N= 20 GC= 10 GE= 10	Excitabilidad corticomotora del bíceps braquial: • Potenciales evocados motores (MEP) • Umbrales motores (reposo/activo) Mediciones pre y post intervención	•GE= iTBS simulada (sham). Cada participante con tetraplejía recibió ambas condiciones en días diferentes. •GE= iTBS (Estimulación Theta Burst Stimulation) activa aplicada sobre la corteza motora del bíceps.	La iTBS activa moduló significativamente la excitabilidad corticomotora del bíceps ( $p<0.001$ ) en comparación con la condición sham que no produjo cambios. Los resultados apoyan el uso de iTBS como estrategia de neuromodulación en personas con tetraplejía.
9	(26)	N= 51 GC= 24 GE= 27	-SCIM-SC (Spinal Cord Independence Measure–Self Care = independencia en autocuidado). -GRASSP (fuerza, sensibilidad y prensión). -TRI-HFT (Toronto Rehab Institute Hand Function Test = función de mano).	GC = (CT) terapia convencional de miembro superior, 36–40 sesiones (14 semanas). GE = (FES) FES con MyndMove (estimulación eléctrica funcional) 36–40 sesiones (14 semanas).	- Ambos grupos mejoraron +2 puntos en autocuidado (SCIM–SC) y no hubo diferencias significativas entre GC y GE en los resultados principales. -GC: mostró mejorías en función de mano y fuerza-prensión -GE tuvo mejoras similares en autocuidado, sin destacar más que el GC
13	(30)	N = 120 GC = 60 GE = 60	<b>-Fuerza muscular voluntaria (0-13)</b> Pre GC: $3.5 \pm 1.4$ Post GC: $6.5 \pm 3.0$ Pre GE: $3.7 \pm 1.6$	GC: cuidado habitual solo (sin más de 2 sesiones de entrenamiento de fuerza por semana en el músculo objetivo).	Fuerza voluntaria (pre-post): • Entre grupos: 0.4/13 puntos a favor del tratamiento (IC 95%: -0.5 a 1.4) — no significativo. Secundarias:

<p>Post GE: <math>7.0 \pm 2.7</math></p> <p><b>-Percepción de cambio de fuerza (0-15)</b></p> <p>Post GC: <math>9.5 \pm 1.6</math></p> <p>Post GE: <math>10.3 \pm 1.7</math></p> <p><b>-Percepción de cambio de función (0-15)</b></p> <p>Post GC: <math>9.2 \pm 1.8</math></p> <p>Post GE: <math>9.7 \pm 1.8</math></p>	<p>GE: cuidado habitual + ~10,000 contracciones voluntarias del grupo muscular objetivo distribuidas en ~48 sesiones durante 8 semanas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepción de cambio en fuerza: 0.8/15 (IC 95%: 0.1–1.4) — no clínicamente importante.</li> <li>• Percepción de cambio en función: 0.6/15 (IC 95%: 0.0–1.3).</li> <li>• Predicción del terapeuta vs. fuerza medida: 0.3/13 (IC 95%: –0.6 a 1.3).</li> </ul>
--	---	--

**Tabla 3.** Efectos del entrenamiento de la marcha con exoesqueleto, realidad virtual y habilidades con la silla de ruedas

N°	Autor/Año	Población	Variables	Intervención	Resultados
2	(19)	N= 106 GC= 42 GE= 64	- WISCI-II (función de marcha) - 10MWT (velocidad de marcha)	GC (Usual care): entrenamiento habitual de marcha (incluye BWSTT y modalidades tradicionales).	Conclusión global: ORE y cuidado usual son equivalentes en resultados primarios/secundarios (sin diferencias significativas).

			- SCIM (independencia funcional) - CARE Tool (transferencias/marcha)	GE (ORE): exoesqueleto robótico de marcha en suelo + rehabilitación habitual.	Hallazgo clave: ORE podría ser más útil en AIS C para mejorar función de marcha durante rehabilitación intrahospitalaria.
4	(21)	N= 31 GC= 16 GE= 15	<b>-SCIM</b> <b>-Feeding (Alimentación)</b> Pre GC: 1.31 Post GC: 1.75 Pre GE: 1.20 Post GE: 1.86 <b>-Grooming (aseo)</b> Pre GC: 1.43 Post GC: 1.87 Pre GE: 1.26 Post GE: 1.80 <b>- Puntuación Total (0–100)</b> Pre GC: 31.00 Post GC: 45.87 Pre GE: 30.06 Post GE: 44.26 <b>-UEMS brazo tratado (0–25)</b> Pre GC: 13.53 Post GC: 15.07 Pre GE: 13.13 Post GE: 15.60	GC: Terapia convencional UE (sin robot) (30 min.) GE: Terapia robótica con Armeo Spring + terapia convencional UE (30 min. cada una, 10 sesiones)	Terapia convencional más Spring UE GC: Terapia convencional UE (sin robot), con la misma duración. SCIM–feeding y SCIM–grooming: hay un incremento más significativo en GE que en GC ( $p < 0,05$ ). movimiento al ingerir líquidos: GE tuvo un mayor progreso que GC ( $p = 0.034$ ), lo que indica una mejor regulación de los movimientos finos. • Escalas clínicas: progresos en la fuerza y coordinación en GE, alteraciones menores en GC. • Cuestionarios de usabilidad: los pacientes de GE reportaron una percepción de utilidad y satisfacción elevada con el robot.

			<p><b>- Cinemática – Smoothness (S1) en tarea “beber”</b>          PRE GC: 44.86          Post GC: 57.48          Pre GE: 45.18          Post GE: 62.69</p>		
7	(24)	<p>N = 16          GC = 8          GE = 8</p>	<p><b>-Espasticidad total (MAS: Modified Ashworth Scale)</b>          Pre GC: 7.62 ± 5.93          Post GC: 11.62 ± 8.25          Pre GE: 18.88 ± 14.41          Post GE: 17.56 ± 12.29</p> <p><b>-Espasticidad extremidad superior (MAS)</b>          Pre GC: 1.75 ± 2.55          Post GC: 2.12 ± 1.81          Pre GE: 4.56 ± 6.68          Post GE: 4.44 ± 7.03</p> <p><b>-Espasticidad extremidad inferior (MAS)</b>          Pre GC: 5.88 ± 4.16          Post GC: 9.50 ± 7.37          Pre GE: 14.31 ± 10.95          Post GE: 13.12 ± 8.44</p> <p><b>-Dolor (ISCIPBDS: International Spinal Cord Injury Pain Basic Data Set)</b></p>	<p>GC: ABT (Activity-Based Training): Ejercicio resistido, trabajo cardiovascular y soporte de peso.          60 min, 3 veces por semana, 24 semanas.</p> <p>GE: RLT (Robotic Locomotor Training): Caminata asistida con exoesqueleto Ekso GT.          60 min, 3 veces por semana, 24 semanas.</p>	<p>No hubo cambios significativos en la espasticidad (MAS) en ninguno de los grupos.          La intensidad del dolor aumentó significativamente en ambos grupos.          La interferencia del dolor en actividad, ánimo y sueño también aumentó tras la intervención.          La calidad de vida mejoró más en el grupo RLT, especialmente en los dominios General y Físico.</p>

			<p><b>Intensidad del dolor:</b>  Pre GC: 4.02 ± 2.16  Post GC: 5.58 ± 1.50  Pre GE: 4.15 ± 2.71  Post GE: 5.70 ± 1.56</p>	
16	(33)	<p>N = 24  GC = 11  GE = 13</p>	<p><b>- WST (Wheelchair Skills Test = habilidades en silla de ruedas).</b>  Pre GC: 30.34  Post GC: 34.55  Pre GE: 32.30  Post GE: 42.47</p> <p><b>- VLT (Van Lieshout Test = función de brazo/mano en tetraplejia).</b>  Pre GC: 20.82  Post GC: 22.71  Pre GE: 20.58  Post GE: 29.31</p>	<p>GC: sesiones de ejercicio convencional.  GE: sesiones de entrenamiento de habilidades en silla de ruedas.  Duración: 8 semanas, 3 días/semana. Evaluación Pre y Post (4 y 8 semanas).</p> <p>- GE: mejoró significativamente el WST (mejor rendimiento en habilidades de silla de ruedas) con diferencias entre grupos y con el tiempo (p&lt;0.05).  - GC: presentó mejoras menores con ejercicio convencional, pero el GE fue superior en WST.  - VLT: no hubo diferencia significativa entre grupos (p&gt;0.05), aunque sí hubo mejora con el tiempo y en la interacción grupo × tiempo (p&lt;0.05).</p>
19	(36)	<p>N = 45  GC = 22  GE = 23</p>	<p><b>• Actividad física con silla de ruedas (min/día).</b>  Pre GC: 80 ± 35  Post GC: 40 ± 31  Pre GE: 65 ± 27  Post GE: 68 ± 30</p> <p><b>• Tiempo sedentario.</b>  Pre GC: 119 ± 104</p>	<p>-GC: Rehabilitación habitual + handbike  - GE: Rehabilitación + intervención conductual (13 sesiones, 6 meses)</p> <p>El GE mostró un aumento significativo de la actividad física en silla de ruedas frente al GC: diferencia global = +21 min/día (IC95% 8–35). Esta diferencia fue evidente a los 6 meses post-alta (+28 min/día, IC95% 8–48) y se mantuvo a los 12 meses (+25 min/día, IC95% 1–50). No hubo</p>

		<p>Post GC: 242 ± 187  Pre GE: 147 ± 100  Post GE: 212 ± 133</p> <p>• <b>Motilidad (n.º de cambios posturales/movimientos).</b>  Pre GC: 17 ± 4  Post GC: 13 ± 5  Pre GE: 16 ± 5  Post GE: 15 ± 5</p> <p>- <b>Secundaria: actividad física auto-reportada (cuestionario específico para discapacidad física).</b>  Post GC: 10 ± 8  Post GE: 32 ± 34</p>	<p>efecto significativo sobre el tiempo sedentario ni la motilidad. La actividad física auto-reportada también aumentó en el grupo con intervención conductual.</p>	
20 (37)	<p>N = 31  GC = 15  GE = 16</p>	<p>• <b>SCIM III (Spinal Cord Independence Measure) (Autocuidado).</b>  Pre GC: 3.87 ± 4.64  Post GC: 6.07 ± 5.78  Pre GE: 3.25 ± 2.30  Post GE: 4.38 ± 2.47</p> <p>• <b>FIM (Functional Independence Measure).</b>  Pre GC: 64.20 ± 14.57  Post GC: 71.53 ± 19.65</p>	<p>GC: Solo terapia convencional (TO y fisioterapia estándar para miembro superior)  GE: Rehabilitación convencional + entrenamiento con sistemas de realidad virtual Toyra (ejercicios funcionales de miembro superior guiados por tareas)</p>	<p>- Ambos grupos realizaron mejoras clínicas pequeñas en la función del miembro superior en 4 de las 5 escalas, pero sin cambios estadísticamente significativos entre pre y post ni entre grupos.  - En el seguimiento a 3 meses, solo se observó un cambio significativo en el test de fuerza (MB/MMT) en el grupo control (p = 0,043)</p>

<p>Pre GE: 60.69 ± 6.78  Post GE: 63.25 ± 7.26</p> <p>• <b>BI (Índice de Barthel)</b>  Pre GC: 18.33 ± 16.33  Post GC: 30.00 ± 22.52  Pre GE: 18.13 ± 12.76  Post GE: 24.69 ± 10.56</p> <p>• <b>MB: Muscle Balance (test de equilibrio muscular)</b>  Pre GC: 13.07 ± 5.71  Post GC: 14.27 ± 5.85  Pre GE: 13.75 ± 5.22  Post GE: 14.27 ± 5.19</p> <p>• <b>MI (Motricity Index): fuerza y amplitud de movimiento</b>  Pre GC: 70.53 ± 18.44  Post GC: 78.80 ± 20.27  Pre GE: 68.13 ± 12.88  Post GE: 76.56 ± 13.28</p>	<p>- No hubo diferencias significativas entre GE y GC en ninguna de las escalas (MI, FIM, SCIM, BI) tras la intervención ni en el seguimiento.</p> <p>- Todos los pacientes mostraron alta satisfacción y motivación con el uso de la realidad virtual Toyra.</p> <p>- Conclusión de los autores: añadir Toyra a la rehabilitación convencional no mejora más la función del MS que la terapia convencional sola, aunque el componente lúdico incrementa la motivación durante las tareas.</p>
--	--

**Tabla 4.** Efectos de la fisioterapia respiratoria y ejercicios de alta intensidad para mejorar la presión arterial

Nº	Autor/Año	Población	Variables	Intervención	Resultados
----	-----------	-----------	-----------	--------------	------------

5	(22)	N= 24 GC= 12 GE= 12	<p><b>- Balance sentado (ABLE score)</b> Pre GC: 12.82 Post GC: 12.98 Pre GE: 12.62 Post GE: 16.96</p> <p><b>- Función pulmonar – FVC (L)</b> Pre GC: 2.13 Post GC: 2.17 Pre GE: 1.91 Post GE: 2.97</p> <p><b>- Función pulmonar – FEV1 (L)</b> Pre GC: 1.88 Post GC: 2.06 Pre GE: 1.83 Post GE: 2.75</p> <p><b>- Flujo espiratorio pico (PEF)</b> Pre GC: 3.43 Post GC: 3.45 Pre GE: 3.25 Post GE: 4.89</p> <p><b>- Habilidad de manejo de silla (WST)</b> Pre GC: 30.34</p>	GC: fisioterapia convencional (fortalecimiento/resistencia MMSS + ergómetro + ciclismo indoor) y ejercicios aeróbicos GE: WSTP (Programa de entrenamiento de habilidades de silla de ruedas) 3 veces × 1 h/sem por 8 sem	El GE (WSTP) mostró mejoras significativas en ABLE y en la función pulmonar (FVC, FEV1, PEF) a lo largo del tiempo, mientras que el GC no mostró cambios relevantes (en general). Además, hubo interacción grupo x tiempo significativa (p<0.05) y los cambios del GE fueron mayores que el GC.
---	------	---------------------------	---	---	---

		Post GC: 34.56 Pre GE: 32.30 Post GE: 42.47	
10 (27)	N= 38 GC1 = 11 GC2 = 11 GE: 16	<p><b>-VO (Consumo de oxígeno):</b> Pre GC1: 14.6 ± 3.4 Pre GC2: 18.5 ± 3.7 Pre GE: 17.1 ± 1.2 Post GC1: 13.9 ± 2.5 Post GC2: 18.2 ± 4.4 Post GE: 18.9 ± 1.5</p> <p><b>-Intervalo RR en reposo</b> Pre GC1: 988 ± 62 Pre GC2: 1030 ± 110 Pre GE: 977 ± 47 Post GC1: 1079 ± 90 Post GC2: 1042 ± 160 Post GE: 972 ± 45</p> <p><b>-Sensibilidad del barroreflejo</b> Pre GC1: 4.1 ± 1.0 Pre GC2: 3.2 ± 0.8 Pre GE: 2.5 ± 0.4 Post GC1: 3.7 ± 1.0 Post GC2: 2.8 ± 1.0 Post GE: 3.5 ± 0.7</p> <p><b>-Presión arterial sistólica en reposo</b></p>	<p>- GC1: lista de espera: sin programa estructurado de ejercicio durante los primeros 6 meses; luego cruzaban a ejercicio de cuerpo completo.</p> <p>- GC2: ejercicio solo de brazos: remo solo de miembros superiores, con la misma prescripción (frecuencia, duración y objetivo de intensidad) que el grupo de cuerpo completo</p> <p>- GE: Ejercicio de cuerpo completo: programa de remo con estimulación eléctrica funcional híbrida (FES-rowing) 30–60 min/sesión, 2–3 veces/semana durante 6 meses.</p> <p>- No hubo cambios significativos en la sensibilidad del barorreflejo con ejercicio solo de brazos ni con lista de espera a los 3 y 6 meses.</p> <p>- El ejercicio de cuerpo completo con FES-rowing mejoró significativamente la sensibilidad del barorreflejo a los 6 meses (=+41,6 % respecto al basal).</p> <p>- Tras el cruce, los participantes de brazos-solo y lista de espera también mostraron aumentos significativos en la sensibilidad del barorreflejo después de 3–6 meses de ejercicio de cuerpo completo.</p> <p>- VO<sub>2</sub> máx aumentó solo en el grupo de cuerpo completo; la PAS y PAD en reposo prácticamente no cambiaron (excepto una pequeña caída de 4–5 mmHg en la PAS en el grupo brazos-solo).</p> <p>- Las ganancias de barorreflejo se correlacionaron muy poco con la cantidad de ejercicio o el cambio en</p>

		Pre GC1: 116.2 ± 3.2 Pre GC2: 121 ± 3.8 Pre GE: 116.0 ± 3.3 Post GC1: 119.0 ± 3.8 Post GC2: 117.1 ± 2.8 Post GE: 118.0 ± 3.4 <b>-Presión arterial diastólica en reposo</b> Pre GC1: 58.3 ± 3.8 Pre GC2: 70.1 ± 4.1 Pre GE: 64.9 ± 2.7 Post GC1: 60.9 ± 4.6 Post GC2: 66.9 ± 5.7 Post GE: 66.3 ± 3.1	VO <sub>2</sub> máx, y fueron mayores en personas con paraplejía que en tetraplejía.	
14 (31)	N= 62 GC = 32 GE = 30	<b>-PI<sub>max</sub> (Presión inspiratoria máxima)</b> Pre GC: 51.5 ± 19.7 Post GC: 54.9 ± 21.3 Pre GE: 48.4 ± 22.6 Post GE: 63.7 ± 24.0 <b>-PE<sub>max</sub> (cmH<sub>2</sub>O)</b> Pre GC: 33.2 ± 14.0 Post GC: 37.4 ± 17.8 Pre GE: 32.8 ± 18.2 Post GE: 38.4 ± 21.7 <b>-FVC (Capacidad vital forzada, L)</b>	GC: (Sham) Entrenamiento placebo con el mismo dispositivo, pero sin resistencia (válvula abierta). Mismo número de repeticiones y frecuencia del GE. GE: (RMT Activo) Entrenamiento muscular respiratorio progresivo: • Resistencia inicial: 30% P <sub>I</sub> max • Aumento semanal: 5–10% • 3–5 series × 12 respiraciones • 2 veces/día, 5 días/semana, 6 semanas	P <sub>I</sub> max: GE mejora mucho más que GC (diferencia +11.5 cmH <sub>2</sub> O; p<0.001). P <sub>E</sub> max: Ambos grupos mejoran sin diferencias significativas. Función pulmonar: Cambios pequeños en FVC y FEV <sub>1</sub> , no significativos. SGRQ: Mejoría significativa en GE (10.3 puntos). Complicaciones respiratorias (1 año): GC: 10 GE: 3

---

Pre GC:  $2.5 \pm 0.9$

Post GC:  $2.6 \pm 1.0$

Pre GE:  $2.3 \pm 1.0$

Post GE:  $2.5 \pm 1.1$

**-FEV1 (L)**

Pre GC:  $1.9 \pm 0.7$

Post GC:  $1.9 \pm 0.8$

Pre GE:  $1.8 \pm 0.8$

Post GE:  $1.8 \pm 0.8$

**-Capacidad inspiratoria (L):**

Pre GC:  $2.1 \pm 0.7$

Post GC:  $2.1 \pm 0.8$

Pre GE:  $2.0 \pm 0.7$

Post GE:  $2.0 \pm 0.8$

**-Flujo pico de tos (L/s):**

Pre GC:  $4.6 \pm 1.6$

Post GC:  $4.7 \pm 1.8$

Pre GE:  $4.6 \pm 1.5$

Post GE:  $4.7 \pm 1.6$

**-Capacidad vital (L):**

Pre GC:  $2.6 \pm 0.9$

Post GC:  $2.7 \pm 1.1$

Pre GE:  $2.3 \pm 0.8$

Post GE:  $2.5 \pm 1.0$

**-Capacidad pulmonar total (L):**

Pre GC:  $4.8 \pm 1.3$

---

Conclusión: Hubo mejorías en la calidad de vida y síntomas respiratorios en el GE.

Post GC:  $4.9 \pm 1.2$   
 Pre GE:  $5.0 \pm 1.1$   
 Post GE:  $5.1 \pm 1.3$   
**-Calidad de vida (EQ-5D VAS):**  
 Pre GC:  $54.8 \pm 22.9$   
 Post GC:  $63.5 \pm 21.1$   
 Pre GE:  $58.7 \pm 21.4$   
 Post GE:  $68.9 \pm 22.3$

**-Disnea (Borg reposo):**  
 Pre GC:  $0.8 \pm 1.0$   
 Post GC:  $0.5 \pm 0.7$   
 Pre GE:  $0.8 \pm 1.1$   
 Post GE:  $1.0 \pm 1.6$

15 (32)	N: 149 GC = 76. GE = 73.	<p><b>-PASAT (función neurocognitiva)</b>          Pre GC: <math>99.69 \pm 46.28</math>          Post GC: <math>116.92 \pm 47.17</math>          Pre GE: <math>99.17 \pm 45.26</math>          Post GE: <math>117.66 \pm 45.71</math></p> <p><b>-Somnolencia (Karolinska Sleepiness Scale – KSS)</b>          Pre GC: <math>4.24 \pm 2.03</math>          Post GC: <math>4.14 \pm 2.02</math>          Pre GE: <math>4.86 \pm 2.32</math>          Post GE: <math>3.51 \pm 1.82</math></p>	<p>- GC: (atención habitual)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rehabilitación y cuidados estándar, con presión positiva durante 3 meses.</li> </ul> <p>- GE: CPAP + atención habitual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tratamiento con CPAP autotitulante nasal u oronasal todas las noches durante 3 meses, además de la rehabilitación y manejo médico habituales.</li> </ul>	<p>No hubo diferencias significativas entre grupos en la función neurocognitiva (PASAT) ni en la mayoría de pruebas secundarias: ambos grupos mejoraron de forma similar con el tiempo. CPAP normalizó casi por completo el trastorno respiratorio del sueño (disminución marcada de desaturaciones y AHÍ “Índice de apnea hipopnea”), pero sin impacto</p>
---------	--------------------------------	--	---	---

claro en la cognición con la adherencia conseguida.

**Tabla 5.** Efectos de la fisioterapia de la mano con férulas, fuerza e intervención comunitaria

N°	Autor/Año	Población	Variables	Intervención	Resultados
11	(28)	N = 19 participantes (36 manos). GC = 17 GE = 19	<b>-GRASSP Prehensión cualitativa (0–12):</b> Pre GC: 1.44 ± 2.50 Post GC: 4.13 ± 4.19 Pre GE: 0.55 ± 2.01 Post GE: 2.80 ± 4.23 <b>-GRASSP Prehensión cuantitativa (0–30):</b> Pre GC: 0.86 ± 2.42 Post GC: 5.81 ± 7.58 Pre GE: 0.85 ± 3.80 Post GE: 3.70 ± 6.77 <b>-GRASSP Total (0–116):</b> Pre GC: 16.81 ± 11.93 Post GC: 34.06 ± 23.57 Pre GE: 11.50 ± 14.61 Post GE: 24.85 ± 22.87	GC: Uso nocturno de órtesis de mano prefabricada ajustada por terapeuta, durante la rehabilitación hospitalaria. GE: (Grupo Custom) Férula personalizada fabricada con termoplástico, uso nocturno y adaptada al paciente durante la rehabilitación hospitalaria.	No Existieron discrepancias importantes entre las férulas prefabricadas y las personalizadas: No se presentan efectos secundarios (como lesiones en la piel). Percepción del usuario: Ambas férulas fueron vistas como útiles; preferencias divididas (siete pacientes prefirieron la prefabricada y cinco la custom).
12	(29)	N = 410 GC: 206	<b>-SCI-SCS (complicaciones, 0–48):</b>	- GC: Cuidados habituales post alta, sin programa estructurado de seguimiento	- No hubo diferencias clínicamente importantes ni estadísticamente

GE: 204	<p>Pre GC: <math>6.0 \pm 2.6</math>  Post GC: <math>7.0 \pm 3.2</math>  Pre GE: <math>5.8 \pm 2.8</math>  Post GE: <math>6.7 \pm 2.9</math></p> <p><b>-PUSH (úlceras por presión, 0–17):</b>  Pre GC: <math>0.5 \pm 2.0</math>  Post GC: <math>1.4 \pm 3.8</math>  Pre GE: <math>0.6 \pm 2.0</math>  Post GE: <math>1.3 \pm 3.5</math></p> <p><b>-CESD-R (depresión, 0–60):</b>  Pre GC: <math>15.9 \pm 9.9</math>  Post GC: <math>17.0 \pm 11.1</math>  Pre GE: <math>15.9 \pm 10.1</math>  Post GE: <math>17.0 \pm 10.8</math></p> <p><b>-WHODAS (participación, 8–40):</b>  Pre GC: <math>13.2 \pm 2.8</math>  Post GC: <math>17.9 \pm 5.4</math>  Pre GE: <math>13.6 \pm 3.4</math>  Post GE: <math>18.2 \pm 5.3</math></p> <p><b>-SF-12 PCS (calidad de vida física):</b>  Pre GC: <math>39.9 \pm 4.7</math>  Post GC: <math>36.3 \pm 5.6</math>  Pre GE: <math>39.5 \pm 5.4</math></p>	<p>- GE: Programa comunitario durante 2 años, con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Llamadas telefónicas frecuentes 8cada 2 semanas el primer año y mensuales el segundo)</li> <li>- 3 visitas domiciliarias: incluyó educación, detección precoz de complicaciones (úlceras, infecciones, depresión, etc.), apoyo familiar y estrategias de autocuidado.</li> </ul>	<p>significativas entre grupos en la carga total de complicaciones (SCI-SCS), úlceras por presión (PUSH), depresión (CESD-R), participación (WHODAS), calidad de vida (SF-12) ni independencia funcional (SCIM-SR).</p> <p>- Los riesgos relativos para las variables binarias (úlceras por presión, estar encamado, confinado al hogar, desempleo) tampoco mostraron efecto del programa comunitario.</p> <p>Conclusión de los autores: este programa intensivo de seguimiento telefónico y visitas domiciliarias no fue mejor que la atención habitual para reducir la mortalidad ni las complicaciones en los 2 años posteriores al alta en personas con LME en Bangladesh.</p>
---------	--	--	--

			<p>Post GE: 37.0 ± 6.0</p> <p><b>-SF-12 MCS (calidad de vida mental):</b></p> <p>Pre GC: 48.1 ± 9.6</p> <p>Post GC: 47.4 ± 12.9</p> <p>Pre GE: 48.4 ± 9.7</p> <p>Post GE: 47.4 ± 12.8</p> <p><b>-SCIM-SR (independencia, 0–100):</b></p> <p>Pre GC: 45.0 ± 19.5</p> <p>Post GC: 50.4 ± 20.5</p> <p>Pre GE: 44.4 ± 19.0</p> <p>Post GE: 51.4 ± 19.5.</p>		
17	(34)	<p>N = 37</p> <p>GC = 10</p> <p>GE1 = 14</p> <p>GE2 = 13</p>	<p>-Fuerza de la mano (handgrip strength)</p> <p>-Función manual</p> <p>-Fuerza de prensión de precisión (Precisión grip)</p> <p>-Fuerza de prensión de potencia (Power grip)</p> <p>-Sensibilidad táctil</p>	<p>GC (CET):</p> <p>Ejercicio convencional de extremidad superior (control activo).</p> <p>GE1: (FTP + PNSS):</p> <p>Estimulación somatosensorial de nervio periférico seguida de práctica de tareas funcionales de la mano.</p> <p>GE2: (PNSS):</p> <p>Estimulación somatosensorial periférica sin práctica funcional posterior.</p>	<p>El grupo FTP (práctica de tareas funcionales) + PNSS (estimulación somatosensorial del nervio periférico) mostró mayor mejora significativa en la fuerza del mano.</p> <p>PNSS solo produjo mejoras moderadas.</p> <p>El entrenamiento convencional mostró menores cambios funcionales.</p> <p>Los resultados sugieren que el priming sensorial potencia los efectos de la práctica funcional.</p>

18 (35)	N= 70 GC = 33 GE = 37	Variable principal: m-ARAT = modified Action Research Arm Test (prueba modificada de brazo y mano que evalúa función de mano). Post GC: 33.2 ± 17.5 Post GE: 36.5 ± 16.0	GC: Cuidado habitual + terapia de mano individual 3×15 min/semana, sin FES. GE: • Entrenamiento intensivo para una mano • Sesiones con estación instrumentada • FES = Estimulación Eléctrica Funcional para facilitar la activación muscular • 1 hora diaria, 5 días/semana, durante 8 semanas	Los dos grupos mejoraron, pero la mejora fue prácticamente la misma. El grupo de control finalizó con 33.2 puntos, mientras que el grupo experimental (entrenamiento intensivo + FES) concluyó con 36.5 puntos. El desajuste entre ellos fue de solo 0.9 puntos → escaso y sin significancia estadística. Esto quiere decir que la terapia intensiva con FES no fue más eficaz que el cuidado normal.
---------	-----------------------------	---	---	--

## 4.2. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la efectividad de diferentes intervenciones fisioterapéuticas en personas con lesión medular cervical y tetraplejía, considerando aspectos como la función física, la respuesta neuromuscular, así como variables respiratorias, cardiovasculares, en general, la evidencia revisada sugiere que muchas de estas intervenciones generan mejoras dentro de cada grupo, pero al comparar los resultados entre el grupo control y el grupo experimental, las diferencias no siempre resultan clínicamente relevantes, el grupo control también suele recibir programas de rehabilitación convencional de alta intensidad, como lo menciona Chen (18) y Chen (30).

En cuanto a la estimulación eléctrica utilizada como complemento del entrenamiento de fuerza, los hallazgos indican que ambos grupos presentan mejoras, aunque no se observa una ventaja clínica clara a favor del grupo experimental. En el estudio de Chen (18) se evidenciaron aumentos en la fuerza voluntaria y en el logro de metas en ambos grupos, pero con diferencias entre ellos poco marcadas. De manera similar, en Chen (30), el entrenamiento intensivo adicional no mostró cambios significativos en el resultado principal en comparación con el cuidado habitual, lo que sugiere que una rehabilitación estándar bien planificada ya puede generar avances importantes, especialmente en fases subagudas.

En relación con la estimulación eléctrica funcional (FES) aplicada en la extremidad superior, Anderson (26) reportó mejoras en la independencia para el autocuidado y en la función de la mano en ambos grupos, sin diferencias significativas entre la terapia convencional y la FES con dispositivo, lo que sugiere que esta intervención no siempre muestra superioridad cuando el grupo control recibe una carga terapéutica similar. De manera consistente, Harvey (35) también encontró que el entrenamiento intensivo de la mano con FES no generó una ventaja significativa frente al cuidado habitual, observándose únicamente una diferencia mínima entre los grupos al finalizar el estudio.

No obstante, cuando la estimulación se integra con estrategias orientadas a favorecer la activación neurológica y el aprendizaje motor basado en tareas, los beneficios tienden a ser más evidentes. Gomes-Osman (34) demostró que la combinación de estimulación somatosensorial periférica seguida de práctica funcional (priming + tarea) generó mayores mejoras en comparación con la estimulación aislada o el ejercicio convencional, lo que sugiere que un estímulo previo puede potenciar la efectividad de la práctica específica. Este enfoque parece facilitar una mejor reorganización neuromotora y optimizar la respuesta del sistema nervioso ante el entrenamiento dirigido.

En relación con la neuromodulación no invasiva, Mittal (25) encontró que la iTBS activa moduló la excitabilidad corticomotora del bíceps en comparación con la condición sham, lo que respalda la base neurofisiológica de estas técnicas en personas con tetraplejía. Sin embargo, al evaluar variables funcionales clínicas y comparar intervenciones combinadas, esta superioridad no siempre se mantiene; por ejemplo, Lim (20) evidenció que la

combinación de rTMS real con terapia robótica no fue claramente más efectiva que la de sham más robótica en la mayoría de los resultados, posiblemente debido al fuerte efecto de la terapia robótica por sí sola y a factores como la dosis o el momento de intervención.

De manera interesante, la estimulación medular transcutánea utilizada junto con el exoesqueleto de miembro superior muestra resultados prometedores en variables específicas. García-Alén (23) encontró mayores mejoras en la fuerza y en la capacidad de prensión en el grupo que recibió tSCS más exoesqueleto, aunque en variables más globales, como la destreza general y la independencia funcional, las diferencias fueron menores. Esto sugiere que su impacto sería más evidente en aspectos neuromotores concretos que en medidas más amplias de independencia.

En el entrenamiento de la marcha con exoesqueleto, Swank (19) encontró que tanto la rehabilitación convencional como el uso de exoesqueleto robótico lograron mejoras similares en los resultados principales y secundarios, aunque se observó un posible beneficio en subgrupos con lesión incompleta (AIS C). Esto sugiere que la efectividad de estas tecnologías puede depender del perfil neurológico y de la capacidad residual del paciente; de manera similar a lo observado en el miembro superior, donde la robótica tiende a mostrar aportes más consistentes en tareas de autocuidado fino.

Lozano-Berrio (21) reportó mayores mejoras en actividades como la alimentación y el aseo personal en el grupo que utilizó terapia robótica (Armeo Spring) en comparación con la terapia convencional, además de avances en la coordinación y una mejor percepción de utilidad del dispositivo, lo que respalda su valor para incrementar la repetición, la precisión y la motivación durante la rehabilitación. En cambio, Dimbwadyo -Terrer (37) encontró que añadir realidad virtual (Toyra) a la terapia convencional no generó mejoras significativamente superiores en fuerza e independencia, aunque sí se evidenció un alto nivel de satisfacción y motivación, lo que sugiere que su principal aporte estaría en la adherencia y la experiencia terapéutica más que en una superioridad clínica directa.

Las intervenciones centradas en habilidades funcionales específicas mostraron resultados relevantes. Yeo (33) encontró que el entrenamiento en silla de ruedas produjo mayores mejoras en destrezas concretas en comparación con el ejercicio convencional, aunque la función de brazo y mano no siempre mostró diferencias entre grupos, lo que sugiere que los beneficios son más evidentes cuando el resultado evaluado coincide con la tarea entrenada. De manera similar, Nam (22) reportó mejoras significativas en el equilibrio en sedestación, la función pulmonar y el manejo de la silla de ruedas en el grupo con un programa específico, con una interacción grupo \* tiempo favorable.

En el ámbito respiratorio, Boswell-Ruys (31) demostró que el entrenamiento de los músculos respiratorios incrementó de forma significativa la presión inspiratoria máxima frente a sham, además de reducir complicaciones, lo que respalda su valor clínico en personas con tetraplejía. Por su parte, en el componente cardiovascular/autonómico, Solinsky (27)

encontró que el ejercicio de cuerpo completo con FES-rowing mejoró significativamente la sensibilidad del barorreflejo a los 6 meses, a diferencia del ejercicio solo de brazos, que no mostró cambios relevantes, lo que sugiere que involucrar mayor masa muscular favorece adaptaciones autonómicas más sólidas.

En relación con el mantenimiento de los cambios tras el alta, Nooijen (36) encontró que una intervención conductual estructurada aumentó la actividad física diaria con efectos sostenidos a 6 y 12 meses, destacando la importancia del seguimiento y las metas. En contraste, Hossain (29) reportó que un programa intensivo de seguimiento no fue superior a la atención habitual para reducir mortalidad ni complicaciones a 2 años, lo que sugiere que su efectividad depende también de factores como el acceso a recursos y el entorno.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La estimulación eléctrica, la neuro modulación, la robótica y la realidad virtual, actualmente son terapias experimentales, de acuerdo al análisis no existe una base científica concluyente donde de manera asilada puede sustituir a terapias convencionales, pero los resultado clínicos mencionados, en más del 90% generaron un efecto placebo el cual permitió que la fisioterapia tradicional tenga mayores resultados a corto, mediano y largo plazo en pacientes, dentro y fuera de un entorno hospitalario.
- El análisis bibliográfico realizado, evidenció la falta investigación en pacientes con lesión medular cervical, en un periodo de 10 años, nuevos tratamientos han sido poco aplicados, sin embargo, en los tratamientos analizados, la fisioterapia convencional cuando se aplica de manera estructurada, intensiva y orientada a tareas funcionales, constituye una intervención altamente efectiva, la estimulación eléctrica, la neuro modulación, el exoesqueleto y la realidad virtual son terapias complementarias, ya que potencia los efectos de una terapia convencional.
- De acuerdo a los diversos tratamientos, el estudio mostró un claro balance donde un modelo biopsicosocial es una clave fundamental para una eficiente rehabilitación en pacientes con tetraplejia, ya que, exclusivamente no depende de la tecnología aplicada, sino de los factores biológicos, psicológicos y sociales del paciente, derribándose fuera de un entorno hospitalario.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- En la rehabilitación de personas con lesión medular, es fundamental priorizar la fisioterapia convencional enfocada en objetivos funcionales. Las tecnologías avanzadas y los tratamientos experimentales pueden utilizarse como complemento, dependiendo de la evidencia disponible y su aplicación en el contexto actual.
- Las terapias deberán estar definidas por un perfil biopsicosocial del paciente, enfocándose en la integración de componentes físicos, motivacionales y de participación social potencializando los resultados clínicos.
- Aunque no son muy frecuentes la incorporación de entrenamientos respiratorio, cardiovascular y las estrategias conductuales, han dado resultados muy prometedores, se recomienda incorporarlos de manera sistemática a los tratamientos convencionales.

## BIBLIOGRAFÍAS

1. Rodríguez-Mendoza B, Santiago-Tovar PA, Guerrero-Godinez MA, García-Vences E, Rodríguez-Mendoza B, Santiago-Tovar PA, et al. Rehabilitation Therapies in Spinal Cord Injury Patients. London: IntechOpen [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/72439> doi:10.5772/intechopen.92825
2. Olushanu M. Spinal Cord Injury: Developments In Using Stem Cells and Specialised Cells in Treating Spinal Cord Injuries. Premier Journal of Science. 2024;1. doi:10.70389/PJS.100005
3. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2021;27(2):1-22. doi:10.46292/sci2702-1
4. World Health Organization. Spinal cord injury [Internet]. Geneva: 2024; [citado 2025 Oct 27]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
5. Safdarian M, Trinkka E, Rahimi-Movaghar V, Thomschewski A, Aali A, Abady GG, et al. Global, regional, and national burden of spinal cord injury, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet Neurol. 2023;22(11):1026-47. doi:10.1016/S1474-4422(23)00287-9
6. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2021;27(2):1-22. doi:10.46292/sci2702-1
7. Ludwig PE, Reddy V, Varacallo MA. Neuroanatomy, Central Nervous System (CNS). En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citado 2025 Oct 28]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442010/> PubMed PMID: 28723039.
8. Raz A, Perouansky M. Central Nervous System Physiology. En: Pharmacology and Physiology for Anesthesia. Elsevier; 2013. p. 103-122. doi.org/10.1016/B978-1-4377-1679-5.00007-7
9. Glinsky JV, Harvey LA. Physiotherapy management of people with spinal cord injuries: an update. J Physiother. 2024;70(4):256-64. doi:10.1016/j.jphys.2024.09.008
10. Burns S, Biering-Sørensen F, Donovan W, Graves D, Jha A, Johansen M, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, Revised 2011. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2012;18(1):85-99. doi:10.1310/sci1801-85

11. Harvey LA. Physiotherapy rehabilitation for people with spinal cord injuries. *J Physiother.* 2016;62(1):4-11. doi:10.1016/j.jphys.2015.11.004
12. Gomez-Soriano J. Fisioterapia en el paciente con lesión medular: un enfoque clínico y científico. Primera edición. Buenos Aires: Medica Panamericana; 2023. 416 p.
13. Tharu NS, Alam M, Ling YT, Wong AY, Zheng YP. Combined Transcutaneous Electrical Spinal Cord Stimulation and Task-Specific Rehabilitation Improves Trunk and Sitting Functions in People with Chronic Tetraplegia. *Biomedicines.* 2022;11(1):34. doi:10.3390/biomedicines11010034
14. Hashimoto Y, Ushiba J, Kimura A, Liu M, Tomita Y. Change in brain activity through virtual reality-based brain-machine communication in a chronic tetraplegic subject with muscular dystrophy. *BMC Neurosci.* 2010;11(1):117. doi:10.1186/1471-2202-11-117
15. Cáceres Saavedra S, Gómez Saldaña MB, García Carpintero MJ, Milian Alonso M, Arroyo Arias A, Cascante Gutiérrez L. Aplicación de las nuevas tecnologías en la rehabilitación del lesionado medular. *Rev Esp Discapac.* 2017;5(1):229-36. doi:10.5569/2340-5104.05.01.13
16. Pelletier C. Exercise prescription for persons with spinal cord injury: a review of physiological considerations and evidence-based guidelines. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2023;48(12):882-95. doi:10.1139/apnm-2023-0227
17. Benabid AL, Costecalde T, Eliseyev A, Charvet G, Verney A, Karakas S, et al. An exoskeleton controlled by an epidural wireless brain-machine interface in a tetraplegic patient: a proof-of-concept demonstration. *Lancet Neurol.* 2019;18(12):1112-22. doi:10.1016/S1474-4422(19)30321-7
18. Chen LW, Islam MS, Harvey LA, Whitehead N, Hossain MS, Rahman E, et al. Strength training with electrical stimulation has no or little effect on the very weak muscles of patients with spinal cord injury: a randomised trial. *J Physiother.* 2025;71(1):42-7. doi:10.1016/j.jphys.2024.11.012
19. Swank C, Gillespie J, Arnold D, Wynne L, Bennett M, Meza F, et al. Overground Robotic Exoskeleton Gait Training in People With Incomplete Spinal Cord Injury During Inpatient Rehabilitation: A Randomized Control Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2025;106(9):1320-30. doi:10.1016/j.apmr.2025.04.015
20. Lim JE, Lee HJ, Cho DY, Kim O. The combined effects of rTMS and upper extremity robotic therapy for restoring upper extremity function in patients with spinal cord injury:

- A randomized controlled trial. *J Spinal Cord Med.* 2025;1-10. doi:10.1080/10790268.2025.2554019
21. Lozano-Berrio V, Alcobendas-Maestro M, Perales-Gómez R, Pérez-Borrego Y, Gil-Agudo A, Polonio-López B, et al. Can Robotic Therapy Improve Performance in Activities of Daily Living? A Randomized Controlled Trial in Sub-Acute Spinal Cord Injured Patients. *Appl Sci.* 2024;14(18). doi:10.3390/app14188478
  22. Nam SM, Koo DK, Kwon JW. Efficacy of Wheelchair Skills Training Program in Enhancing Sitting Balance and Pulmonary Function in Chronic Tetraplegic Patients: A Randomized Controlled Study. *Med Kaunas Lith.* 2023;59(9):1610. doi:10.3390/medicina59091610
  23. García-Alén L, Kumru H, Castillo-Escario Y, Benito-Penalva J, Medina-Casanovas J, Gerasimenko YP, et al. Transcutaneous Cervical Spinal Cord Stimulation Combined with Robotic Exoskeleton Rehabilitation for the Upper Limbs in Subjects with Cervical SCI: Clinical Trial. *Biomedicines.* 2023;11(2). doi:10.3390/biomedicines11020589
  24. Shackleton C, Evans R, West S, Derman W, Albertus Y. Robotic locomotor training for spasticity, pain, and quality of life in individuals with chronic SCI: A pilot randomized controlled trial. *Front Rehabil Sci.* 2023;4:1003360. doi:10.3389/fresc.2023.1003360
  25. Mittal N, Majdic BC, Peterson CL. Intermittent theta burst stimulation modulates biceps brachii corticomotor excitability in individuals with tetraplegia. *J Neuroengineering Rehabil.* 2022;19(1):73. doi:10.1186/s12984-022-01049-9
  26. Anderson KD, Korupolu R, Musselman KE, Pierce J, Wilson JR, Yozbatiran N, et al. Multi-center, single-blind randomized controlled trial comparing functional electrical stimulation therapy to conventional therapy in incomplete tetraplegia. *Front Rehabil Sci.* 2022;3:995244. doi:10.3389/fresc.2022.995244
  27. Solinsky R, Draghici A, Hamner JW, Goldstein R, Taylor JA. High-intensity, whole-body exercise improves blood pressure control in individuals with spinal cord injury: A prospective randomized controlled trial. *PloS One.* 2021;16(3):e0247576. doi:10.1371/journal.pone.0247576
  28. Frye SK, Geigle PR. A comparison of prefabricated and custom made resting hand splints for individuals with cervical spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2021;35(6):861-9. doi:10.1177/0269215520983486
  29. Hossain MS, Harvey LA, Islam MS, Rahman MA, Muldoon S, Biering-Sorensen F, et al. A community-based intervention to prevent serious complications and death 2 years after discharge in people with spinal cord injury in Bangladesh (CIVIC): a randomised trial.

- Spinal Cord. 2021;59(6):649-58. doi:10.1038/s41393-020-00546-9 PubMed PMID: 32917948
30. Chen LW, Glinsky JV, Islam MS, Hossain M, Boswell-Ruys CL, Kataria C, et al. The effects of 10,000 voluntary contractions over 8 weeks on the strength of very weak muscles in people with spinal cord injury: a randomised controlled trial. *Spinal Cord*. 2020;58(8):857-64. doi:10.1038/s41393-020-0439-1
  31. Boswell-Ruys CL, Lewis CRH, Wijesuriya NS, McBain RA, Lee BB, McKenzie DK, et al. Impact of respiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and quality of life in individuals with tetraplegia: a randomised clinical trial. *Thorax*. 2020;75(3):279-88. doi:10.1136/thoraxjnl-2019-213917
  32. Berlowitz DJ, Schembri R, Graco M, Ross JM, Ayas N, Gordon I, et al. Positive airway pressure for sleep-disordered breathing in acute quadriplegia: a randomised controlled trial. *Thorax*. 2019;74(3):282-90. doi:10.1136/thoraxjnl-2018-212319 PubMed PMID: 30538163
  33. Yeo SS, Kwon JW. Wheelchair Skills Training for Functional Activity in Adults with Cervical Spinal Cord Injury. *Int J Sports Med*. 2018;39(12):924-8. doi:10.1055/a-0635-0941
  34. Gomes-Osman J, Tibbett JA, Poe BP, Field-Fote EC. Priming for Improved Hand Strength in Persons with Chronic Tetraplegia: A Comparison of Priming-Augmented Functional Task Practice, Priming Alone, and Conventional Exercise Training. *Front Neurol*. 2017;7. doi:10.3389/fneur.2016.00242
  35. Harvey LA, Dunlop SA, Churilov L, Galea MP, Spinal Cord Injury Physical Activity (SCIPA) Hands On Trial Collaborators. Early intensive hand rehabilitation is not more effective than usual care plus one-to-one hand therapy in people with sub-acute spinal cord injury ('Hands On'): a randomised trial. *J Physiother*. 2016;62(2):88-95. doi:10.1016/j.jphys.2016.02.013
  36. Nooijen CF, Stam HJ, Bergen MP, Bongers-Janssen HM, Valent L, van Langeveld S, et al. A behavioural intervention increases physical activity in people with subacute spinal cord injury: a randomised trial. *J Physiother*. 2016;62(1):35-41. doi:10.1016/j.jphys.2015.11.003
  37. Dimbwadyo-Terrer I, Gil-Agudo A, Segura-Fragoso A, de los Reyes-Guzmán A, Trincado-Alonso F, Piazza S, et al. Effectiveness of the Virtual Reality System Toyra on Upper Limb Function in People with Tetraplegia: A Pilot Randomized Clinical Trial. *BioMed Res Int*. 2016;2016:6397828. doi:10.1155/2016/6397828

## ANEXOS

### Anexo 1

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

**Anexo 1. Escala de deficiencia de ASIA (American Spinal Injury Association)**

## Anexo 2

### Escala PEDro-Español

---

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

---

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Última modificación el 21 de junio de 1999. Traducción al español el 30 de diciembre de 2012

### Anexo 2. Escala PEDro