

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Avances en el manejo de la lesión traumática de medula espinal

Javier Aquiles Hidalgo Acosta¹, Juan Carlos Briones Olvera², Marcos Antonio Sánchez Macías², Omar Antonio Rodríguez Álvarez³, Alfredo Guillermo Chong Viteri⁴

¹ Hospital General Dr. Enrique Ortega Moreira, Durán, Ecuador.

² Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil, Ecuador.

⁴ Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.

Correspondencia: Javier Hidalgo
Aquiles Acosta

Correo electrónico:

jahidalgoacosta@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0090-3069>

Fecha de recepción: 18-04-2026

Fecha de aprobación: 10-06-2026

Fecha de publicación: 30-06-2026

Membrete Bibliográfico

Hidalgo J., Briones J., Sánchez M., Rodríguez O., Chong A. "Avances en el manejo de la lesión traumática de medula espinal". *Rev Médica Ateneo*, 28. (1), pag. 133-152
Artículo acceso abierto.

RESUMEN

Antecedentes

Objetivos determinar los avances en el manejo de la lesión traumática de medula espinal.

Métodos

Criterios de elegibilidad

Ensayos clínicos aleatorizados sobre avances y tratamientos farmacológicos posterior a lesión traumática de medula espinal publicados en los últimos 5 años.

Fuentes de información la búsqueda sistemática estructurada se realizó con la declaración PRISMA 2020 en bases de datos como Embase, CENTRAL, Google Académico.

Riesgo de sesgo de los estudios individuales fue intermedio y bajo.

Los resultados se analizaron mediante análisis descriptivo en tabla Excel según la metodología PICO.

Estudios incluidos se seleccionaron 6 estudios clínicos aleatorizados que representaron avances actuales para el manejo de la lesión medular traumática. Síntesis de los resultados en los estudios están dirigidos a la rehabilitación física con ayuda robótica, otros tratamientos alcanzaron significancia estadística a favor en reducir el dolor de origen central y sobre la motricidad en pacientes posterior a una lesión de medula espinal debido a que, mejoran las secuelas neurológicas, resultados obtenidos de 6 estudios clínicos aleatorizados con valor estadístico significativo (P:0,029).

Discusión

Limitaciones de la evidencia dependientes de la necesidad de más estudios aleatorizados sobre el tema para aumentar la generalización a gran escala de las terapias.

Es de gran importancia la recuperación de los pacientes con lesión medular traumática por las secuelas devastadoras que provocan, por lo que se consideran importantes los avances observados.

Palabras clave: Lesión de la médula espinal, manipulación de la médula espinal, procedimiento en la médula espinal, estimulación neuromuscular.

SUMMARY

Background

Objectives To determine advances in the management of traumatic spinal cord injury.

Methods

Eligibility Criteria

Randomized clinical trials on pharmacological advances and treatments after traumatic spinal cord injury published in the last 5 years.

Sources of information the structured systematic search was carried out with the PRISMA 2020 declaration in databases such as Embase, CENTRAL, Google Scholar.

Risk of bias of individual studies was intermediate and low.

The results were analyzed by descriptive analysis in an Excel table according to the PICO methodology.

Results

Included studies: 6 randomised clinical trials were selected, representing current advances in the management of traumatic spinal cord injury.

Synthesis of the results of the studies are aimed at physical rehabilitation with robotic assistance, other treatments reached statistical significance in favor of reducing pain of central origin and on motor skills in patients after spinal cord injury since they improve neurological sequelae, results obtained from 6 randomized clinical studies with significant statistical value (P:0.029).

Discussion

Limitations of the evidence depend on the need for more randomised studies on the topic to increase large-scale generalisation of therapies.

The recovery of patients with traumatic spinal cord injury due to the devastating sequelae they cause is of great importance, so the progress observed is considered important.

Keywords: [Spinal Cord Injury](#), Manipulation Of [Spinal Cord](#), Procedure On [Spinal Cord](#), [Neuromuscular Stimulation](#).

INTRODUCCIÓN

La justificación

La presente revisión sistemática nace de una pregunta formulada ¿Cuáles son los avances en el manejo de la lesión traumática de medula espinal?

La médula espinal es una estructura compleja con neuroanatomía altamente organizada que transmite información sensorial, motora y autónoma, por cuanto una lesión traumática suele asociarse a una pérdida significativa de la función o discapacidad permanente.

Fisiopatológicamente la lesión medular se produce en dos fases. 1) fase de daño mecánico provocado por el traumatismo que genera disfunción celular aguda inmediata y muerte celular y 2) fase de inflamación: siendo un determinante clave de la gravedad de la lesión secundaria debido a que, empeora significativamente la

muerte celular y los resultados funcionales, la respuesta inmune tras la lesión medular podría reducir sustancialmente la progresión de la lesión secundaria y mejorar los resultados del paciente (1).

La recuperación neurológica después de una lesión traumática de la médula espinal puede influir en las decisiones de tratamiento agudo, orientar las discusiones sobre el pronóstico, ayudar a establecer objetivos funcionales y ayudar en el desarrollo de programas de rehabilitación individualizados (2).

En Estados Unidos la edad media de afección de la lesión de medula espinal (LME) es de $47,2 \pm 18,9$ años con predominio en hombres, de los cuales el 22,4 % tienen lesión completa (3), no obstante, la incidencia mundial presenta tasas más altas en países en vías de desarrollo. Las lesiones medulares de causa traumática tienen una tasa de 26,48 por millón de personas, y las no traumáticas 17,93 por millón de personas (4).

En la población pediátrica de 0 a 15 años, en países desarrollados, la causa más frecuente fue por accidentes de tránsito a diferencia de los países subdesarrollados la causa más frecuente fue por caídas (5).

La clasificación de la Asociación Americana de Lesión Espinal (American Spinal Injury Association ASIA) clasifica las lesiones medulares en ASIA A: lesión completa, es decir el paciente no tiene función motora por debajo del nivel de lesión; ASIA B son lesiones incompletas, el paciente solo conservan función sensitiva sin función motora por debajo de la lesión. ASIA C: se refiere a función motora presente por debajo del sitio de la lesión, fuerza $<3/5$. ASIA D se observa función motora debajo de la lesión con fuerza muscular $>3/5$ y ASIA E con función sensitiva y motora normal (6).

La mortalidad de la LME fluctúa según el grado de la lesión, por ejemplo, las lesiones medulares tipo A tienen una mortalidad del 20,57% y las de tipo B 9,28% (7). Todo dependerá de los mecanismos de lesión que incluyen edema, inflamación medular, hemorragia medular o perimedular, acompañada de atrofia medular, ocasionando discapacidad importante para la marcha y equilibrio (8).

El diagnóstico inicial se puede realizar mediante tomografía axial computarizada, considerando que, en el 19% de los politraumatismos se diagnostica una lesión medular (9). La resonancia nuclear magnética puede ayudar a diagnosticar una

lesión de la médula espinal denominada SCIWORA (Spinal Cord Injury Without Radiographic Abnormality) que se caracteriza por ser, una lesión de la médula espinal que no se observa en las radiografías (10).

Las estrategias de rehabilitación se basan en ejercicio físico, con el objetivo de reactivar las redes neuronales gracias a la neuroplasticidad (11), en la actualidad, las modalidades de tratamiento para la LME crónica tienen una efectividad clínica limitada sobre los resultados por lo que, han surgido nuevas líneas de tratamiento como la administración perilesional intraoperatoria de células estromales mesenquimales expandidas de origen medular (12), lo cual demuestra resultados prometedores, ya que, uno de los principales objetivos es mejorar la capacidad de caminar, deambulación, confianza, equilibrio, tanto en lesiones completas como incompletas.

En pacientes con traumatismos agudos de médula espinal se recomienda el collar rígido porque brinda mayor estabilidad ($p < 0,005$) considerándose como tratamiento de inmovilización de primera línea (13).

El entrenamiento con rehabilitación convencional y rehabilitación de los músculos respiratorios forma parte de la atención habitual, no obstante, en una revisión sistemática, demostraron que la fisioterapia debe estar acompañada de asistencias adicionales como: entrenamiento asistido por robot o estimulación eléctrica que, en conjunto han mejorado los resultados de la rehabilitación (14, 15).

Un avance a futuro lo constituye la implantación de hidrogeles para reparación de lesiones traumáticas de la médula espinal, actualmente considerados como biomateriales prometedores para la regeneración y el control de eventos fisiopatológicos después de lesiones traumáticas de la médula espinal, siendo eficaces en transección y hemisección medular ($P < 0,00001$) (16).

Actualmente existen diversas terapias de estimulación, tales como: estimulación magnética transcraneal, estimulación eléctrica funcional. En casos como vejiga neurogénica la estimulación eléctrica funcional, es un tratamiento eficaz que reduce el volumen de retención urinaria (17).

Según datos provenientes de un metaanálisis de 31 estudios, la estimulación magnética transcraneal mejoró la velocidad de la marcha y la función de las

extremidades inferiores. La estimulación eléctrica funcional aumentó significativamente la independencia de las extremidades superiores (18).

Objetivo: Determinar los avances en el manejo de la lesión traumática de medula espinal.

MÉTODOS

Criterios de elegibilidad

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos médicos respondiendo a la pregunta de investigación con una población comprendida por pacientes posterior a presentar una lesión traumática de medula espinal.

Criterios de inclusión

Ensayos clínicos aleatorizados sobre avances en el manejo de la lesión traumática de medula espinal

Estudios aleatorizados sobre tratamientos farmacológicos de lesión de medula espinal

Criterios de exclusión:

1. Estudios clínicos no aleatorizados
2. Artículos donde no se evaluó la lesión traumática de medula espinal
3. Estudios con resultados no disponibles
- 4.- Estudios duplicados

Fuentes de información.

Se obtuvieron artículos publicados en los últimos 5 años con énfasis en ensayos clínicos que investigaron el manejo actual de la lesión medular traumática en bases de datos como Embase, CENTRAL y Google Académico.

Estrategia de búsqueda.

La búsqueda sistemática estructurada se realizó con la declaración PRISMA 2020 en bases de datos mencionadas con las palabras de búsqueda y operadores booleanos: manejo de la lesión de medula espinal, lesión traumática de medula espinal. La búsqueda se realizó en los idiomas español e inglés durante un periodo comprendido entre enero de 2025 y septiembre de 2025, como fecha de última búsqueda.

Proceso de selección de los estudios.

Se revisaron los criterios de inclusión y exclusión, luego se seleccionaron artículos, claros y precisos, con ensayos clínicos aleatorizados sobre el tema disponibles y publicados en un periodo de 5 años.

Proceso de extracción de los datos.

Para la extracción de datos se realizó en conjunto por todos los autores, se descargaron los artículos disponibles con el DOI o en la página web de donde se obtuvo la información, para la elaboración del artículo.

Lista de los datos.

Los datos del protocolo y el registro están disponibles con el autor de correspondencia.

Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales.

Para evitar el sesgo en la selección, los artículos fueron extraídos de forma aleatoria sin direccionar la búsqueda y fueron analizados en orden de nivel de evidencia. Además, se evaluó el sesgo mediante ROB2.

Medidas del efecto

Las medidas utilizadas para medir el efecto incluyeron el valor de P, Intervalo de Confianza (IC), desviación estándar (DE) y la diferencia media de los resultados.

Métodos de síntesis

Los estudios fueron sintetizados en un análisis descriptivo en la tabla 1 de Excel mediante la metodología PICO, en la cual se describió la población, intervención, comparación y resultados importantes.

Evaluación del sesgo en la publicación.

El principal sesgo fue proveniente de las deserciones en la gran mayoría de estudios, además dos estudios ocultaron la aleatorización lo que impide la generalización de los resultados a gran escala. El sesgo fue de nivel intermedio y bajo.

Certeza de la evidencia.

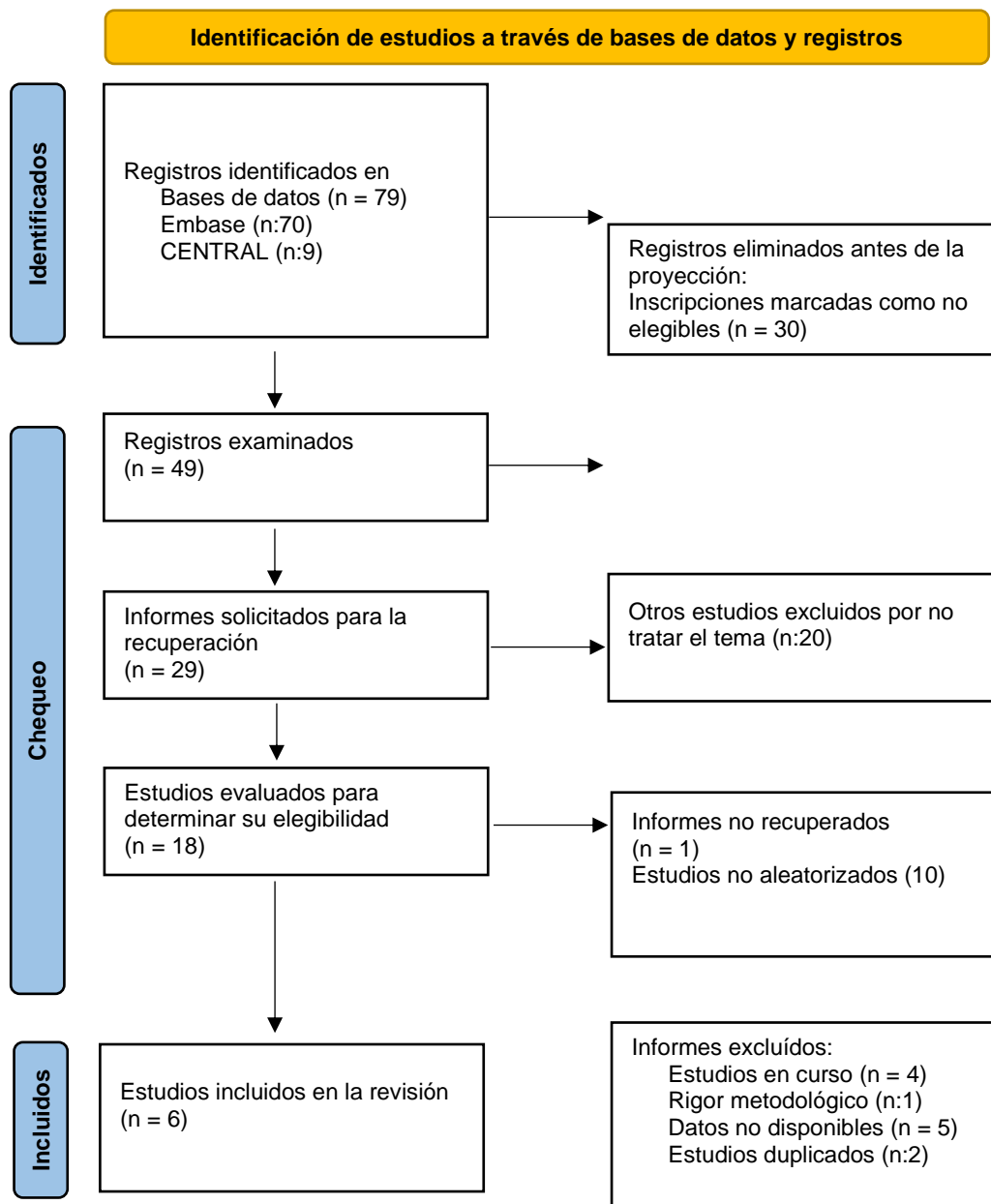
Se utilizaron ensayos clínicos aleatorizados para obtener nivel de evidencia alta según la metodología GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation).

RESULTADOS

Selección de estudios

Se seleccionaron 6 estudios clínicos aleatorizados que representaron avances actuales para el manejo de la lesión medular traumática, los estudios que cumplieron con la inclusión con resultados a favor y en contra de la intervención se describe en el diagrama de flujo de la investigación (figura 1), los estudios fueron seleccionados para su análisis.

Figura 1. Diagrama de flujo de PRISMA 2020



Descripción Figura 1: Diagrama de flujo de la investigación según la declaración PRISMA 2020. Se obtuvieron 6 ensayos clínicos aleatorizados en la inclusión final.

Se excluyeron todos los ensayos clínicos que no cumplían con los criterios de inclusión.

Características de los estudios

Los estudios que cumplieron con la inclusión se resumen en la tabla 1 con sus características individuales.

Tabla 1: Resumen de ensayos clínicos aleatorizados sobre los últimos avances en el manejo de la lesión medular traumática.

Autor	Población	Intervención	Resultados	Tipo de lesión
Edwards et al., 2022	Se evaluó la lesión medular crónica incompleta, recuperación basada en entrenamiento robótico con exoesqueleto (n:14) comparado con control activo (n:13) y control pasivo (n:6)	Entrenamiento de la marcha con exoesqueleto (12 semanas, 36 sesiones) con el entrenamiento de la marcha estándar o ningún entrenamiento de la marcha (aleatorización 2:2:1)	El entrenamiento robótico con exoesqueleto en participantes con lesión medular crónica mejora el estado clínico de deambulación $p < 0,05$	AIS-C y D
Gil-Agudo et al., 2023	23 pacientes con lesión medular incompleta con menos de 1 año de lesión, aleatoriza 12 pacientes a la intervención con exoesqueleto y 11 pacientes al grupo de control	15 sesiones de entrenamiento de la marcha de una hora con exoesqueleto	Los pacientes que recibieron tratamiento con exoesqueleto mejoraron su independencia para caminar, medida mediante WISCI-II luego del tratamiento $p < 0.0001$	(C2-L4) y gravedad (Escala de deterioro de la Asociación Estadounidense de Lesiones de la Médula

				Espinal [AIS] C o D)
Chikuda et al 2021	72 pacientes aleatorizados, 37 asignados a tratamiento quirúrgico temprano y 35 pacientes asignados a tratamiento quirúrgico tardío	Tratamiento quirúrgico temprano frente al tardío sobre la recuperación motora en la lesión medular cervical incompleta con estenosis cervical preexistente	Tratamiento quirúrgico temprano se relacionó con puntuaciones motoras mayores en relación con el grupo de tratamiento quirúrgico tardío a las 2 semanas.	Lesión medular cervical incompleta con estenosis del canal preexistente (Escala de deterioro C de la Asociación Estadounidense de Lesiones de la Columna Vertebral [ASIA]; sin fractura ni dislocación)
Fehlings et al., 2023	193 pacientes aleatorizados para valorar la seguridad y eficacia del riluzol (n:96) comparado al placebo (n:97) en lesión aguda de la médula espinal	Pacientes con lesión cervical (C4-C8) y <12 h desde la lesión, fueron aleatorizados para recibir riluzol, en una dosis oral de 100 mg dos veces al día (BID) durante las primeras 24	Cambio en las puntuaciones de la motricidad de las extremidades superiores, fueron significantes en pacientes en lesiones incompletas, mostró mejores niveles neurológicos en el grupo de riluzol a los 180 días desde el	Lesión medula espinal cervical (C4-C8) y <12 h

		h, seguida de 50 mg BID durante los siguientes 13 días, o placebo	inicio (0,50 frente a 0,12 en placebo; p: 0,077) con mayores eventos adversos del medicamento	
Ushida et al., 2023	300 pacientes de los cuales 150 pacientes aleatorizados a mirogabalina por 14 semanas y 150 pacientes asignados a placebo	Mirogabalina 10 o 15 mg dos veces al día para el manejo del dolor neuropático central posterior a una lesión de la médula espinal	La mirogabalina se asocia con mejoría estadística y clínica desde el inicio hasta la semana 14 (diferencia de medias de mínimos cuadrados [IC del 95%] frente a placebo -0,71 [-1,08 a -0,34], $p = 0,0001$)	Lesión de medula espinal de C4 a T12 identificada por resonancia magnética; escala ASIA A, B, C o D
Shackleton et al., 2024	110 pacientes, 16 pacientes aleatorizado a entrenamiento robótico versus entrenamiento habitual, involucraron sesiones de 60 minutos, 3 veces por semana, durante 24 semanas	Entrenamiento locomotor robótico comparado con entrenamiento basado en actividades	En términos de distancia recorrida en el Inventario Funcional Ambulatorio (SCI-FAI) aumentó significativamente ($p = 0,02$) en el grupo de entrenamiento robótico	Tetraplejia motora incompleta traumática crónica.

Autor: elaboración propia.

Descripción: avances en el manejo farmacológico y de rehabilitación física posterior a lesiones agudas y crónicas de medula espinal posterior a una lesión traumática.

Riesgo de sesgo de los estudios individuales

En lesiones incompletas de columna cervical, el tratamiento temprano durante las primeras 24 horas se asocia con mejoría en la puntuación media de recuperación con significancia estadística luego del tratamiento quirúrgico temprano en

comparación con el tratamiento tardío luego de 2 semanas de la lesión cervical incompleta. En este estudio el principal sesgo fueron las deserciones de los participantes (19).

En lesiones incompletas de medula espinal ASIA C y D, hasta más de 1 año de la lesión, la implementación del exoesqueleto mejora la deambulacion en comparación con otros tipos de entrenamiento o manejo pasivo. En el estudio se observa sesgo por deserciones y cantidad de población diferentes entre las intervenciones (20). Otro estudio que investigó la utilidad del exoesqueleto también obtuvo resultados a favor de la intervención, el sesgo fue de nivel bajo en la aplicación del estudio (21). La estimulación eléctrica no invasiva de la médula espinal para la función del brazo es una terapia a futuro en la tetraplejia crónica, el estudio se excluyó por falta de aleatorización (22).

El tratamiento de la lesión aguda de medula espinal con riluzol, así como la Estimulación eléctrica no invasiva de la médula espinal para la función del brazo y la mano en la tetraplejia crónica demostró mejorar la recuperación funcional en los cinco niveles del EuroQol-5D, en el mencionado estudio se observó sesgo por deserción (23).

El manejo del dolor neuropático central es una complicación crónica de una lesión de medula espinal. Nuevos medicamentos como la mirogabalina, se asoció a una mejoría estadística significativa, aunque se observaron mayores efectos adversos en el grupo medicamento (24).

La rehabilitación con apoyo robótico constituye uno de los avances más importantes en la recuperación, debido a que se ha observado mejoras significativas en lo que refiere a la fuerza y función cardiovascular con aumento de la frecuencia cardiaca en los pacientes que realizan rehabilitación con entrenamiento robótico en comparación con la rehabilitación habitual. El sesgo fue dependiente de las deserciones en el grupo robótico (25).

Resultados de los estudios individuales

Los estudios incluidos se describen en la tabla 1 con su efectos y precisión.

Resultados de la síntesis

Los resultados demuestran que los estudios están dirigidos a la rehabilitación física con ayuda robótica, alcanzando mejoras significativas. Otros tratamientos alcanzaron significancia estadística a favor en reducir el dolor de origen central y sobre la motricidad, siendo grandes avances para pacientes posterior a una lesión de medula espinal debido a que, mejoran las secuelas neurológicas, resultados obtenidos de 6 estudios clínicos aleatorizados con valor estadístico significativo (P:0,029).

Sesgos en la publicación

Existió sesgo por deserción en la gran mayoría de estudios de asignación robótica, además también hubo una muestra reducida en estas investigaciones por las dificultades de implementación a gran escala de la robótica, debido a que, se trata de un tratamiento relativamente nuevo en el manejo de la lesión de medula espinal y se requieren más estudios a largo plazo.

Certeza de la evidencia

La evidencia de nivel alto según GRADE, recoge estudios clínicos aleatorizados sobre tratamiento con resultados favorables en la rehabilitación con exoesqueleto y asistida por robot, sin embargo, nuevos tratamientos con medicamentos puedan mejorar la capacidad motriz y reducir el dolor de origen central.

DISCUSIÓN

El tratamiento conservador tiene tasas más altas de lesión completa de la médula espinal en comparación con el grupo quirúrgico (61,5% frente a 49,2; $p < 0,001$). La cirugía se acompañó de una tasa de mejoría en comparación con el tratamiento conservador (41,5% frente a 20,5%, $p < 0,001$) (26). En emergencia un paciente politraumatizado, se lo debe abordar como si tuviera una lesión de la médula espinal, hasta que se demuestre lo contrario, para evitar lesiones adicionales (27). La estabilización temprana de las vías respiratorias y la circulación del paciente, así como la inmovilización de la columna cervical y toracolumbar, son necesarias para prevenir y mejorar los resultados.

La tomografía computarizada y la resonancia magnética de la columna vertebral son auxiliares diagnósticos que ayudan a determinar la extensión de la lesión y a su vez, brinda orientación para efectuar el tratamiento quirúrgico.

Es importante tener en consideración que, todos los pacientes con lesión de la médula espinal requieren tratamiento en la unidad de cuidados intensivos y observación minuciosa para controlar las posibles complicaciones (28).

El estudio Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study, fue una investigación multicéntrica prospectiva publicada en 2012 que evaluó los resultados a los 6 meses después de una cirugía temprana (<24 horas) versus tardía (>24 horas) en un total de 313 pacientes con lesión medular cervical. Demostrando que, los pacientes que se sometieron a una cirugía descompresiva temprana tuvieron una tasa más alta de mejoría de 2 grados en la puntuación de la escala de deterioro ASIA (28). Por lo tanto, la evidencia clínica favorece la descompresión quirúrgica temprana y la estabilización de columna dentro de las 24 horas posteriores a las lesiones traumáticas de la médula espinal, independientemente de la gravedad o la ubicación de la lesión, no hay evidencia que respalde el uso de tratamientos con corticoides para mejorar los resultados en pacientes con lesiones traumáticas de la médula espinal, no se debe administrar metilprednisolona en dosis altas, debido a que se asocia con efectos adversos sistémicos (29). Actualmente se sigue investigando los métodos neuroregenerativos, como el trasplante de células madre, pero todavía es necesario realizar más investigaciones para avanzar en la recuperación funcional de los pacientes con lesiones traumáticas de la médula espinal (30).

Aspectos importantes del tratamiento en el área de emergencia son vía aérea del paciente, la presencia de shock y la prevención de complicaciones secundarias a la lesión primaria (31).

El índice de marcha para lesión de la médula espinal (WISCI-II) evalúa la deambulación durante la rehabilitación es una medida que evalúa la capacidad de caminar sin asistencia física durante al menos 10 metros y consta de 21 niveles de 0 a 20 el máximo nivel para caminar sin asistencia permite eficazmente valorar la recuperación de la marcha (32).

Limitaciones de la evidencia dependientes de la necesidad de más estudios aleatorizados sobre el tema para aumentar la generalización a gran escala de las terapias.

La interpretación de los resultados resalta la importancia de los estudios evaluados son gran importancia para la recuperación de los pacientes con lesión medular

traumática por las secuelas devastadoras que provocan, por lo que, se importantes los avances observados.

CONCLUSIÓN

La lesión traumática de medula espinal es considerada un evento devastador que genera un cambio abismal en la vida de un ser humano, por lo que, es importante brindar un tratamiento quirúrgico oportuno dentro de las primeras 24 horas posterior a la lesión para mejorar la motricidad y la calidad de vida de los pacientes. Considerando también que, se siguen investigando nuevas estrategias innovadoras y prometedoras que a futuro podrían ayudar en la recuperación y rehabilitación física de los pacientes.

La utilización de tecnología con exoesqueleto que ayuda a los pacientes a moverse es un avance actual de gran importancia en recuperación de motricidad, marcha e independencia, después de la lesión de la medula. Otros tratamientos nuevos incluyen: promover la regeneración medular, estimulación eléctrica que prosigue al tratamiento quirúrgico temprano, considerado como, la base de la recuperación según los resultados obtenidos en esta investigación.

Datos de los autores

Javier Aquiles Hidalgo Acosta <http://orcid.org/0000-0003-0090-3069>

Juan Carlos Briones Olvera <http://orcid.org/0000-0003-3569-0446>

Marcos Antonio Sánchez Macías <http://orcid.org/0009-0009-3317-6866>

Omar Antonio Rodríguez Álvarez <http://orcid.org/0009-0008-0692-1608>

Alfredo Guillermo Chong Viteri <https://orcid.org/0000-0003-4273-6561>

Registro y protocolo

La revisión sistemática ha sido registrada para su publicación con número de identificación 1152818 en el registro PROSPERO.

Financiación

Sin fuentes de apoyo financiero o patrocinadores externos en la investigación, se realizó con fondos propios de los autores.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Todos los datos están disponibles con el DOI, página web de las bases de datos y revistas consultadas o con el autor de correspondencia.

Aspectos éticos de la investigación.

Todos los participantes como autores de la revisión contribuyeron en la investigación de forma libre para proponer, ejecutar o presentar los resultados de la investigación y fueron supervisados por un revisor externo que no consta entre los autores del artículo, los recursos fueron elegidos de forma aleatoria según la declaración PRISMA 2020, sin dirigir la investigación y la búsqueda fueron analizados en conjunto para evitar manipulación de los datos, garantizando la disponibilidad de estos y su reproducibilidad, cumpliendo los aspectos éticos de una revisión sistemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Trolle C, Goldberg E, Linnman C. Spinal cord atrophy after spinal cord injury - A systematic review and meta-analysis. *Neuroimage Clin.* 2023;38:103372. doi: 10.1016/j.nicl.2023.103372.
2. Kirshblum S, Snider B, Eren F, Guest J. Characterizing Natural Recovery after Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma.* 2021 May 1;38(9):1267-1284. doi: 10.1089/neu.2020.7473. Epub 2021 Jan 22. PMID: 33339474; PMCID: PMC8080912.
3. Shea C, Slocum C, Goldstein R, Roach MJ, Griffin R, Chen Y, Zafonte R. Trauma Indicators in Spinal Cord Injury Rehabilitation Outcomes: A Retrospective Cohort Analysis of the National Trauma Data Bank and National Spinal Cord Injury Database. *Arch Phys Med Rehabil.* 2022 Apr;103(4):642-648.e2. doi: 10.1016/j.apmr.2021.12.001.
4. Lu Y, Shang Z, Zhang W, Pang M, Hu X, Dai Y, Shen R, Wu Y, Liu C, Luo T, Wang X, Liu B, Zhang L, Rong L. Global incidence and characteristics of spinal cord injury since 2000-2021: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med.* 2024 Jul 8;22(1):285. doi: 10.1186/s12916-024-03514-9.
5. Jazayeri SB, Kankam SB, Golestani A, Shobeiri P, Gholami M, Dabbagh Ohadi MA, Maroufi SF, Fattahi MR, Malekzadeh H, Jazayeri SB, Ghodsi Z, Ghodsi SM, Rahimi-Movaghar V. A systematic review and meta-analysis of the global epidemiology of pediatric traumatic spinal cord injuries. *Eur J Pediatr.* 2023 Dec;182(12):5245-5257. doi: 10.1007/s00431-023-05185-9.
6. Wang TY, Park C, Zhang H, Rahimpour S, Murphy KR, Goodwin CR, Karikari IO, Than KD, Shaffrey CI, Foster N and Abd-El-Barr MM. Management of Acute Traumatic Spinal Cord Injury: A Review of the Literature. *Front. Surg.* 8:698736. doi: 10.3389/fsurg.2021.698736
7. Sadeghi-Naini M, Yousefifard M, Ghodsi Z, Azarhomayoun A, Kermanian F, Golpayegani M, Alizadeh SD, Hosseini M, Shokraneh F, Komlakh K, Vaccaro AR, Jiang F, Fehlings MG, Rahimi-Movaghar V. In-hospital mortality rate in subaxial cervical spinal cord injury patients: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien).* 2023 Sep;165(9):2675-2688. doi: 10.1007/s00701-023-05720-5.
8. Zwijgers E, van Dijsseldonk RB, Vos-van der Hulst M, Hijmans JM, Geurts ACH, Keijsers NLW. Efficacy of Walking Adaptability Training on Walking

- Capacity in Ambulatory People With Motor Incomplete Spinal Cord Injury: A Multicenter Pragmatic Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2024 Jun;38(6):413-424. doi: 10.1177/15459683241248088.
9. Fathi M, Mirjafari A, Yaghoobpoor S, Ghanikolahloo M, Sadeghi Z, Bahrami A, Myers L, Gholamrezanezhad A. Diagnostic utility of whole-body computed tomography/pan-scan in trauma: a systematic review and meta-analysis study. *Emerg Radiol*. 2024 Apr;31(2):251-268. doi: 10.1007/s10140-024-02213-5.
10. Kalanjiyam GP, Kanna RM, Rajasekaran S. Pediatric spinal injuries-current concepts. *J Clin Orthop Trauma*. 2023 Feb 4;38:102122. doi: 10.1016/j.jcot.2023.102122.
11. Jo HJ, Perez MA. Corticospinal-motor neuronal plasticity promotes exercise-mediated recovery in humans with spinal cord injury. *Brain*. 2020 May 1;143(5):1368-1382. doi: 10.1093/brain/awaa052.
12. Awidi A, Al Shudifat A, El Adwan N, Alqudah M, Jamali F, Nazer F, Sroji H, Ahmad H, Al-Quzaa N, Jafar H. Safety and potential efficacy of expanded mesenchymal stromal cells of bone marrow and umbilical cord origins in patients with chronic spinal cord injuries: a phase I/II study. *Cytherapy*. 2024 Aug;26(8):825-831. doi: 10.1016/j.jcyt.2024.03.480.
13. Bäcker HC, Elias P, Braun KF, Johnson MA, Turner P, Cunningham J. Cervical immobilization in trauma patients: soft collars better than rigid collars? A systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2022 Dec;31(12):3378-3391. doi: 10.1007/s00586-022-07405-6.
14. Patathong T, Klaewkasikum K, Woratanarat P, Rattanasiri S, Anothaisintawee T, Woratanarat T, Thakkinstian A. The efficacy of gait rehabilitations for the treatment of incomplete spinal cord injury: a systematic review and network meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2023 Jan 23;18(1):60. doi: 10.1186/s13018-022-03459-w.
15. Woods A, Gustafson O, Williams M, Stiger R. The effects of inspiratory muscle training on inspiratory muscle strength, lung function and quality of life in adults with spinal cord injuries: a systematic review and Meta-analysis. *Disabil Rehabil*. 2023 Aug;45(17):2703-2714. doi: 10.1080/09638288.2022.2107085.
16. Ayar Z, Hassannejad Z, Shokraneh F, Saderi N, Rahimi-Movaghar V. Efficacy of hydrogels for repair of traumatic spinal cord injuries: A systematic

review and meta-analysis. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2022 Jun;110(6):1460-1478. doi: 10.1002/jbm.b.34993.

17. Jiang Y, Li X, Guo S, Wei Z, Xu S, Qin H, Xu J. Transcutaneous Electrical Stimulation for Neurogenic Bladder After Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuromodulation*. 2024 Jun;27(4):604-613. doi: 10.1016/j.neurom.2023.06.002.

18. Duan R, Qu M, Yuan Y, Lin M, Liu T, Huang W, Gao J, Zhang M, Yu X. Clinical Benefit of Rehabilitation Training in Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021 Mar 15;46(6):E398-E410. doi: 10.1097/BRS.0000000000003789.

19. Chikuda H, Koyama Y, Matsubayashi Y, Ogata T, Ohtsu H, Sugita S, et al. Effect of Early vs Delayed Surgical Treatment on Motor Recovery in Incomplete Cervical Spinal Cord Injury With Preexisting Cervical Stenosis: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*. 2021 Nov 1;4(11):e2133604. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.33604. Erratum in: *JAMA Netw Open*. 2021 Dec 1;4(12):e2143306. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.43306.

20. Edwards DJ, Forrest G, Cortes M, Weightman MM, Sadowsky C, Chang SH, Furman K, Bialek A, Prokup S, Carlow J, VanHiel L, Kemp L, Musick D, Campo M, Jayaraman A. Walking improvement in chronic incomplete spinal cord injury with exoskeleton robotic training (WISE): a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2022 Jun;60(6):522-532. doi: 10.1038/s41393-022-00751-8.

21. Gil-Agudo Á, Megía-García Á, Pons JL, Sinovas-Alonso I, Comino-Suárez N, Lozano-Berrio V, Del-Ama AJ. Exoskeleton-based training improves walking independence in incomplete spinal cord injury patients: results from a randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2023 Mar 24;20(1):36. doi: 10.1186/s12984-023-01158-z.

22. Moritz C, Field-Fote EC, Tefertiller C, van Nes I, Trumbower R, Kalsi-Ryan S, Purcell M, Janssen TWJ, Krassioukov A, Morse LR, Zhao KD, Guest J, Marino RJ, Murray LM, Wecht JM, Rieger M, Pradarelli J, Turner A, D'Amico J, Squair JW, Courtine G. Non-invasive spinal cord electrical stimulation for arm and hand function in chronic tetraplegia: a safety and efficacy trial. *Nat Med*. 2024 May;30(5):1276-1283. doi: 10.1038/s41591-024-02940-9.

23. Fehlings MG, Moghaddamjou A, Harrop JS, Stanford R, Ball J, Aarabi B, Freeman BJC, Arnold PM, Guest JD, Kurpad SN, Schuster JM, Nassr A,

Schmitt KM, Wilson JR, Brodke DS, Ahmad FU, Yee A, Ray WZ, Brooks NP, Wilson J, Chow DS, Toups EG, Kopjar B. Safety and Efficacy of Riluzole in Acute Spinal Cord Injury Study (RISCIS): A Multi-Center, Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blinded Trial. *J Neurotrauma*. 2023 Sep;40(17-18):1878-1888. doi: 10.1089/neu.2023.0163.

24. Ushida T, Katayama Y, Hiasa Y, Nishihara M, Tajima F, Katoh S, Tanaka H, Maeda T, Furusawa K, Richardson M, Kakehi Y, Kikumori K, Kuroha M. Mirogabalin for Central Neuropathic Pain After Spinal Cord Injury: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Phase 3 Study in Asia. *Neurology*. 2023 Mar 14;100(11):e1193-e1206. doi: 10.1212/WNL.0000000000201709.

25. Shackleton C, Evans R, West S, Bantjes J, Swartz L, Derman W, Albertus Y. Entrenamiento locomotor robótico en un entorno de bajos recursos: un piloto aleatorio y un ensayo de viabilidad. *Disabil Rehabil*. julio de 2024; 46(15):3363-3372. doi: 10.1080/09638288.2023.2245751.

26. Bin-Alamer O, Bhenderu LS, Stuebe C, Sagoo NS, Palmisciano P, Haider M, Aoun SG, Haider AS. Penetrating spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis of clinical features and treatment outcomes. *Spinal Cord*. 2022 Oct;60(10):845-853. doi: 10.1038/s41393-022-00813-x.

27. Hardy TA. Spinal Cord Anatomy and Localization. *Continuum (Minneap Minn)*. 2021 Feb 1;27(1):12-29. doi: 10.1212/CON.0000000000000899. Erratum in: *Continuum (Minneap Minn)*. 2021 Jun 1;27(3):800. doi: 10.1212/CON.0000000000001017. PMID: 33522735.

28. Eli I, Lerner DP, Ghogawala Z. Acute Traumatic Spinal Cord Injury. *Neurol Clin*. 2021 May;39(2):471-488. doi: 10.1016/j.ncl.2021.02.004. Epub 2021 Mar 31. PMID: 33896529.

29. Izzy S. Traumatic Spinal Cord Injury. *Continuum (Minneap Minn)*. 2024 Feb 1;30(1):53-72. doi: 10.1212/CON.0000000000001392. PMID: 38330472; PMCID: PMC10869103.

30. Sterner RC, Sterner RM. Immune response following traumatic spinal cord injury: Pathophysiology and therapies. *Front Immunol*. 2023 Jan 6;13:1084101. doi: 10.3389/fimmu.2022.1084101. PMID: 36685598; PMCID: PMC9853461.

31. Taylor EC, Fitzpatrick CE, Thompson SE, Justice SB. Acute Traumatic Spinal Cord Injury. *Adv Emerg Nurs J.* 2022 Oct-Dec 01;44(4):272-280. doi: 10.1097/TME.0000000000000428. PMID: 36269807.

32. Menon N, Gupta A, Khanna M, Taly AB. Ambulation following spinal cord injury and its correlates. *Ann Indian Acad Neurol.* 2015 Apr-Jun;18(2):167-70. doi: 10.4103/0972-2327.150605.