



Evaluación y tratamiento de Trauma Raquimedular pediátrico: Estado del Arte.

Roger Josué Jaramillo Ortiz¹, Jose Luis Arreaga Cordova², Rafael Arnaldo Cunache Baquerizo³, Patricia Isabel Ocampo Zambrano⁴, Delcy Andreina Guanopatin Vargas⁵.

 <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n12p158-172>

Artigo recebido em 12 de Outubro e publicado em 02 de Dezembro

ARTICULO DE REVISIÓN

RESUMEN

Introducción: El trauma raquimedular pediátrico, aunque poco común, tiene repercusiones duraderas en el desarrollo de los niños. Este artículo revisa la literatura médica actual, enfocándose en la evaluación, tratamiento y manejo del trauma raquimedular en esta población. Metodológicamente, se revisaron estudios recientes utilizando bases de datos como PubMed, Scopus y Web of Science, seleccionando artículos desde 2018 hasta 2024. Los resultados destacan la complejidad del trauma raquimedular pediátrico. Anatómicamente, la columna vertebral de los niños es más susceptible debido a su mayor flexibilidad y la desproporción en el tamaño de la cabeza. La incidencia está aumentando, aunque el trauma representa solo entre el 2% y el 5% de todas las lesiones medulares. Las lesiones cervicales son más comunes en los menores, mientras que en adolescentes prevalecen las lesiones toracolumbares. Los mecanismos de lesión incluyen fuerzas de aceleración/desaceleración y rotación. La evaluación de la lesión requiere técnicas de imagen específicas y una consideración cuidadosa de las diferencias biomecánicas infantiles. Innovaciones como las terapias con células madre y exoesqueletos muestran potencial para mejorar la recuperación, aunque requieren más investigación en pediatría. En conclusión, las lesiones medulares en niños requieren un enfoque multidisciplinario y ético para manejar sus efectos a corto y largo plazo. Aunque existen avances prometedores en tratamientos, la evaluación continua es esencial para implementar eficazmente estas innovaciones. Un manejo integral y adaptativo es crucial para optimizar los resultados en el cuidado pediátrico.

Palabras clave: Trauma espinal, trauma raquimedular, lesiones de medula espinal, diagnóstico y tratamiento.



Evaluation and Treatment of Pediatric Spinal Cord Injury: State of the Art.

ABSTRACT

Introduction: Pediatric spinal cord trauma, though uncommon, has lasting repercussions on children's development. This article reviews the current medical literature, focusing on the assessment, treatment, and management of spinal cord trauma in this population. Methodologically, recent studies were reviewed using databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science, selecting articles from 2018 to 2024. The results highlight the complexity of pediatric spinal cord trauma. Anatomically, children's spines are more susceptible due to their greater flexibility and disproportionate head size. The incidence is increasing, although trauma accounts for only 2% to 5% of all spinal cord injuries. Cervical injuries are more common in younger children, while thoracolumbar injuries prevail in adolescents. Mechanisms of injury include acceleration/deceleration and rotational forces. Injury assessment requires specific imaging techniques and careful consideration of the differences in children's biomechanics. Innovations such as stem cell therapies and exoskeletons show potential to improve recovery, although more research is needed in pediatrics. In conclusion, spinal cord injuries in children require a multidisciplinary and ethical approach to manage their short- and long-term effects. While there are promising advances in treatments, ongoing evaluation is essential to effectively implement these innovations. Comprehensive and adaptive management is crucial to optimize outcomes in pediatric care.

Keywords: Spinal trauma, spinal cord injury, spinal cord lesions, diagnosis, and treatment.

Instituição afiliada: Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0003-1245-2357>¹, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0009-0005-0160-1304>², Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0009-0009-8440-9818>³, Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí <https://orcid.org/0000-0002-2894-1318>⁴, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0009-0007-8123-3533>⁵.

Autor correspondente: Roger Josué Jaramillo Ortiz dr.rogerjaramillo_neuro89@hotmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUCCIÓN.

El trauma raquímedular pediátrico (TRMP) es una entidad compleja que, aunque representa un pequeño porcentaje de todas las lesiones medulares (LM), tiene implicaciones significativas debido a su impacto a largo plazo en el crecimiento y el desarrollo(1,2). La columna vertebral (CV) en la infancia difiere anatómica y fisiológicamente de la de los adultos, lo que influye tanto en el patrón de lesiones como en la recuperación(3,4). Las alteraciones estructurales y funcionales de los niños los hacen más propensos a ciertas lesiones debido a condiciones anatómicas únicas como la mayor flexibilidad espinal y el tamaño proporcionalmente más grande de su cabeza(5,6). A pesar de ser menos frecuente que en los adultos, el TRMP presenta una tasa significativa de morbilidad y mortalidad si no se maneja adecuadamente, subrayando la necesidad de un enfoque clínico especializado y adaptado(7).

Este artículo se propone revisar de manera detallada la literatura médica actual sobre la evaluación y el tratamiento del TRMP, abordando desde la fisiopatología y epidemiología hasta las innovaciones terapéuticas emergentes, para ofrecer un panorama del estado del arte en el manejo de estas lesiones.

METODOLOGIA.

Para desarrollar esta revisión sobre el TRMP, se siguió un enfoque metodológico destinado a recopilar y analizar la literatura más relevante y actualizada en el tema. La búsqueda se llevó a cabo en bases de datos académicas reconocidas y de acceso abierto, incluyendo PubMed, Scopus y Web of Science. Se utilizaron términos de búsqueda específicos como "trauma espinal", "trauma raquímedular", lesiones de medula espinal", " diagnóstico" y "tratamiento", en combinación con filtros de idioma limitados a publicaciones en inglés y español para garantizar una base amplia y comprensible del material de estudio. Se incluyeron artículos publicados desde 2018 hasta 2024, con el fin de incorporar investigaciones recientes que reflejen los avances científicos y médicos en la disciplina del trauma raquímedular pediátrico.

La recopilación de datos resultó en una selección cuidadosa de artículos que implicaban diversos tipos de estudios, como revisiones sistemáticas, ensayos clínicos, análisis retrospectivos de casos, y guías clínicas compuestas por equipos multidisciplinarios de expertos. Cada fuente fue examinada de forma crítica para extraer datos relevantes sobre la epidemiología, fisiopatología, técnicas de diagnóstico, tratamiento, y manejo a corto y largo plazo de pacientes

con trauma raquimedular pediátrico.

La información extraída se organizó en secciones temáticas claras para proporcionar una visión comprensiva del estado del arte en el manejo del trauma raquimedular pediátrico.

RESULTADOS.

Anatomía y Fisiopatología.

Anatomía de la columna vertebral pediátrica.

La CV se compone de 33 vértebras divididas en cinco regiones: cervical, torácica, lumbar, sacra y coccígea(4). Cada vértebra consta de un cuerpo vertebral anterior y un arco neural posterior, protegidos por discos intervertebrales(8,9). Durante la infancia, la CV aún está en desarrollo y presenta variaciones anatómicas que influyen en su susceptibilidad a lesiones. Por ejemplo, en los niños, las articulaciones facetarias son más pequeñas y están orientadas horizontalmente, lo que permite mayor movilidad pero menor estabilidad(3). Además, los ligamentos espinales y las cápsulas de las articulaciones son más elásticos y contienen mayor cantidad de agua, lo que proporciona flexibilidad, pero también puede llevar a lesiones sin anomalías radiográficas (SCIWORA) debido a la rigidez relativa de la médula espinal(7).

El desarrollo esquelético en niños continúa hasta la adolescencia y afecta el patrón de distribución de las lesiones. Antes de los ocho años, el fulcro del movimiento cervical se encuentra en C2-C3, mientras que en adolescentes es en C5-C6, lo que explica la predominancia de lesiones cervicales superiores en niños pequeños(5).

Fisiopatología y mecanismos de lesión.

La fisiopatología del TRMP se divide en dos fases principales: una lesión mecánica inmediata y una fase secundaria. La lesión inicial se produce por impactos mecánicos directos que pueden provocar contusiones o compresión de la médula espinal(7). Esta fase se caracteriza por daño estructural directo e inmediato, que puede ocasionar hemorragias localizadas y la deformación de tejidos. En pediatría, tres mecanismos principales son responsables de las LM : aceleración/desaceleración, rotación y flexión/extensión(8).

La fase secundaria está marcada por una serie de eventos celulares y moleculares que exacerbaban el daño inicial. Esto incluye la muerte neuronal y la disfunción, causadas por mecanismos como la respuesta inflamatoria exacerbada, liberación de citocinas proinflamatorias y estrés oxidativo(5). Este proceso se desenvuelve en varias etapas temporales: aguda, subaguda



y crónica, con cada etapa caracterizada por fenómenos específicos como necrosis celular, formación de cicatrices gliales y dieback axonal(3). La inflamación es un factor crucial en la fase aguda, caracterizada por la activación de células inmunitarias y la liberación de proteínas proinflamatorias, pudiendo prolongarse durante semanas(5).

Epidemiología.

La incidencia y prevalencia del TRMP, a pesar de ser relativamente baja en comparación con la población adulta, ha mostrado un incremento gradual mundialmente(1,2,10). La TRMP, aunque representa sólo entre el 2% y el 5% de todas las LM, sigue siendo una emergencia sanitaria que puede llevar a una alta mortalidad infantil si no se gestiona adecuadamente(1,2,8). El trauma vertebro-medular en niños es un fenómeno menos frecuente que en adultos, pero reviste una morbilidad significativa dado su impacto a largo plazo sobre el crecimiento y desarrollo del niño (3,11).

Los factores de riesgo más comunes para la ocurrencia de TRMP incluyen accidentes de tráfico, que afectan predominantemente a los adolescentes, y caídas, más prevalentes en niños menores de nueve años(5,6). Asimismo, ciertas condiciones anatómicas de la CV pediátrica, como su mayor flexibilidad y el tamaño relativamente grande de la cabeza, aumentan la susceptibilidad a lesiones cervicales superiores, especialmente en niños menores de ocho años(12).

Diferencias notables se observan entre los países desarrollados y en vías de desarrollo. Mientras que en los países avanzados, el TRMP constituye aproximadamente el 3,0% de todas las LM traumáticas, en los países en desarrollo este porcentaje aumenta al 4,5%(7). La prevalencia difiere también entre géneros, siendo significativamente mayor en varones.

Como se mencionó en párrafos anteriores, los mecanismos de LM incluyen aceleración/desaceleración, frecuentemente asociados con dislocaciones atlantoaxiales debidas a accidentes vehiculares, y mecanismos de rotación que pueden causar fijación rotatoria atlantoaxiales(8,13). Un hallazgo importante en la población pediátrica es la presencia de lesiones de la médula espinal sin anomalía radiográfica (SCIWORA), particularmente prevalentes debido a laxitudes ligamentosas(3,10).

Los estudios demuestran que los niños tienen mejores tasas de recuperación neurológica que los adultos, lo que resalta la importancia de una intervención temprana y adecuada (1,2,6). No obstante, la mortalidad sigue siendo significativa en casos de trauma severo, subrayando la



necesidad de protocolos preventivos robustos y estrategias de diagnóstico y tratamiento adaptadas a la pediatría(7).

Evaluación Inicial y Diagnóstico.

Evaluación en la Escena del Trauma.

El manejo inicial de un TRMP requiere de una evaluación exhaustiva en la escena del accidente. Los pasos clínicos más importantes incluyen la monitorización de las vías respiratorias, la respiración, la circulación y el estado neurológico, asegurando la prevención de cualquier movilidad adicional de la CV que pudiera exacerbar la LM(14,15).

Es recomendable proceder con una inmovilización adecuada para evitar lesiones posteriores a la médula espinal y déficits neurológicos. Tradicionalmente, esto se logra colocando al paciente pediátrico sobre una tabla espinal y utilizando un collarín cervical. La dificultad en aplicar estas técnicas a niños, debido a su tolerancia al dolor y diferencias anatómicas, a menudo requiere un enfoque pragmático(7,8,14,15).

Características Específicas de Evaluación Pediátrica.

El diagnóstico de TRMP requiere una consideración meticulosa de las diferencias anatómicas y biomecánicas en comparación con los adultos(5). Los niños presentan una mayor flexibilidad espinal, un mayor contenido de líquido cefalorraquídeo y ligamentos menos densos, lo cual confiere una mayor movilidad a la columna vertebral, aumentando el riesgo de SCIWORA (5,16,17). Consideraciones adicionales incluyen el potencial crecimiento que puede impactar la presentación radiográfica de ciertas lesiones, como las fracturas del odontoides y las epífisis vertebrales (3,7,10).

Lesiones de la columna cervical

En los niños, la lesión traumática de la médula espinal es más frecuente en la región cervical, representando un 80% de los casos en menores de catorce años, mientras que en adultos este porcentaje es de solo 30-40%(4,8,14). Las características anatómicas únicas, como el mayor tamaño de la cabeza, la alineación horizontal de las facetas y la flexibilidad de los ligamentos, influyen en que las lesiones cervicales sean prevalentes, especialmente en los menores de ocho años (3,5).

Los niños, al tener una cabeza relativamente más grande y pesada, son propensos a lesiones en la parte alta de la columna cervical (5). A medida que el niño crece, estas lesiones disminuyen debido al cambio en la biomecánica y el desarrollo del esqueleto(3,8).



Lesiones de la columna torácica y lumbar.

Aunque menos frecuentes que las lesiones cervicales, las lesiones torácicas y lumbares representan entre el 6 y el 9% de los traumatismos de columna pediátrica(8,15,18,19). Durante la adolescencia, las fracturas en la región toracolumbar son más comunes, impulsadas por la actividad deportiva y accidentes de tráfico (3). La maduración esquelética y la osificación continúan hasta los 18–25 años, alterando la susceptibilidad a diferentes tipos de lesiones(5).

Lesiones Sacras.

Las lesiones sacras son menos comunes en los pacientes más jóvenes pero representan un componente crítico a considerar dado que pueden estar acompañadas de lesiones en otras regiones del cuerpo, como se observa en poblaciones pediátricas mayores(7).

Deficiencias neurológicas

La incidencia de déficits neurológicos varía con la ubicación y extensión de la lesión medular. Se ha observado que las lesiones completas de la médula espinal en niños presentan una tasa más alta de recuperación que en adultos, posiblemente debido a la neuroplasticidad y un sistema nervioso central aún en desarrollo(6,10,15,17).

Herramientas Diagnósticas: Estudios de Imagen y Escalas de Evaluación.

Para realizar un diagnóstico preciso, la selección adecuada de herramientas de imagen es crucial. Aunque los rayos X son frecuentemente usados como una modalidad diagnóstica de primera línea debido a su menor radiación, su sensibilidad puede ser limitada comparada con la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM)(5,15,20). Estudios recientes han mostrado que la RM es especialmente útil en la evaluación de las lesiones en tejidos blandos y lesiones medulares, comparado con la TC(19). Sin embargo, los desafíos asociados con su uso, especialmente en poblaciones pediátricas, incluyen la necesidad de sedación para lograr imágenes de calidad debido a la incapacidad de los niños para permanecer quietos (7).

Las evaluaciones diagnósticas también deben considerar la posibilidad de SCIWORA, especialmente presente en niños debido a la flexibilidad de sus estructuras ligamentosas. Aunque las imágenes mediante RM pueden proporcionar información detallada, el seguimiento clínico es crucial para monitorear la progresión de déficits neurológicos transitorios o permanentes(3,21).

Dentro de las herramientas de evaluación, las escalas de clasificación de la ASIA (American Spinal Injury Association) y la ISNCSCI (International Standards for the Neurological Classification of Spinal Cord Injury) son comúnmente utilizadas para evaluar el nivel neurológico de la lesión y

el grado de impedimento, aunque estas escalas han sido validadas principalmente en adultos y necesitan consideraciones especiales para aplicarse en poblaciones pediátricas (22,23).

Tratamiento Agudo.

En la fase prehospitalaria, se prioriza la inmovilización adecuada de la columna vertebral para evitar lesiones neurológicas adicionales(1,8,12,15). Tradicionalmente, la inmovilización se realiza colocando al paciente sobre una tabla espinal y aplicando un collarín cervical; sin embargo, es importante adaptarse a las necesidades específicas pediátricas, considerando el tamaño de la cabeza y la anatomía del niño. En escenarios donde un collarín cervical podría inducir daño, se sugiere un manejo manual y cuidadoso para estabilizar al paciente mientras se transporta a un centro médico especializado (8).

Intervenciones quirúrgicas versus no quirúrgicas

El tratamiento del TRMP varía entre intervenciones quirúrgicas y conservadoras(6,7,24). Las intervenciones quirúrgicas son recomendadas en casos de inestabilidad espinal, lesiones que no son reductibles, progresión de déficits neurológicos debido a compresión, y deformidades progresivas. En ocasiones, la cirugía es obligatoria en lesiones inestables(8,24). Sin embargo, la mayoría de las lesiones espinales pediátricas sin compromiso neurológico o aquellas mostrando estabilidad pueden ser tratadas de manera conservadora, utilizando dispositivos de inmovilización como halo o collarines semirrígidos (7).

Manejo del dolor y prevención de complicaciones.

Analgésicos apropiados deben administrarse para asegurar el bienestar del paciente, mientras que la terapia farmacológica adaptada puede incluir anestésicos locales y medicamentos antiinflamatorios para el manejo del dolor neuropático y general. Además, la prevención de complicaciones como el desarrollo de tromboembolismo venoso es esencial, donde se puede utilizar profilaxis mecánica o farmacológica según la presentación clínica del paciente(3,6,15).

Rehabilitación y Manejo a Largo Plazo.

Dado el impacto profundo de las lesiones medulares en el desarrollo y calidad de vida de los niños, los programas de rehabilitación se han convertido en un elemento esencial de la gestión post-lesión medular(6,17,25). A continuación, se describen los componentes clave de la rehabilitación pediátrica y el manejo a largo plazo:

Programas de rehabilitación física.

La rehabilitación física forma la columna vertebral del manejo a largo plazo de las lesiones medulares en niños. El objetivo principal es mejorar la movilidad funcional, la independencia y reintegrar a los pacientes en sus actividades diarias y escolares. El uso de terapias de rehabilitación que fomenten la neuro plasticidad es fundamental, lo cual incluye sistemas de entrenamiento basado en el movimiento y el uso de exoesqueletos para promover la bipedestación y deambulación. Las intervenciones como la estimulación eléctrica funcional son prometedoras y han mostraron mejorar tanto la función motora como la calidad de vida en ensayos clínicos recientes(5,17,25).

Soporte psicológico y social.

El impacto de una lesión medular va más allá del daño físico, afectando también la salud mental y el bienestar social de los pacientes y sus familias. La depresión y la ansiedad son comunes en niños con lesiones medulares, y su abordaje temprano es esencial para mejorar los resultados globales del tratamiento(26). Las intervenciones psicológicas deben centrarse en fomentar la resiliencia, mejorar las estrategias de afrontamiento y apoyar la adaptación social y familiar. El soporte social, a través de grupos de apoyo y servicios comunitarios, también juega un papel crítico en la rehabilitación, proporcionando recursos para actividades recreativas y oportunidades para la interacción social(27).

Adaptaciones y tecnología asistencial.

La integración de adaptaciones tecnológicas es clave en la rehabilitación pediátrica. Las ayudas mecánicas y los dispositivos asistenciales, como las sillas de ruedas motorizadas, los dispositivos de comunicación y las herramientas de asistencia para la vida diaria, son cruciales para mejorar la autonomía y calidad de vida de los pacientes(8). Además, el uso de tecnología de comunicación asistida permite a los niños con discapacidades motoras severas interactuar de manera más efectiva con su entorno y participar activamente en la educación y el ocio.

Perspectivas futuras.

La investigación sobre interfaces cerebro-computadora, que permiten el control de dispositivos externos mediante señales cerebrales, ofrece una esperanza para restaurar algunas funciones motoras perdidas (5). Además, los avances en terapias farmacológicas y biológicas, como inhibidores de Nogo-A y agentes surfactantes, están en evaluación para mejorar la recuperación funcional y facilitar la rehabilitación(28).

Innovaciones en el Tratamiento.

Nuevas Tecnologías y Terapias Emergentes.

La introducción de terapias celulares y biomateriales se presenta como uno de los terrenos más prometedores. Las terapias basadas en células madre, incluyendo las células madre mesenquimales derivadas de médula ósea y tejido adiposo, han mostrado potencial para favorecer la neurogénesis y la remielinización, aspectos críticos para la recuperación de la función neurológica. Estas células son capaces de secretar factores tróficos que modulan la respuesta inflamatoria, promoviendo un entorno más favorable para la reparación del tejido nervioso. Ensayos en curso están evaluando su seguridad y eficacia, especialmente en aquellos pacientes que presentan lesiones crónicas(3,5,7).

Otro enfoque innovador es el uso de exoesqueletos en la rehabilitación, que pretende no solo ofrecer apoyo físico, sino también estimular procesos de plasticidad neuronal. Esta tecnología está siendo evaluada en múltiples ensayos clínicos con la esperanza de integrarse en programas de rehabilitación rutinarios, a fin de mejorar la función cardiopulmonar y fisiología muscular en pacientes pediátricos con lesiones crónicas de médula espinal(3).

Investigación en Curso y Ensayos Clínicos.

Estudios recientes han explorado el uso de moduladores farmacológicos como el riluzole, conocido por sus propiedades neuro protectoras en enfermedades como la ELA, para su posible aplicación en trauma raquímedular(5,29,30). A pesar de los resultados prometedores en algunos estudios preclínicos y clínicos iniciales, se requieren más investigaciones para determinar su eficacia en pediatría(5).

Además, los biomateriales, como los andamios de biopolímeros, están diseñados para proporcionar un soporte estructural que fomente la regeneración axonal y la remodelación del tejido nervioso. Estos materiales, que incluyen mezclas biodegradables de hialurona/metilcelulosa, funcionan como vehículos para la entrega localizada de factores de crecimiento y agentes de degradación de cicatrices, facilitando un entorno propicio para la recuperación (3).

Retos y Dirección Futura.

Tanto los tratamientos con células madre como las tecnologías de rehabilitación avanzada requieren una cuidadosa evaluación para determinar su seguridad y efectividad en la población pediátrica antes de que se conviertan en parte integral del manejo estándar(7,8).

La convergencia de estas innovaciones representa una frontera emocionante en el



tratamiento del trauma raquimedular pediátrico, ofreciendo la promesa de mejorar significativamente los resultados funcionales y la calidad de vida de los pacientes afectados. Con un enfoque en la investigación colaborativa y multidisciplinaria, el futuro del manejo pediátrico del trauma raquimedular se perfila prometedor.

Desafíos y Consideraciones Éticas.

La variabilidad en las técnicas de imagenología, como la reducción del uso de TC para minimizar la exposición a la radiación, y el uso preferencial de la RM para evaluar déficits neurológicos, plantea preguntas sobre el balance entre exactitud diagnóstica y seguridad y bienestar del paciente pediátrico. La sensibilización sobre condiciones como SCIWORA y el impacto limitado de los métodos estándar de imagen enfatizan la necesidad de herramientas diagnósticas más específicas para la población pediátrica.

Los dilemas éticos emergen en el manejo de estas lesiones. La toma de decisiones en el tratamiento, por ejemplo, involucrando intervenciones quirúrgicas, se enfrenta a la dificultad de equilibrar los beneficios a corto plazo con las posibles implicancias sobre el crecimiento y desarrollo a largo plazo de un niño. Las recomendaciones actuales sugieren un manejo conservador para muchas de estas lesiones debido a los cambios anatómicos previstos con el crecimiento, pero esta estrategia también trae consigo el riesgo de secuelas permanentes y planteamientos cuestionables sobre la calidad de vida y autonomía futuras del paciente.

Además, la cuestión del uso de terapias emergentes y experimentales, tales como las terapias con células madre, plantea preguntas éticas fundamentales sobre la seguridad, la efectividad y la infraestructura financiera necesaria para su implementación sistemática en pacientes pediátricos. Los posibles efectos a largo plazo de tales intervenciones y su viabilidad en el flujo común de atención clínica deben ser evaluados éticamente antes de la adopción más amplia.

Desde una perspectiva más amplia, la literatura enfatiza la importancia de un enfoque multidisciplinario no solo para el tratamiento médico, sino también para la rehabilitación, el apoyo psicológico y la integración social del paciente pediátrico [Cunha et al., 2023]. Los profesionales deben operar dentro de un marco ético sólido que considere el bienestar general del niño, su familia y el impacto de las decisiones clínicas en su futuro.

CONCLUSIÓN.

EL TRMP representan un área compleja y desafiante en términos clínicos y éticos. A pesar



de su baja prevalencia en comparación con los adultos, sus consecuencias en el desarrollo y la calidad de vida de los niños son profundas y de largo alcance. Esta revisión destaca que, aunque existen protocolos diagnósticos y terapéuticos bien establecidos, las particularidades anatómicas de los niños requieren adaptaciones específicas para garantizar resultados óptimos. Se han logrado avances significativos en las terapias emergentes, incluyendo el uso de células madre y tecnología de exoesqueletos, que prometen mejorar la neuroplasticidad y la recuperación funcional. Sin embargo, la aplicabilidad segura y eficaz de estas innovaciones aún necesita evaluación exhaustiva en la población pediátrica. Los desafíos éticos, como el balance entre intervención y repercusión sobre el crecimiento, subrayan la necesidad de un enfoque precautorio. Un manejo exitoso del TRMP dependerá de la colaboración interdisciplinaria y de un marco ético robusto que guíe la aplicación de nuevos tratamientos, asegurando que la salud y el bienestar a largo plazo del paciente se mantengan como prioridades centrales.

REFERENCIAS.

1. Falavigna A, Righesso O, Guarise da Silva P, Sanchez Chavez FA, Sfreddo E, Pelegrini de Almeida L, et al. Epidemiology and Management of Spinal Trauma in Children and Adolescents <18 Years Old. *World Neurosurgery*. 1 de febrero de 2018;110:e479-83.
2. Hagan MJ, Feler J, Sun F, Leary OP, Bajaj A, Kanekar S, et al. Spinal cord injury in adult and pediatric populations. *Interdisciplinary Neurosurgery*. 1 de septiembre de 2022;29:101594.
3. An S, Hyun SJ. Pediatric Spine Trauma. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 25 de abril de 2022;65(3):361.
4. Kaiser JT, Reddy V, Launico MV, Lugo-Pico JG. Anatomy, Head and Neck: Cervical Vertebrae. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539734/>
5. Cunha NSC, Malvea A, Sadat S, Ibrahim GM, Fehlings MG. Pediatric Spinal Cord Injury: A Review. *Children*. 26 de agosto de 2023;10(9):1456.
6. Mandadi AR, Koutsogiannis P, Das JM, Waseem M. Pediatric Spine Trauma. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442027/>
7. Oude Alink M, Stassen H, Spoor J, Renkens J, Moors X, Dremmen M, et al. Traumatic Spinal Injury in Children; Time to Revise Pre-Hospital and Diagnostic Protocols? *Journal of Clinical Medicine*. enero de 2024;13(8):2372.
8. Benmelouka A, Shamseldin LS, Nourelden AZ, Negida A. A Review on the Etiology and



- Management of Pediatric Traumatic Spinal Cord Injuries. *Advanced Journal of Emergency Medicine*. 10 de octubre de 2019;4(2):e28.
9. DeSai C, Reddy V, Agarwal A. Anatomy, Back, Vertebral Column. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525969/>
 10. Wang JZ, Yang M, Meng M, Li ZH. Clinical characteristics and treatment of spinal cord injury in children and adolescents. *Chinese Journal of Traumatology*. 16 de abril de 2022;26(1):8.
 11. Mendenhall S, Mobasser D, Relyea K, Jea A. Spinal instrumentation in infants, children, and adolescents: a review. *J Neurosurg Pediatr*. 1 de enero de 2019;23(1):1-15.
 12. Sirén A, Nyman M, Syvänen J, Mattila K, Hirvonen J. Emergency MRI in Spine Trauma of Children and Adolescents—A Pictorial Review. *Children*. julio de 2023;10(7):1094.
 13. Boban J, Thurnher MM, Van Goethem JW. Spine and Spinal Cord Trauma. En: Barkhof F, Jäger HR, Thurnher MM, Rovira À, editores. *Clinical Neuroradiology: The ESNR Textbook* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 401-28. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68536-6_28
 14. Gopinathan NR, Viswanathan VK, Crawford AH. Cervical Spine Evaluation in Pediatric Trauma: A Review and an Update of Current Concepts. *Indian Journal of Orthopaedics*. octubre de 2018;52(5):489.
 15. Mistry D, Munjal H, Ellika S, Chaturvedi A. Pediatric spine trauma: A comprehensive review. *Clin Imaging*. julio de 2022;87:61-76.
 16. McIntyre A, Sadowsky C, Behrman A, Martin R, Augutis M, Cassidy C, et al. A Systematic Review of the Scientific Literature for Rehabilitation/Habilitation Among Individuals With Pediatric-Onset Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2022;28(2):13-90.
 17. Roaldsen KS, Jørgensen V, Höfers W, Sällström S, Augutis M, Ertzgaard P, et al. Pediatric spinal cord injury rehabilitation: A protocol for an international multicenter project (SINpedSCI). *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*. 22 de junio de 2022;15(2):395.
 18. Herren C, Jarvers JS, Jung MK, Blume C, Meinig H, Ruf M, et al. Paediatric spine injuries in the thoracic and lumbar spine—results of the German multicentre CHILDSPINE study. *Eur Spine J*. 1 de abril de 2024;33(4):1574-84.
 19. Sayama C, Chen T, Trost G, Jea A. A review of pediatric lumbar spine trauma. 1 de julio de 2014; Disponible en: <https://thejns.org/focus/view/journals/neurosurg-focus/37/1/article-pE6.xml>
 20. Slaar A, Fockens MM, Wang J, Maas M, Wilson DJ, Goslings JC, et al. Triage tools for detecting cervical spine injury in pediatric trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 7 de diciembre de 2017;12(12):CD011686.
 21. Konovalov N, Peev N, Zileli M, Sharif S, Kaprovoy S, Timonin S. Pediatric Cervical Spine



- Injuries and SCIWORA: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 31 de diciembre de 2020;17(4):797.
22. Rupp CMR, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Revised 2019. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. Spring de 2021;27(2):1.
 23. Snider BA, Eren F, Reeves RK, Rupp R, Kirshblum SC. The International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Classification Accuracy and Challenges. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 15 de febrero de 2023;29(1):1-15.
 24. Dauleac C, Beuriat PA, Di Rocco F, Szathmari A, Mottolese C. Surgical Management of Pediatric Spine Trauma: 12 Years of Experience. *World Neurosurgery*. 1 de junio de 2019;126:e1494-502.
 25. Dalle DU, Sriram S, Bandyopadhyay S, Egiz A, Kotecha J, Kanmounye US, et al. Management and Outcomes of Traumatic Pediatric Spinal Cord Injuries in Low- and Middle-Income Countries: A Scoping Review. *World Neurosurgery*. 1 de septiembre de 2022;165:180-187.e3.
 26. Mofatteh M, Mashayekhi MS, Arfaie S, Chen Y, Malhotra AK, Skandalakis GP, et al. Anxiety and Depression in Pediatric-Onset Traumatic Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *World Neurosurgery*. 1 de abril de 2024;184:267-282.e5.
 27. Wilson CS, DeDios-Stern S, Bocage C, Gray AA, Crudup BM, Russell HF. A systematic review of how spinal cord injury impacts families. *Rehabil Psychol*. agosto de 2022;67(3):273-303.
 28. Feng C, Deng L, Yong YY, Wu JM, Qin DL, Yu L, et al. The Application of Biomaterials in Spinal Cord Injury. *International Journal of Molecular Sciences*. enero de 2023;24(1):816.
 29. Vasconcelos NL, Gomes ED, Oliveira EP, Silva CJ, Lima R, Sousa N, et al. Combining neuroprotective agents: effect of riluzole and magnesium in a rat model of thoracic spinal cord injury. *The Spine Journal*. 1 de agosto de 2016;16(8):1015-24.
 30. Wu Q, Zhang Y, Zhang Y, Zhang W, Zhang W, Liu Y, et al. Riluzole improves functional recovery after acute spinal cord injury in rats and may be associated with changes in spinal microglia/macrophages polarization. *Neuroscience Letters*. 1 de abril de 2020;723:134829.