

Trauma

Particularidades del trauma vertebro medular en niños

Revisión de la literatura

Juan Pablo Salgado Cardozo. Servicio de Neurocirugía Hospital infantil Rafael Henao Toro, Neurocirujano Universidad del Rosario, jefe del departamento quirúrgico de la Universidad de Caldas. Correo: juanpasalgado14@hotmail.com

Mauro Marcelo Suárez Marín. Interno de Neurocirugía de la universidad de Caldas, Monitor de Neurocirugía y Neurología Universidad de Caldas, estudiante del programa de Medicina Universidad de Caldas Correo: mauro2101_suarez@hotmail.com

Jesús Albeiro Morales. Servicio de Neurocirugía Hospital Infantil Rafael Henao Toro, Neurocirujano Universidad Pontificia Católica de Chile, Profesor catedrático Universidad de Caldas.

Maridelma Villanueva Ávila. Medicina General. Universidad de Caldas, Manizales-Caldas.

Resumen: El trauma es la principal causa de muerte y discapacidad en los niños mayores de un año de edad, si bien el Trauma Vertebro Medular (TVM) pediátrico es una condición rara, afecta de manera importante al paciente, su familia y la sociedad.

Las lesiones congénitas y adquiridas de la médula espinal pediátrica plantean desafíos únicos debido a la naturaleza dinámica del desarrollo cognitivo y físico del niño en crecimiento y el impacto del TVM en este complejo proceso. La columna pediátrica es única en términos de estabilidad, patrón de lesiones, evaluación clínica, radiográfica y tratamiento debido a sus peculiaridades anatómicas, biomecánicas y fisiológicas.

En esta revisión, se proporciona una visión general del cuadro clínico, el diagnóstico y manejo del TVM pediátrico haciendo énfasis especial en las peculiaridades biomecánicas y fisiológicas de las que derivan dichas diferencias con el TVM en la población adulta.

Palabras clave: Trauma vertebromedular, Lesión de la médula espinal, Lesión de la médula espinal sin anormalidad radiológica, Trauma pediátrico.

Abstract: Trauma is the leading cause of death and disability in children over one year of age, although Pediatric Vertebromedular Trauma (VMT) is a rare condition, it affects the patient, his family, and the society significantly.

Congenital and acquired pediatric spinal cord injuries pose unique challenges due to the dynamic nature of cognitive and physical development in the growing child's and the impact of VMT in this complex process The pediatric spine is unique in terms of stability, injury pattern, clinical evaluation, radiographic and treatment due to its anatomical, biomechanical and physiological peculiarities.

In this review, we provide an overview of the clinical picture, diagnosis and management of pediatric VMT with special emphasis on the biomechanical

and physiological peculiarities from which these differences are derived with the TVM in the adult population.

Key words: Vertebromedular trauma, Spinal cord injury, Spinal cord injury without radiographic abnormality, Pediatric trauma.

INTRODUCCIÓN

El trauma es la principal causa de muerte y discapacidad en los niños mayores de un año de edad, el Trauma Vertebro Medular (TVM) pediátrico es una condición rara que involucra solo del 1 a 2% de todos los casos de trauma pediátrico, pero con implicaciones devastadoras que afectan al paciente, su familia y la sociedad. Si bien el Centro Estadístico Nacional de Lesiones de la Medula Espinal (NSCISC) encontró en el 2010 que 9,86% de los pacientes con Lesión de la Médula Espinal (LME) eran menores de 18 años, debemos tener en mente que hay un gran sub registro en esta población dado que la epidemiología de la LME en niños es difícil de caracterizar completamente debido a los limitados datos disponibles y la superposición con politraumatismo y muerte^{1, 2, 3}.

Las lesiones congénitas y adquiridas de la médula espinal pediátrica plantean desafíos únicos debido a la naturaleza dinámica del desarrollo cognitivo y físico en el niño en crecimiento y el impacto del TVM en este complejo proceso. Además, La columna pediátrica es única en términos de estabilidad, patrón de lesiones, evaluación clínica, radiográfica y tratamiento debido a sus peculiaridades anatómicas, biomecánicas y fisiológicas^{1, 2, 3}.

La interacción mutua entre el crecimiento y el desarrollo vertebro medular es responsable de las diversas deformidades clínicas frecuentemente observadas posterior al TVM en estos pacientes. El tratamiento óptimo del paciente pediátrico con TVM requiere el conocimiento de los problemas médicos y vertebro medulares característicos de esta población, así como la disponibilidad de un

equipo multidisciplinario especializado para el cuidado de tal paciente^{1, 2}.

En esta revisión, se proporciona una visión general del cuadro clínico, el diagnóstico y manejo del TVM pediátrico haciendo énfasis especial en las peculiaridades biomecánicas y fisiológicas de las que derivan dichas diferencias con el TVM en la población adulta.

Epidemiología del trauma raquimedular en pacientes pediátricos

El trauma es la principal causa de muerte y discapacidad en los niños mayores de un año¹. Las lesiones de la médula espinal, a pesar de involucrar solo de 1 a 2% de todos los casos de trauma pediátrico, pueden ser muy debilitantes requiriendo tratamiento de por vida y la utilización de los recursos médicos^{2, 3}.

El Centro Estadístico Nacional de Lesiones de la Medula Espinal (NSCISC) encontró en el 2010 que 9,86% de los pacientes con Lesión de la Médula Espinal (LME) eran menores de 18 años. La gran mayoría de las lesiones implica la médula espinal cervical, mientras que solo el 5,4 al 34% implica la columna toraco-lumbar. Los mismos datos demostraron que solo el 1% de las lesiones de la médula espinal se produjeron en los pacientes menores de 13 años³.

La epidemiología de la LME en niños es difícil de caracterizar completamente debido a los limitados datos disponibles y la superposición con politraumatismo y muerte¹. Conllevando al importante grado de subregistro en los niños, sin embargo puede extrapolarse a partir de datos de adultos, los cuales evidencian una prevalencia de LME aproximada del 3,7%. Se podría esperar que los pacientes pediátricos con trauma tuvieran una incidencia de LME un poco por encima de 1%. La incidencia de la lesión medular es de aproximadamente 1.99 al 7,4 por cada 100.000 niños⁴, en los Estados Unidos cada año son admitidos a los servicios de urgencias aproximadamente 1.455 niños con LME³.

Diferencias epidemiológicas entre adultos y niños en el trauma vertebromedular

En los niños las principales causas de LME a menudo se describen como accidentes de tráfico (MVC: motor vehicle collision), caídas, lesiones por violencia o de autolesión, actividades deportivas o recreativas y lesiones relacionadas con el trabajo^{1,5}. Se informa que los accidentes de tránsito son la principal causa de lesión medular en los países desarrollados, que se producen principalmente en los adultos más jóvenes, seguido de caídas como la segunda causa principal, que se encuentra predominantemente en los ancianos. Encontramos patrones similares para la LME en la edad pediátrica, donde las causas más comunes de LME a menudo se describen como los accidentes de tránsito (29%) y las caídas (26%), seguido del deporte (20%). Cuando estos mismos niños fueron estratificados por grupos de edad, los MVC (71%) eran la causa más común de LME en los infantes, pero las caídas eran la causa más común en niños más pequeños (48%) y los niños en edad escolar (34%) y deportes (29 %) eran la causa más común de LME en los adolescentes. Las causas de la LME son una de las características donde las poblaciones adultas y pediátricas siguen tendencias bastante similares⁶.

Los niños más pequeños tienen etiologías relativamente únicas para sus LME, como las relacionadas con el cinturón de seguridad o lesiones en el parto, así como también una fisiopatología única de sus lesiones, incluyendo las LME sin alteraciones radiológicas (SCIWORA). En comparación con los adultos y adolescentes⁷.

Los niños con lesión de la médula espinal experimentan algunas complicaciones secundarias únicas tales como la escoliosis, la disreflexia autonómica, displasia de cadera entre otras, que requieren modificaciones en el manejo debido a la fisiología pediátrica⁸.

En cuanto a la epidemiología del nivel lesionado, este difiere con base en la categoría de edad, las lesiones en C2 se producen en los grupos pre-ado-

lescentes, las lesiones de C4 ocurren en el grupo de adolescentes, y lesiones C4-C5 se produce en el grupo de adultos. Lo cual se explica desde las diferencias biomecánicas como vamos a ver más adelante⁹.

La tasa de mortalidad es de 18,5%, ocurriendo más frecuentemente en los niños menores (edad media 5 años) y se asoció comúnmente a los MVC (95%), siendo generalmente asociado a lesiones de la columna cervical alta (74%)⁹. La relación de mortalidad pediátrica / adultos, siguiente a una LME es aproximadamente 2,5:1, sin embargo es difícil establecer la tasa de mortalidad de la LME en la población pediátrica, sin embargo se acepta generalmente que la LME pediátrica se asocia con una mayor tasa de mortalidad, y una causa sugerida es la alta prevalencia de lesiones en la cabeza asociadas a LME (40% de los casos)⁶.

Diferencia en la incidencia de LME en la población pediátrica y en los adultos

Si bien los niños tienen una mayor predisposición anatómica y biomecánica, la explicación más probable es que los niños pequeños tienen una reducción de la participación en actividades de alto riesgo (tales como los deportes de contacto, surf / buceo, el consumo de alcohol y exceso de velocidad en vehículos), o indirectamente, por ejemplo a través de sistemas de retención infantil de protección (con soporte lateral acolchado, que absorbe la energía y arneses de 5 puntos) que pueden permitir una mejor protección que un cinturón de seguridad para adultos⁶.

Diferencias en la biomecánica y anatomía entre niños y adultos

Estas diferencias juegan un papel central en la comprensión de los traumatismos en la columna vertebral pediátrica. La embriología es siempre un punto de partida apropiado para la comprensión de cualquier proceso anatómico.

La columna vertebral fetal en desarrollo deriva de mesodermo paraxial que está situado lateral al tubo

neural. El mesodermo paraxial se convierte en somitas pareados, que luego forman el esqueleto axial y sus ligamentos asociados, tendones y músculos. El desarrollo de la columna vertebral comienza en el útero y continúa hasta la edad adulta temprana³.

La osificación del atlas y axis es única en comparación con el resto de la columna vertebral subaxial. El arco anterior de C1 típicamente se osifica a la edad de 1 año, y la osificación completa del arco posterior se produce en torno a la edad de 3 años. El atlas logra el aspecto radiográfico normal de un adulto a la edad de 7 años. El axis es más complejo, en el hay un total de seis centros de osificación (a diferencia de los típicos cuatro en otros niveles de la columna vertebral); el proceso odontoides comienza a fundirse con el cuerpo de C2 entre las edades de 3 y 6 años, y se completa normalmente a la edad de 11 años³.

La columna cervical subaxial de C3 a C7 normalmente sigue un patrón muy similar de osificación. Los arcos posteriores típicamente se fusionan con el cuerpo a la edad de 6 años. La osificación completa normalmente no se produce hasta los 25 años.

Lo central para la comprensión de las radiografías de la columna vertebral en los niños es la capacidad de reconocer las variantes epifisarias, la osificación incompleta de las sincondrosis y apófisis, la arquitectura vertebral única, la pseudosubluxación de C2 sobre C3, el cabalgamiento del atlas anterior en relación con la odontoides en extensión, y los variados intervalos atlantodentales. La columna pediátrica es por lo tanto única en términos de estabilidad, patrón de lesiones, evaluación clínica, radiográfica y tratamiento³.

En relación con la de los adultos, la columna vertebral pediátrica es a la vez más resistente a las lesiones y más compatible con el estrés traumático, sin embargo, la detección de la lesión es un reto, ya que puede estar oculta radiográficamente. En comparación con la columna vertebral de adultos, la columna vertebral inmadura es hipermóvil secundario a la laxitud ligamentosa, las carillas articulares más

superficiales y más horizontales, procesos espinales subdesarrollados, y un acuñaamiento fisiológico. Esto es más notable en la columna cervical, donde la hiper movilidad se combina con una gran proporción de cabeza/cuerpo en comparación con el adulto, y una musculatura cervical pobremente desarrollada, que predispone a los niños pequeños a grandes fuerzas de torsión¹⁰. Además, la densidad mineral ósea y la resistencia a la compresión de las vértebras se aumentan significativamente a medida que se desarrolla la columna vertebral. Esto hace que la columna vertebral en desarrollo, sea de gran movilidad en condiciones fisiológicas de carga, más laxa (zona neutral), y significativamente menos rígida⁶.

La estabilidad de la columna vertebral es una función de los ligamentos conectores, facetas, las cápsulas articulares, discos intervertebrales, y la musculatura asociada. El aumento de peso proporcional de la cabeza de un niño con respecto al resto del cuerpo aumenta la tensión mecánica sobre la columna cervical durante extremos de flexión, extensión, rotación, y la distracción. El cuello actúa como punto de apoyo, y la cabeza más grande aumenta la fuerza colocada sobre la columna vertebral cervical subdesarrollada. Además de las mayores fuerzas que actúan sobre la columna vertebral, el complejo disco-ligamentario pediátrico cervical ha demostrado ser considerablemente más elástico que el de los adultos, esta mayor elasticidad genera que la columna vertebral se puede doblar, pero no romperse durante un trauma. Infortunadamente, la médula espinal no tolera bien el estiramiento y por lo tanto tiende a ser más susceptible en la población pediátrica³. Los discos intervertebrales en los niños tienen una morfología única que se caracteriza por un contenido de agua más alto en relación a los discos de adultos. El resultado es un disco flexible y deformable, más compatible con lesión de la médula espinal¹⁰.

En los niños la forma del cóndilo occipital y la articulación poco profunda con la masa lateral de C1 ponen la arteria vertebral en riesgo de lesión durante la hiperextensión, las carillas articulares son

poco profundas y orientadas más horizontalmente que en los adultos y esto tiende a aumentar el potencial traslado no deseado. El potencial de traslado hacia adelante también se incrementa en niños por el acuñamiento anterior de los cuerpos vertebrales. Las articulaciones unco-vertebrales (articulaciones de Luschka) son articulaciones estabilizadoras las de la columna vertebral subaxial, que principalmente limitan el movimiento lateral. Los procesos uncinales y las articulaciones uncovertebrales no se forman hasta la edad de 10 años y continúan desarrollándose hasta la edad adulta. La columna vertebral subaxial subdesarrollada contribuye a la inestabilidad y aumenta el riesgo de L.M.E en los niños³.

El diámetro del canal espinal es otra consideración importante. De acuerdo con “regla de los tercios” de Steel que fue propuesta en 1968, el canal espinal en C1 está lleno de odontoides, la médula espinal, y el líquido cefalorraquídeo “espacio muerto” en proporciones iguales, la cual se mantiene durante toda la infancia. Con un diámetro medio para la médula espinal en los recién nacidos de aproximadamente de 12.4 milímetros (mm), el cual aumenta a 16.00 mm aproximadamente hacia los 13 años¹¹. Después de los 13 años de edad, el diámetro del canal espinal se estabiliza en el rango de adultos. Cuando el diámetro del canal es más pequeño, como en la edad pediátrica, se acoplan las fuerzas que resultan en hiperextensión, y el diámetro del canal, disminuyendo aún más el mismo, hasta un 50%, simplemente por el movimiento hacia el interior del ligamento amarillo.

Diferencias entre los mecanismos de lesión en niños y adultos

En general, el mecanismo de la LME en los adultos es por fractura vertebral; los mecanismos más comunes de fractura, son las dislocaciones (40%), seguido de las fracturas por estallido (30%). Las dislocaciones son causadas por una combinación de los momentos de flexión de la columna vertebral y las fuerzas de cizallamiento de alta magnitud en una orientación antero-posterior o lateral, lo que lleva a la compresión, cizalladura y / o la distrac-

ción de la médula espinal para causar LME, Las fracturas por estallido son causadas por una fuerza de compresión central cráneo-caudal de gran magnitud a través de los cuerpos vertebrales, la cual causa fragmentos óseos que impactan y contunden la médula espinal causando SCI.

Los mecanismos de la LME pediátrica son muy diferentes a las de los adultos, los mecanismos más comunes de lesión de la columna vertebral en la LME en los niños pequeños (<10 años) son dislocaciones vertebrales sin fractura (31,2%) y lesión de la médula espinal sin signos radiológicos de alteración (SCIWORA) (26,7%), los niños más pequeños (≤ 8) son significativamente más propensos a sufrir SCIWORA que los niños mayores (8-15 años). El SCIWORA se presenta clínicamente como una lesión de la médula espinal, a pesar de radiografías simples normales (es decir alineación normal de la columna y la ausencia de fractura vertebral). Con el desarrollo de la resonancia magnética (RM), en muchos de los casos más recientes de SCIWORA se han demostrado rupturas de ligamentos. Se cree que SCIWORA es causada por el desplazamiento vertebral transitorio y el posterior reajuste durante el cual se estira la médula espinal, se rota o sufre una contusión lo que resulta en LME⁶.

En la columna vertebral adulta el rango de movimiento es significativamente menor y, presumiblemente el umbral para la lesión de la médula espinal más bajo, lo que hace SCIWORA muy rara en adultos. Por tanto, las razones de las diferencias en los mecanismos de adultos y niños de la LME recaen en la anatomía y biomecánica de la columna vertebral, los umbrales relativos de lesiones de la columna vertebral y de la médula espinal, y el mecanismo de carga en la médula espinal⁶.

Diferencias en el nivel vertebromedular lesionado entre niños y adultos

El nivel de la médula espinal más comúnmente afectado en el TVM en los adultos es la región cervical (55%) seguido por iguales proporciones de los niveles torácico, toracolumbar y lumbosacro

(15%). Se cree que esto refleja una mayor exposición de la columna cervical a las condiciones de carga perjudiciales, así como una mayor susceptibilidad de la columna cervical a una lesión debido a su aumento relativo de la movilidad y las vértebras más pequeñas de menor resistencia en esta región de la columna en comparación con niveles más bajos de la columna. El nivel de lesión de la columna más frecuente en los niños es también la región cervical, sin embargo, una mayor proporción de LME se producen en la columna cervical en niños (60-80%), además los niños más pequeños más comúnmente sufren LME a niveles más altos en la columna vertebral cervical (C2/C3) en comparación con los adolescentes y adultos (C4/C5), esto se debe a que el punto de apoyo del eje cervical cambia a medida que los niños crecen. En los niños menores de 8 años, la movilidad máxima se produce entre los segmentos C1 a C3. A medida que los centros de osificación se forman y el cuerpo C2 se fusiona con la apófisis odontoides (3-6 años de edad), el punto de apoyo se mueve hacia abajo a la región de C3 a C5. A los 12 años de edad, el punto de apoyo se asienta entre C5 a C6, donde permanece durante la edad adulta. Los niños más pequeños están, por tanto, en mayor riesgo de lesión cervical superior¹⁰.

La alta prevalencia de la lesión medular cervical en comparación con otros niveles de la columna vertebral en los niños puede no ser debida a las diferencias biomecánicas de la columna vertebral por sí solas. Adicional a esto puede ser la cabeza relativamente grande de un niño en comparación con su cuello y cuerpo⁶.

Variantes radiológicas fisiológicas en los niños

Es fundamental entender algunos fenómenos normales que pueden ser confundidos con lesiones. Por ejemplo, la Pseudosubluxación es un hallazgo incidental que se da en niños de hasta 14 años de edad, por lo general en C2 sobre C3, pero puede ocurrir en niveles más bajos como de C4 sobre C5. Puede observarse por lo menos 3 mm. de desplazamiento anterior, se presenta en el 40% de los niños menores de 8 años. Es importante reconocer la pseudosubluxación porque un desplazamiento similar de C2 en C3 puede ser producido por una fractura Hangman. En una radiografía lateral con una pseudosubluxación fisiológica, se puede dibujar una línea a través de los arcos posteriores de C1 y C3, que deben pasar a través de o se encuentran dentro de 1 mm. por delante de la corteza anterior del arco posterior C2¹⁰.

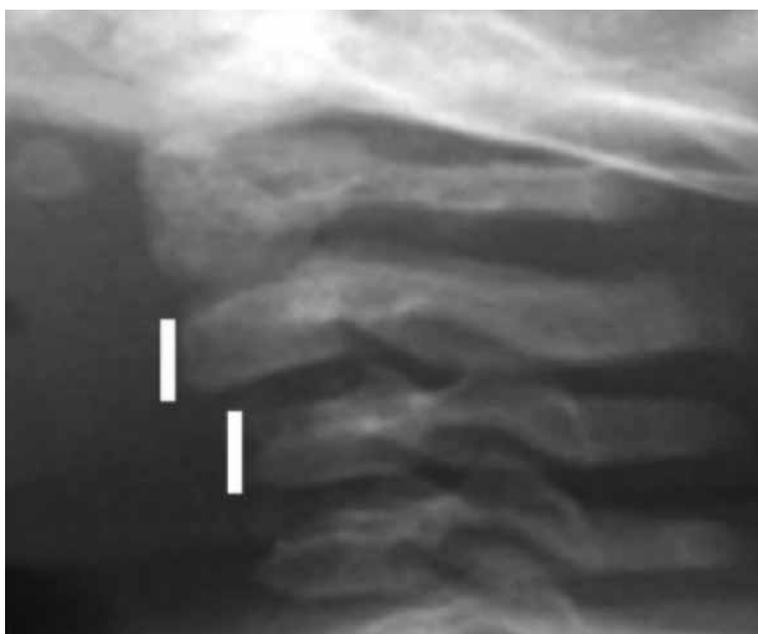


Imagen 1. Radiografía cervical simple, visión lateral. Imagen tomada de fuente referencia¹⁰.

Las sincondrosis se encuentran entre los centros de osificación y se confunden a menudo con fracturas en la columna cervical pediátrica en desarrollo. El cuerpo de la vértebra C2 es un área potencial de debilidad que contiene 3 sincondrosis que no osifican hasta que el niño es de 5 a 7 años de edad. C2 es la vértebra lesionada con mayor frecuencia en los niños, y la sincondrosis odontoides es un área potencial para la lesión hasta que está totalmente fusionada¹⁰.

Otra variante pediátrica es la ausencia de la lordosis cervical, se ve en el 14% de los niños entre 8 y 16 años de edad. Algunos infantes mayores y niños tienen aplanamiento de los pedículos lumbares interiores y festoneado posterior de los cuerpos vertebrales que pueden ser malinterpretadas como una lesión intravertebral en expansión. A la edad de los 8 a 10 años, la columna pediátrica comienza a tener más características adultas y la distribución de las lesiones se vuelve un poco más similar a la de los adultos⁶.

Lesiones toraco-lumbares

Las fracturas toracolumbares ocurren con mayor frecuencia en niños mayores y con poca frecuencia conducen a LME (14,6%), siendo los accidentes de tránsito el mecanismo más común. Su clasificación en la población pediátrica no está caracterizada, pero puede utilizarse la Clasificación de Lesión Toracolumbar y Puntuación de Gravedad (TLICS, por sus siglas en inglés). La utilidad del sistema TLICS en los niños es la consideración de la participación de los ligamentos y el examen neurológico³. Este sistema se basa en tres características de la lesión: 1. La morfología determinada por patrones radiológicos, 2. La integridad del complejo ligamentario posterior (CLP), y 3. El estado neurológico del paciente. La puntuación final calculada puede utilizarse para manejo conservador (<4 puntos) o tratamiento quirúrgico (> 4 puntos), con una puntuación de 4 puntos ya se maneja de acuerdo a la preferencia del cirujano¹². Se ha evaluado la seguridad de esta escala la cual ha resultado, de forma general, favorable según la literatura^{12, 13}.

Morfología de la Lesión		
Tipo	Calificación	Puntos
Compresión		1
	Estallido	1
Traslación/Rotación		3
Distracción		4
Integridad del complejo ligamentario posterior		
Intacto		0
Sospechoso/dudoso		2
Lesionado		3
Estado neurológico		
Intacto		0
Lesión radicular		2
Médula o cono medular	Completo	2
	Incompleto	3
Cauda Equina		3

Tabla 1. Clasificación de Lesión Toracolumbar y Puntuación de Gravedad (TLICS). Fuente, referencia¹⁴.

Lesiones medulares al nacimiento

Las LME relacionados con el nacimiento son raras y se estima que afecta a aproximadamente 1 de cada 60.000 nacidos vivos. Las lesiones al nacimiento son difíciles de diagnosticar, ya que el examen neurológico en un recién nacido es difícil. En gran mayoría las lesiones de la médula cervical superior se asocian con presentación cefálica y el uso de fórceps para las maniobras de giro¹⁵. Las lesiones cervico-torácicas se asociaron con la presentación de nalgas¹⁶. Los reflejos normales pueden enmascarar una transección espinal completa subyacente. La lesión de la médula espinal cervical superior puede presentarse con insuficiencia respiratoria, hipotonía y cuadriplejía. Lesiones cervicales inferiores de la médula espinal pueden presentarse con la respiración abdominal (debido a los músculos intercostales paralizados), además de menor hipotonía de extremidades. Un elemento importante y poco apreciado en el examen de un recién nacido es la reacción facial a los estímulos dolorosos. La retirada refleja de las extremidades sin hacer muecas o el llanto que es el sello distintivo de la lesión medular neonatal, además, el síndrome de Horner y lesión del plexo braquial proporciona evidencia de un parto difícil y el potencial de lesión de la médula espinal. El manejo de la lesión de la médula espinal relacionada con el nacimiento requiere conocer el diagnóstico y la evaluación de una posible intervención quirúrgica³.

Lesión de la médula espinal sin signos radiológicos de alteración (SCIWORA)

La lesión de la médula espinal sin signos radiológicos de alteración (SCIWORA) es un subtipo de lesión medular que fue inicialmente descrito por Pang y Wilberger en 1982³, acuñada originalmente para describir este fenómeno de la mielopatía con debilidad muscular o cambios sensoriales, acompañados por una falta de hallazgos anormales en la tomografía computarizada (TC) o las radiografías⁸. La imagen de resonancia magnética (IRM), una forma no radiográfica de imágenes, es anormal en aproximadamente 15 a 65% de los pacientes con

lesión de la médula espinal, sin signos radiológicos de alteración^{3, 17}.

Por lo tanto, la presencia de alteraciones en la IRM no excluye el diagnóstico. La incidencia de lesiones de la médula espinal sin signos radiológicos de alteración en la población pediátrica con LME es del 34,8% (rango de 5 a 67%). La elasticidad de la columna vertebral de los niños más pequeños conduce a una mayor tasa de lesiones de la médula espinal sin anomalía radiográfica³. Muy a menudo SCIWORA se produce en ya sea la columna vertebral cervical o la unión toracolumbar y menos comúnmente en la columna torácica porque se piensa que la caja torácica limita la flexión o extensión torácica forzada¹⁰.

Las directrices de 2012 para el manejo de las lesiones agudas de columna y la médula espinal cervical, citando con un nivel 3 de evidencia, recomiendan que la evaluación inicial de un paciente con lesión de la médula espinal, sin signos radiológicos de alteración incluye la IRM, las radiografías de toda la columna vertebral, y radiografías simples de flexión y extensión. La IRM normal augura un buen resultado, se informa recuperación completa en todos los pacientes con lesión de la médula espinal, sin signos radiológicos de alteración que presentaron IRM normal³.

La IRM en la fase aguda puede identificar un cambio de señal medular, lesiones compresivas, y/o lesiones ligamentosas. Los hematomas epidurales, hernias de disco, edema de la médula espinal, o fracturas de la placa terminal y otras lesiones compresivas que resultan en lesiones de la médula espinal sin signos radiológicos de alteración pueden requerir descompresión quirúrgica⁸. La RM también puede demostrar lesiones ligamentosas, especialmente en las secuencias T2 y STIR, que sugieren inestabilidad³.

La literatura apoya que en un paciente con la IRM inicial normal y un déficit neurológico persistente, se justifica repetir la imagen³, sin embargo ésta todavía

puede ser normal en un número significativo de casos, particularmente en aquellos con trauma menos grave⁸. Las radiografías de flexión y extensión laterales son posibles complementos para descartar la inestabilidad en la lesión de la médula espinal sin signos radiológicos de alteración. Los espasmos musculares paravertebrales pueden impedir la flexión adecuada durante varios días después de la lesión³.

El tratamiento quirúrgico de los pacientes con lesión de la médula espinal sin anomalía radiográfica depende de la presencia de la patología compresiva y/o la inestabilidad. La gran mayoría de los pacientes no tendrá una indicación quirúrgica, por tanto, la restricción de la actividad se vuelve importante para promover la recuperación y prevenir la recurrencia de la lesión, es recomendable la inmovilización externa por un máximo de 12 semanas después de la lesión, y se anima a los pacientes a evitar las actividades de “alto riesgo” por 6 meses³.

Estabilización inicial y evaluación

El mantenimiento de la perfusión oxigenada a la médula espinal lesionada es un principio central en el tratamiento y debe comenzar tan pronto como sea posible. Durante la valoración primaria, la columna cervical debe mantenerse en inmovilización y debe manipularse lo menos posible, ya que hasta el 25% de las lesiones medulares pueden ocurrir después del evento traumático, ya sea durante el transporte o la manipulación en el servicio de urgencias⁶. Se debe colocar un collarín cervical de tamaño apropiado, tipo Philadelphia con apoyo mentoniano⁸ o la cabeza debe ser inmovilizada con rollos. En los niños menores de 6 años, cuando la cabeza es desproporcionadamente grande, el estar acostado sobre una tabla rígida espinal puede causar flexión excesiva de la columna vertebral causando el fenómeno de traslado anterior de cifosis en supino, La adición de una almohadilla debajo de los hombros para elevar el torso o realizar un agujero en la tabla espinal para la cabeza ayudará a mantener una posición más neutral para la cabeza y el cuello en estos niños¹⁰. Los collares cervicales semirrígidos no previenen esa flexión excesiva del

cuello de los niños en supino¹⁶. El tratamiento adecuado inicial de un niño con una columna cervical inestable puede ser evitar lesiones secundarias de la médula espinal³.

Luego de la estabilización y la atención primaria, la evaluación secundaria debe incluir un examen neurológico detallado que determine las funciones motoras, sensitivas, y reflejos¹⁰.

La respuesta del paciente puede ser evaluada por la función motora activa, probando los diferentes grupos de musculares: flexión de bíceps (C5), extensión de la muñeca (C6), flexión de la muñeca (C7), extensión de los dedos (C8), flexión de los dedos (C8), abducción de los dedos (T1), abducción de la cadera (L1-2), extensión de la rodilla (L5-S1), gran extensión del dedo del pie (L5), y una gran flexión del dedo del pie (S1). Se debe realizar un examen sensorial para evaluar la sensibilidad en diferentes dermatomas. Los reflejos comúnmente analizados incluyen el bíceps (C5), radial/muñeca (C6), tríceps (C7), cremastérico (T12-L1), plantar (L4), Aquiles (S1), y contracción anal (S2-S4)¹⁰.

En el contexto de politraumatismo o el paciente obnubilado, la mayoría de las evaluaciones de trauma procederá directamente a formación de imágenes, incluyendo pero no limitada a radiografías y la tomografía computarizada (TC) para la evaluación de lesión intracraneal e intraabdominal, además de signos de LME. Sin embargo, incluso en un paciente que no responde, el examen físico es importante para buscar signos de lesión¹⁰.

El examen debe incluir la observación de hematomas espinosos, la palpación de la columna vertebral para evidenciar escalones o ensanchamientos interespinales, prueba de arcos reflejos y el tono rectal. Sitios de lesiones también pueden ayudar a discernir el tipo de LME. Por ejemplo, laceraciones en la zona occipital pueden sugerir lesiones en flexión, mientras que la contusión frontal o superior, puede ser el signo de lesión de extensión o la carga axial, respectivamente¹⁰.

En los adultos se usa la escala de la asociación americana de lesión espinal (ASIA) para la clasificación de la disfunción neurológica, sin embargo hay pocos casos donde se use la escala ASIA en niños. Los niños menores de 6 años, no son capaces totalmente de participar en la examinación sensitiva, a esta edad no son capaces de comprender las instrucciones dadas para el examen sensorial. Por otra parte, no son capaces de distinguir entre la sensación normal y reducida. Si un niño no ha alcanzado la continencia intestinal antes de la lesión, no van a entender cómo se produce la contracción del esfínter o apreciar sensación de presión durante el examen rectal. Los estudios han demostrado que para los niños mayores de 6 años, hay un grado de acuerdo alto inter-evaluador de los resultados de los exámenes sensoriales y motoras del ASIA⁸.

La determinación de la integridad de la lesión es un factor importante en proveer información a los niños y sus familias sobre la LME y el pronóstico para la recuperación de la función neurológica^{8,18}.

Cuándo realizar imágenes diagnósticas, aclaramiento de la columna cervical

Es especialmente difícil en los pacientes pediátricos, debido a que los niños pueden ser demasiado pequeños para responder a las preguntas adecuadamente, son más propensos a SCIWORA, y hay muchas variaciones normales en su anatomía que pueden ser interpretadas como un signo de lesión por los radiólogos y en los servicios de emergencia¹⁰.

Se han creado dos reglas de decisión clínica para estratificar a los pacientes de bajo riesgo y evitar la radiografía. Los criterios del Estudio Nacional de Utilización de Radiografía de Emergencia (NEXUS) fueron descritos en 1992, con una sensibilidad del 99,6%. Con el estudio NEXUS, se concluyó que el aplicarlo, disminuiría el uso de radiografías cervicales en un 20% sin resultar en pasar por alto lesiones vertebro medulares. En niños de 8 años y mayores el cumplimiento de los criterios NEXUS

tiene una sensibilidad del 98-100%, mientras que en niños de 8 años y menores la sensibilidad fue de 94%¹⁶. Para cumplir con el perfil de bajo riesgo de NEXUS, el paciente debe cumplir con todos los siguientes 5 criterios: no presentar sensibilidad aumentada a la palpación en la línea media posterior de columna cervical, no evidencia de intoxicación, nivel normal de estado de conciencia, sin déficit neurológico focal y la ausencia de dolor o de lesiones de distracción.

La segunda regla de decisión clínica es la Regla Canadiense de la Columna Cervical (CCR), fue creado en 2001¹⁰. La importancia de su uso en la clínica está relacionada con las posibles implicaciones médicas, económicas, de logística y planificación sanitaria¹⁹.

En resumen, para el aclaramiento de la columna cervical de un niño, la evidencia de clase II y de clase III es compatible con la obtención de imágenes de la columna cervical en los niños que han sufrido traumas y no pueden comunicarse debido a su edad o al trauma craneoencefálico, con déficit neurológico, sensibilidad dolorosa a la palpación del cuello, si tiene una lesión dolorosa de distracción, o si se encuentran en estado de intoxicación. Además, los niños que han sufrido traumas que no se comunican debido a la edad (de 3 años) y tienen colisión de vehículos de motor, caen desde una altura de 10 pies, o que presentan escala de coma de Glasgow (ECG) menor de 14, se les debe realizar el cribado de imágenes de la columna cervical. En los niños que están alerta, no tienen déficit neurológico, sin dolor en línea media del cuello, sin lesión que genere de distracción dolorosa, ni se encuentran en estado de embriaguez, no es necesario excluir una lesión cervical por las imágenes de la columna cervical¹⁶.

¿Cómo hacer las imágenes? Radiografías y tomografías computarizadas en los niños

En el paciente que no cumple los criterios NEXUS (obnubilado, examen neurológico anormal, lesiones distractoras o dolor por lesiones asociadas

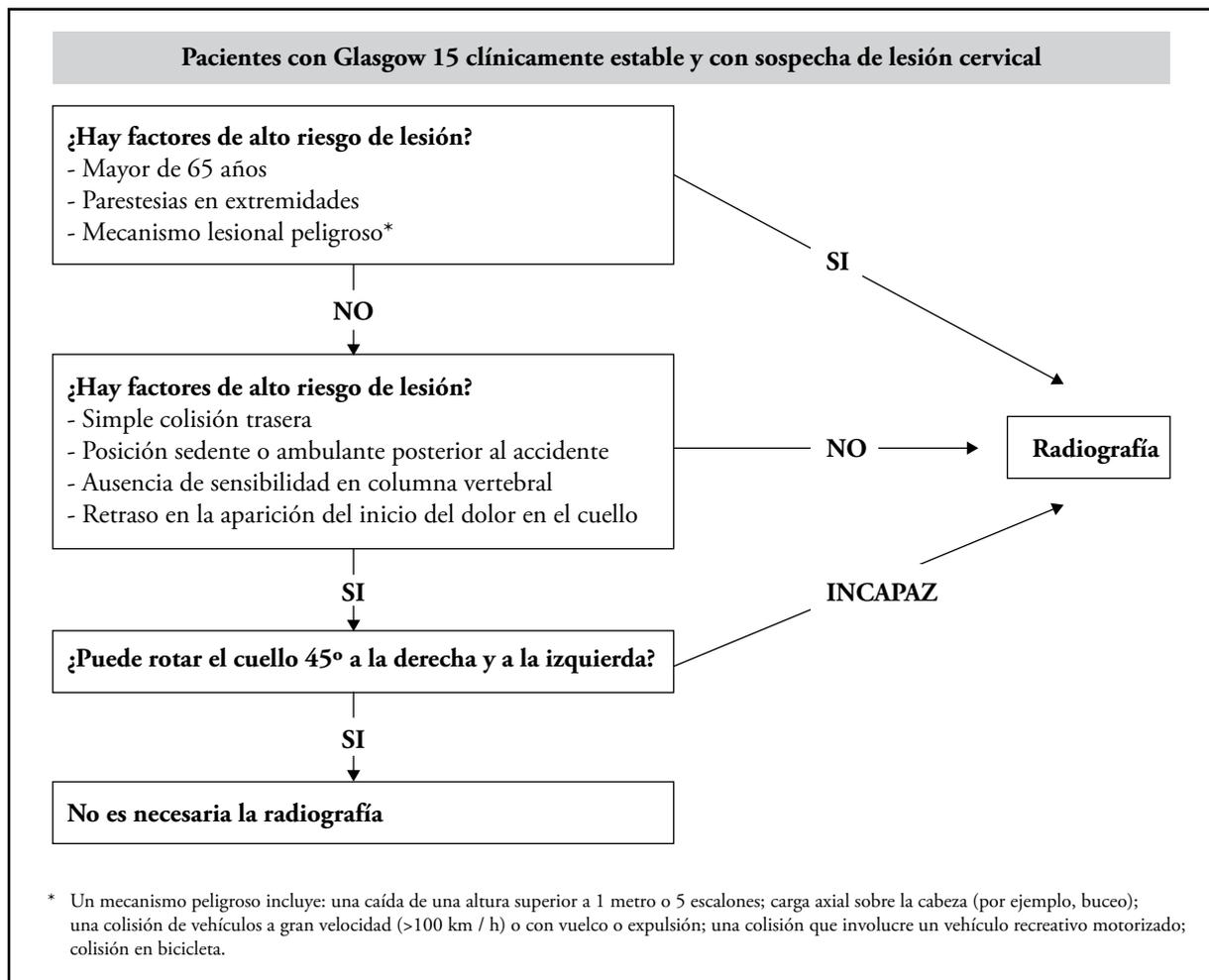


Figura 1. Regla Canadiense de la Columna Cervical (CCR). Adaptado de^{20, 21}.

como fracturas o vísceras abdominales, etc.) se determina como paciente de alto riesgo y los médicos del departamento de emergencias (DE) deben emplear herramientas para evaluar la presencia de inestabilidad vertebral y una LME potencial. Las radiografías de la columna cervical son a menudo el primer paso en la evaluación. La vista lateral y anteroposterior (AP) son el estándar. La vista lateral debe incluir los 7 cuerpos vertebrales cervicales. La vista de la odontoides con la boca abierta para evaluar las fracturas de C1 y C2 es funcionalmente difícil en un niño que no obedece órdenes y la utilidad de esta vista en los niños es discutible¹⁰. Los autores concluyen que la vista radiográfica con boca abierta no es necesaria para la evaluación de la columna cervical en los niños de 9 años de edad o menores¹⁶, además las radiografías laterales fueron

capaces de mostrar angulación anterior o el desplazamiento de los antros en el 94% de los niños con este tipo de fracturas¹⁰.

Las radiografías de flexión y extensión siguen siendo el estándar de oro para la evaluación de la estabilidad de la columna cervical. Algunos autores sostienen que si las radiografías AP y lateral son normales, entonces el valor de las placas de flexión y extensión es discutible¹⁰.

La tomografía computarizada (TC) normalmente se ordena ya sea en el niño politraumatizado o en el paciente con radiografías convencionales anormales, más de un tercio de los pacientes con radiografías positivas para fractura, tienen fracturas adicionales detectadas por TC¹⁰.

Los estudios estiman que el uso actual del TC puede ser responsable de 1,5% a 2,0% de todos los cánceres en los Estados Unidos. Los órganos de los niños son más sensibles a la radiación, y su esperanza de vida más larga, da tiempo para que los efectos nocivos de la radiación se manifiesten. La TC de la columna vertebral cervical, en particular, provoca un aumento de 14 veces en la radiación a la glándula tiroides en relación con las radiografías tradicionales. Mientras que la TC ha mejorado el diagnóstico de las fracturas de la columna cervical en los adultos, los beneficios de la aplicación generalizada en los niños no son claros¹⁰.

Shock espinal o medular

El shock medular, o “conmoción de la médula espinal”, es un estado de supresión transitoria de la función neuronal por debajo del nivel de la lesión aguda de la médula espinal, por lo general en el contexto de un traumatismo, isquemia, hemorragia o enfermedad inflamatoria y los reflejos de estiramiento muscular están ausentes²². La desconexión de las señal descendente conduce a una parálisis flácida que resulta en la pérdida temporal (o depresión) de la actividad de refleja tendinosa, cutánea, y la espinal autonómica¹⁰.

El shock espinal puede producirse a partir de lesiones en cualquier parte de la médula. Los datos sugieren que la cascada fisiológica puede ocurrir a partir de una transección tan alta como la unión entre el tercio inferior y medio de la protuberancia. Esta “conmoción espinal” puede durar desde horas hasta semanas. Los reflejos de los husos musculares tienden a volver caudal a cefálico, pero en una forma alterada, es el retorno gradual de la actividad refleja el que realmente define “shock medular”¹⁰.

Disreflexia autonómica (DA)

Describe un amplio síndrome de desregulación autonómica intermitente que puede ocurrir después de la lesión. Los cambios en la presión arterial y la inestabilidad en la frecuencia cardíaca son las manifestaciones medibles más notables de la DA, pero los síntomas pueden incluir enrojecimiento de la

cara, dolor de cabeza, sudoración y pilo erección. El 51% de LME pediátrica a nivel T6 o superior se ha asociado a DA, lo que es comparable con la población adulta¹⁰.

El tratamiento de la DA normalmente se inicia cuando la PA sistólica se eleva a 15 mmHg respecto al valor basal en un niño y 15-20 mm Hg sobre la línea base para un adolescente. Los medicamentos se utilizan cuando la PA sistólica es superior a 120 mm Hg en niños menores de 5 años, 130 mm Hg en niños de 6-12 años, y 140 mm Hg para los adolescentes. Tanto la nitroglicerina tópica al 2%, así como la nifedipina (0,25-0,5 mg / kg por dosis, hasta un máximo de 10 mg por dosis) se han recomendado para uso en niños⁸.

Severidad de la lesión y recuperación

Los niños son más propensos a tener años de vida prolongados con la LME, en comparación con aquellos que son lesionados en su vida adulta. Diferente al sistema nervioso periférico el sistema nervioso central tiene menor capacidad de regenerarse luego de una lesión aguda. Pocas horas después de una lesión de la médula, se forma una cicatriz glial principalmente por astrocitos reactivos. Estas células aumentan la expresión de proteoglicanos de sulfato de condroitina, que tienen una influencia inhibidora potente sobre la regeneración. Además, la cascada inflamatoria de los macrófagos fagocíticos conduce a la destrucción de factores tróficos, moléculas de adhesión celular, y proteínas del citoesqueleto que se requieren para el desarrollo de los axones para intentar la regeneración. La apoptosis resultante y la matriz extracelular desfavorable hacen al tejido resultante irrecuperable⁶.

Los niños menores de 8 años tienen el doble de probabilidades de sufrir lesiones graves en la columna vertebral (AIS 3 o mayor) que lesiones de la médula leves (AIS 2 o menos) en comparación con los niños de edades 9-16 años. Además la proporción de LME asociada con puntuaciones ASIA A es más alta en los niños pequeños, el 66% de los pacientes con LME pediátricos (<17 años) se presenta

con una puntuación ASIA A. En comparación con los adultos con LME, con una incidencia ASIA A de 35%⁶.

Aproximadamente un tercio de los pacientes pediátricos con una lesión ASIA A recuperaron alguna función, se ha encontrado que esta tasa de mejoría puede ser tan alta como del 35%³. Después del alta hospitalaria, de los cuales la mayor parte recuperan la deambulaci3n y algunos se recuperan por completo la funci3n neurol3gica (ASIA E). Adem3s, el 80% de los pacientes con grados de ASIA B-D tambi3n experimentan alguna mejoría neurol3gica despu3s del alta, con una cuarta parte de ellos con una recuperaci3n funcional completa (ASIA E). Los estudios de recuperaci3n en adultos han demostrado que la mejoría neurol3gica, especialmente a largo plazo despu3s del alta hospitalaria es rara, ya que s3lo el 7,9% de los pacientes con LME hacen alguna mejoría neurol3gica, y de pacientes que se presentan como ASIA A s3lo un 3% hacen ninguna mejoría neurol3gica dentro de 1 a3o del alta hospitalaria⁶.

Manejo farmacol3gico y quir3rgico

No existe un enfoque definitivo basado en la evidencia para el manejo de las lesiones de la m3dula espinal pediátrica³. El tratamiento farmacol3gico de lesiones de m3dula espinal, específicamente el uso de metilprednisolona (bolo de 30mg /kg en 100 cc de ssn por 30 minutos seguido de infusi3n de 5,4 mg/kg por 24 horas), sigue siendo un tema de controversia. El único ensayo controlado aleatorizado que incluy3 a los ni3os era el estudio nacional de lesi3n traumática aguda de la m3dula espinal (NASCIS) II. Los resultados de este ensayo no se refieren específicamente a resultado en el grupo de pacientes de 13 a 19 a3os de edad que fueron del 14,9 al 15,4% de cada uno de los tres grupos de tratamiento. La estratificaci3n por edad y el resultado no fue diferente estadísticamente significativo, y los resultados del ensayo han sido objeto considerable de controversia. Las últimas pautas del Consorcio de Medicina Medular para Adultos (2008), una organizaci3n a la que la Aso-

ciaci3n Americana de Neurocirujanos y Congreso de Neurocirujanos pertenece, no recomiendan empezar los corticoides y, de hecho recomienda parar los esteroides tan pronto como sea posible si se iniciaron en otro centro de salud. Las directrices del 2002 y 2012 para el manejo de las lesiones columna cervical pediátrica y lesiones de la m3dula aguda citan que los datos son insuficientes para formular observaciones sobre el uso de esteroides en ni3os³.

La perfusi3n de la m3dula espinal lesionada es importante durante el tratamiento de lesiones agudas. La denervaci3n de las fibras simpáticas, adem3s de las lesiones sistémicas, puede dar lugar a hipovolemia distributiva, hipotensi3n, e incluso shock neurog3nico. El mantenimiento de un apropiada y fisiol3gica presi3n arterial media (PAM) para la edad se recomienda en el tratamiento de cualquier paciente con trauma. Se ha recomendado el aumento de la presi3n arterial en pacientes con LME para evitar lesiones secundarias de hipoperfusi3n, por tanto el manejo de la LME pediátrica debe incluir la colocaci3n de una l3nea arterial y el mantenimiento de una PAM apropiada para la edad por tratamiento con vasopresores, un curso de tratamiento apropiado sería mantener la TAM en el percentil 95 para la edad y talla durante un per3odo de 5 a 7 d3as³.

La decisi3n de operar una LME pediátrica gira en torno a la inestabilidad y la compresi3n de la m3dula espinal o de la ra3z nerviosa. El momento de la cirug3a se determina por el grado de la inestabilidad y la presencia de dislocaciones irreducibles y lesiones incompletas con o sin deterioro neurol3gico progresivo. El tiempo real de descompresi3n ha sido objeto de controversia m3dica y tiene profundas implicaciones m3dico-legales, el tiempo quir3rgico en el trauma agudo de la m3dula espinal, muestra una raz3n de probabilidad de lograr una mejora de dos grados en la escala de deterioro ASIA de 2.83 (intervalo de confianza del 95%) en los pacientes con LME sometidos a descompresi3n dentro de 24 frente a 48 horas.

La literatura médica ha demostrado consistentemente estadías hospitalarias y de unidad de cuidados intensivos más cortas, menos días de respiradores artificiales, un menor número de casos de neumonía nosocomial e infección del tracto urinario, sin aumento de complicaciones operatorias con la cirugía temprana versus tardía.

Después de una cuidadosa revisión de la literatura disponible, no hay evidencia sobre el uso de enfoques neuroprotectores para el tratamiento de la lesión medular en los niños, incluyendo esteroides e hipotermia. La evidencia actual del uso de esteroides incluso en adultos es muy débil⁹. Varias series de estudios grandes de seguimiento (tanto prospectivos y retrospectivos) no han mostrado ningún efecto significativo de los esteroides en cualquier variable de resultado neurológico. Además, varios autores citan las muchas complicaciones significativas de altas dosis de uso de esteroides en estos pacientes críticamente enfermos, en particular el aumento de la incidencia de neumonía, sepsis, hemorragia gastrointestinal, y la duración de la estancia unidad de cuidados intensivos. Además no existen estudios prospectivos de metilprednisolona en la LME pediátrica¹⁰.

Se recomienda la consideración de la terapia quirúrgica como primera opción, para lesiones aisladas ligamentosas de la columna cervical y fracturas inestables o irreducibles o dislocaciones con deformidad asociada¹⁶.

Complicaciones

Hay condiciones potencialmente prevenibles con la intervención quirúrgica temprana, como la neumonía, infecciones del tracto urinario, infecciones relacionadas con el catéter, trombosis venosa profunda, tromboembolismo pulmonar y otras condiciones asociadas con la hospitalización prolongada que no están bien caracterizadas en la literatura pediátrica³.

Otras son las complicaciones relacionadas específicamente con la columna vertebral, incluyen las le-

siones secundarias, infecciones de heridas postoperatorias, la pseudoartrosis, escoliosis y siringomielia. La lesión secundaria que resulta en un empeoramiento de la lesión neurológica puede prevenirse con la inmovilización prehospitalaria adecuada, en la intubación endotraqueal con fibra óptica, y la evitación de la hipotensión. La tasa de complicaciones postoperatorias es sorprendentemente baja, cercana a 10% en las series más altas. El riesgo de lesión de la arteria vertebral puede ser ligeramente superior en la fijación con tornillo en la columna cervical en niños debido a las masas laterales, los pedículos y la pars más pequeñas, requieren trayectorias más precisas³.

La mayoría de los pacientes con LME preadolescentes tendrán deformidad de la columna, debido a un alargamiento del torso y el estirón de la adolescencia, la escoliosis se desarrollará en el 97% de los pacientes con LME preadolescentes, y en el 52% de los pacientes postadolescentes. El método de fijación inicial no parece estar relacionado, la edad en el momento de la lesión es el predictor más importante de aquellos que van a desarrollar curvas severas y requieren la fusión espinal. Niños heridos antes de los 12 años son 3,7 veces más propensos a tener una fusión espinal en comparación con los niños mayores⁸. Con frecuencia con el seguimiento es necesario implementar refuerzo ortésico adecuado. La razón de ser de un seguimiento cercano es doble³: de refuerzo a un paciente antes de los 10 grados puede prevenir la escoliosis y⁹ de refuerzo antes de los 20 grados puede prevenir la necesidad de una corrección quirúrgica³, además de la escoliosis algunas series reportan tasas tan altas como del 57% que tuvieron displasia de cadera, sin embargo solo 8% se operaron por este motivo, siendo más probable presentarla, si se tenía paraplejía, y si se tiene una lesión completa⁷.

El tratamiento quirúrgico definitivo para la escoliosis implica la fusión espinal con la instrumentación de varilla y se considera generalmente para las curvas que se acercan a los 40 grados cuando los niños son 10 años de edad o más. La fusión espinal

podría resultar en un tronco corto y perjuicios en el desarrollo pulmonar. También la parte anterior de la columna continúa creciendo después de la fusión posterior en un niño pequeño, lo que resulta en deformidades rotacionales, conocido como fenómeno de crankshaft⁸.

El desarrollo de la escoliosis o el retraso en la aparición de un nuevo desarrollo neurológico pueden estar relacionados con la siringomielia. se ha reportado una tasa del 4% de desarrollo siringe; todos los casos fueron en pacientes con LME completa. El desarrollo de una siringe postraumática puede ser más probable con estenosis del canal residual de más de un 25% en el nivel de la lesión y cifosis focal de más de 15 grados. La descompresión completa de la médula espinal en el momento de la operación inicial, incluso en el contexto de una lesión completa, puede prevenir el desarrollo de la siringomielia³.

CONCLUSIÓN

Es claro que los mecanismos de TVM son diferentes entre adultos y niños, así como la forma de presentación del TVM tanto clínica como imagenológicamente, todo esto explicado por las diferencias anatómicas, biomecánicas y fisiopatológicas de la columna vertebral pediátrica. Se requieren más ensayos multicéntricos que orienten sobre el reconocimiento y manejo adecuados del TVM en el paciente pediátrico para reducir las complicaciones y el impacto que éstas tienen en los pacientes, sus familias y en la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Di Martino A, Madigan L, Silber J, Vaccaro A. Pediatric Spinal Cord Injury. *Neurosurgery Quarterly*. 2004 Diciembre; 14(4).
2. Powell A, Davidson L. Pediatric Spinal Cord Injury. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2015 Febrero; 26(1).
3. Alden TD, Ellenbogen RG. Spinal Cord Injuries. In Albright AL, Pollack IF, Adelson D. *Principles and Practice of Pediatric Neurosurgery*. New York: Thieme Medical Publisher, Inc; 2014. p. 925 - 939.
4. McGrory B, Klassen R, Chao E. Acute fractures and dislocations of the cervical spine in children and adolescents. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1993 Julio; 75(7).
5. DeVivo M, Vogel L. Epidemiology of Spinal Cord Injury In Children And Adolescents. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2004 Enero; 27(1).
6. Clarke E. Contrasting adult and paediatric traumatic spinal cord injuries. In Martin AA, Jones E. *Spinal Cord Injuries: Causes, Risk Factors and Management*. Primera ed. Estados Unidos: Nova Science; 2013. p. 251- 262.
7. Schottler J, Vogel LC, Sturm P. Spinal cord injuries in young children: a review of children injured at 5 years of age and younger. *Developmental medicine and child neurology*. 2012 Septiembre.
8. Osorio M, Reyes M, Masaggli T. Pediatric Spinal Cord Injury. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*. 2014 Septiembre; 2.
9. Parent S, Mac-Thiong JM, Roy-Beaudry M, Sosa JF, Labelle H. Spinal Cord Injury in the Pediatric Population: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Neurotrauma*. 2011 Agosto; 28.
10. Mathison DJ, Kadom N, Krug S. Spinal Cord Injury in the Pediatric Patient. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*. 2008 Junio; 9(2).
11. Wang J, Nuccion S, Feighan J, Cohen B, Dorey F, Scoles P. Growth and development of the pediatric cervical spine documented radiographically. *The Journal of bone and joint surgery*. 2001 Agosto; 83A(8).
12. Fernandes J, de Almeida D, Jorge H, Patel A. Thoracolumbar Injury Classification and Injury Severity Score System: A Literature Review of Its Safety. *Global Spine Journal*. 2016 Febrero; 6(1).
13. Joaquim A, Ghizoni E, Tedeschi H, Batista U, Patel A. Clinical results of patients with thoracolumbar spine trauma treated according to the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score. *Journal of neurosurgery. Spine*. 2014 Mayo; 20(5).
14. Vaccaro A, Lehman R, Hurlbert R, Anderson P, Harris M, Hedlund R, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine*. 2005 Octubre; 30(20).
15. Proctor M. Spinal cord injury. *Critical Care Medicine*. 2002 Noviembre; 30(11).
16. Rozzelle C, Aarabi B, Dhall S, Gelb D, Hurlbert J, Ryken T, et al. Management of Pediatric Cervical Spine and Spinal Cord Injuries. *Neurosurgery*. 2013 Marzo; 72(3).

17. Grabb P, Pang D. Magnetic Resonance Imaging in the Evaluation of Spinal Cord Injury without Radiographic Abnormality in Children. *Neurosurgery*. 1994 Septiembre; 35(3).
18. Vogel L, Betz R, Mulcahey M. Spinal cord injuries in children and adolescents. In Verhaagen J, McDonald J. *Handbook of Clinical Neurology*. Amsterdam: Elsevier; 2012. p. 131-148.
19. López Buedo AI, Ortega Rubio E, Perales Pardo R, Amores Valenciano P. Validación de la Regla Canadiense de la Columna Cervical para el uso de radiografías. *Revista Clínica de Medicina de Familia*. 2006 Febrero; 1(3).
20. Stiell I, Wells G, Vandehem K. The Canadian C-Spine rule study for alert and stable trauma patients. *Journal of the American Medical Association*. 2001 Octubre; 286(15).
21. Vaillancourt C, Stiell I, Beaudoin T, Maloney J, Anton A, Bradford P, et al. The out-of-hospital validation of the Canadian C-Spine Rule by paramedics. *Annals of emergency medicine*. 2009 Noviembre; 54(5).
22. Kirshblum S, Campagnolo D. Spinal cord medicine. In Kirshblum S, Denise I. *Spinal cord medicine*. Nueva York: Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 265-281.
23. Akbarnia BA. Pediatric spine fractures. *Orthopedic Clinics of North America*. 1999 Julio; 30(3).
24. Parente A, Navascués J, Hernández E, Sánchez-París O, Cañizo A, Cerdá J. Lesiones raquimedulares en la infancia. *Cirugía Pediátrica*. 2005 Marzo; 18(132).

Hemostático de Aplicación local

Ideal para usar en:

Reparación de fístulas de LCR⁽⁴⁻⁶⁾

Reparación de nervios⁽⁷⁻⁹⁾

Duroplastias⁽¹⁰⁻¹²⁾

Neuro-oncología^(13,14)

Aneurismas^(15,16)

Anastomosis microvasculares^(16,17)

Beriplast[®] P

Sellante de Fibrina

El sellado eficaz

Sellantes de fibrina, únicos aprobados como hemostáticos, adhesivos y sellantes por la FDA