



REVISTA MÉDICA CLÍNICA LAS CONDES

<https://www.journals.elsevier.com/revista-medica-clinica-las-condes>

Traumatismo raquimedular (TRM). Revisión bibliográfica

Spinal cord injury (SCI). Bibliographic review

Gonzalo Arriagada[✉], Nicolás Macchiavello^a

^a Cirujano de Columna. Centro de Columna Clínica Las Condes. Santiago, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 09 12 2019.
Aceptado: 06 11 2020.

Palabras clave:

Traumatismos de la Médula Espinal;
Traumatismos de la Médula Espinal/ fisiopatología;
Traumatismos de la Médula Espinal/ diagnóstico;
Traumatismos de la Médula Espinal/terapia.

Key words:

Spinal Cord Injuries;
Spinal Cord Injuries/ physiopathology; Spinal Cord Injuries/diagnostic imaging; Spinal Cord Injuries/therapy.

RESUMEN

La complejidad del traumatismo raquimedular (TRM) y su impacto en la vida futura de los pacientes hace necesario actualizar constantemente los protocolos de su manejo. La fisiopatología del TRM hace que la atención prehospitalaria y hospitalaria influyan en su evolución y por lo tanto, también en el pronóstico a largo plazo. Existe amplio consenso en relación al manejo prehospitalario, pero aún existe bastante controversia en respecto al manejo hospitalario y al mejor momento para operar a estos pacientes. La tendencia en los estudios más recientes sugiere que la mejor alternativa es operarlos tan pronto su estado general lo permita.

SUMMARY

Traumatic lesions of the spinal cord are complex injuries that can deeply affect patients lives, so their management protocols must be kept up to date. Due to their particular physiopathology, this injuries are sensitive to both pre-hospital and hospital care, which will impact in long term results. Today, widespread consensus exists regarding pre-hospital care. On the contrary, there are still controversies in hospital care topics, such as timing of surgery. Recent studies suggest that the best time to operate is as soon as the patient general condition allows to.

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: garriagada@clinicalascondes.cl

<http://doi.org/10.1016/j.rmcl.2020.11.001>

e-ISSN: 2531-0186/ ISSN: 0716-8640/© 2019 Revista Médica Clínica Las Condes.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



INTRODUCCIÓN

El trauma raquimedular (TRM) puede ser una lesión devastadora para el paciente traumático, asociándose a altas tasas de mortalidad y una morbilidad significativa. Más del 70% de las lesiones raquimedulares se acompañan de politraumatismo y la carga socioeconómica que implica una lesión medular es substancial. Por todo lo anterior, existe la necesidad de optimizar las recomendaciones de tratamiento para estos pacientes¹. Una vez que los pacientes son rescatados y estabilizados, el tratamiento de las lesiones raquimedulares incluye una rápida evaluación y caracterización de la lesión, para determinar si es necesaria una resolución quirúrgica mediante estabilización y descompresión¹. Los efectos adversos del reposo prolongado y la evolución de las técnicas quirúrgicas han permitido que se desarrollen tratamientos quirúrgicos efectivos². Sin embargo, el tratamiento quirúrgico de estos pacientes es desafiante. Muchas veces los pacientes se encuentran en un estado crítico y no existe una guía para priorizar el tratamiento de lesiones múltiples. En estos casos toma importancia la aplicación del concepto de "cirugía de control de daños"³. Existen además otros factores que pueden retrasar el tratamiento, como son el tiempo del rescate, el estudio e identificación de las lesiones y la disponibilidad de un equipo quirúrgico experimentado. Existe consenso en los protocolos para el manejo prehospitalario, pero las implicancias del retraso en el tratamiento definitivo no están del todo claras⁴. Con todos estos factores en mente, el cirujano espinal debe tomar una decisión respecto al mejor momento para llevar a cabo la intervención quirúrgica. Pese a toda la literatura disponible, no existe claridad acerca de la seguridad y eficacia de la cirugía precoz en los pacientes con traumatismos raquimedulares^{1,2}. El objetivo de este artículo es revisar el estado del arte respecto a las recomendaciones del manejo del TRM con énfasis en el mejor momento para realizar la cirugía de estabilización y descompresión en estos pacientes.

FISIOPATOLOGÍA DEL TRAUMA RAQUIMEDULAR

El trauma raquimedular comienza con lo que se ha denominado "**lesión primaria**". Esta lesión es provocada por la energía del trauma, la cual desencadena una falla biomecánica de las estructuras que estabilizan la columna (hueso y ligamentos). Los fragmentos de hueso desplazados y/o la inestabilidad resultante, provocan a su vez fuerzas que pueden generar una disrupción inmediata del tejido neural o vascular. En esta etapa, la magnitud de la lesión de la médula espinal se relaciona con el nivel de energía involucrado¹.

La segunda etapa de la lesión (conocida como "**lesión secundaria**") sigue a la anterior, y es el resultado de fenómenos locales de isquemia, inflamación, hiper-excitabilidad neuronal y generación de radicales libres, lo que finalmente lleva a mayor muerte neuronal¹. La lesión vascular local provoca hemorragia

e isquemia progresiva. La ruptura de neuronas asociada a la incapacidad de la glía de recaptar glutamato promueven la muerte celular. La pérdida de la barrera hemato-espinal permite el paso de citoquinas, péptidos vasoactivos y células inflamatorias que juntos contribuyen a generar edema y un estado pro-inflamatorio. Durante las horas y días que siguen, la muerte celular a su vez libera señales pro-apoptosis. Todos estos fenómenos generan diversos productos citotóxicos que a su vez promueven la muerte celular⁵.

La persistencia de compresión sobre la médula agrava la isquemia, el edema y la progresión hemorrágica en la zona de contusión⁶. La médula edematosa es a su vez comprimida circunferencial y longitudinalmente contra la duramadre y el hueso, en el sitio de la lesión y más allá, resultando en el desplazamiento del LCR y el colapso del espacio subaracnoideo en múltiples niveles vertebrales⁶. La compresión de la médula espinal contra un canal que ha perdido flexibilidad resulta en mayor presión intraespinal y disminución de la presión de perfusión, lo que genera un círculo vicioso que compromete aún más la irrigación medular^{4,6}.

Existe además el denominado **Shock Espinal (SE)**. Este fenómeno se define como la pérdida completa de la función motora y sensitiva por debajo del nivel de la lesión, acompañada de la pérdida de los reflejos tendíneos profundos y esfinterianos. Clásicamente la ausencia del reflejo esfinteriano se utiliza como señal de la presencia de SE el que impide realizar pronósticos neurológicos. Por el contrario, la recuperación del reflejo es aviso de que el shock ha terminado. En ese momento, la persistencia de la pérdida de función motora y sensitiva significa que estamos frente a una lesión medular completa. Actualmente existe un modelo que explica el SE en cuatro etapas⁵. La primera corresponde a las primeras 24 hrs después del trauma y se caracteriza por la ausencia de los reflejos tendíneos profundos y cutáneos (aunque estos últimos pueden comenzar a recuperarse durante esta etapa), como resultado de la pérdida de excitabilidad supra-espinal. La segunda etapa ocurre entre el primer y tercer día posterior a la lesión, con una recuperación inicial de los reflejos cutáneos (ej. bulbo-cavernoso) producto de la sensibilización por denervación junto con la regulación positiva de los receptores de N-metil-D-aspartato (NMDA). La tercera etapa puede durar hasta un mes, manifestándose por la presencia de hiperflexia junto a la reaparición de los reflejos tendíneos profundos (crecimiento de las sinapsis axonales). La cuarta fase y final se desarrolla entre el primer mes y el año, destacándose la espasticidad e hiperreflexia de los reflejos tendíneos profundos y cutáneos. Durante esta fase, el crecimiento de las sinapsis continúa mediado por mecanismos somáticos. Es de suma importancia reconocer este fenómeno ya que las intervenciones tempranas pueden producir efectos beneficiosos en los pacientes que con lesiones incompletas enmascaradas por el SE.

El SE no debe confundirse con el **Shock Neurogénico (SN)**. Este último se caracteriza por bradicardia e hipotensión provocadas por un efecto parasimpático sin contraposición (por daño de los tractos simpáticos a nivel cervical o torácico alto)⁵.

MANEJO PREHOSPITALARIO

El manejo del trauma raquímedular comienza en el sitio del accidente y debiera seguir los protocolos de “Soporte Vital Avanzado en el Trauma”. Estos incluyen la estabilización completa de la columna frente a cualquier sospecha de lesión (incluyendo collar cervical, tabla espinal e inmovilizadores laterales)⁷, la movilización en bloque del lesionado, el soporte de la vía aérea y de la perfusión (períodos breves de hipotensión han demostrado tener efectos negativos en los resultados a largo plazo).

Una vez estabilizados, los pacientes con TRM deben ser rápidamente trasladados a un centro con las capacidades necesarias para resolver este tipo de lesiones. El traslado precoz (antes de 24 hrs) a un centro especializado ha demostrado mejorar los resultados a largo plazo⁷. Los medios de transporte aéreos (avión, helicóptero) y terrestres son igualmente seguros para el traslado de los pacientes si se toman las precauciones estándar para inmovilizar la columna^{7,8}.

MANEJO HOSPITALARIO

I. IMÁGENES EN TRM

1. Radiografía simple

Ampliamente disponible en los hospitales de nuestro país, es el estudio inicial y más simple ante la sospecha de un traumatismo raquímedular. Nos permite confirmar e identificar el nivel de la lesión en la gran mayoría de los casos.

Se recomienda el estudio de columna cervical en tres proyecciones: anteroposterior (AP), lateral (L) (en esta proyección se debe visualizar totalmente la vértebra C7) y transoral⁹.

En columna toracolumbar las proyecciones AP y L permiten evaluar la alineación vertebral, identificar rotaciones o traslaciones vertebrales, pérdida de altura vertebral y aumento de la distancia interpedicular e interespinosa¹⁰.

La radiografía simple por sí sola no permite definir la necesidad de tratamiento quirúrgico, por lo que es necesario estudios complementarios como la tomografía axial computada (TAC).

2. Tomografía Axial Computada (TAC)

La TAC es el estudio recomendado en casos de trauma raquímedular¹¹. La TAC con cortes axiales y reconstrucciones sagital y coronal permite ver el detalle de la lesión ósea, especialmente la ocupación del canal raquídeo por fragmentos óseos o por traslación/rotación vertebral.

Tiene una alta especificidad dada su capacidad de descartar lesiones óseas, pero su sensibilidad se ve disminuida en la detección de compresiones medulares, así como en la identificación de lesiones ligamentarias potencialmente inestables¹². Pese a estas limitaciones, la TAC permite un diagnóstico preciso y orientación terapéutica en la gran mayoría de los casos de trauma raquímedular.

3. Resonancia Magnética (RM)

El rol de la RM en el estudio inicial del TRM es controversial, además de ser un recurso de acceso restringido y disponibles solo en centros de alta especialidad.

En casos donde la TAC muestra una evidente alteración ósea y/o ligamentosa y el estado neurológico es concordante, el uso de la RM es debatible, así como también, lo es el someter a pacientes gravemente lesionados e inestables a un examen que implica largos periodos de tiempo como es la RM.

La RM, dada su capacidad para evaluar con detalle las partes blandas, es un recurso importante en casos de compromiso neurológico inexplicable, con el fin de descartar lesiones ligamentarias y cuadros de compresión medular secundario a hematoma epidural o hernia discal post traumática que requieran de cirugía descompresiva de urgencia⁵.

II. EVALUACIÓN NEUROLÓGICA

Una vez estabilizado, el paciente debe realizarse la evaluación neurológica, la que es clave para la toma de decisiones terapéuticas. Es un paso crítico donde se determina la severidad del trauma espinal y el estado neurológico basal del paciente. La escala de Frankel, que corresponde a una escala de gravedad de 5 puntos, ha sido ampliamente usada para determinar la gravedad de la lesión medular aguda. Los pacientes se clasifican según su compromiso en: Completo (grado A), solo sensitivo (grado B), motor inútil (grado C), motor útil (grado D) o sin déficit neurológico/recuperación completa (grado E). Esta escala proporcionó por años un esquema de clasificación simple pero inespecífico, con importantes limitaciones tales como: no incluye el nivel de la lesión medular, la subjetividad en la definición de fuerza motora útil o inútil y la poca capacidad de objetivar sutiles mejoras del estado neurológico, aspecto importante para el seguimiento durante la fase de recuperación de un TRM¹³.

La herramienta más utilizada y recomendada actualmente son las Normas Internacionales para la Clasificación Neurológica de las Lesiones de la Médula Espinal (ISNCSCI), con ella se determinan los niveles sensitivos y motores para el lado derecho e izquierdo del cuerpo, así como la presencia o ausencia de preservación sacra (*Sacral Sparing*), que corresponde a la presencia de alguna función sensitiva o motora a nivel de

las raíces sacras bajas S4 y S5. Esta evaluación inicial permite determinar el nivel neurológico de la lesión, que corresponde al segmento más caudal de la médula espinal con sensibilidad intacta y fuerza muscular capaz de vencer la gravedad¹⁴.

El uso adecuado de esta herramienta de evaluación es importante para estandarizar el examen neurológico inicial, así como para el seguimiento y pronóstico de la lesión medular¹⁵. El objetivo esencial de esta herramienta es determinar si estamos frente a una lesión medular completa o incompleta.

La Escala de Deficiencia de ASIA (*Impairment Scale*) (AIS) integra la evaluación neurológica en una escala de clasificación simple de la gravedad de la lesión neurológica.

Distingue una lesión completa (ASIA grado A) de lesiones incompletas (ASIA grado B, C, D y E). (Tabla 1). La diferencia entre una lesión completa y una lesión incompleta es la presencia o ausencia de preservación sacra o *Sacral Sparing*. En una lesión completa de la médula espinal (ASIA A) no existe evidencia de función neurológica, sensitiva o motora, a nivel de las raíces sacras bajas S4-S5 (percepción de la presión anal profunda y contracción voluntaria esfínter anal), lo que indica con alta probabilidad un bloqueo completo de la conducción nerviosa a nivel de la lesión. Por otro lado, la lesión incompleta más severa de la médula espinal (ASIA B), requiere la preservación de alguna función sensitiva pero ninguna función motora a nivel de las raíces sacras bajas S4-S5^{1,14}.

III. NEUROPROTECCIÓN

Hemodinamia

El edema medular y la alteración de la microvasculatura debido al trauma genera isquemia medular perilesional. El correcto manejo hemodinámico tiene como objetivo mejorar la perfusión del tejido neural en riesgo.

Es necesario corregir la hipotensión arterial (Presión Arterial Sistólica PAS <90mmHg) tan pronto sea posible y se recomienda mantener una presión arterial media (PAM) entre 85 y 90mmHg por los primeros 7 días posteriores al trauma¹⁶. Puede ser particularmente difícil en casos de politrauma con hipovolemia y en lesiones cervicales y dorsales altas que cursan con shock neurogénico, requiriendo reposición intensiva de volumen y el uso de drogas vasoactivas.

La inestabilidad hemodinámica puede estar presente por un plazo de 7 a 10 días posterior a la lesión, y en este periodo se debe evitar la hipotensión arterial (PAS <90 mmHg), incluso en breves lapsos de tiempo.

El adecuado manejo hemodinámico, que garantice una adecuada perfusión medular, ha mostrado que mejora los resultados neurológicos a largo plazo.

Metilprednisolona

La metilprednisolona es un potente corticosteroide sintético con gran capacidad antiinflamatoria que ha mostrado mejorar la supervivencia celular en modelos animales de lesión medular, sin embargo, su uso en pacientes con trauma raquímedular aún es controversial¹⁷.

Tabla 1. Escala de Deficiencia de ASIA (ASIA Impairment Scale AIS)

TIPO DE LESIÓN	CARACTERÍSTICAS
A= COMPLETA	No hay preservación de función motora ni sensitiva en los segmentos sacros S4-S5.
B= SENSITIVA INCOMPLETA	Hay preservación de la función sensitiva pero no de la motora en los segmentos sacros más distales S4-5 (tacto fino o pinchazo en S4-S5 o presión anal profunda), y no hay preservación de función motora en más de tres niveles por debajo del nivel motor en uno u otro lado del cuerpo.
C= MOTORA INCOMPLETA	Se preserva la función motora en los segmentos sacros más caudales durante la contracción anal voluntaria (CAV) o el paciente cumple con los criterios de lesión sensitiva incompleta (función sensitiva preservada en los segmentos sacros S4-S5), con presencia de función motora en más de tres segmentos por debajo del nivel motor ipsilateral en cualquiera de los lados del cuerpo.
D= MOTORA INCOMPLETA	El estado motor incompleto tal y como fue definido arriba, con al menos la mitad (la mitad o más) de la función de los músculos clave por debajo del Nivel Neurológico de la Lesión (NNL) con una clasificación de músculo mayor o igual a 3.
E= NORMAL	Si la sensibilidad y la función motora que se examinan con el ISNCSCI se clasifican como normales en todos los segmentos, y el paciente tenía déficits previos, entonces la clasificación AIS es E.

ISNCSCI: International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury; AIS: ASIA Impairment Scale https://asia-spinalinjury.org/wp-content/uploads/2019/11/International-Standards-Worksheet-Spanish-Final_10_28_2019.pdf. Ref, 14.

La serie de tres ensayos clínicos titulados Estudio Nacional de Lesiones de la Médula Espinal (*National Spinal Cord Injury Study*) NASCIS I, II y III, publicados entre los años 1980 y 1998, demostraron graves efectos adversos y complicaciones (infección de herida operatoria, infección urinaria, sepsis, tromboembolismo pulmonar, neumonía, hemorragia digestiva y muerte) en pacientes tratados con altas dosis de metilprednisolona, riesgo que supera con creces al modesto beneficio en términos de recuperación neurológica¹⁸. La tasa global de complicaciones en pacientes tratados con metilprednisolona es mayor respecto de los no tratados (61% vs 36%)¹⁹, con diferencias significativas en las tasas de complicaciones pulmonares (35-40% vs 0-4%) y gastrointestinales (17-20% vs 0%)²⁰⁻²².

La guía desarrollada recientemente por la AOSpine, donde participó un comité interdisciplinario e internacional de expertos, sugiere que el uso de metilprednisolona en altas dosis dentro de las primeras ocho horas posteriores a la lesión medular y por una duración de 24 horas es una opción de tratamiento en lesiones medulares cervicales no penetrantes, en pacientes sin contraindicaciones médicas, siendo una recomendación débil basada evidencia científica de moderada calidad²³. No existe evidencia suficiente para recomendar su uso en trauma raquímedular toracolumbar²⁴.

En la práctica, con la evidencia disponible, los protocolos de tratamiento de trauma raquímedular cervical en relación con el uso de metilprednisolona en altas dosis siguen siendo decisión de cada centro hospitalario²⁵.

IV. CIRUGÍA DE CONTROL DE DAÑOS

La cirugía de control de daños en ortopedia consiste en tratar las lesiones que producen sangrado importante y una respuesta inflamatoria patológica, al mismo tiempo que se evitan los efectos traumáticos relacionados con una cirugía mayor, en el contexto de un paciente inestable, que ya se encuentra traumatizado. El principal fundamento es el de hacer "lo menor posible", pero "suficiente" para salvar la vida del paciente. Este último equilibrio se encuentra mal definido y, pese a que el concepto se utiliza en todo el mundo, no se encuentra validado por estudios prospectivos bien diseñados.

En el caso del paciente politraumatizado con una lesión espinal asociada, el tratamiento de preferencia es la reducción y fijación temprana de la lesión de columna. Esta recomendación se basa en estudios que han demostrado que es segura, disminuye la incidencia de complicaciones pulmonares y el daño neurológico, reduce la permanencia en las UCI, disminuye la morbilidad, mejora la sobrevida y la recuperación neurológica³. Es así como la cirugía de control de daños espinal, consistente en una reducción y fijación posterior de la fractura, debiera realizarse dentro de las primeras 24 hrs. En el caso de requerir procedimientos adicionales, que involucren mayor tiempo quirúrgicos y sangrado, éstos debieran diferirse hasta que

los parámetros vitales sean estables y se haya recuperado la homeostasis^{3,26}.

Cuando la lesión lo permita, las técnicas de cirugía de columna mínimamente invasiva (en inglés MISS) para la reducción e instrumentación son una opción altamente recomendada ya que se asocian sobre todo a menor tiempo quirúrgico y sangrado²⁷.

V. CIRUGÍA PRECOZ: ESTABILIZACIÓN Y DESCOMPRESIÓN

El objetivo principal de la cirugía es aliviar la presión mecánica sobre la médula y reducir la lesión hipóxico isquémica con el fin de optimizar el entorno local y favorecer la recuperación neurológica. Numerosos estudios en animales han demostrado que la descompresión precoz permite limitar la lesión secundaria y mejora la función medular¹².

Múltiples estudios en trauma raquímedular cervical recomiendan la cirugía precoz, dentro de ellos destaca el estudio titulado *Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study* (STASCIS), que analizó en forma prospectiva 313 pacientes con trauma raquímedular cervical. Los pacientes sometidos a descompresión precoz (<24 horas) tenían más del doble de probabilidades de tener una mejoría en la Escala de Deficiencia de ASIA (AIS) de dos grados a los 6 meses de seguimiento que aquellos sometidos a cirugía tardía (>24 horas)²⁸.

Basado en estos datos nació el concepto de "*Time is Spine*", haciendo énfasis en la importancia crítica de la cirugía precoz o temprana para mejorar los resultados funcionales a largo plazo²⁹. Es necesario tener en consideración que la cirugía precoz no está exenta de complicaciones, ya que puede actuar como un "*Second hit*" (segunda agresión), agravando condiciones médicas preexistentes y lesiones asociadas (cerebro, pulmón, riñón, etc.), o produciendo sangramiento excesivo e hipotensión³⁰.

La evidencia indica que la cirugía precoz mejora la función pulmonar, disminuyendo los días de ventilación mecánica; permite la movilización y rehabilitación temprana, disminuyendo el riesgo de Tromboembolismo Pulmonar (TEP) y las úlceras por presión (UPP); reduce los días UCI y la estadía hospitalaria total y disminuye las complicaciones y la mortalidad^{30,31}.

En términos de recuperación neurológica, no existe evidencia que avale la utilidad de la cirugía temprana en trauma raquímedular toracolumbar², sin embargo, hay evidencia suficiente que sugiere que la descompresión precoz antes de 24 horas en TRM cervical es segura y está asociada a un mejor resultado neurológico a largo plazo³². Las lesiones medulares incompletas presentan mejores resultados neurológicos a largo plazo en comparación con las lesiones medulares completas. Pese a que los beneficios neurológicos de la cirugía precoz en lesiones completas son de menor magnitud, pequeñas ganancias de función neurológica pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida¹.

No hay evidencia que la descompresión precoz se asocie a deterioro neurológico o que exponga las estructuras neurales a riesgo²⁸.

Recientemente se han publicado estudios que sugieren que la cirugía ultra precoz (<12 horas) tiene mejores resultados neurológicos a corto y mediano plazo comparada con la cirugía precoz realizada entre las 12 y 24 horas, sin aumentar los riesgos quirúrgicos ni las complicaciones perioperatorias³³⁻³⁶. En términos prácticos, la recomendación general es que la cirugía se realice tan pronto sea posible, una vez que el paciente esté médicamente estable^{5,22}.

CONCLUSIÓN

El traumatismo raquímedular es un evento devastador con consecuencias físicas, emocionales y económicas para pacientes, familias y sociedad. La atención especializada oportuna ha reducido la mortalidad, sin embargo, la recuperación neurológica a largo plazo sigue siendo limitada.

El enfoque terapéutico planteado hace énfasis en la correcta inmovilización y el adecuado rescate del paciente desde el sitio del accidente, la estabilización hemodinámica evitando la hipotensión y el traslado oportuno a un centro hospitalario para estudio de imágenes y evaluación neurológica inicial.

La cirugía de estabilización y descompresión precoz y el control estricto de la presión arterial durante la primera semana posterior al trauma, han demostrado su utilidad en limitar la lesión medular secundaria favoreciendo la recuperación neurológica a largo plazo, especialmente en lesiones medulares incompletas.

La evidencia existente a favor de la descompresión quirúrgica precoz y el creciente reconocimiento del concepto "Time is Spine", nos plantea el desafío de implementar sistemas de derivación y traslado a centros especializados que sean simples, expeditos y oportunos.

Declaración de conflicto de interés

Autores sin conflictos de interés que declarar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Piazza M, Schuster J. *Timing of Surgery After Spinal Cord Injury*. Vol. 28, *Neurosurgery Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2017. p. 31-9.
2. Eichholz KM, Rabb CH, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, et al. *Congress of neurological surgeons systematic review and evidence-based guidelines on the evaluation and treatment of patients with thoracolumbar spine trauma: Timing of surgical intervention*. Vol. 84, *Clinical Neurosurgery*. Oxford University Press; 2019. p. E53-5.
3. Guerado E, Bertrand ML, Cano JR, Cerván AM, Galán A. *Damage control orthopaedics: State of the art*. *World J Orthop*. 2019;10(1):1-13.
4. Lubelski D, Tharin S, Como JJ, Steinmetz MP, Vallier H, Moore T. *Surgical timing for cervical and upper thoracic injuries in patients with polytrauma*. *J Neurosurg Spine*. 2017 Dec 1;27(6):633-7.
5. Hachem LD, Ahuja CS, Fehlings MG. *Assessment and management of acute spinal cord injury: From point of injury to rehabilitation*. *J Spinal Cord Med*. 2017 Nov 2;40(6):665-75.
6. Aarabi B, Akhtar-Danesh N, Chryssikos T, Shanmuganathan K, Schwartzbauer GT, Simard JM, et al. *Efficacy of Ultra-Early (<12 h), Early (12-24 h), and Late (>24-138.5 h) Surgery with Magnetic Resonance Imaging-Confirmed Decompression in American Spinal Injury Association Impairment Scale Grades A, B, and C Cervical Spinal Cord Injury*. *J Neurotrauma*. 2019;10:1-10.
7. Ahn H, Singh J, Nathens A, MacDonald RD, Travers A, Tallon J, et al. *Pre-Hospital care management of a potential spinal cord injured patient: A systematic review of the literature and evidence-based guidelines*. *J Neurotrauma*. 2011;28(8):1341-61.
8. Burney RE, Waggoner R, Maynard FM. *Stabilization of spinal injury for early transfer*. *J Trauma*. 1989 Nov;29(11):1497-9.
9. Ryken TC, Hadley MN, Walters BC, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, et al. *Radiographic assessment*. *Neurosurgery*. 2013;72(SUPPL.2):54-72.
10. Qureshi S, Dhall SS, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, et al. *Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Radiological Evaluation*. *Neurosurgery*. 2019 Jan 1;84(1):E28-E31.
11. Martin AR, Aleksanderek I, Fehlings MG. *Diagnosis and Acute Management of Spinal Cord Injury: Current Best Practices and Emerging Therapies*. *Curr Trauma Reports*. 2015 Sep;1(3):169-81.
12. Ahuja CS, Schroeder GD, Vaccaro AR, Fehlings MG. *Spinal Cord Injury-What Are the Controversies?* *J Orthop Trauma*. 2017 Sep;31 Suppl 4:S7-S13.
13. Van Middendorp JJ, Goss B, Urquhart S, Atresh S, Williams RP, Schuetz M. *Diagnosis and Prognosis of Traumatic Spinal Cord Injury*. *Glob Spine J*.

- 2011;1(1):001-7.
14. American Spinal Injury Association (ASIA) 2019. https://asia-spinalinjury.org/wp-content/uploads/2019/11/International-Standards-Worksheet-Spanish-Final_10_28_2019.pdf
 15. Hadley MN, Walters BC, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Hurlbert RJ, et al. Clinical assessment following acute cervical spinal cord injury. *Neurosurgery*. 2013;72(SUPPL.2):40-53.
 16. Ryken TC, Hurlbert RJ, Hadley MN, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, et al. The acute cardiopulmonary management of patients with cervical spinal cord injuries. *Neurosurgery*. 2013;72(SUPPL.2):84-92.
 17. Wilson JR, Forgiione N, Fehlings MG. Emerging therapies for acute traumatic spinal cord injury. *CMAJ*. 2013 Apr 2;185(6):485-92. doi: 10.1503/cmaj.121206. Epub 2012 Dec 10. Erratum in: *CMAJ*. 2014 Mar 4;186(4):294.
 18. Postigo T. R. Metilprednisolona en el tratamiento del trauma raquimedular. Análisis de la evidencia. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2006;17(1):12-9.
 19. Evaniw N, Noonan VK, Fallah N, Kwon BK, Rivers CS, Ahn H, et al. Methylprednisolone for the Treatment of Patients with Acute Spinal Cord Injuries: A Propensity Score-Matched Cohort Study from a Canadian Multi-Center Spinal Cord Injury Registry. *J Neurotrauma*. 2015;32(21):1674-83.
 20. Matsumoto T, Tamaki T, Kawakami M, Yoshida M, Ando M, Yamada H. Early complications of high-dose methylprednisolone sodium succinate treatment in the follow-up of acute cervical spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(4):426-30.
 21. Del Toro Aguayo JM. Side effects of steroid use in patients with traumatic spinal cord injury. *Coluna/Columna*. 2015;14(1):45-9.
 22. Choi SH, Sung C ho, Heo DR, Jeong SY, Kang CN. Incidence of acute spinal cord injury and associated complications of methylprednisolone therapy: a national population-based study in South Korea. *Spinal Cord*; 2020;58(2):232-7.
 23. Fehlings MG, Wilson JR, Tetreault LA, Aarabi B, Anderson P, Arnold PM, et al. A Clinical Practice Guideline for the Management of Patients With Acute Spinal Cord Injury: Recommendations on the Use of Methylprednisolone Sodium Succinate. *Glob Spine J*. 2017;7(3-supplement):203S-211S.
 24. Arnold PM, Anderson PA, Chi JH, Dailey AT, Dhall SS, Eichholz KM, et al. Congress of neurological surgeons systematic review and evidence-based guidelines on the evaluation and treatment of patients with thoracolumbar spine trauma: Pharmacological treatment. *Clin Neurosurg*. 2019;84(1):E36-8.
 25. Donovan J, Kirshblum S. *Clinical Trials in Traumatic Spinal Cord Injury*. Vol. 15, Neurotherapeutics. Springer New York LLC; 2018. p. 654-68.
 26. Pfeifer R, Kalbas Y, Coimbra R, Leenen L, Komadina R, Hildebrand F, et al. Indications and interventions of damage control orthopedic surgeries: an expert opinion survey. *Eur J Trauma Emerg Surg [Internet]*. 2020;0123456789.
 27. Sanli I, Spoor A, Muijs SPJ, Öner FC. Less invasive surgery is feasible in the management of traumatic thoracolumbar fractures in isolated and polytrauma injury. *Int J Spine Surg*. 2019;13(6):561-7.
 28. Fehlings MG, Vaccaro A, Wilson JR, Singh A, Cadotte DW, Harrop JS, et al. Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: Results of the surgical timing in acute spinal cord injury study (STASCIS). *PLoS One*. 2012 Feb 23;7(2).
 29. Ahuja CS, Martin AR, Fehlings M. Recent advances in managing a spinal cord injury secondary to trauma. *F1000Res*. 2016 May 27;5:F1000 Faculty Rev-1017. doi: 10.12688/f1000research.7586.1.
 30. Kato S, Murray JC, Kwon BK, Schroeder GD, Vaccaro AR, Fehlings MG. Does Surgical Intervention or Timing of Surgery Have an Effect on Neurological Recovery in the Setting of a Thoracolumbar Burst Fracture? *J Orthop Trauma*. 2017 Sep 1;31:S38-43.
 31. O'Boynick CP, Kurd MF, Darden B V, Vaccaro AR, Fehlings MG. Timing of surgery in thoracolumbar trauma: Is early intervention safe? *Neurosurg Focus*. 2014;37(1).
 32. Badhiwala JH, Ahuja CS, Fehlings MG. Time is spine: A review of translational advances in spinal cord injury. *Journal of Neurosurgery: Spine*. Vol. 30. 1-18.
 33. Jug M, Kejzar N, Vesel M, et al. Neurological recovery after traumatic cervical spinal cord injury is superior if surgical decompression and instrumented fusion are performed within 8 hours versus 8 to 24 hours after injury: a single center experience. *J Neurotrauma* 2015;32(18):1385-92.
 34. Wutte C, Becker J, Klein B, Mach O, Panzer S, Stuby FM, et al. Early decompression (<8 hours) improves the functional bladder outcome and mobility after traumatic thoracic spinal cord injury. *World Neurosurg*. 2019;293(2):1-35.
 35. Nasi D, Ruscelli P, Gladi M, Mancini F, Iacoangeli M, Dobran M. Ultra-early surgery in complete cervical spinal cord injury improves neurological recovery: A single-center retrospective study. *Surg Neurol Int*. 2019 Oct 18;10:207.
 36. Burke JF, Yue JK, Ngwenya LB, Winkler EA, Talbott JF, Pan JZ, et al. Ultra-Early (< 12 Hours) Surgery Correlates With Higher Rate of American Spinal Injury Association Impairment Scale Conversion After Cervical Spinal Cord Injury. *Neurosurgery*. 2019 Aug 1;85(2):199-203.