

TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO X

Capítulo 13

PROGNÓSTICO FUNCIONAL EM LESÕES MEDULARES COMPLETA E INCOMPLETA

AMANDA DA SILVA ARAÚJO¹
ARGEL LUIZ WENDEL GOULART¹
CAROLINE SALDANHA CUSTÓDIO¹
CRISTIANO MENDES RIBEIRO¹
EDUARDO AUGUSTO MANTA RIBEIRO²
FERNANDO VÉLEZ FEIJÓ¹
KAEL ASael F BARRETTO CORDEIRO¹
LAURA PORTO NUNES¹
LEONARDO AUGUSTO SCHREINER¹
LORENNALIMA REGUEIRA COSTA¹
THEO FUTURO TELÖKEN¹
VICTOR HUGO WILHELM ANNES¹

¹Discente - Medicina na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

²Discente – Medicina na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

Palavras-chave: Lesão Medular; Trauma; Prognóstico.

DOI

10.59290/1153430722

EDITORIA
P PASTEUR

INTRODUÇÃO

As lesões medulares (LM) representam um espectro de danos à medula espinhal, podendo ser classificadas como completas ou incompletas, de acordo com a preservação das funções motoras e sensoriais abaixo do nível da lesão. As lesões completas resultam em perda total e permanente das funções motoras e sensoriais abaixo do nível da lesão, enquanto as lesões incompletas apresentam algum grau de preservação funcional, podendo incluir diferentes síndromes clínicas, como a síndrome central da medula, síndrome da medula anterior, síndrome de Brown-Séquard, entre outras. Ambas classificações são devastadoras e complexas, criando dependência física, morbidade e aumento de estresse psicológico e financeiro. (ANJUM *et al.*, 2020, ELI *et al.*, 2021)

A LM é uma condição de comum ocorrência, sendo a estimativa de ocorrência entre 250.000 e 500.000 por ano e a prevalência de 1298 casos por 1 milhão de habitantes globalmente. O custo acumulado estimado ao longo da vida de um paciente com LM pode exceder 3 milhões de dólares. A razão de gênero é de 1,6:1, sendo o sexo masculino o mais afetado (outros estudos encontraram que até 78% dos casos é masculino). A ocorrência de fraturas da coluna e LM é representada por um pico bimodal, sendo mais frequente nas idades entre 20 e 30 anos e depois entre os 50 e 70 anos (ANJUM *et al.*, 2020, ELI *et al.*, 2021)

A etiologia mais comum das LM é traumática, embora causas não traumáticas, como tumores, infecções e doenças vasculares, também sejam relevantes. Considerando causas traumáticas, o tipo mais comum é o completo, sendo o segmento cervical o mais frequentemente acometido ($\approx 50\%$), seguido pelos segmentos torácico ($\approx 35\%$) e lombar ($\approx 11\%$). Contudo, quan-

do abordado apenas fraturas vertebrais, a porção lombar é a mais afetada, seguido da torácica e cervical. Essa distribuição anatômica evidencia que, quanto mais alta a lesão, maior a extensão das disfunções motoras, sensoriais e autonômicas (ANJUM *et al.*, 2020, ELI *et al.*, 2021).

O objetivo deste estudo foi fazer uma revisão sobre lesões medulares, trazendo informações acerca de sua epidemiologia, etiologia, fisiopatologia, quadro clínico, prognóstico funcional e tratamento.

MÉTODO

O presente capítulo consiste em uma revisão narrativa da literatura realizada no mês de novembro de 2025, por meio de buscas sistemáticas nas bases de dados: PubMed/Medline, *Science Direct* e SciELO. Para a construção do referencial teórico, foram utilizados os descritores: “*spinal cord injuries*”, “*trauma*”, “*neurological deficit*”, e “*functional prognosis*”.

Foram incluídos os artigos publicados nos idiomas português ou inglês; publicados no período de 2000 a 2025; que abordavam as temáticas propostas para este estudo do tipo revisão e disponibilizados na íntegra. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados, estudos não disponibilizados gratuitamente, que não abordavam diretamente a proposta estudada e que não atendiam aos demais critérios de inclusão.

Após os critérios de seleção, restaram 9 artigos que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta de dados. Os resultados foram apresentados em tabelas, quadros e de forma descritiva, divididos em categorias temáticas abordando: epidemiologia, etiologia, mecanismos de trauma, fisiopatologia, avaliação de gravidade do trauma, manifestações clínicas, diagnóstico, exames complementares, sintomatologia, fatores prognóstico e tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mecanismo do Trauma e Fisiopatologia

A LM aguda ocorre, comumente, em função de trauma e resulta em fraturas e deslocamentos vertebrais. Os mecanismos traumáticos identificados nos estudos reforçam o predomínio de forças de alta energia como principal causa das LM. No estudo de Huang *et al.* (2023) foi visto que aproximadamente 85% dos casos analisados foram decorrentes de trauma de grande cinética, incluindo quedas de alto impacto (mais altas que 2 metros), colisões veiculares, esportes de contato, quedas da própria altura e traumatismos diretos sobre cabeça e pescoço. A vulnerabilidade da coluna cervical a forças de hiperflexão, hiperextensão e compressão axial explica sua predominância como local mais afetado. O estudo por Eli *et al.* (2021) trouxe como principais fontes de lesões traumáticas como acidentes automobilísticos (38,6%), quedas (32,2%), ferimentos por projéteis de arma de fogo (14%) e acidentes esportivos (7,8%).

Além disso, condições estruturais prévias podem amplificar o risco de fraturas instáveis mesmo em traumas de baixa energia. Wang *et al.* (2024) e Zhang *et al.* (2021) demonstraram que pacientes com espondilite anquilosante apresentam comportamento biomecânico alterado da coluna, caracterizado pelo padrão em “alavanca longa”, aumentando o risco de fraturas extensas com deslocamento significativo e compressão medular mesmo após impactos mínimos.

A fisiopatologia é multimodal e representa uma série de eventos interrelacionados, sendo este um dos motivos desta condição ser de difícil tratamento. O estágio inicial da lesão é denominado lesão primária e o dano ocorre de fragmentos ósseos comprimindo e/ou lesando a

medula espinhal e destruição direta do parênquima neural pela cinética do trauma, como mecanismos de aceleração e desaceleração, causando lacerações, disfunção das vias axonais, destruição de membranas celulares, hemorragia e edema local. (ANJUM *et al.*, 2020)

A lesão primária serve como gatilho para a lesão secundária, causando ainda mais dano mecânico e, agora, também químico, em função de uma resposta fisiológica ao trauma. Essa fase secundária é dividida em cinco etapas: imediata, aguda, subaguda, intermediária e crônica. A fase imediata representa as primeiras duas horas após o trauma, sendo associado ao quadro clínico de choque medular e com sintomas potencialmente reversíveis. O agudo, entre duas horas e duas semanas pós trauma, observa-se aumento da inflamação, edema e hemorragia e isquemia. Também ocorre a excitotoxicidade dos neurônios em função do acúmulo de glutamato e cálcio dentro das células da glia e neurônios. A disfunção mitocondrial que se segue causa o aumento de espécies reativas de oxigênio que intensifica a inflamação. A fase subaguda, ocorrendo entre 2 dias e 2 semanas do trauma, é caracterizada pela apoptose e necrose de astrócitos danificados e, por fim, degenerações e gliose. A glia ainda saudável começa a trabalhar na regeneração axonal e restabelecimento da homeostase. A fase intermediária ocorre após a segunda semana e pode durar por até 6 meses, sendo observável a cicatrização astrocítica. A fase crônica dura, virtualmente, o resto da vida inteira deste paciente. As cicatrizes são amadurecidas, mielomalacia e cavitações ocorrem. A partir da fase intermediária, os sintomas já são potencialmente permanentes. (ANJUM *et al.*, 2020)

Avaliação da Gravidade

O principal determinante de gravidade é a extensão da destruição inicial e duração da

compressão da medula espinhal e é o fator isolado mais consistente para prever a evolução funcional. A Escala ASIA consolidou-se como padrão-ouro na avaliação neurológica segmentar sensitivo-motora, sua maior precisão diagnóstica e prognóstica ao utilizar os dermatomos e miótomos, permitiu uma classificação consistente para nivelar e localizar as lesões. Pacientes com lesões incompletas (ASIA B-D) apresentam maior probabilidade de recuperação neurológica e funcional, enquanto as lesões completas (ASIA A) tendem a manter déficits persistentes. (Figura 13.1).

Figura 13.1 Classificação de ASIA

Grau	Descrição
A	Completo: ausência de função sensitiva e motora, inclusive nos segmentos sacrais S ₄ -S ₅
B	Incompleto: função sensitiva preservada e ausência de função motora abaixo do nível neurológico, inclusive nos segmentos sacrais S ₄ -S ₅
C	Incompleto: função motora preservada abaixo do nível da lesão e mais da metade dos músculos abaixo do nível neurológico tem grau de função motora inferior a 3
D	Incompleto: função motora preservada abaixo do nível da lesão e pelo menos metade dos músculos abaixo do nível neurológico tem grau de função motora igual ou superior a 3
E	Normal: função motora e sensitiva normais

Fonte: MAGALHÃES *et al.*, 2007

A classificação de Frankel, embora mais simples, continua útil na triagem inicial, especialmente em contextos de emergência e instabilidade clínica, por possibilitar rápida categorização da lesão em termos de preservação motora e sensitiva (Figura 13.2). A relevância da integridade funcional residual foi reforçada por Wang *et al.* (2024), que analisaram pacientes com fraturas cervicais associadas à espondilite anquilosante e identificaram melhora neurológica em 74,5% dos casos após um ano de seguimento. A preservação de função motora no exame inicial foi o fator mais expressivo de recuperação, enquanto a presença do hipersinal medular em sequência T2 na ressonância magnética, marcador de dano estrutural intrínseco, asso-

ciou-se a pior prognóstico (WANG *et al.*, 2024).

Figura 13.2 Classificação de Frankel

Grau	Descrição
A	Déficit sensitivo e motor completo
B	Paraplegia e sensibilidade residual
C	Função sensitiva e motora residual não-funcional
D	Função sensitiva e motora residual funcional
E	Ausência de déficit

Fonte: MAGALHÃES *et al.*, 2007

Padrões Anatômicos de Lesão e Sintomatologia

O padrão anatômico e sindrômico da lesão modifica de forma significativa o potencial de recuperação neurológica. Lesões da medula cervical, particularmente acima da vértebra C5, tendem a causar quadriplegia, enquanto lesões na medula torácica e lombar cursam como paraplegias (ELI *et al.*, 2021; IZZY, 2024) (Tabela 13.1). Abaixo apresentam-se os principais tipos e suas implicações clínicas:

- Síndrome da Cauda Equina (CES): inicialmente classificada como AISA A, apresenta pontuações motoras iniciais mais elevadas em comparação com aqueles com lesão medular cervical ou lesões traumáticas completas; no entanto, observa-se que esses pacientes com CES não exibem recuperação significativa ao longo de 12 meses, ao passo que os demais grupos demonstram melhora progressiva (SHAKIL *et al.*, 2023).
- Síndrome da Medula Central (SMC): apresentam um padrão característico de maior comprometimento motor em membros superiores, apesar de pontuações iniciais relativamente preservadas (SHAKIL *et al.*, 2023)
- Síndrome da Medula Anterior: observa-se um quadro clínico marcado por paresia ou paralisia abaixo do nível da lesão, associado à perda de sensibilidade à dor e temperatura, com preservação relativa da propriocepção e da vibração, refletindo o acometimento seletivo do território

vascular anterior da medula (SANDOVAL & DE JESUS, 2024)

Síndrome de Brown-Séquard: resultante de uma hemissecção ou lesão assimétrica da medula espinal, manifesta-se por paresia e perda

de propriocepção ipsilateral à lesão, associadas à perda contralateral de dor e temperatura, configurando um padrão dissociado que depende diretamente da localização e extensão do dano (SHAMS *et al.*, 2024).

Tabela 13.1 Representação de tipos de síndromes medulares decorrentes de LM, suas manifestações clínicas e prognóstico

Tipo de Lesão Medular	Manifestações clínicas	Prognóstico
Cervical alta (C1–C4)	Tetraplegia, perda sensitiva abaixo da lesão, insuficiência respiratória, instabilidade autonômica.	Prognóstico reservado; alta mortalidade nas primeiras semanas; dependência ventilatória comum; baixa probabilidade de recuperação motora significativa.
Lesão Cervical Baixa (C5–C8)	Tetraparesia, preservação parcial de ombro/cotovelo/mão. Hipoestesia ou anestesia. Retenção urinária, disfunção sexual	Prognóstico intermediário; chance de recuperar movimentos funcionais em MMSS; função respiratória geralmente preservada.
Lesão Torácica Alta (T1–T6)	Paraplegia; fraqueza de tronco. Alterações sensitivas em tronco e MMII. Disfunção simpática cardiovascular	Prognóstico funcional melhor que lesões cervicais; risco de disreflexia autonômica; independência funcional parcial possível.
Lesão Torácica Baixa (T7–T12)	Paraplegia; preservação de musculatura abdominal. Alterações sensitivas em tronco inferior e MMII. Comprometimento vesical e intestinal	Bom prognóstico para independência em cadeira de rodas; tronco mais estável; menor risco autonômico.
Lesão Lombar (L1–L5)	Paraparesia flácida. Alteração sensitiva em MMII. Disfunção esfinteriana e sexual	Maior potencial de recuperação motora parcial; marcha assistida possível em muitos casos.
Lesão Sacral (S1–S5)	Fraqueza mínima ou paralisia flácida. Anestesia em sela. Incontinência urinária e fecal; impotência	Bom prognóstico motor; déficits autonômicos persistentes são mais comuns.
Lesão Completa (ASIA A)	Ausência total de função motora e sensitiva abaixo da lesão	Prognóstico mais desfavorável; <10% recuperam função motora útil; sobrevida melhora após o primeiro ano.
Lesão Incompleta (ASIA B–D)	Preservação sensitiva e/ou motora parcial	Prognóstico muito melhor que ASIA A; ASIA D apresenta alta taxa de recuperação funcional; ASIA B progride para C em muitos casos.
Síndrome central da medula	Fraqueza maior em MMSS que MMII.	Bom prognóstico; muitos pacientes recuperam a marcha; déficits de MMSS podem ser persistentes.
Síndrome da medula anterior	Paralisia completa abaixo da lesão com preservação de tato e propriocepção.	Prognóstico ruim; baixa taxa de recuperação motora devido à isquemia das porções anteriores da medula.
Síndrome de Brown-Séquard	Paralisia ipsilateral e perda sensitiva contralateral.	Excelente prognóstico; recuperação funcional significativa na maioria dos casos.
Síndrome do cone medular	Déficits leves em MMII, anestesia em sela, incontinência.	Prognóstico motor geralmente bom; déficits esfinterianos podem ser permanentes.
Síndrome da cauda equina	Paralisia flácida assimétrica, anestesia em sela, retenção urinária.	Prognóstico melhor que lesões centrais; recuperação depende da rapidez da descompressão; urgência cirúrgica.

Fonte: Adaptação SHAMS *et al.*, 2024; SANDOVAL & DE JESUS, 2025; SHAKIL *et al.*, 2023

Esses contrastes reforçam a importância de saber o nível anatômico e do padrão de lesão quando considerando o potencial de recuperação neurológica, evidenciando que diferentes regiões da medula apresentam comportamentos distintos quanto à capacidade de regeneração e evolução funcional (BROUWERS *et al.*, 2020).

Fatores Prognósticos

Nas últimas décadas, o entendimento do prognóstico em LM evoluiu também com o emprego de métodos de análise de sobrevivência, permitindo caracterizar não apenas a probabilidade de morbi-mortalidade, mas também sua distribuição temporal. O prognóstico funcional depende principalmente da gravidade neurológica inicial (classificação ASIA) e do nível anatômico da lesão. Fatores como idade avançada, etiologia penetrante e nível torácico de acometimento estão associados a piores desfechos funcionais; enquanto fatores como nível cervical da lesão, idade jovem, ausência de comorbidades, menor extensão lesional à ressonância magnética e intervenção precoce estão associados a melhor recuperação funcional.

A compreensão atual do prognóstico das lesões medulares, têm sido profundamente aprimoradas pelo uso de modelos estatísticos de análise de sobrevivência, especialmente aqueles baseados na função de hazard. Essa metodologia permite avaliar não apenas a probabilidade de mortalidade, mas também a forma como esse risco se distribui no tempo. No estudo multicêntrico de Huang *et al.* (2023), que avaliou 450 pacientes com fraturas cervicais associadas à lesão medular grave, observou-se que o risco instantâneo de morte foi mais elevado nas primeiras semanas após o trauma, mantendo-se alto ao longo dos doze primeiros meses e reduzindo-se progressivamente após esse período. Esse comportamento temporal decorre da elevada incidência de complicações respirató-

rias, instabilidade hemodinâmica e infecções sistêmicas no período agudo. Os autores demonstraram ainda que a sobrevivência condicional aumentou de forma contínua, passando de 73,3% no momento do trauma para 88% após dois anos de sobrevivência, evidenciando uma sólida correlação na melhora do prognóstico à medida que o paciente ultrapassa a fase crítica inicial (HUANG *et al.*, 2023).

A integração desses achados revela que o prognóstico das lesões medulares traumáticas resulta da interação entre fatores neurológicos, mecânicos, sistêmicos e terapêuticos. A recuperação neurológica é limitada nas lesões completas; contudo, o aumento significativo da sobrevivência condicional após a fase crítica indica que intervenções intensivas no primeiro ano podem alterar expressivamente a história natural da doença. Entre os pilares centrais de manejo destacam-se o suporte respiratório precoce, a prevenção de pneumonia, a estabilização cirúrgica adequada e a reabilitação interdisciplinar iniciada ainda no ambiente hospitalar. Complicações tardias, como infecções recorrentes, úlceras por pressão e disfunções autonômicas, mantêm papel relevante na mortalidade tardia e reforçam a necessidade de seguimento prolongado após a alta (BROUWERS *et al.*, 2020).

Tratamento

O tratamento inicial de pacientes com LM ocorre na própria cena do trauma e, comumente, há outros pontos corporais também com lesões, como tórax, abdome, extremidades e encefalo que possam requisitar tratamento imediato. Imobilização espinhal pode ser necessária, especialmente em pacientes apresentando algum dos seguintes: dores ou rigidez na região cervical, trauma de forte cinética e/ou contuso, déficit neurológico, alteração de nível de consciência, deformidade anatômica visível de coluna.

Transferência para centros de trauma especializados é considerado um comprovado fator que melhora os desfechos. O uso de exames de imagem inicialmente também é muito relevante, permitindo a identificação de dano estrutural e determinação de necessidade de intervenção cirúrgica. A tomografia computadorizada garante uma boa visualização de estruturas ósseas e possíveis destruições que tenham ocorrido, enquanto a ressonância magnética permite compreensão melhor da injúria em si e sua extensão (ELI *et al.*, 2021; IZZY, 2024).

A intervenção cirúrgica precoce também emergiu como elemento central no prognóstico das LM. Um estudo por Fehlings *et al.* (2012) demonstrou que indivíduos operados precocemente para descompressão (<24 horas) mostraram aumento de até dois graus na escala ASIA para disfunções neurológicas nos acompanhamentos em relação aos pacientes que passaram por cirurgias tardiamente (>24 horas). Huang *et al.* (2023) demonstraram que a cirurgia realizada em menos de 72 horas constituiu o único fator independente associado à redução significativa da morbimortalidade. A descompressão e estabilização rápida atenuam o ciclo de isquemia secundária, edema e resposta inflamatória, preservando a integridade funcional e diminuindo a probabilidade de deterioração neurológica subsequente. Esses achados convergem com o estudo de Ren *et al.* (2020), que comparou abordagens cirúrgicas anterior e posterior em luxações cervicais traumáticas ao longo de dez anos. As duas vias demonstraram desfechos neurológicos equivalentes, embora apresentassem perfis distintos de complicações. A via anterior preservou melhor o alinhamento sagital e a lordose cervical, enquanto a via posterior associou-se a maior perda de alinhamento e maior tempo cirúrgico, porém com menor incidência de disfagia e odinofagia pós-operatórias. Esses resultados indicam que a escolha da abordagem

deve ser individualizada, considerando o padrão da fratura, a estabilidade segmentar, o risco de complicações e as particularidades anatômicas do paciente (ELI *et al.*, 2021; IZZY, 2024).

O controle da pressão sanguínea tem um importante papel na LM aguda. A hipotensão já foi observada como tendo relação direta com piores prognósticos e valores acima de 85-90 mmHg para pressão arterial média são considerados relevantes para um melhor desfecho, garantindo perfusão adequada da medula espinhal e região lesionada. Um tratamento ainda discutível quanto às LM é o uso de corticosteróides, buscando diminuir a resposta inflamatória da fase secundária de lesão. Contudo, estudos diferem no benefício dos medicamentos, trazendo que não há alteração de desfecho (IZZY, 2024). O uso de fisioterapia é benéfico no restabelecimento de força nas regiões afetadas pela LM, podendo auxiliar no aumento da independência do indivíduo afetado e diminuição do déficit neurológico a longo prazo.

CONCLUSÃO

Desse modo, os estudos analisados contribuem para consolidar a compreensão de que o prognóstico em lesão medular traumática é um processo dinâmico, condicionado ao tempo de sobrevivência e diretamente influenciado por fatores anatômicos, clínicos e biomecânicos. Lesões incompletas tendem a ter uma recuperação mais rápida e importante que lesões completas, de forma que o tratamento precoce seja crucial para que não haja pioras na extensão e gravidade da lesão após o trauma em função de mecanismos fisiológicos em resposta à inflamação.

A incorporação de ferramentas analíticas como a função de *hazard*, associada a parâmetros neurológicos padronizados e perfis clínicos

individuais, aprimora o aconselhamento, o planejamento terapêutico e o delineamento de estratégias de prevenção e reabilitação. Esses avanços reforçam a importância de modelos clínicos multifatoriais que permitam estimar com

maior precisão os desfechos funcionais e a sobrevivência a longo prazo, contribuindo assim para a evolução do conhecimento científico na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJUM, A. *et al.* Spinal Cord Injury: Pathophysiology, Multimolecular Interactions, and Underlying Recovery Mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 20, p. 7533, 13 out. 2020. DOI: 10.3390/ijms21207533.

BROUWERS, E. M. J. R. *et al.* Recovery after traumatic thoracic- and lumbar spinal cord injury: the neurological level of injury matters. *Spinal Cord*, p. 1–8, 5 maio 2020. DOI: 10.1038/s41393-020-0463-1.

ELI, I.; LERNER, D. P.; GHOGAWALA, Z. Acute Traumatic Spinal Cord Injury. *Neurologic Clinics*, v. 39, n. 2, p. 471–488, maio 2021. DOI: 10.1016/j.ncl.2021.02.004.

FEHLINGS, M. G. *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*, v. 7, n. 2, p. e32037, 23 fev. 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0032037.

MAGALHÃES, E.; GOVÊIA, C. S.; LADEIRA, L. C. A. *et al.* Hematoma após Anestesia Peridural: Tratamento Conservador. Relato de caso. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, v. 57, n. 2, p.182-187, 2007. DOI: 10.1590/S0034-70942007000200007.

IZZY, S. Traumatic Spinal Cord Injury. *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology*, v. 30, n. 1, p. 53, 1 fev. 2024. DOI: 10.1212/CON.0000000000001392.

SANDOVAL, J. I.; DE JESUS, O. Anterior Spinal Artery Syndrome. *StatPearls [Internet]*, 7 jun. 2024.

SHAKIL, H.; SANTAGUIDA, C.; WILSON, J. R. *et al.* Pathophysiology and surgical decision-making in central cord syndrome and degenerative cervical myelopathy: correcting the somatotopic fallacy. *Frontiers in Neurology*, v. 14, 2023. DOI: 10.3389/fneur.2023.1276399.

SHAMS, S.; ARAIN, A.; BROWN SÉQUARD Syndrome. *StatPearls [Internet]*, 27 fev. 2024.