

急性创伤性脊髓损伤早期脊髓减压手术策略专家共识(2026 版)

中国医师协会神经修复学专业委员会 中国医师协会神经外科医师分会脊髓脊柱神经外科学组

通信作者:胡荣,陆军军医大学第一附属医院神经外科,重庆 400038, Email:huchrong@aliyun.com; 储卫华,陆军军医大学第一附属医院神经外科,重庆 400038, Email:wei huachu@tmmu.edu.cn; 冯世庆,山东大学齐鲁第二医院骨科,济南 250033, Email:shiqingfeng@sdu.edu.cn; 辛涛,山东第一医科大学第一附属医院神经外科,济南 250177, Email:xintao@sdfmu.edu.cn

基金项目:重庆市自然科学基金(CSTB2025NSCQ-GPX0640); 重庆市生物医药研发重大专项(CSTB2022TIAD-STX0012)

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2025CN1633)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20260111-00014

急性创伤性脊髓损伤(acute traumatic spinal cord injury, ATSCI)是一种高致残性、灾难性的神经系统损伤,具有发病率高、治疗成本高、社会负担重等特点。ATSCI 的临床救治强调早期综合干预,包括院前急救、血流动力学及呼吸支持、影像学评估,以及药物和手术等综合措施,旨在最大限度保留神经功能、防治并发症并改善患者的远期生命质量。然而,尽管救治体系不断完善,如何有效阻断损伤后病理生理学进程、促进神经功能恢复仍是临床面临的重大挑战。

越来越多的证据表明,早期手术减压能有效降低脊髓内压、改善局部血供,为神经功能恢复创造有利的微环境,是改善患者预后的关键治疗策略^[1-3]。ATSCI 后脊髓减压手术主要包括骨性减压、硬脊膜切开以及脊髓切开减压 3 个层次。骨性减压术通过椎板切除、清除骨折碎片、血肿等硬脊膜外致压物,恢复椎管容积、解除脊髓机械性压迫,是 ATSCI 减压手术的第一环节,对改善患者神经功能有重要作用^[4-5]。

骨性减压术虽能缓解硬脊膜外压迫,但对硬脊膜内高压及脊髓实质损伤的干预效果有限。在原发性损伤后,脊髓内的微环境会继发剧烈反应,释放大量的炎症因子、活性氧、兴奋性氨基酸等有害物质,进一步损伤神经细胞和微血管,导致脊髓出现细胞毒性和血管性水肿,使局部组织缺血、缺氧加重^[6-7]。由于受到软脊膜、硬脊膜的束缚以及骨性椎管的限制,脊髓水肿和(或)髓内血肿会导致髓内压力增高,

使脊髓血流灌注下降,继而出现“缺血-水肿-缺血”的恶性循环,即所谓的“脊髓脊膜腔综合征”^[8-10]。基于该病理生理学基础,实施进一步的硬脊膜切开甚至脊髓切开减压术,可降低脊髓内压力、恢复脊髓血流灌注,对减轻继发损伤有潜在益处。

尽管 ATSCI 后早期脊髓减压手术的意义和重要性已获广泛认同,但在具体手术策略的选择及实施上,国内外仍存在较多争议^[11-12]。尤其是针对椎板切除减压、硬脊膜切开以及脊髓切开减压这 3 类直接减压术式,其各自的适应证、手术时机、操作规范及联合应用指征等方面,尚缺乏统一、规范的临床指南。为弥合学术分歧、指导临床实践,通过系统梳理现有证据并制定本专家共识,以期推动 ATSCI 早期脊髓减压手术的规范化及标准化。

一、共识制订方法

(一) 共识制订过程

本共识由中国医师协会神经修复学专业委员会、中国医师协会神经外科医师分会脊髓脊柱神经外科学组发起制订,依托本领域的循证医学专家提供方法学和证据支持。共识工作组于 2025 年 3 月成立,由共识制订专家组、撰写协作组及外审专家组构成。专家组由 58 名国内相关领域专家构成,撰写协作组由 5 名成员组成,外审专家组由 6 名脊髓脊柱领域专家组成。本共识的制订过程和撰写方法分别参照《中国制定/修订临床诊疗指南的指导原则

(2022 版)》和指南研究与评价工具(2 版)(the Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation, the 2nd Edition, AGREE II)的标准执行^[13-14]。并在正式制订前已提交完整的计划书。

(二) 文献检索策略

撰写协作组针对 ATSCI 早期手术减压术式进行文献检索,数据库包括 PubMed、中国知网、万方数据知识服务平台。检索时间为自建库至 2025 年 6 月。中文关键词为“急性创伤性脊髓损伤”“骨性减压”“椎板切除”“硬脊膜切开”“脊髓切开”“硬脊膜扩大成形术”“髓内减压”“椎管减压”。英文关键词为“acute spinal cord injury”“bony decompression”“dural incision”“laminectomy”“myelotomy”“duraplasty”“durectomy”“intramedullary decompression”“spinal canal decompression”。文献纳入类型不限。仅针对 ATSCI 手术患者进行分析,排除其他因素如椎管肿瘤、椎管狭窄、先天性疾病等导致的脊髓损伤。

(三) 证据质量及推荐强度等级

本共识采用推荐建议分级的评估、制定及评价系统(Grade of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE)分级标准评估推荐意见的文献证据质量,优先考虑证据体中评级最高的证据,其中证据等级 I 级:证据质量为高质量随机对照试验(randomized controlled trial, RCT); II 级:有一定局限性的 RCT; III 级:观察性研究(队列研究及病例-对照研究等); IV 级:系列病例观察、个案报告^[15]。根据检索所得证据的质量,撰写协作组拟定推荐意见决策表,明确各条推荐意见、支持文献及其对应的证据等级。形成推荐意见决策后,组织国内相关领域 58 名专家对推荐意见进行 3 轮次讨论修改和投票表决。参照 GRADE 体系采用德尔菲法达成共识,专家共识度(%) = 得票数最多数/专家总数 × 100%,共识度 ≥ 80% 为达成共识。根据专家共识度明确每条推荐意见的强度,分为“强、中、弱”3 个推荐等级,其中专家共识度 100% 为“强”推荐等级,90% ~ 99% 为“中”推荐等级,80% ~ 89% 为“弱”推荐等级^[16]。

本共识适用人群为 ATSCI 需早期行减压手术的患者,使用人群为所有神经外科、骨科、脊柱外科医生及相关专业研究人员。

二、脊髓损伤的伤情评估

ATSCI 后是否需要手术以及选择何种手术策略均需通过对脊髓损伤情况进行及时、准确的评估加以确定。临床体格检查仍是脊髓损伤后神经功能评估的主要手段。美国脊髓损伤协会(American

Spinal Injury Association, ASIA)量表分级围绕感觉和运动两大核心功能构建,同时纳入肛门括约肌功能和神经平面判定,形成完整的评估框架,具有标准化、量化、可重复性的优势,是目前全球公认及广泛应用的评估量表^[17]。神经电生理学检测基于神经电信号传导特性,能客观评估脊髓、神经根及周围神经的功能状态,同时还具有早期敏感、无创伤等优势,是临床体格检查的有效补充^[18]。

影像学检查能呈现脊柱的解剖结构损伤、脊髓受压程度、神经组织病理学改变及周围组织受累情况,从宏观形态层面为手术策略提供决策依据。通过 X 线平片检查可对椎体的排列、骨折和软组织肿胀进行快速评估,通常是 ATSCI 早期的筛查评估方法^[19-22]。螺旋 CT 对脊柱骨性结构损伤的灵敏度高,尤其是薄层扫描,可准确显示椎管狭窄程度,并能间接评估脊髓损伤及受压情况,为减压手术提供依据^[23-25]。MRI 能提供脊髓、脊柱韧带、椎间盘等软组织的详细成像,可清晰显示脊髓受压来源、部位、程度以及髓内损伤情况,还可通过受损节段脊髓水肿程度、蛛网膜下腔变化等间接反映脊髓内压增高情况,对指导选择减压手术策略具有关键价值^[26-29]。本专家共识在影像学检查时机、适用条件、功能作用等方面取得以下推荐意见。

推荐意见 1: ATSCI 发生后, X 线平片可作为早期筛查手段,常规拍摄损伤节段的正侧位片,以评估椎体排列、椎弓根间距及椎间隙宽度等;对颈椎损伤者,可加拍张口位片,观察寰枢椎的对位关系;对颈胸交界区椎体损伤,尤其是 C₆ ~ T₂ 节段损伤的患者,由于受邻近骨质遮挡, X 线作用受限;不建议常规拍摄前屈或后伸动态位片评估脊柱的稳定性,可结合 CT、MRI 检查综合判断,若确实需要,建议在急性期后确保安全的前提下进行(IV 级证据;专家共识度:96.3%;推荐强度:中)。

推荐意见 2: 在患者生命体征平稳、无其他禁忌证下, ATSCI 后应尽早行脊柱 CT 检查;建议行层厚 ≤ 1 mm 的连续轴位薄层扫描,结合矢状位、冠状位及三维成像,全面评估椎体骨折线的走行、碎片空间分布及椎管容积变化;扫描范围应至少覆盖损伤节段上、下 1 ~ 2 个椎体。为避免跳跃性损伤漏诊,可行全脊柱 CT 扫描;硬脊膜外或硬脊膜下血肿在 CT 平扫可显示为椎管内中、高密度影。脊髓内出血伴脊髓肿胀时, CT 扫描可见脊髓增粗、轮廓模糊。但 CT 对脊髓水肿及出血分辨率低,对韧带撕裂及椎间盘突出显示也有限,需行 MRI 检查进一步确认

(Ⅳ级证据;专家共识度:100.0%;推荐强度:强)。

推荐意见 3: MRI 可提供脊髓、椎间盘和韧带等组织结构损伤的较详细信息,为临床制定手术策略和评估预后提供依据。因此,针对 ATSCI 患者,术前除常规行 X 线平片、螺旋 CT 检查外,在条件及病情允许下,推荐尽早行 MRI 扫描,尤其存在如下情况:(1)X 线/CT 显示轻微骨折或无异常,但患者存在明显的感觉/运动功能障碍。(2)伤后患者症状进行性加重,需排查继发性出血或水肿扩大等。(3)计划手术干预,需评估脊髓受压位置、范围及损伤性质等,MRI 检查具有关键价值(Ⅲ级证据;专家共识度:100.0%;推荐强度:强)。

推荐意见 4: ATSCI 发生后,常规 MRI 扫描应包含 T1 加权成像(T1WI)、T2 加权成像(T2WI)的矢状位和轴位;T2WI 呈高信号是脊髓水肿的特征性表现,提示存在细胞毒性水肿及炎症反应。轴位像显示脊髓横径增粗 >30% 基础值,或矢状位可见纺锤形膨大,特别是蛛网膜下腔消失,提示进行性水肿风险高及脊髓内压力增高;急性(<72 h)脊髓出血 T1WI 呈等/低信号,T2WI 呈显著低信号;亚急性出血 T1WI 呈高信号,T2WI 呈混杂信号;硬脊膜外血肿呈梭形 T1WI 低/T2WI 高信号影,边界清晰,脊髓向对侧移位;对完全性脊髓横断损伤,T2WI 显示脊髓连续性完全中断,脑脊液信号充填缺损区;T2 脂肪抑制序列(如短时反转恢复序列)可识别椎间盘、韧带及椎体损伤,表现为损伤区高信号,为手术指征和选择入路提供参考(Ⅳ级证据;专家共识度:100.0%;推荐强度:强)。

推荐意见 5: MRI 特殊序列可对脊髓损伤进行更为细致的评估,如弥散加权成像可识别早期脊髓缺血、弥散张量成像可评估神经纤维束完整性、灌注成像反映脊髓血供情况、梯度回波成像适合观察脊髓出血、磁敏感加权成像可观察微出血和血管损伤情况等,在 ATSCI 后为精准干预和评估预后提供重要信息。但由于脊髓细长、受骨伪影和呼吸运动干扰大,这些脊髓 MRI 特殊序列的成像效果较颅脑的成像效果差,目前临床应用受限。此外,由于检查时间长,对需急诊手术干预的患者,可能会延误手术时间。建议在术后病情稳定下进行以及无需进行急诊手术干预的患者中尝试开展(Ⅳ级证据;专家共识度:94.4%;推荐强度:中)。

三、减压手术的策略

(一)椎板切开减压

创伤性脊髓损伤常伴随椎体骨折、椎间盘突出

或血肿形成,这些均可导致椎管有效容积减少,进而对脊髓组织产生机械性压迫。骨性减压可以通过前路、后路或前后联合手术入路实现。前路手术可以解除前方占位效应并需重建脊柱稳定性,后路减压可直接移除后方致压物和扩大椎管,同时通过增加椎管直径间接解除前方压迫^[30-32]。大量关于创伤性脊髓损伤的临床研究表明,早期手术减压可显著改善神经功能预后^[33-35]。这些积极效果部分归因于对脊髓的充分骨性减压,特别是后路椎板减压效果更显著^[36-37]。Piazza 等^[38]研究显示,后路椎板切除术对脑脊液后间隙的影像学减压效果优于前路颈椎间盘切除术。Aarabi 等^[39]研究证实,单纯行前路椎间盘及椎体切除而未行椎板减压的患者,其影像学减压率分别为 46.8% 和 58.6%;而实施 1~5 个节段椎板切除的患者,影像学减压成功率依次达到 58.3%、68%、78%、80% 和 100%。另外,持续的压迫引发脊髓水肿、炎症级联反应及自由基堆积,进一步加重神经损伤。早期椎板减压可阻断这一病理生理学进程,显著改善患者的预后。因此,在创伤性脊髓损伤的治疗中,椎板减压是关键的手术干预措施。本共识在椎板减压的手术指征、减压范围及是否行椎板扩大成形术等取得以下推荐意见。

推荐意见 6: ATSCI 后是否行椎板减压,应结合患者的影像学及神经功能障碍情况综合判断。当出现下列情况之一时,建议行椎板减压:(1)术前 CT 显示椎板、椎弓根等游离性骨折,致使骨折块或其他因素形成椎管内占位、骨性椎管狭窄程度 >30%。(2)术前 MRI 显示硬脊膜外血肿或其他因素导致脊髓受压 >30% 时。(3)术前 MRI 显示损伤节段蛛网膜下腔消失,或蛛网膜下腔虽未完全消失,但损伤灶脊髓出现明显水肿或血肿。(4)神经功能障碍进行性加重,ASIA 量表分级发生变化。(5)中央脊髓损伤综合征伴椎管狭窄(Ⅳ级证据;专家共识度:98.2%;推荐强度:中)。

推荐意见 7: ATSCI 达到手术指征时,推荐在伤后 24 h 内行椎板减压术。考虑到脊髓水肿、血肿等继发性损伤的进展,以及损伤早期患者的呼吸、循环不稳定,椎板减压术可延迟至伤后 72 h 进行。椎板减压可单独实施或与前路减压融合术联合。当合并椎体骨折需复位固定时,术中应根据具体情况决定椎板减压的时机:一般无需复位操作时,先行椎体固定后行椎板减压,有利于减少固定操作的相关风险;需对椎体进行骨折复位时,为减少复位操作可能引起的二次损伤,可先行椎板减压再行复位固定

(Ⅲ级证据;专家共识度:98.2%;推荐强度:中)。

推荐意见 8:椎板减压范围应包括术前 MRI 显示的蛛网膜下腔消失或脊髓受压迫的所有节段;考虑到脊髓水肿进展,可在与受累节段相邻椎体头尾各 1 个正常节段潜行减压甚至行椎板切开;若术前未行 MRI 检查,减压节段应包括所有骨性压迫节段,术中视硬脊膜张力情况可扩大切开至相邻椎体头尾正常节段(Ⅳ级证据;专家共识度:96.3%;推荐强度:中)。

推荐意见 9: ATSCI 后需进行椎板减压时,通行的策略是直接行椎板切除以达到充分的骨性减压。因椎板成形术可保留脊柱后柱结构,降低术后椎管粘连、脑脊液漏等相关并发症,并为将来可能的二次手术提供便利。在以下情况下可考虑选择椎板扩大成形术替代椎板切除术:(1)脊柱稳定型的脊髓损伤,尤其是无骨折、无脱位的颈髓损伤。(2)脊髓损伤程度相对较轻(ASIA 量表分级为 D、E 级),预期神经功能恢复好。(3)脊髓原发损伤较轻,以硬脊膜外血肿压迫为主。(4)椎板切开清除致压因素后,硬脊膜张力不高。(5)损伤中心节段椎板切除减压,邻近节段需要切开探查后可行扩大成形术。(6)对非老年患者,尤其是青少年患者,可更积极地行椎板扩大成形术(Ⅳ级证据;专家共识度:87.0%;推荐强度:弱)。

推荐意见 10: ATSCI 减压术中拟行椎板成形术应充分评估术后脊柱的稳定性。在脊柱稳定性良好的前提下,若无需进行广泛的椎管内探查,可采用“单开门”“双开门”式椎板扩大成形术;若需行硬脊膜外及硬脊膜下探查,则可在椎板切开完成相关探查操作后,将椎板两侧通过连接片固定于侧块或峡部,即采用“高架桥”式椎板成形术以扩大椎管(Ⅳ级证据;专家共识度:87.0%;推荐强度:弱)。

(二)硬脊膜切开减压

ATSCI 后脊髓出血、水肿导致脊髓内压力(intraspinal pressure, ISP)增高,在严重的情况下,单纯骨性减压难以有效降低 ISP 并改善脊髓血液灌注^[40]。Werndle 等^[41]采用 MRI 研究显示,即使通过椎板切除实现充分减压,部分患者的水肿脊髓与硬脊膜之间仍无脑脊液间隙存在。Phang 等^[42]探索性研究发现,在监测的 1 周内,单纯骨性减压后,约 40% 的观察时间内脊髓灌注压(spinal cord perfusion pressure, SCPP) < 60 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa),这可能引发脊髓缺血性损伤。

硬脊膜切开能解除硬脊膜内高压,减轻脊髓的

压迫,改善血液供应并保留更多脊髓组织^[43-46]。Awad 等^[47]在离体猪脊髓牵拉模型中发现,硬脊膜切开可使 ISP 从 35 mmHg 降至 10 mmHg。Jalan 等^[48]对大鼠重物坠落致脊髓损伤模型的研究表明,行硬脊膜减压术组最终保留的白质比单纯行椎板切除术组更多。在临床研究方面,Zhu^[8]等对 16 例脊髓损伤患者实施硬脊膜切开术,发现可显著降低椎管内压力、改善脑脊液循环并促进神经功能恢复。杨九杰等^[49]对 ATSCI 患者术后 6 个月的随访结果显示,早期硬脊膜切开组的 ASIA 量表评分为(236.47 ± 31.29)分,运动诱发电位波幅较基线增加(82.30 ± 30.01) μV,均明显高于单纯骨性减压组的(205.48 ± 26.28)分、(6.1 ± 25.6) μV(均 $P < 0.05$)。提示,ATSCI 后患者在骨性减压的基础上行硬脊膜切开减压术可进一步改善脊髓神经功能。

硬脊膜成形术保持了硬脊膜的连续性,使脑脊液流动模式更接近生理状态,对硬脊膜外抑制神经再生因素和促炎症因素也可能有阻断作用^[50-51]。动物研究证实,硬脊膜成形术可减轻炎性反应、胶原瘢痕形成及脊髓空洞形成,有助于减小脊髓损伤体积,获得更好的功能恢复^[52-55]。临床研究也表明,硬脊膜成形术可以降低损伤后 ISP,促进患者运动功能恢复^[56-57]。Phang 等^[58]对 21 例颈胸段 ATSCI 患者的研究显示,与单纯椎板切除术[ISP 为(18.0 ± 0.5) mmHg,监测 1 周,术后 SCPP < 60 mmHg 的时间占比约为 40%]相比,硬脊膜成形术使 ISP 降低至(12.7 ± 0.4) mmHg, SCPP < 60 mmHg 的时间占比不足 5%;随访数据表明,接受硬脊膜成形术的患者在 ASIA 量表分级、步行能力和膀胱功能改善方面均优于接受单纯椎板减压术的患者。一项系统综述纳入了 4 项采用骨性减压后行硬脊膜扩大成形术治疗 ATSCI 的临床研究,共纳入 23 例患者,其中 3 例神经功能 ASIA 量表分级从 A 级改善至 C 或 D 级,14 例从 B 级改善至 C ~ E 级,3 例从 C 级改善至 D、E 级^[59]。

尽管大多数动物实验和临床回顾性研究肯定了 ATSCI 后行硬脊膜切开术的积极作用,然而也有少部分研究报道硬脊膜切开术对脊髓损伤功能改善无效^[48, 60-62]。本专家共识在硬脊膜切开减压的手术指征、减压范围以及是否行硬脊膜扩大成形等方面取得以下共识推荐意见。

推荐意见 11: ATSCI 进行充分的骨性减压后,目前无足够的临床数据支持常规进行硬脊膜切开减压及硬脊膜下探查会给患者带来益处。考虑到硬脊

膜缺乏弹性纤维的束缚效应,创伤后脊髓出血、水肿的持续发展会导致 ISP 升高,可能影响脊髓的血液灌注,进而加重继发脊髓损伤。在这种情况下单纯骨性减压作用不够充分,需进一步行硬脊膜切开减压可能具有临床意义(Ⅳ级证据;专家共识度:81.5%;推荐强度:弱)。

推荐意见 12: ATSCI 后行硬脊膜切开减压的手术适应证尚缺乏足够的研究证据。目前,实施硬脊膜切开减压的依据主要来源于术前 CT/MRI 影像表现和术者的经验判断。一些研究显示,术中监测技术[主要包括神经电生理学联合监测(体感诱发电位、运动诱发电位、肌电图)]、髓内压直接检测、骨折复位及骨性减压后超声/MRI 检查以及脊髓血流灌注评估(CT/MRI 灌注成像、近红外光谱等)等,可为硬脊膜切开的决策提供参考信息,但还缺乏全面、系统的临床应用评估。基于当前的研究证据,出现下列情况时可考虑行硬脊膜切开减压及探查术:(1)术前 CT 显示骨性椎管侵占率 $\geq 70\%$ 。(2)术前或术中 MRI 显示脊髓内明显血肿、水肿导致蛛网膜下腔消失。(3)骨折复位及骨性减压后硬脊膜张力仍高、神经电生理学监测指标无改善。(4)术中直接监测硬脊膜下压力值 ≥ 15 mmHg(Ⅳ级证据;专家共识度:83.3%;推荐强度:弱)。

推荐意见 13: 硬脊膜切开范围需结合术前影像(MRI/CT)及术中探查综合判断,应覆盖所有骨性压迫及蛛网膜下腔消失节段,以保证解除压迫并改善脊髓血流灌注;若脊髓信号异常节段超出骨性压迫范围,可结合椎板减压和(或)扩大成形术,将硬脊膜切开范围向头尾端延伸至异常信号边界;对进行性水肿或血管损伤风险高的患者可考虑将硬脊膜切开再向脊髓正常信号区扩展 1 个节段(Ⅳ级证据;专家共识度:80.8%;推荐强度:弱)。

推荐意见 14: 当实施硬脊膜切开减压后,推荐进行硬脊膜成形术,可降低术后脑脊液漏、感染及脊髓粘连等风险;实施扩张性修补成形对控制髓内压增高有益;修补材料可选择自体组织(如大腿阔筋膜)、同种异体生物材料、异种生物材料(如动物来源的心包膜)以及人工合成材料(如胶原基质)等。有证据表明,选择自体组织进行修补可进一步降低脑脊液漏、感染及脊髓粘连等风险(Ⅳ级证据;专家共识度:92.6%;推荐强度:中)。

(三) 脊髓切开减压

软脊膜虽然菲薄但对脊髓仍有一定的束缚作用,在创伤后脊髓出血、水肿情况下,即使行硬脊膜

切开,完整的软脊膜仍可能导致不能有效缓解 ISP 升高。Khaing 等^[52]研究显示,ATSCI 后 3 d,硬脊膜切开联合脊髓切开组的 ISP 为(3.14 ± 0.40) mmHg,显著低于单纯硬脊膜切开组的(4.17 ± 0.30) mmHg,且通过保留更多组织显著促进后肢运动功能恢复。该团队进一步在中度脊髓挫伤动物模型中发现,急性期软脊膜切开贡献了 53.5% 的降压效果,而亚急性期仅贡献 14.6%。提示,早期实施脊髓切开术可能更有效^[63]。脊髓切开后清除血肿、坏死组织,进一步降低 ISP,对脊髓功能恢复可能存在潜在益处^[9,64-65]。系统性综述显示,80% 的动物研究结果支持脊髓切开术的积极效果,但有关脊髓切开减压的临床研究很少,仅有 2 项报道术后患者获益^[62,66]。本专家共识在脊髓切开减压的手术指征、减压范围等方面取得以下共识推荐意见。

推荐意见 15: 当硬脊膜切开减压后,进一步进行脊髓切开术的临床价值尚不明确,且存在操作本身加重脊髓损伤的风险。因此,不推荐在 ATSCI 术中常规进行脊髓切开,仅在特定临床场景经详细评估后谨慎实施,并需向患者及其家属充分说明手术的争议性及潜在并发症(Ⅳ级证据;专家共识度:83.3%;推荐强度:弱)。

推荐意见 16: 对于特定临床场景,出现下列情况之一时,可考虑行脊髓切开术探查:(1)术前或术中 MRI 显示脊髓出现较大髓内血肿或广泛水肿。(2)脊髓内有较大骨折块或异物。(3)硬脊膜切开后脊髓膨隆、搏动差、蛛网膜下腔消失。(4)硬脊膜切开后髓内压直接监测的数值 ≥ 15 mmHg(Ⅳ级证据;专家共识度:87.0%;推荐强度:弱)。

推荐意见 17: 需行脊髓切开减压时,一般情况下推荐只切开软脊膜;当存在较大髓内血肿及异物时,切开深度可至损伤中心区域,并适当清除血肿及坏死组织;切开长度限于脊髓膨隆、蛛网膜下腔消失节段;对于进行性水肿或血管损伤风险高的患者,软脊膜切开长度可延长至术前脊髓水肿累及的所有节段(Ⅳ级证据;专家共识度:87.0%;推荐强度:弱)。

本专家共识基于国内外研究进展及相关指南,经国内神经外科、脊柱外科、骨科等领域专家多轮问卷调查及专题研讨后形成。共识推荐意见凝聚了专家组临床经验及文献循证依据,但受限于现有证据等级,仍需通过大规模多中心 RCT 进一步验证。需要特别说明的是,本共识仅为临床决策提供参考框架,不具有强制性效力。在实际诊疗中,医生应结合

患者个体情况灵活运用,并鼓励在循证医学原则下探索其他有效治疗方案。随着手术技术革新和循证医学证据的积累,共识内容将定期更新修订。共识专家组团队呼吁开展更多的高质量临床研究,为优化治疗策略提供科学依据,最终实现患者功能预后的最大化改善。

共同执笔 储卫华(陆军军医大学第一附属医院)、钟俊(陆军军医大学第一附属医院)、张洪燕(陆军军医大学第一附属医院)、周璞(陆军军医大学第一附属医院)、葛红飞(陆军军医大学第一附属医院)

循证医学专家 李亚斐(陆军军医大学)、马翔宇(陆军军医大学)

共识专家组成员(按姓氏汉语拼音排序)
车晓明(复旦大学附属华山医院)、陈路(南昌大学第二附属医院)、陈晓丰(哈尔滨医科大学附属第一医院)、成惠林(南京医科大学附属泰康仙林鼓楼医院)、程祖珏(南昌大学第二附属医院)、储卫华(陆军军医大学第一附属医院)、戴学军(暨南大学附属第一医院)、邓伟(岳池县人民医院)、段婉茹(首都医科大学宣武医院)、封亚平(解放军联勤保障部队第九二〇医院)、谷佳傲(哈尔滨医科大学附属第一医院)、韩锋(贵州医科大学附属医院)、何件根(北京小汤山医院)、侯智(陆军军医大学第二附属医院)、姬西团(空军军医大学第一附属医院)、贾贵军(山西省人民医院)、贾文清(首都医科大学附属北京天坛医院)、贾云峰(延安大学附属医院)、姜政(山东大学齐鲁医院)、蓝天才(广西壮族自治区柳州市人民医院)、李锋(山东第一医科大学第一附属医院)、李骥(重庆大学附属三峡医院)、李建军(中国康复研究中心北京博爱医院)、李美华(南昌大学第一附属医院)、李如军(苏州大学附属第二医院)、林毅兴(东部战区总医院)、刘将(中国科学技术大学附属第一医院)、刘家刚(四川大学华西医院)、刘进平(四川省人民医院)、刘晓东(山西医科大学第一医院)、陆小明(江苏省人民医院)、陆云涛(南方医科大学南方医院)、罗坤(新疆医科大学第一附属医院)、麻育源(浙江省人民医院)、乔广宇(解放军总医院第一医学中心)、唐辉(解放军联勤保障部队第九二〇医院)、陶裕川(宜宾市第二人民医院)、王景(兰州大学第二医院)、王锐(福建医科大学协和医院)、王先祥(安徽医科大学第一附属医院)、王煜(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、王永志(首都医科大学附属北京天坛

医院)、吴浩(首都医科大学宣武医院)、奚健(中南大学湘雅医院)、夏永智(重庆医科大学附属第一医院)、谢嵘(复旦大学附属华山医院)、杨晨(空军军医大学第二附属医院)、杨明亮(中国康复研究中心北京博爱医院)、余勇(复旦大学附属中山医院)、袁帅(兰州大学第二医院)、张超(陆军军医大学第二附属医院)、张凤江(郑州大学第一附属医院)、张秋生(深圳市第二人民医院)、张喆(河南省人民医院)、周迎春(华中科技大学同济医学院附属协和医院)、朱永坚(浙江大学第二附属医院)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Ahuja CS, Badhiwala JH, Fehlings MG. "Time is spine": the importance of early intervention for traumatic spinal cord injury [J]. *Spinal Cord*, 2020,58(9):1037-1039. DOI: 10.1038/s41393-020-0477-8.
- [2] Badhiwala JH, Wilson JR, Witiw CD, et al. The influence of timing of surgical decompression for acute spinal cord injury: a pooled analysis of individual patient data [J]. *Lancet Neurol*, 2021,20(2):117-126. DOI: 10.1016/S1474-4422(20)30406-3.
- [3] Fehlings MG, Vaccaro A, Wilson JR, et al. Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: results of the Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study (STASCIS) [J]. *PLoS One*, 2012,7(2):e32037. DOI: 10.1371/journal.pone.0032037.
- [4] 黄垂邦,刘强,陈政伟,等.急性创伤性颈脊髓损伤患者手术减压的时机窗研究[J].*颈腰痛杂志*,2023,44(1):83-86. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2023.01.023.
- [5] 马俊毅,代杰,睦江涛,等.手术干预时机对胸腰段骨折合并脊髓损伤患者预后的影响研究[J].*中国骨与关节杂志*,2023,12(7):482-487. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2023.07.002.
- [6] Montoto-Marqués A, Benito-Penalva J, Ferreiro-Velasco ME, et al. Advances and new therapies in traumatic spinal cord injury [J]. *J Clin Med*, 2025,14(7):2203. DOI: 10.3390/jcm14072203.
- [7] Peng R, Zhang L, Xie Y, et al. Spatial multi-omics analysis of the microenvironment in traumatic spinal cord injury: a narrative review [J]. *Front Immunol*, 2024,15:1432841. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1432841.
- [8] Zhu F, Yao S, Ren Z, et al. Early durotomy with duroplasty for severe adult spinal cord injury without radiographic abnormality: a novel concept and method of surgical decompression [J]. *Eur Spine J*, 2019,28(10):2275-2282. DOI: 10.1007/s00586-019-06091-1.
- [9] 曲延镇,罗政,郭晓东,等.硬脊膜或脊髓切开减压治疗脊髓损伤后广泛水肿伴或不伴髓内血肿[J].*中华骨科杂志*,2015,35(7):7. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2015.07.003.
- [10] Zhang X, Liu CB, Yang DG, et al. Dynamic changes in intramedullary pressure 72 hours after spinal cord injury [J]. *Neural Regen Res*, 2019,14(5):886-895. DOI: 10.4103/1673-5374.249237.
- [11] 彭展,陈亮,顾勇,等.胸腰段爆裂骨折伴不完全脊髓损伤的手术疗效分析[J].*中华创伤杂志*,2015,31(11):972-976. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2015.11.004.
- [12] 张金磊,杨高彬,朱彦谕.下颈椎骨折脱位脊髓损伤的前路与

- 后路手术比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (16): 1467-1473.
- [13] 陈耀龙, 杨克虎, 王小钦, 等. 中国制订/修订临床诊疗指南的指导原则(2022 版)[J]. 中华医学杂志, 2022, 102 (10): 697-703. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20211228-02911.
 - [14] Brouwers MC, Kho ME, Browman GP, et al. AGREE II: advancing guideline development, reporting and evaluation in health care[J]. J Clin Epidemiol, 2010, 63 (12): 1308-1311. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2010.07.001.
 - [15] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations[J]. BMJ, 2008, 336 (7650): 924-926. DOI: 10.1136/bmj.39489.470347.AD.
 - [16] Eubank BH, Mohtadi NG, Lafave MR, et al. Using the modified Delphi method to establish clinical consensus for the diagnosis and treatment of patients with rotator cuff pathology[J]. BMC Med Res Methodol, 2016, 16:56. DOI: 10.1186/s12874-016-0165-8.
 - [17] Stokum JA, Serra R, Gorny N, et al. Mechanisms of traumatic spinal cord injury AIS grade conversion[J]. Neurotrauma Rep, 2025, 6(1):506-524. DOI: 10.1089/neur.2025.0035.
 - [18] Korupolu R, Stampas A, Singh M, et al. Electrophysiological outcome measures in spinal cord injury clinical trials: a systematic review[J]. Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2019, 25 (4):340-354. DOI: 10.1310/sci2504-340.
 - [19] 高镇伟, 杨少民, 方卫华. 胸腰椎严重爆裂骨折治疗前后的 X 线、CT 影像评价分析[J]. 中医临床研究, 2019, 11 (12): 128-130. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7860.2019.12.049.
 - [20] 杨志东, 莫凌, 江晓兵, 等. X 线正位片中椎弓根间距对预判胸腰椎爆裂骨折严重程度的价值[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 29(5):430 - 432. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2014.05.007.
 - [21] 张宇鹏, 李利, 侯树勋. 椎弓根间距测量在评价胸腰椎爆裂骨折严重程度中的应用价值[J]. 中国骨与关节杂志, 2012, 1(6):591-594. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2012.06.008.
 - [22] Sih IM, Shimokawa N, Zileli M, et al. Osteoporotic vertebral fractures: radiologic diagnosis, clinical and radiologic factors affecting surgical decision making: WFNS spine committee recommendations[J]. J Neurosurg Sci, 2022, 66(4):291-299. DOI: 10.23736/S0390-5616.22.05636-3.
 - [23] 姜松. 胸腰椎爆裂性骨折诊断中螺旋 CT 的临床价值分析[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4 (15): 133-134. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3807.2020.15.089.
 - [24] 吴晓琼, 沈长青. 多层螺旋 CT 诊断胸腰椎爆裂性骨折的临床价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2017, 15 (3): 125-127, 153. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2017.03.041.
 - [25] Bajamal AH, Permana KR, Faris M, et al. Classification and radiological diagnosis of thoracolumbar spine fractures: WFNS Spine Committee Recommendations[J]. Neurospine, 2021, 18 (4):656-666. DOI: 10.14245/ns.2142650.325.
 - [26] Hogg F, Gallagher MJ, Chen S, et al. Predictors of intraspinal pressure and optimal cord perfusion pressure after traumatic spinal cord injury[J]. Neurocrit Care, 2019, 30 (2):421-428. DOI: 10.1007/s12028-018-0616-7.
 - [27] Talbott JF, Huie JR, Ferguson AR, et al. MR imaging for assessing injury severity and prognosis in acute traumatic spinal cord injury[J]. Radiol Clin North Am, 2019, 57 (2):319-339. DOI: 10.1016/j.rcl.2018.09.004.
 - [28] Kanezaki S, Miyazaki M, Ishihara T, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of intervertebral disc injuries can predict kyphotic deformity after posterior fixation of unstable thoracolumbar spine injuries[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97 (28):e11442. DOI: 10.1097/MD.00000000000011442.
 - [29] Guan B, Li G, Zheng R, et al. A critical appraisal of clinical practice guidelines for diagnostic imaging in the spinal cord injury[J]. Spine J, 2023, 23 (8):1189-1198. DOI: 10.1016/j.spinee.2023.03.003.
 - [30] Ren C, Qin R, Wang P, et al. Comparison of anterior and posterior approaches for treatment of traumatic cervical dislocation combined with spinal cord injury: minimum 10-year follow-up[J]. Sci Rep, 2020, 10 (1):10346. DOI: 10.1038/s41598-020-67265-2.
 - [31] Peng C, Luan H, Liu K, et al. Comparison of posterior approach and combined anterior-posterior approach in the treatment of ankylosing spondylitis combined with cervical spine fracture: a systematic review and meta-analysis[J]. Global Spine J, 2024, 14(5):1650-1663. DOI: 10.1177/21925682231224393.
 - [32] Joaquim AF, Patel AA, Vaccaro AR. Cervical injuries scored according to the subaxial injury classification system: an analysis of the literature[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2014, 5 (2):65-70. DOI: 10.4103/0974-8237.139200.
 - [33] Furlan JC, Noonan V, Cadotte DW, et al. Timing of decompressive surgery of spinal cord after traumatic spinal cord injury: an evidence-based examination of pre-clinical and clinical studies[J]. J Neurotrauma, 2011, 28 (8):1371-1399. DOI: 10.1089/neu.2009.1147.
 - [34] Jug M, Kežar 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]. J Neurotrauma, 2015, 32 (18):1385-1392. DOI: 10.1089/neu.2014.3767.
 - [35] Badhiwala JH, Wilson JR, Harrop JS, et al. Early vs late surgical decompression for central cord syndrome[J]. JAMA Surg, 2022, 157 (11):1024-1032. DOI: 10.1001/jamasurg.2022.4454.
 - [36] Archavlis E, Palombi D, Konstantinidis D, et al. Pathophysiologic mechanisms of severe spinal cord injury and neuroplasticity following decompressive laminectomy and expansive duraplasty: a systematic review[J]. Neurol Int, 2025, 17(4):57. DOI: 10.3390/neurolint17040057.
 - [37] Zhang P, Liu X, Zhou D, et al. Laminectomy for penetrating spinal cord injury with retained foreign bodies[J]. Orthop Surg, 2022, 14(7):1476-1481. DOI: 10.1111/os.13332.
 - [38] Piazza M, McShane BJ, Ramayya AG, et al. Posterior cervical laminectomy results in better radiographic decompression of spinal cord compared with anterior cervical discectomy and fusion[J]. World Neurosurg, 2018, 110: e362-e366. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.11.017.
 - [39] Aarabi B, Olexa J, Chrysikios T, et al. Extent of spinal cord decompression in motor complete (American Spinal Injury Association Impairment Scale Grades A and B) traumatic spinal cord injury patients: post-operative magnetic resonance imaging analysis of standard operative approaches[J]. J Neurotrauma, 2019, 36(6):862-876. DOI: 10.1089/neu.2018.5834.
 - [40] Saadoun S, Grassner L, Belci M, et al. Duroplasty for injured cervical spinal cord with uncontrolled swelling: protocol of the DISCUS randomized controlled trial[J]. Trials, 2023, 24 (1): 497. DOI: 10.1186/s13063-023-07454-2.
 - [41] Werndle MC, Saadoun S, Phang I, et al. Monitoring of spinal cord perfusion pressure in acute spinal cord injury: initial findings of the injured spinal cord pressure evaluation study* [J]. Crit Care Med, 2014, 42 (3):646-655. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000028.
 - [42] Phang I, Zoumprouli A, Saadoun S, et al. Safety profile and probe placement accuracy of intraspinal pressure monitoring for traumatic spinal cord injury: injured spinal cord pressure evaluation study[J]. J Neurosurg Spine, 2016, 25 (3):398-405. DOI: 10.3171/2016.1.SPINE151317.

- [43] 封雨, 谢佳芯, 邓洵鼎. 急性脊髓损伤显微髓内减压手术治疗研究[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2017,16(6): 516-519.
- [44] Qin C, Zhang WH, Yang DG, et al. Myelotomy promotes locomotor recovery in rats subjected to spinal cord injury: a meta-analysis of six randomized controlled trials[J]. Neural Regen Res, 2018, 13 (6): 1096-1106. DOI: 10. 4103/1673-5374. 233454.
- [45] Tykocki T, Poniatowski Ł, Czyż M, et al. Intraspinal pressure monitoring and extensive duroplasty in the acute phase of traumatic spinal cord injury: a systematic review[J]. World Neurosurg, 2017,105:145-152. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2017. 05. 138.
- [46] Jin C, Wang K, Ren Y, et al. Role of durotomy on function outcome, tissue sparing, inflammation, and tissue stiffness after spinal cord injury in rats[J]. MedComm (2020), 2024,5(4): e530. DOI: 10. 1002/mco2. 530.
- [47] Awwad W, Bassi M, Shrier I, et al. Mitigating spinal cord distraction injuries: the effect of durotomy in decreasing cord interstitial pressure in vitro[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24 Suppl 1: S261-S267. DOI: 10. 1007/s00590-013-1409-5.
- [48] Jalan D, Saini N, Zaidi M, et al. Effects of early surgical decompression on functional and histological outcomes after severe experimental thoracic spinal cord injury[J]. J Neurosurg Spine, 2017,26(1):62-75. DOI: 10. 3171/2016. 6. SPINE16343.
- [49] 杨九杰, 李治, 王树杰, 等. 神经电生理监测硬脊膜切开减压治疗急性脊髓损伤过程中脊髓的功能变化[J]. 中国组织工程研究, 2023,27(8): 1232-1236.
- [50] Yang CH, Quan ZX, Wang GJ, et al. Elevated intraspinal pressure in traumatic spinal cord injury is a promising therapeutic target[J]. Neural Regen Res, 2022,17(8):1703-1710. DOI: 10. 4103/1673-5374. 332203.
- [51] Khaing ZZ, Chen JY, Safarians G, et al. Clinical trials targeting secondary damage after traumatic spinal cord injury[J]. Int J Mol Sci, 2023,24(4):3824. DOI: 10. 3390/ijms24043824.
- [52] Khaing ZZ, Cates LN, Dewees DM, et al. Effect of Durotomy versus myelotomy on tissue sparing and functional outcome after spinal cord injury[J]. J Neurotrauma, 2021,38(6):746-755. DOI: 10. 1089/neu. 2020. 7297.
- [53] Yang C, He T, Ma J, et al. Duraplasty promotes functional recovery by alleviating intraspinal pressure and edema following severe spinal cord compression injury in rabbits: experimental studies[J]. Spine J, 2025,25(4):805-819. DOI: 10. 1016/j. spine. 2024. 12. 007.
- [54] Smith JS, Anderson R, Pham T, et al. Role of early surgical decompression of the intradural space after cervical spinal cord injury in an animal model[J]. J Bone Joint Surg Am, 2010,92(5):1206-1214. DOI: 10. 2106/JBJS. I. 00740.
- [55] Zhang J, Wang H, Zhang C, et al. Intrathecal decompression versus epidural decompression in the treatment of severe spinal cord injury in rat model: a randomized, controlled preclinical research[J]. J Orthop Surg Res, 2016,11:34. DOI: 10. 1186/s13018-016-0369-y.
- [56] 丁波. 硬脊膜切开减压术治疗脊髓损伤后广泛水肿及血肿的体会[J]. 世界最新医学信息文摘, 2016,16(52):88,101. DOI:10. 3969/j. issn. 1671-3141. 2016. 52. 044.
- [57] 赵东升, 姬西团, 王正君. 早期椎管骨性减压 + 硬脊膜软膜切开联合椎旁肌脊髓贴敷术治疗脊髓损伤的初步报告[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2024,18(2):52-54.
- [58] Phang I, Wernle MC, Saadoun S, et al. Expansion duroplasty improves intraspinal pressure, spinal cord perfusion pressure, and vascular pressure reactivity index in patients with traumatic spinal cord injury: injured spinal cord pressure evaluation study[J]. J Neurotrauma, 2015,32(12):865-874. DOI: 10. 1089/neu. 2014. 3668.
- [59] Azad TD, Kartal A, Shafi M, et al. Duraplasty in early spinal cord injury: a systematic review[J]. Eur Spine J, 2025, 34 (11):4891-4899. DOI: 10. 1007/s00586-025-08811-2.
- [60] Jeffery ND, Rossmeisl JH, Harcourt-Brown TR, et al. Randomized controlled trial of durotomy as an adjunct to routine decompressive surgery for dogs with severe acute spinal cord injury[J]. Neurotrauma Rep, 2024,5(1):128-138. DOI: 10. 1089/neur. 2023. 0129.
- [61] Pim J, McDonnell JM, Darwish S, et al. Traumatic cervical spinal cord injuries: is there a clinical benefit of added duroplasty alongside bony decompression? [J]. Clin Spine Surg, 2026,39(2):43-46. DOI: 10. 1097/BSD. 0000000000001980.
- [62] Telemacque D, Zhu FZ, Ren ZW, et al. Effects of durotomy versus myelotomy in the repair of spinal cord injury[J]. Neural Regen Res, 2020,15(10):1814-1820. DOI: 10. 4103/1673-5374. 280304.
- [63] Khaing ZZ, Cates LN, Fischedick AE, et al. Temporal and spatial evolution of raised intraspinal pressure after traumatic spinal cord injury[J]. J Neurotrauma, 2017,34(3):645-651. DOI: 10. 1089/neu. 2016. 4490.
- [64] Saadoun S, Papadopoulos MC. Acute, Severe traumatic spinal cord injury: monitoring from the injury site and expansion duraplasty[J]. Neurosurg Clin N Am, 2021,32(3):365-376. DOI: 10. 1016/j. nec. 2021. 03. 008.
- [65] 阳刚, 张朝跃. 髓内病灶清除减压术对脊髓损伤的疗效分析[J]. 骨科, 2010,1(1): 40-42. DOI:10. 3969/j. issn. 1674-8573. 2010. 01. 013.
- [66] Kim KD, Lee KS, Coric D, et al. A study of probable benefit of a bioresorbable polymer scaffold for safety and neurological recovery in patients with complete thoracic spinal cord injury: 6-month results from the INSPIRE study[J]. J Neurosurg Spine, 2021,34(5):808-817. DOI: 10. 3171/2020. 8. SPINE191507.

(收稿日期:2026 - 01 - 11)

(本文编辑:张学锋)

