

· 临床研究 ·

前路椎体次全切除术与后路全椎板切除术治疗颈椎脊髓损伤的疗效对比

龙再现^{1△}, 代叶红^{1△}, 徐广辉^{2*}, 李振环², 刘晓东², 洪晓亮², 贾连顺³

1. 重庆医科大学附属第二医院秀山分院骨科, 重庆 409900

2. 第二军医大学附属长征医院闸北分院骨科, 上海 200070

3. 第二军医大学附属长征医院骨科, 上海 200003

【摘要】目的 对比分析前路椎体次全切除术与后路全椎板切除术治疗颈椎脊髓损伤的疗效。方法 回顾性分析2015年1月—2016年1月, 重庆医科大学附属第二医院秀山分院骨科和第二军医大学附属长征医院闸北分院骨科收治的76例重度颈椎脊髓损伤患者临床资料。术前所有患者均出现完全性或不完全性瘫痪症状, 美国脊髓损伤协会(ASIA)分级A级(完全性瘫痪, 48例)或B级(不完全性瘫痪, 28例), 其中34例行前路椎体次全切除减压内固定术(前路组), 42例行后路全椎板切除减压内固定术(后路组)。记录所有患者呼吸机使用时间, 气管插管时间, 术前、术后ASIA运动及感觉评分, 术后并发症发生情况。结果 所有手术顺利完成, 患者随访(12.0±0.7)个月。后路组呼吸机使用时间、气管插管时间均少于前路组, 差异有统计学意义($P<0.05$); 术后12个月, 两组患者ASIA运动及感觉评分均较术前及术后2周显著改善, 差异有统计学意义($P<0.05$), 两组间比较差异无统计学意义($P>0.05$)。术后12个月, 前路和后路组患者ASIA分级A级(12 vs. 19)、B级(15 vs. 16)例数差异无统计学意义($P>0.05$)。前路组术后发生血肿1例, 感染1例, 脑脊液漏3例; 后路组出现脑脊液漏1例, 深静脉血栓1例。结论 前路椎体次全切除术与后路全椎板切除术治疗颈椎脊髓损伤同样可恢复患者神经功能, 后路全椎板切除可缩短呼吸机使用时间及气管插管时间。

【关键词】颈椎; 脊髓损伤; 减压术, 外科; 脊柱融合术; 内固定器

【中图分类号】R 681.531 【文献标志码】A 【文章编号】1672-2957(2017)04-0217-06

【DOI】10.3969/j.issn.1672-2957.2017.04.005

Anterior corpectomy vs. posterior total laminectomy for treatment of cervical spinal cord injury

LONG Zai-xian^{1△}, DAI Ye-hong^{1△}, XU Guang-hui^{2*}, LI Zhen-huan², LIU Xiao-dong², HONG Xiao-liang², JIA Lian-shun³

1. Department of Orthopaedics, Xiushan County Branch Hospital of Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 409900, China

2. Department of Orthopaedics, Zhabei Branch of Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200070, China

3. Department of Orthopaedics, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

【Abstract】Objective To compare the clinical efficacy of anterior corpectomy and posterior total laminectomy for treatment of cervical spinal cord injury. Methods From January 2015 to January 2016, the clinical data of 76 patients with severe cervical spinal cord injury in Xiushan County Branch Hospital of Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University and Zhabei Branch of Changzheng Hospital were retrospectively analyzed. All the patients suffered from complete or incomplete paralysis, with American Spinal Injury Association(ASIA) grade A(complete paralysis, 48 cases) or B(incomplete paralysis, 28 cases). Thirty-four patients were treated by anterior corpectomy and fusion(anterior approach group), and 42 patients by posterior total laminectomy and fusion (posterior approach group). Ventilator support time, tracheal intubation time, pre- and post-operative ASIA motor and sensory scores and postoperative complications were compared between the 2 groups.

基金项目: 上海市科委西医引导资助项目(15411970400)

△共同第一作者

作者简介: 龙再现(1974—), 硕士, 主治医师; baiyuanbest@126.com

代叶红(1975—), 硕士, 副主任医师; daiyehongbest@126.com

*通信作者: 徐广辉 xgh20010609@163.com

Results All the patients were operated successfully, and followed up for 12.0 ± 0.7 month. The ventilator support time and tracheal intubation time in posterior approach group were shorter than those in anterior approach group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). Postoperative 12 months, ASIA motor and sensory scores of the 2 groups significantly improved compared with the preoperative and 2-week-postoperative those, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$); but there was no significant difference between the 2 groups ($P > 0.05$). Postoperative 12 months, there was no significant difference between the 2 groups in ASIA grade A (12 vs. 19, $P > 0.05$) and B (15 vs. 16, $P > 0.05$). In the anterior approach group, there was 1 case of hematoma, 1 case of infection, 3 cases of cerebrospinal fluid leakage; in the posterior approach group, there was 1 case of cerebrospinal fluid leakage and 1 case of deep vein thrombosis. **Conclusion** Both anterior corpectomy and posterior total laminectomy can restore patients' neurological function. Posterior total laminectomy can shorten the ventilator support and tracheal intubation times.

【Key Words】 Cervical vertebrae; Spinal cord injuries; Decompression, surgical; Spinal fusion; Internal fixators

J Spinal Surg, 2017, 15(4): 217-222

颈椎脊髓损伤有较高的致残率, 致死率呈逐年上升趋势^[1], 据报道单纯前路或后路减压植骨内固定手术均可得到满意的减压效果与稳定性^[2-4]。文献对前路或后路减压疗效的对比主要针对颈椎病的治疗^[5], 对两种术式治疗颈椎脊髓损伤的效果差异鲜见报道。本研究回顾性分析2015年1月—2016年1月重庆医科大学附属第二医院秀山分院骨科和第二军医大学附属长征医院闸北分院骨科收治的76例重度颈椎脊髓损伤患者临床资料, 对比前路椎体次全切除术与后路全椎板切除术的疗效, 为临床治疗手术方式的选择提供参考, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

入选标准: 入院前患者有明确的坠落、车祸等颈部外伤史, 有肢体无力瘫软、呼吸困难等症状, 颈椎CT和MRI检查示颈椎骨折、后纵韧带骨化、椎间盘破裂、MRI T2加权像脊髓高信号等, 损伤节段C₄₋₇, 损伤 ≥ 2 个节段。

排除标准: 明显的骨质疏松, 合并颅脑、胸腹部多发伤, 严重骨折脱位关节突绞锁, 全身状况差不能耐受麻醉和手术者。

共入选76例重度颈椎脊髓损伤患者, 其中34例行前路椎体次全切除减压内固定术(前路组), 42例行后路全椎板切除减压内固定术(后路组)。前路组男25例, 女9例; 年龄19~52(38.6 ± 12.1)岁; 双节段26例, 三节段8例; 颈椎椎体及附件骨折16例, 椎管狭窄10例, 双节段后纵韧带骨化8例; 美国脊髓损伤协会(ASIA)分级^[6]A级(完全性瘫痪)20例, B级(不完全性瘫痪)14例。后路组男29例, 女13例; 年龄20~53(38.2 ± 11.6)岁; 双节段31例,

三节段11例; 颈椎椎体及附件骨折21例, 椎管狭窄11例, 双节段后纵韧带骨化10例; ASIA分级A级28例, B级14例。致伤原因: 高空坠落伤28例, 重物砸伤10例, 交通事故伤34例, 运动损伤4例。两组患者年龄、性别、损伤节段、ASIA分级及损伤种类等各项数据差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。

1.2 手术方法

患者入院后常规给予激素、脱水、保护胃黏膜等对症处理, 均行颈椎X线片、CT三维重建、MRI检查, 完善各项术前检查, 排除手术禁忌证, 手术在受伤后24~48 h进行。

前路组采用气管插管全身麻醉, 患者仰卧位, 颈前入路做5 cm横切口, 逐层显露至椎前, 定位后切除相应损伤椎间盘及椎体次全切除, 以自体骨植入钛网后安装于减压区, 以带锁内固定板固定于减压邻近上下椎体。透视满意后放置引流管, 常规缝合切口。后路组采用气管插管全身麻醉, 患者俯卧于石膏床上, 检查双眼无受压后做颈后正中切口, 长约12 cm, 逐层显露至椎板及侧块, 透视定位后双侧置入侧块螺钉, 以连接棒固定。切除相应节段全部椎板及黄韧带减压, 关节突间植骨, 放置负压引流管后常规缝合切口, 椎板切除范围以MRI高信号区为标志, 仅切除该范围内椎板, 内固定的范围就是椎板切除的范围。

所有患者行气管切开及呼吸机辅助治疗。术后常规心电监护、吸氧、雾化化痰、吸痰、鼻饲胃肠营养, 密切观察生命体征, 术后24 h引流量 < 50 mL时拔除引流管。大部分患者于重症监护病房进一步治疗。

1.3 观察指标及统计学处理

记录所有患者呼吸机使用时间, 气管插管时

间,术前、术后 ASIA 运动及感觉评分,术后并发症发生情况,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用 SPSS 17.0 软件对数据进行统计学分析,组内比较采用配对样本 t 检验;组间比较采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

所有患者手术过程顺利,术中未发生严重并发症。所有病例均获得随访,随访时间为(12.0 ± 0.7)个月,随访中未见内置物松动或断裂等情况发生,固定节段均获得骨性融合,术后 12 个月随访融合率

达 100%。

两组手术时间及随访时间差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组术中出血量差异有统计学意义($P < 0.05$),后路组多于前路组。后路组呼吸机使用时间、气管插管时间均少于前路组,差异有统计学意义($P < 0.05$,表 1)。术后 12 个月,两组患者 ASIA 运动及感觉评分均较术前及术后 2 周显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$,表 1),两组间比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组患者 ASIA 分级 A 级、B 级例数差异无统计学意义($P > 0.05$,表 2)。两组典型病例影像学资料见图 1, 2。

表 1 统计数据

Tab. 1 Statistical data

分组 Group	<i>n</i>	出血量/mL Blood loss/mL	手术时间/min Operation time/min	随访时间/个月 Follow-up period/month	呼吸机使用时间/d Ventilator supporting time/d	气管插管时间/d Tracheal intubation time/d
前路 Anterior approach	34	180 ± 21	115 ± 16	12.0 ± 0.7	27.0 ± 3.1	45.0 ± 5.2
后路 Posterior approach	42	260 ± 18*	120 ± 15	12.0 ± 0.6	24.0 ± 4.7*	42.0 ± 5.6*

分组 Group	ASIA运动评分 ASIA motor score			ASIA感觉评分 ASIA sensory score		
	术前 Pre-operation	术后2周 Postoperative 2 weeks	术后12个月 Postoperative 12 months	术前 Pre-operation	术后2周 Postoperative 2 weeks	术后12个月 Postoperative 12 months
前路 Anterior approach	35.3 ± 6.6	36.2 ± 7.0	56.9 ± 9.2 [△]	76.2 ± 7.9	77.6 ± 8.1	116.1 ± 10.5 [△]
后路 Posterior approach	34.1 ± 6.8	35.2 ± 6.4	57.6 ± 8.7 [△]	78.6 ± 5.4	79.1 ± 5.6	115.6 ± 11.0 [△]

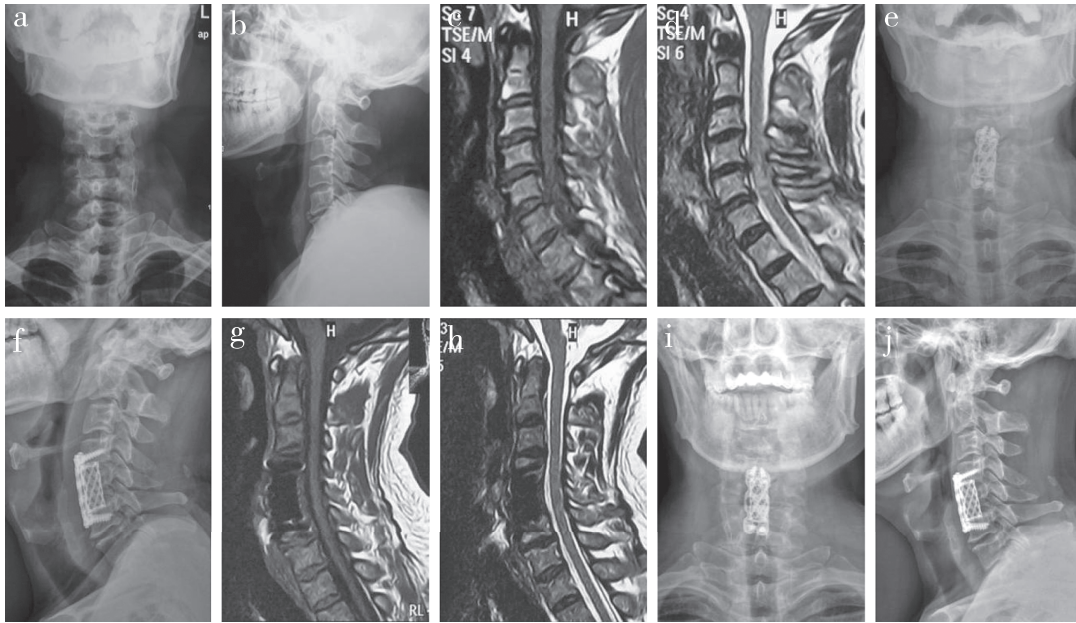
注: *与前路组相比, $P < 0.05$; Δ 与术前及术后 2 周相比, $P < 0.05$

Note: * $P < 0.05$, compared with anterior approach group; Δ $P < 0.05$, compared with pre-operation and postoperative 2 weeks

表 2 ASIA 分级
Tab. 2 ASIA classification

组别 Group	术前 Pre-operation	<i>n</i>	术后12个月 Postoperative 12 months				
			A	B	C	D	E
前路 Anterior approach	A	20	12	8	0	0	0
	B	14	0	7	2	3	2
后路 Posterior approach	A	28	19	9	0	0	0
	B	14	0	7	3	3	1

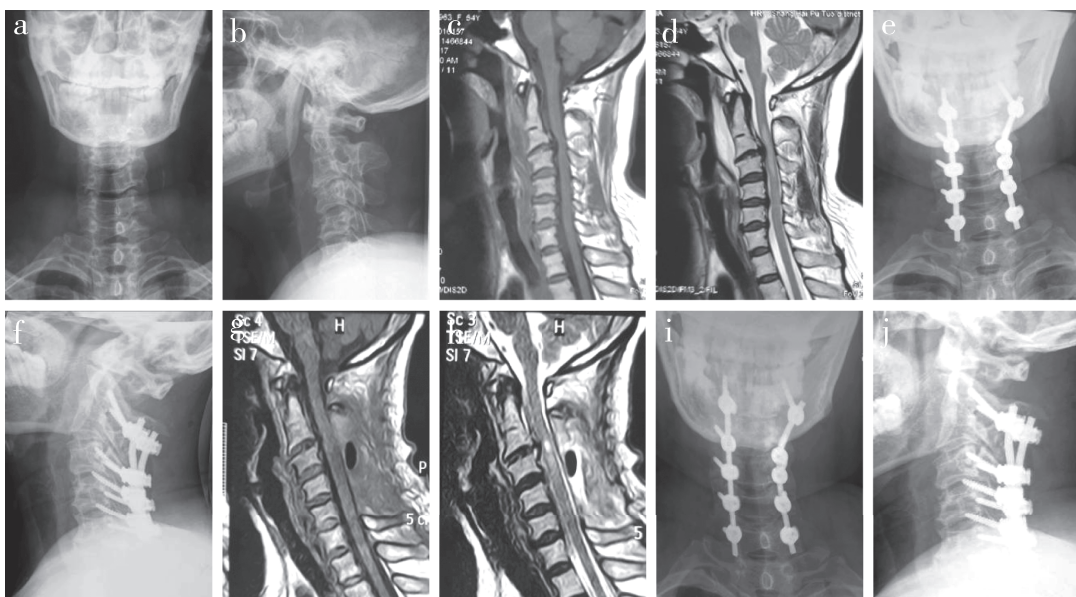
前路组术后出现血肿 1 例,及时清创止血后情况稳定;术后感染 1 例,可能与气管切开污染有关,加强气管切开处局部换药及静脉抗生素应用后痊愈;脑脊液漏 3 例,椎体骨折对硬膜损伤可能为影响因素,采用切口置引流管,于术后 2 d 拔除并持续压迫,1 周后痊愈。后路组出现脑脊液漏 1 例,可能与手术操作有关,采用推迟拔除引流管(术后 1 周)的方法,拔除引流管并缝合创口后痊愈;术后第 2 天出现深静脉血栓 1 例,可能与创伤后高凝状态有关,经血管外科会诊,以低分子肝素 5 000 单位皮下注射,每日 2 次,持续 2 周,并以弹力袜治疗,1 个月后痊愈。



a, b: 术前X线片示椎前软组织阴影增宽 c, d: 术前MRI示C₄₋₆节段脊髓受压, 髓内信号异常 e, f: 术后1个月X线片示内固定位置良好 g, h: 术后12个月MRI示C₄₋₆节段脊髓无压迫, 高信号消失 i, j: 术后12个月X线片示内固定无位移
a, b: Preoperative roentgenographs show prevertebral fascia thickened c, d: Preoperative MRIs show C₄₋₆ segments spinal cord compression with abnormal intramedullary signals e, f: Roentgenographs at postoperative 1 month show good position of internal fixator g, h: MRIs at postoperative 12 months show C₄₋₆ no spinal cord compression or abnormal intramedullary signals i, j: Roentgenographs at postoperative 12 months show no displacement of internal fixation

图1 前路组典型病例影像学资料

Fig. 1 Imaging data of a typical case in anterior approach group



a, b: 术前X线片示椎前软组织阴影增宽 c, d: 术前MRI示C₂₋₅节段脊髓受压, 髓内信号异常 e, f: 术后1个月X线片示内固定位置良好 g, h: 术后12个月MRI示C₂₋₅节段脊髓无压迫, 高信号消失 i, j: 术后12个月X线片示内固定无位移
a, b: Preoperative roentgenographs show prevertebral fascia thickened c, d: Preoperative MRIs show C₂₋₅ segment spinal cord compression with abnormal intramedullary signals e, f: Roentgenographs at postoperative 1 month show good position of internal fixator g, h: MRIs at postoperative 12 months show C₂₋₅ no spinal cord compression or abnormal intramedullary signals i, j: Roentgenographs at postoperative 12 months show no displacement of internal fixation

图2 后路组典型病例影像学资料

Fig. 2 Imaging data of a typical case in posterior approach group

3 讨 论

颈椎脊髓损伤是常见的脊柱创伤,特别是重度颈椎脊髓损伤可导致患者瘫痪甚至死亡,是临床治疗的难题之一^[7-9]。近年来,国内外学者报道了一系列对此类损伤的临床治疗经验,术式选择、手术时机及相关预后因素都是临床医师需要进一步有效解决的问题^[10]。国外有研究报道,伤后8 h手术治疗的预后和神经功能恢复要显著优于伤后48 h^[11-12],此结论也得到国内学者认可,但对手术入路的选择仍未达成共识^[13-14]。针对同一患者,不同的医师可能选择不同的手术方式,如果单纯从稳定和神经减压角度而言,前后联合入路可能是最佳术式,但综合考虑患者对手术麻醉的耐受性、并发症发生情况、患者身体状况和对医疗费用的承受能力,大多数医师可能会尽量选择前路或者后路手术为患者解决问题。针对颈椎脊髓损伤前路手术,较常用的为椎体次全切除减压植骨内固定术,贺宝荣等^[15]采用前路手术治疗下颈椎骨折脱位,颈椎获得即刻稳定,但他们认为前路手术不能完全取代后路手术,在发生复位困难时仍然需要采用后路松解。李玉伟等^[16]采用前路零切迹融合器治疗下颈椎脱位,得到早期即可复位、脊髓受压时间减少、手术时间短、固定可靠等满意效果,但需要严格把握适应证。张思胜等^[17]采用颈椎后路侧块螺钉及钉棒系统治疗颈椎损伤,认为该方法安全、有效,适用范围更广。目前美国脊柱脊髓损伤研究组织于2011年制定了下颈段脊柱脊髓损伤分类评分系统(SLIC)^[18],根据下颈椎损伤形态、椎间盘-韧带复合体状态、神经功能3方面进行综合评估选择手术或非手术治疗,以及手术入路。王建元等^[19]、朱烨等^[20]采用SLIC评分系统指导治疗下颈椎损伤,结论为SLIC评分系统具有较高的可靠性,且使用简单,易于掌握。该评分系统以损伤形态学为基础,结合椎间盘-韧带复合体和神经损伤状况,能客观全面地评估下颈椎损伤的程度,为下颈椎损伤选择手术或非手术治疗提供了量化指标,但也有一定的局限性,在手术入路的选择上,其仍然未提供量化标准^[21]。

对于ASIA分级A或B级患者,气管切开呼吸机辅助呼吸是必要的治疗措施,而手术对于呼吸功能恢复的影响鲜见报道^[22]。颈椎脊髓损伤后呼吸功能障碍的主要原因为颈椎脊髓损伤后膈神经功能障碍,进而导致呼吸肌力量降低甚至无力,特别

是在高位脊髓损伤时膈神经功能受损更为严重。因此Como等^[23]研究后建议气管切开呼吸机辅助呼吸对于完全性脊髓损伤是必要的。完全性颈椎脊髓损伤患者机械通气后经过营养、抗感染等治疗,力求能够达到脱机,但影响呼吸机脱机的因素是多方面的^[24]。Chang等^[25]报道了1例上颈椎完全性损伤患者后路椎板成形术治疗后早期脱机的经验。本研究对比前路椎体次全切除术与后路全椎板切除术后呼吸机使用时间及气管插管时间,结果显示后路手术优于前路手术。分析原因可能为后路全椎板切除有利于大范围的脊髓减压,受伤后发生严重水肿的脊髓在压力充分释放后得到血液循环的重建,水肿能够很快消退,在此基础上膈神经功能得到部分恢复,呼吸肌力量能够提高,脱机和封管的时间就会缩短。而前路椎体次全切除术仅减压椎体中部范围,不能获得和后路全椎板切除术一样大范围的减压,但因研究局限性,此结果仍需大样本前瞻性研究的进一步证实。

本组研究结果显示,术后12个月两组患者ASIA运动及感觉评分均较术前显著改善,但两组间比较差异无统计学意义,说明两种术式均可恢复患者神经功能。颈椎脊髓损伤患者最重视的是治疗后肢体功能的恢复和改善,特别是与生活和工作密切相关的双手功能的恢复。近年来,有文献报道了颈椎脊髓损伤患者治疗后采用功能锻炼器械^[26]、改变双手活动模式^[27]等方式提高患者手部功能。手术入路对手部功能改善情况的影响还需进一步研究以证实。

综上所述,前路椎体次全切除术与后路全椎板切除术治疗颈椎脊髓损伤同样可恢复患者神经功能,后路全椎板切除术可缩短呼吸机使用时间及气管插管时间。临床工作中,医师应根据患者的全身情况、影像学表现、经济负担能力等全面评价进行术式选择。本研究存在样本较小,随访期较短等局限性,如何选择更加经济、有效的手术方式,仍需大样本、长期临床随访进行对比分析。

参 考 文 献

- [1] Wang H, Xiang Q, Li C, et al. Epidemiology of traumatic cervical spinal fractures and risk factors for traumatic cervical, spinal cord injury in China[J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 26(8): E306-313.
- [2] 刘百峰, 王晓芳, 徐行, 等. 颈前路钛网植骨及带锁钢板固定治疗下颈椎骨折[J]. 脊柱外科杂志, 2013, 11(3): 146-148.

- [3] Reindl R, Ouellet J, Harvey EJ, et al. Anterior reduction for cervical spine dislocation[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(6): 648-652.
- [4] 曲延镇, 王玉龙, 郭晓东, 等. 单纯后路椎弓根钉内固定治疗下颈椎骨折脱位[J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(10): 990-996.
- [5] 钱明权, 顾羊林, 曾柯, 等. 颈前路椎间盘切除融合术与颈后路椎板切除减压术治疗多节段脊髓型颈椎病的对比研究[J]. 中华骨与关节外科, 2016, 9(5): 376-380.
- [6] American Spinal Injury Association. Standards for neurological classification of spinal injury patients[M]. Chicago: American Spinal Injury Association, 1992.
- [7] Park JH, Kim JH, Roh SW, et al. Prognostic factor analysis after surgical decompression and stabilization for cervical spinal-cord injury[J]. Br J Neurosurg, 2017, 31(2): 194-198.
- [8] Kouyoumdjian P, Guerin P, Schanelderle C, et al. Fracture of the lower cervical spine in patients with ankylosing spondylitis: retrospective study of 19 cases[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2012, 98(5): 543-551.
- [9] Ngo LM, Aizawa T, Hoshikawa T, et al. Fracture and contralateral dislocation of the twin facet joints of the lower cervical spine[J]. Eur spine J, 2012, 21(2): 282-288.
- [10] 孙志波, 禹志宏, 孙晨, 等. 一期后前路手术治疗下颈椎骨折脱位伴关节突绞锁[J]. 创伤外科杂志, 2014, 16(3): 233-235.
- [11] Liu Y, Shi CG, Wang XW, et al. Timing of surgical decompression for traumatic cervical spinal cord injury[J]. Int Orthop, 2015, 39(12): 2457-2463.
- [12] 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.
- [13] 贾连顺. 颈椎脊髓损伤的早期救治[J]. 中华外科杂志, 2007, 45(4): 274-276.
- [14] 郭晓东, 滕宇. 颈椎脊髓损伤的早期救治策略[J]. 临床急诊杂志, 2011, 12(5): 289-291.
- [15] 贺宝荣, 许正伟, 郝定均, 等. 下颈椎骨折脱位并脊髓损伤的前路手术治疗[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(7): 606-609.
- [16] 李玉伟, 王海蛟, 周小小, 等. 前路复位减压零切迹椎间融合器内固定治疗下颈椎脱位[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(7): 630-636.
- [17] 张思胜, 赵红卫, 刘万军, 等. 颈椎侧块钉棒内固定治疗颈椎损伤[J]. 实用骨科杂志, 2010, 16(2): 125-127.
- [18] Whang PG, Patel AA, Vaccaro AR. The development and evaluation of the subaxial injury classification scoring system for cervical spine trauma[J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(3): 723-731.
- [19] 王建元, 刘华, 盛伟斌, 等. SLIC评分在下颈椎损伤术式选择中的应用价值[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(5): 415-420.
- [20] 朱烨, 何登伟, 陈剑, 等. 下颈椎损伤分类评分系统的临床应用[J]. 临床骨科杂志, 2016, 19(2): 144-146.
- [21] 于圣会, 盛伟斌, 陈浩贤, 等. SLIC评分系统在下颈椎损伤治疗中的应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2010, 12(5): 425-428.
- [22] Kornblith LZ, Kutcher ME, Callcut RA, et al. Mechanical ventilation weaning and extubation after spinal cord injury: a Western Trauma Association multicenter study[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2013, 75(6): 1060-1069.
- [23] Como JJ, Sutton ER, McCunn M, et al. Characterizing the need for mechanical ventilation following cervical spinal cord injury with neurologic deficit[J]. J Trauma, 2005, 59(4): 912-916.
- [24] 徐广辉, 满毅, 张咏, 等. 颈椎脊髓损伤顽固性呼吸机依赖因素分析及有效脱机方法[J]. 颈腰痛杂志, 2013, 34(2): 105-109.
- [25] Chang JE, Park SH, Do SH, et al. Successful weaning from mechanical ventilation in the quadriplegia patient with C2 spinal cord injury undergoing C2-4 spine laminoplasty: a case report[J]. Korean J Anesthesiol, 2013, 64(6): 545-549.
- [26] Hoffman H, Sierro T, Niu T, et al. Rehabilitation of hand function after spinal cord injury using a novel handgrip device: a pilot study[J]. J Neuroeng Rehabil, 2017, 14(1): 22.
- [27] Britten L, Coats R, Ichihama R, et al. Bimanual reach to grasp movements after cervical spinal cord injury[J]. PLoS One, 2017, 12(4): e0175457.

(收稿日期: 2016-10-20)

(本文编辑: 于倩)