

# 急性创伤性颈髓损伤患者术前机械通气的危险因素分析

王荣, 马鑫文, 杨涛, 胡炜, 董振宇, 刘岩路, 黄异飞  
(新疆医科大学附属中医医院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**【摘要】** 目的: 分析急性创伤性颈髓损伤(TCSCI)患者术前机械通气的相关危险因素。方法: 将 2016 年 11 月至 2018 年 5 月期间收治的 59 例 TCSCI 患者根据术前是否给予机械辅助通气分为机械通气组(37 例)和非机械通气组(22 例)。最常见伤因是高处坠落(30 例, 50.8%), 其次是交通事故(22 例, 37.3%), 最常见的神经损伤平面是 C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>(36 例, 61%)。运用美国脊髓损伤协会(ASIA)损伤程度和 ASIA 运动得分(AMS)评估受影响的神经系统平面和脊髓损伤的程度, 使用创伤严重程度评分(ISS)来评估损伤的严重程度。运用多变量 Logistic 回归分析 TCSCI 机械通气的危险因素。并运用 ROC 曲线评估 AMS 和 ISS 在预测机械通气的价值。**结果:** 单变量分析结果显示机械通气组的男性、完全损伤、存在相关损伤的比例均显著高于非机械通气组 ( $P < 0.05$ )。机械通气组的 AMS 评分显著低于非机械通气组 ( $16.4 \pm 10.7$  和  $39.1 \pm 9.5$ ,  $P < 0.001$ ), ISS 评分显著高于非机械通气组 ( $31.6 \pm 8.0$  和  $26.5 \pm 6.7$ ,  $P = 0.015$ )。多变量 Logistic 回归分析结果显示, AMS [ $OR = 3.340$ , 95%CI (1.321, 6.242),  $P < 0.001$ ] 和 ISS [ $OR = 1.120$ , 95%CI (0.306, 3.786),  $P < 0.001$ ] 是预测需要机械通气的显著危险因素。ROC 分析结果显示 AMS 的 ROC 曲线下面积显著高于 ISS (0.899 和 0.685,  $P < 0.05$ )。**结论:** 患者入院时的 AMS 和 ISS 可以作为早期是否给予机械辅助通气的预测指标。

**【关键词】** 创伤性颈髓损伤; 机械通气; 危险因素

中图分类号: R641

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.10.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Analysis of risk factors for preoperative mechanical ventilation in patients with acute traumatic cervical spinal cord injury** WANG Rong, MA Xin-wen, YANG Tao, HU Wei, DONG Zhen-yu, LIU Yan-lu, and HUANG Yi-fei. The Affiliated Chinese Medicine Hospital of Xinjiang Medical University, Wulumuqi 830000, Xinjiang, China

**ABSTRACT** **Objective:** To analyze the risk factors associated with mechanical ventilation before surgery in patients with acute traumatic cervical spinal cord injury (TCSCI). **Methods:** According to whether preoperative mechanical ventilation, 59 patients with TCSCI admitted to our hospital from November 2016 to May 2018 were divided into mechanical ventilation (MV) group (37 cases) and non-mechanical ventilation (non-MV) group (22 cases). Falling from height was the most common causes of injury (30 cases, 50.8%), then was traffic accident (22 cases, 37.3%). The most common paraplegic plane was in C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> (36 cases, 61%). American Spinal Cord Injury Association (ASIA) injury degree and ASIA exercise score (AMS) were used to assess the extent of affected neurological plane and spinal cord injury. Trauma severity score (ISS) was used to evaluate the severity of the injury. Multivariate Logistic regression was used to analyze the risk factors for mechanical ventilation in TCSCI. ROC curves were used to assess the value of AMS and ISS in predicting mechanical ventilation. **Results:** Univariate analysis showed that the percentage of male, complete injury and related injuries in the MV group were significantly higher than those in the non-MV group ( $P < 0.05$ ). The AMS score of the MV group was significantly lower than that of the non-MV group ( $16.4 \pm 10.7$  vs  $39.1 \pm 9.5$ ,  $P < 0.001$ ), and the ISS score was significantly higher than that of the non-MV group ( $31.6 \pm 8.0$  vs  $26.5 \pm 6.7$ ,  $P = 0.015$ ). Multivariate Logistic regression analysis showed that AMS [ $OR = 3.340$ , 95% CI (1.321, 6.242),  $P < 0.001$ ] and ISS [ $OR = 1.120$ , 95% CI (0.306, 3.786),  $P < 0.001$ ] were significant risk factors on predicting the need for mechanical ventilation. The ROC analysis showed that the area under the ROC curve (AUC) of AMS was significantly higher than that of ISS (0.899 vs 0.685,  $P < 0.05$ ). **Conclusion:** AMS and ISS at admission can be used as predictors of early mechanically assisted ventilation.

**KEYWORDS** Traumatic cervical spinal cord injury; Mechanical ventilation; Risk factors

急性创伤性颈髓损伤 (traumatic cervical spinal cord injuries, TCSCI) 除导致损伤平面以下感觉和运动功能障碍外, 还会导致膈肌麻痹 (由 C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> 节段支配) 并减少呼吸肌运动, 对生命的影响远大于心脏功能, 高节段的颈髓损伤常常需要机械通气来保证呼

通讯作者: 黄异飞 E-mail: 779278662@qq.com

Corresponding author: HUANG Yi-fei E-mail: 779278662@qq.com

吸功能<sup>[1-2]</sup>。近年来由于高处坠落、车祸、运动损伤等引起的高节段颈髓损伤的病例显著增加, 依赖呼吸机的患者比例也显著升高, 从 1970 年的 1.5% 增加到 2010 年的 5.4%<sup>[3]</sup>。在既往研究中, 患者对机械通气的需求与年龄、性别、颈髓损伤的程度等因素有关<sup>[4]</sup>。根据美国脊髓损伤协会(American Spine Injury Association, ASIA)分类, 其中完全脊髓损伤, C<sub>5</sub> 以上的损伤, 膈肌功能受损的患者均需立即给予机械通气支持<sup>[5]</sup>。但是对于颈髓损伤不完全且影响 C<sub>4</sub> 或以下神经系统平面的患者同样也有机械辅助通气需要的风险<sup>[6]</sup>。因此, 识别这些危险因素可以帮助临床医生以程序化和尽早对高危患者进行机械通气, 从而降低并发症的发生率。本研究回顾性分析 2016 年 11 月至 2018 年 5 月我院脊柱外科收治的 59 例颈髓损伤患者, 探讨 TCSCI 患者术前给予机械通气的相关危险因素。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准: 结合临床表现及病史明确诊断为急性颈髓损伤; 受伤时间 ≤ 48 h, 未合并其他重要脏器损伤; 年龄 ≥ 18 岁; 有完整的病例及影像学资料。排除标准: 由于肿瘤等非创伤引起的颈髓损伤患者; 影响椎体运动的骨关节病; 合并其他重要脏器损伤的患者; 自动出院或转科治疗, 住院时间 < 72 h。

### 1.2 一般资料

共收集颈髓损伤患者 59 例, 其中男 40 例, 占 67.8%, 年龄 (53.5 ± 11.5) 岁。最常见的损伤病因是高处坠落 (30 例, 50.8%), 其次是交通事故 (22 例, 37.3%), 运动损伤 (4 例, 6.8%) 和其他创伤性原因, 包括游泳潜水 (1 例, 1.7%), 自杀未遂 (2 例, 3.4%)。最常见的神经损伤平面是 C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> (36 例, 61%)。AMS 评分为 27.8 ± 8.7, 创伤严重程度评分 (injury severity score, ISS) 为 29.1 ± 7.3。所有患者家属签署知情同意书并通过医院伦理委员会审查。

### 1.3 研究方法

根据患者术前有无给予机械辅助通气分为机械通气组和非机械通气组。收集各组患者以下变量: 年龄, 性别, 体重指数 (body mass index, BMI), 伤因, 合并症 (高血压、糖尿病), ASIA 损伤程度, ISS 评分, ASIA 运动得分 (ASIA motor score, AMS), 28 d 死亡率。根据 ASIA 损伤程度, 分为完全损伤 (A 级和 B 级) 和不完全损伤 (C 级和 D 级)<sup>[7]</sup>。ASIA-A: 神经损伤水平以下既无运动, 也无感觉。ASIA-B: 神经损伤水平以下有部分感觉, 但无运动存在。ASIA-C: 神经损伤水平以下有部分运动, 但其以下肌力 > 3 级的关键肌群数目, 少于其平面以下数目的 1/2。ASIA-D:

神经损伤水平以下有部分运动, 但其以下肌力 > 3 级的关键肌群数目, 大于其平面以下数目的 1/2。ASIA 运动得分 (AMS) 包含了 C<sub>5</sub> 肱二头肌、C<sub>6</sub> 桡侧伸腕肌、C<sub>7</sub> 三头肌、T<sub>1</sub> 小指外展肌、T<sub>2</sub> 髂腰肌、T<sub>3</sub> 股四头肌、T<sub>4</sub> 胫前肌、T<sub>5</sub> 拇长伸肌、S<sub>1</sub> 腓肠肌等 10 个不同运动平面的代表性肌肉, 根据肌力情况左右两侧各 5 分, 分数越低患者肌力越差<sup>[8]</sup>。神经损伤平面是指在身体两侧均具有正常的感觉和运动功能的脊髓最下端<sup>[9]</sup>。

使用 ISS 评分来评估损伤的严重程度。ISS 是用于评估解剖学损伤的数字标度, 并且常用于评估多发伤患者。包括体表、头颈部、面部、胸部、腹部、四肢和骨盆 6 个解剖学区域。取 3 个部位伤情最重的系统分值的平方相加之和来计算 ISS, 最高得分为 75。得分 ≥ 25 表示除了脊柱之外另一个区域的严重创伤<sup>[10]</sup>。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析, 定量资料采用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 进行描述, 计数资料采用例数 (百分比) 进行描述, 运用  $\chi^2$  检验比较计数资料的组间差异, 符合正态分布的定量资料组间比较运用独立样本 *t* 检验或单因素 ANOVA 进行, 不符合正态分布的定量资料组间比较采用非参数检验进行, 所有检验以双侧  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。通过单变量分析确定在需要机械通气的风险上具有统计学差异的参数, 纳入多变量 Logistical 回归分析中。以灵敏度为纵坐标, 1-特异度为横坐标绘制 ROC 曲线来评估 AMS 和 ISS 在预测机械通气的预测价值, 使用对数秩检验评估组间之间的差异。曲线下面积 (AUC) 在 0.75~1.0 之间表明具有良好的预测价值, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般临床资料分析

59 例患者被纳入研究, 其中机械通气组 37 例 (62.7%)。单变量分析结果显示两组在年龄、合并症、损伤病因等变量中差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。机械通气组中男性患者比例高于女性 ( $P = 0.024$ )。此外, 在 ASIA 分级上, 完全运动损伤更需要机械通气 (67.6% 和 27.3%,  $P = 0.003$ )。相关损伤比没有相关损伤的患者更可能需要机械通气 (62.1% 和 31.8%,  $P = 0.024$ )。接受机械通气患者的 AMS 显著低于无机械通气患者 (16.4 ± 10.7 和 39.1 ± 9.5,  $P < 0.001$ )。对于 ISS 评分, 接受机械通气患者显著高于未接受机械通气患者 (31.6 ± 8.0 和 26.5 ± 6.7,  $P = 0.015$ )。在神经损伤平面上, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> 和 C<sub>5</sub>-C<sub>7</sub> 相比需要机械通气的比例相似 ( $P = 0.059$ )。此外, 机械通气组中有 3 例因呼吸衰竭

死亡,非机械通气组中 1 例由于多器官功能衰竭死亡,两组之间 28 d 死亡率差异无统计学意义 ( $P=0.884$ ),见表 1。

表 1 两组急性颈髓损伤患者一般资料分析

Tab.1 Analysis of general data of patients with traumatic cervical spinal cord injuries between two groups

项目	机械通气组 (n=37)	非机械通气组 (n=22)	检验值	P 值
年龄( $\bar{x}\pm s$ , 岁)	54.2±12.3	52.8±10.6	$t=0.444$	0.659
男性[n(%)]	29(78.4)	11(50.0)	$\chi^2=5.089$	0.024
BMI( $\bar{x}\pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	22.1±1.8	21.8±2.5	$t=0.535$	0.595
合并症[n(%)]				
高血压	11(29.7)	8(36.4)	$\chi^2=0.278$	0.598
糖尿病	8(21.6)	3(13.6)	$\chi^2=0.580$	0.446
病因[n(%)]				
高处坠落	19(51.4)	11(50.0)	$\chi^2=0.010$	0.920
交通事故	13(35.1)	9(40.9)		
运动损伤	3(8.1)	1(4.5)		
其他原因	2(5.4)	1(4.5)		
ASIA 分级[n(%)]				
完全损伤	25(67.6)	6(27.3)	$\chi^2=8.984$	0.003
不完全损伤	12(32.4)	16(72.7)		
神经损伤平面[n(%)]				
C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	26(70.3)	10(45.5)	$\chi^2=3.572$	0.059
C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub>	11(29.7)	12(54.5)		
AMS( $\bar{x}\pm s$ , 分)	16.4±10.7	39.1±9.5	$t=6.528$	<0.001
ISS( $\bar{x}\pm s$ , 分)	31.6±8.0	26.5±6.7	$t=2.511$	0.015
28 d 死亡数[n(%)]	2(5.4)	1(4.5)	$\chi^2=0.021$	0.884

多变量逻辑回归分析结果显示,AMS ( $OR=3.340, 95\% CI(1.321, 6.242), P<0.001$ ) 和 ISS ( $OR=1.120, 95\% CI(0.306, 3.786), P<0.001$ ) 是需要有创机械通气的显著危险因素(表 2)。

表 2 机械通气相关危险因素分析结果

Tab.2 Analysis results of risk factors related to mechanical ventilation

参数	Wald	标准误	OR	95%CI	P 值
AMS	3.125	0.253	3.340	1.321, 6.242	<0.001
ISS	2.231	0.462	1.120	0.306, 3.786	<0.001

## 2.2 AMS 和 ISS 对预测机械通气的 ROC 曲线结果

运用 ROC 分析结果显示 AMS 的 AUC 为 0.899 (0.824-0.974), 最佳截止值为 31, 敏感度和特异度分别为 81% 和 79%。ISS 的 AUC 为 0.685 (0.549-0.828), 最佳截止值为 13, 敏感度和特异度分别为

60% 和 62%。ISS 的 ROC 曲线下面积显著低于 AMS, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。见表 3。

表 3 不同标记物预后不良事件评估的 ROC 结果

Tab.3 ROC results of assessment of adverse events for different markers

参数	AUC-ROC (95% CI)	P 值	截止值*	敏感度	特异度
AMS	0.899(0.824-0.974)	<0.001	31	0.81	0.79
ISS	0.685(0.549-0.828)	0.018	13	0.60	0.62

注: \*根据约登指数的理想截止值

Note: \*According to the ideal cutoff of the Yoden index

## 3 讨论

既往研究显示 67% 的 TCSCI 患者受伤后 24 h 内出现严重的呼吸并发症, 主要由呼吸肌麻痹引起, 由于患者咳嗽无效, 导致患者吸气能力下降、肺不张形成和分泌物滞留<sup>[5-6]</sup>。此外, 由脊髓损伤引起的自主神经功能障碍导致支气管痉挛、分泌物增多和肺水肿<sup>[11]</sup>。因此早期需要机械通气保护气道, 避免紧急气管插管时加重颈髓损伤或增加神经损伤的风险<sup>[11]</sup>。本研究中 62.7% 的急性颈髓损伤患者需要机械通气, 这与其他研究相似(普遍为 57.6%)<sup>[12]</sup>。

本研究中, 单变量分析发现性别、ASIA 分级、相关损伤、AMS 和 ISS 等变量在两组之间具有显著差异。Song 等<sup>[13]</sup>认为神经系统损伤平面, ASIA 分级和年龄是需要机械通气的预测因素。本研究中男性需要机械通气有较高的风险, 可能是由于男性患者发生完全性脊髓损伤的比例较高。但是, 在多变量分析及其他研究中, 性别并不是影响机械通气和发生呼吸衰竭的重要因素<sup>[14]</sup>。目前研究认为 ASIA 分级与呼吸衰竭的风险直接相关, 因此需要机械通气<sup>[15]</sup>。由于脊髓节段 C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> 负责膈肌运动, 因此完全脊髓损伤患者神经损伤平面高于 C<sub>4</sub> 时, 由于膈肌功能受损必须立即给予机械通气维持呼吸。因此, 高位的神经损伤平面常常被认为是需要机械通气的危险因素<sup>[12, 16]</sup>。但是, 在本研究中多变量结果显示, 神经损伤平面并不是机械通气的独立预测因素。本研究中神经损伤平面是指在身体两侧均具有正常的感觉和运动功能的脊髓最下端, 由于急性损伤可产生脊髓畸形、肿胀、水肿。此外, 创伤引起的硬膜外血肿、颈椎半脱位、椎间盘突出和移位的骨碎片等也会导致创伤性脊髓压迫。因此, 仅仅通过神经系统检查来区分 C<sub>3</sub> 和 C<sub>5</sub> 之间的受损水平具有一定的局限性。并且单独使用 ASIA 分类所定义的神经损伤水平不够精确, ASIA 可以评估运动功能的脊髓最高水平为 C<sub>5</sub>, 但是 C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> 水平损伤引起的膈肌损伤程度和通气

功能障碍的严重程度是多样的<sup>[9]</sup>。因此,对于神经损伤水平与机械通气相关性的研究需要结合影像学检查做更精确的定位。

本研究中需要机械通气患者的 ISS 较高,但 AMS 评分较低,并且在本研究多变量回归分析结果显示 AMS 评分和 ISS 评分是机械通气的危险因素。这与 Montoto-Marqués 等<sup>[14]</sup>的研究相似,伴随其他重要脏器损伤也是需要机械通气的危险因素。根据 Jones 等<sup>[12]</sup>的研究中均认为伴随有 ISS $\geq$ 25 的不完全损伤患者,是需要行机械通气的危险因素,而 Branco 等<sup>[17]</sup>认为 ISS $\geq$ 16。在本研究中,尽管多变量分析结果认为 ISS 是预测机械通气的独立危险因素,但 ROC 曲线下面积显著低于 AMS。这是因为 AMS 与神经损伤的严重程度有关,研究认为入院时 AMS 越低,机械通气的风险就越大<sup>[14]</sup>。在本研究中,AMS 被证明是需要机械通气的重要危险因素。既往研究中也证实该结论,研究均认为 AMS 与需要机械通气的风险具有相关性,并且也是发生呼吸系统并发症和需要气管切开的独立危险因素<sup>[18]</sup>。事实上,Aarabi 等<sup>[19]</sup>研究认为与 AMS $>$ 50 的患者相比,AMS $<$ 25 可使呼吸系统并发症的发病风险增加 9 倍。同样,在 Leelapattana 等<sup>[20]</sup>的研究中需要机械通气患者的 AMS 为 22 分,而不需要机械通气患者为 39 分,在本研究最佳截断值为 31 分,敏感性和特异性分别为 81% 和 79%。

本研究局限性在于,首先由于为单中心回顾性研究,样本量受限,仍需进一步研究证实该结论。其次,本研究仅为预测早期需要机械通气的颈髓损伤患者,未能对患者后续呼吸道并发症以及死亡相关危险因素进行分析。最后,本研究仅评估了气管插管的机械通气,仍需进一步研究气管切开时机和方法对颈椎术后的影响。总之,我们认为患者入院时的 AMS 和 ISS 可以作为创伤早期是否给予机械辅助通气的预测指标。

#### 参考文献

- [1] Bezdudnaya T, Marchenko V, Zholudeva LV, et al. Supraspinal respiratory plasticity following acute cervical spinal cord injury [J]. *Exp Neurol*, 2017, 293: 181-189.
- [2] Stein DM, Knight WA. Emergency neurological life support: traumatic spine injury [J]. *Neurocrit Care*, 2017, 27(1): 170-180.
- [3] McCaughey EJ, Purcell M, McLean AN, et al. Changing demographics of spinal cord injury over a 20-year period: a longitudinal population-based study in Scotland [J]. *Spinal Cord*, 2016, 54(4): 270-276.
- [4] Ropper AE, Neal MT, Theodore N, et al. Acute management of traumatic cervical spinal cord injury [J]. *Pract Neurol*, 2015, 15(4): 266-272.
- [5] Johnson KG, Hill LJ. Pulmonary management of the acute cervical spinal cord injured patients [J]. *Nurs Clin North Am*, 2014, 49(3): 357-369.
- [6] Guirgis AH, Menon VK, Suri N, et al. Early versus late tracheostomy for patients with high and low cervical spinal cord injuries [J]. *Sultan Qaboos Univ Med J*, 2016, 16(4): e458-e463.
- [7] Yugué I, Okada S, Maeda T, et al. Sensitivity and specificity of the 'knee-up test' for estimation of the American Spinal Injury Association Impairment Scale in patients with acute motor incomplete cervical spinal cord injury [J]. *Spinal Cord*, 2018, 56(4): 347-354.
- [8] Kirshblum SC, Waring W, Biering-Sorensen F, et al. Reference for the 2011 revision of the international standards for neurological classification of spinal cord injury [J]. *J Spinal Cord Med*, 2011, 34(6): 547-554.
- [9] Huang YH, Ou CY. Magnetic resonance imaging predictors for respiratory failure after cervical spinal cord injury [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014, 12(6): 30-34.
- [10] Deng Q, Tang B, Xue C, et al. Comparison of the ability to predict mortality between the injury severity score and the new injury severity score: a Meta analysis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2016, 13(8): E825-E826.
- [11] Šedý J, Kune J, Zicha J, et al. Pathogenetic mechanisms of neurogenic pulmonary edema [J]. *J Neurotrauma*, 2015, 32(15): 1135-1145.
- [12] Jones TS, Burlew CC, Johnson JL, et al. Predictors of the necessity for early tracheostomy in patients with acute cervical spinal cord injury: a 15-year experience [J]. *Am J Surg*, 2015, 209(2): 363-368.
- [13] Song J, Shao J, Qi HH, et al. Risk factors for respiratory failure with tetraplegia after acute traumatic cervical spinal cord injury [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2015, 19(1): 9-14.
- [14] Montoto-Marqués A, Trillo-Dono N, Ferreiro-Velasco ME, et al. Risks factors of mechanical ventilation in acute traumatic cervical spinal cord injured patients [J]. *Spinal Cord*, 2018, 56(3): 206-211.
- [15] Bank M, Gibbs K, Sison C, et al. Age and other risk factors influencing long-term mortality in patients with traumatic cervical spine fracture [J]. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 2018, 9(1): 882.
- [16] Warren PM, Campanaro C, Jacono FJ, et al. Mid-cervical spinal cord contusion causes robust deficits in respiratory parameters and pattern variability [J]. *Exp Neurol*, 2018, 30(6): 122-131.
- [17] Branco BC, Plurad D, Green DJ, et al. Incidence and clinical predictors for tracheostomy after cervical spinal cord injury: a National Trauma Databank review [J]. *J Trauma*, 2011, 70(1): 111-115.
- [18] Lee DS, Park CM, Carriere KC, et al. Classification and regression tree model for predicting tracheostomy in patients with traumatic-cervical spinal cord injury [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(9): 2333-2339.
- [19] Aarabi B, Harrop JS, Tator CH, et al. Predictors of pulmonary complications in blunt traumatic spinal cord injury [J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 17(1): 38-45.
- [20] Leelapattana P, Fleming JC, Gurr KR, et al. Predicting the need for tracheostomy in patients with cervical spinal cord injury [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73(4): 880-884.

(收稿日期: 2018-11-19 本文编辑: 王宏)