

临床论著

无骨折脱位颈脊髓中央损伤综合征的手术疗效及其影响因素

马晓生, 姜建元, 吕飞舟, 邵明昊, 夏新雷, 王立勋, 王洪立, 张帆

(复旦大学附属华山医院骨科 200040 上海市)

【摘要】目的:评估无骨折脱位颈脊髓中央损伤综合征(trumatic central cord syndrome, TCCS)的手术疗效,探讨其影响因素。方法:2007 年 1 月~2014 年 1 月我院收治无骨折脱位的颈椎 TCCS 患者 66 例,评估损伤后 24h 内、术前、术后 5d、末次随访时的 ASIA 评分和 JOA 评分,测量椎管最大狭窄程度(maximum canal compromise, MCC)及脊髓最大受压程度(maximum spinal cord compression, MSCC)。了解年龄、性别、手术方式、椎管狭窄程度、椎管狭窄节段数及术前 ASIA 评分与手术前后 ASIA 评分及 JOA 评分改善率之间的相关性。按受伤至手术治疗时间分为 A(<1 周)、B(1~3 周)、C(>3 周)3 组,在不同时间点评估 3 组患者的脊髓功能情况。结果:66 例患者术后 5d 及末次随访时的 JOA 评分与 ASIA 评分均较术前明显增加 ($P<0.05$);MCC 平均为 $(52.64\pm 10.89)\%$, MSCC 平均为 $(26.71\pm 13.27)\%$;MSCC 与末次随访时的 JOA 评分改善率及 ASIA 评分呈显著性负相关 ($P<0.05$);患者年龄与 JOA 评分改善率呈负相关 ($P<0.05$);术前 ASIA 评分与末次随访 ASIA 评分呈正相关 ($P<0.05$);性别、MCC、椎管狭窄节段数、手术入路与 JOA 评分改善率及末次随访 ASIA 评分的无显著相关性 ($P>0.05$)。3 组伤后不同时间手术患者之间年龄、性别、手术方式、术前 ASIA 评分均无统计学差异,末次随访时 A 组患者 JOA 评分及 ASIA 评分明显高于 B、C 组 ($P<0.05$);A、B、C 组患者的 JOA 评分改善率平均为 $(78.4\pm 6.7)\%$ 、 $(71.3\pm 7.8)\%$ 、 $(63.2\pm 9.1)\%$,三组间具有显著性差异 ($P<0.05$)。结论:采用手术治疗无骨折脱位的颈椎 TCCS 安全有效,术前 ASIA 评分、脊髓受压程度、患者年龄影响 TCCS 预后;尽早(1 周内)行减压手术可能更有利于颈脊髓功能恢复。

【关键词】颈脊髓中央损伤综合征;椎管狭窄;颈椎手术

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.04.03

中图分类号:R683.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-04-0298-06

Surgical outcomes and risk factors in traumatic central cord syndrome without fracture and dislocation/MA Xiaosheng, JIANG Jianyuan, LÜ Feizhou, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(4): 298-303

【Abstract】Objectives: To evaluate the surgical outcome on the traumatic central cord syndrome(TCCS) without fracture and dislocation, and to discuss the risk factors for TCCS prognosis. Methods: 66 TCCS patients were received and reviewed from January 2007 to January 2014 in our hospital, and the ASIA score and JOA score at the time of 24 hours after injury, the day before surgery, 5 days after surgery and the final follow-up were recorded. Maximum canal compromise (MCC) and maximum spinal cord compression (MSCC) were used to measure the compression of the canal and spinal cord due to stenosis. The relationships between prognosis(improvement ratio of JOA and ASIA score at final follow-up) and related risk factors(age, sex, operation way, the degree of stenosis, stenosis segment number and preoperative ASIA score) were evaluated respectively. All patients were divided into three groups according to the time between injury and surgery including less than 1 week(group A), 1 to 3 weeks(group B) and over 3 weeks(group C) to evaluate the neural function at these time points. Results: The ASIA score and JOA score at 5 days after surgery and final follow-up significantly increased compared with those at preoperation($P<0.05$). The average score for MSCC and MCC was $(26.71\pm 13.27)\%$ and $(52.64\pm 10.89)\%$ respectively. The improvement ratio of JOA and MCC showed

第一作者简介:男(1972-),副教授,医学博士,研究方向:脊柱外科

电话:(021)52887136 E-mail:mxs893@sina.com

通讯作者:姜建元 E-mail:jjy@fudanspine.com

a significantly negative correlation($P<0.05$). Age was negatively related with the improvement ratio of JOA($P<0.05$). Preoperative ASIA score was positively correlated with the final follow-up ASIA score($P<0.05$). While gender, MCC, the number of stenosis segment and the surgical approach had no statistical correlation with the improvement ratio of JOA and the final follow-up ASIA score($P>0.05$). Age, sex, operation way, preoperative ASIA score had no statistical difference among three groups at different time points. Group A's JOA score and ASIA score were significantly higher than those of group B and C at final follow-up, the difference was statistically significant($P<0.05$). The improvement ratio of JOA of group A, B, C groups at final follow-up was $(78.4\pm6.7)\%$, $(71.3\pm7.8)\%$, $(63.2\pm9.1)\%$ respectively($P<0.05$). **Conclusions:** Operation is safe and effective for TCCS. Surgery within one week is beneficial for neurologically functional recovery. Preoperative ASIA scoring, degree of stenosis caused by spinal cord compression and age may affect the prognosis of TCCS.

[Key words] Traumatic central cord syndrome; Cervical stenosis; Cervical surgery

[Author's address] Department of Orthopaedics, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai, 200040, China

颈脊髓中央损伤综合征(TCCS)是一类不完全性脊髓损伤,1887年由Thorburn首次报道^[1]。TCCS常见于颈椎过伸性损伤,其主要特点为:颈椎外伤后上肢肌力减弱程度大于下肢(ASIA评分至少相差10分),可存在不同程度的肢体感觉障碍、膀胱功能障碍或性功能障碍等^[2,3]。同时可伴有颈椎骨折、韧带损伤、急性椎间盘突出等结构性改变,其中影像学上不伴有颈椎骨折或移位,仅表现为椎管狭窄的TCCS病例约占总数的35%~58%^[4,5]。目前手术治疗TCCS已经被越来越多的临床医生认可^[6],但手术时机选择对预后影响仍存在较多争议^[7-9]。这是由于在TCCS治疗过程中存在多种影响因素,共同作用可导致不同的临床结果^[10]。2013年最新的TCCS诊疗指南^[11]指出减压手术治疗是治疗TCCS的有效手段,但对于仅伴有椎管狭窄无骨折脱位的TCCS手术疗效难以判断。该类病例中各种影响因素对手术预后的影响仍不明确^[12,13]。本研究对我院2007年1月~2014年1月收治的伴有椎管狭窄无骨折脱位的TCCS病例进行回顾性分析,收集患者基本信息、手术前后神经功能、影像学资料、手术时间等相关资料,评估手术治疗伴有椎管狭窄的无骨折脱位的TCCS疗效及不同手术时机对疾病预后的影响,了解年龄、椎管狭窄等因素在无骨折脱位TCCS中的作用。

1 资料和方法

1.1 病例纳入标准

搜集2007年1月~2014年1月在我院骨科治疗的颈椎外伤病例,通过以下条件筛选出符合要求的病例:(1)有颈椎外伤史;(2)年龄大于18

岁;(3)符合颈脊髓中央损伤综合征诊断标准(ASIA评分上肢少于下肢10分以上)^[11];(4)颈椎侧位X线片测量椎管矢状径小于12mm^[14];(5)伤后均行颈椎减压手术治疗;(6)随访时间大于6个月。排除:(1)有颈椎结构性破坏(颈椎椎体骨折、椎弓根骨折或移位、小关节骨折或脱位、椎板骨折等)者;(2)不伴有椎管狭窄者;(3)伴有颅脑及四肢外伤者;(4)伴有任何可影响神经功能评估的疾病(如运动神经元病、帕金森病、脑瘫及脑梗死等)者。

1.2 一般资料

共收集72例符合要求的TCCS患者,其中2例术后因非手术原因死亡,4例失访,余66例患者纳入本研究。男52例,女14例,年龄 53.9 ± 10.3 岁(28~77岁),其中17例患者伴有双手痛觉过敏。术后随访时间 25.9 ± 13.6 个月(6~52个月)。所有患者均伴有椎管狭窄,其中1节段者18例,2节段者21例,3节段者19例,4节段者8例。

1.3 手术方式

不伴后纵韧带骨化者采用颈前路减压融合术(单间隙融合器植骨融合+钢板内固定或椎体次全切除钛网植骨+钢板内固定或两种术式联合),共54例;伴有后纵韧带骨化的12例患者行相应节段后路椎管成形术治疗。

1.4 观察指标

根据患者主诉、查体及辅助检查等,评估患者损伤后24h内、术前、手术后5d及术后末次随访时的ASIA评分及JOA评分;按患者受伤至手术治疗时间分为A、B、C三组:A组,受伤至手术治疗时间小于1周,20例;B组,1~3周,24例;C组,大于3周,22例。记录术后手术相关并发症情

况。

术前均行颈椎 MRI 检查,在 MRI 上测量狭窄节段及狭窄节段上、下各一个节段的椎管矢状径(Di、Da、Db)和脊髓矢状径(di、da、db)(图 1),按照 Fehlings 等^[15]相关研究测量标准,计算最大椎管狭窄百分比(maximum canal compromise, MCC)和脊髓受压百分比(maximum spinal cord compression, MSCC), $MCC = \{1 - Di/[1/2(Da + Db)]\} \times 100\%$, $MSCC = \{1 - di/[1/2(da + db)]\} \times 100\%$ 。

1.5 统计学方法

所有数据通过 SPSS 19.0(SPSS 公司,美国)统计软件处理。手术前后 JOA 评分、ASIA 评分采用重复测量方差分析。运用双变量相关性分析,分析性别、年龄、椎管狭窄程度、狭窄节段数、手术入路等因素与术后 ASIA 运动评分及 JOA 评分改善率的相关性。不同手术时机分组患者基本资料、手术前后 JOA 评分、JOA 评分改善率及 ASIA 评分比较采用单因素方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

66 例患者至末次随访均未出现手术相关并发症。术后 5d 时 JOA 评分和 ASIA 评分均较术前明显增加($P < 0.05$),末次随访时的 JOA 评分和 ASIA 评分均较术后 5d 时进一步增加($P < 0.05$)(表 1)。MCC 平均为 $(52.64 \pm 10.89)\%$,MSCC 平均为 $(26.71 \pm 13.27)\%$ 。经双变量相关性分析,MSCC 与末次随访时的 JOA 评分改善率及末次随访时的 ASIA 运动评分呈显著性负相关($P = 0.001$, 0.014)。年龄与 JOA 评分改善率呈负相关($P = 0.043$),术前 ASIA 评分与末次随访时的 ASIA 评分呈正相关($P = 0.029$),性别、MCC、狭窄节段数、手术入路与 JOA 评分改善率及末次随访时的 ASIA 评分无明显相关性(表 2)。

受伤至手术时间不同组患者的一般资料见表 3。三组年龄、性别比、椎管狭窄程度、伤后 24h 内 JOA 评分和 ASIA 评分均无统计学差异($P > 0.05$)。三组术前、术后 5d 和末次随访时的 JOA 评分和 ASIA 评分见表 4。术前 B、C 组的 JOA 评分和 ASIA 评分均无统计学差异($P > 0.05$),但均大于 A 组($P < 0.05$);术后 5d 时 A、B 组 JOA 及 ASIA 评分无统计学差异($P > 0.05$),但均大于 C 组($P < 0.05$);末次随访时 A 组 ASIA 评分高于 B、C 两组($P <$

0.05),B 组评分高于 C 组($P < 0.05$),A、B 两组 JOA 评分无统计学差异($P > 0.05$),但均大于 C 组($P < 0.05$)。三组不同时间点的 JOA 评分改善率见表 5 术后 5d 时 B、C 组的 JOA 评分改善率无统计学差异($P > 0.05$),但均小于 A 组($P < 0.05$);末次随访时 A 组 JOA 评分改善率高于 B、C 组,C 组改善率明显小于 A、B 组($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 伴椎管狭窄无骨折脱位 TCCS 的手术疗效

早期有研究认为,TCCS 无需手术治疗,经过



图 1 在术前 MRI 上测量椎管狭窄(MCC)和脊髓受压(MSCC)百分比, $MCC = \{1 - Di/[1/2(Da + Db)]\} \times 100\%$, $MSCC = \{1 - di/[1/2(da + db)]\} \times 100\%$ (Di、Da、Db 分别为狭窄节段及狭窄节段上、下各一个节段的椎管矢状径,di、da、db 为脊髓矢状径)

Figure 1 The measurement of canal compromise and spinal cord compression in preoperative MRI. $MCC = \{1 - Di/[1/2(Da + Db)]\} \times 100\%$, $MSCC = \{1 - di/[1/2(da + db)]\} \times 100\%$

表 1 66 例 TCCS 患者术前、术后 5d 及末次随访时的 ASIA 运动评分、JOA 评分及 VAS 评分 ($\bar{x} \pm s$, $n = 66$)

Table 1 ASIA score, JOA score and VAS score at preoperation, 5d postoperative and follow-up

	术前 Preoperation	术后 5d Postoperative 5d	末次随访 Final follow-up
ASIA 评分 ASIA score	84.94 ± 5.13	87.63 ± 16.31^{①}	90.88 ± 16.3^{②}
JOA 评分 JOA score	8.81 ± 1.92	12.24 ± 1.65^{①}	14.36 ± 2.73^{②}

注:①与术前比较 $P < 0.05$;②与术后 5d 比较 $P < 0.05$

Note: ①Compared with preoperation, $P < 0.05$; ②Compared with postoperative 5 days, $P < 0.05$

表 2 各因素与末次随访 AISA 评分及 JOA 评分改善率的双变量分析结果

Table 2 Bivariate correlation analysis of independent variables, ASIA score, and improvement rate of JOA score at follow-up

	JOA 评分改善率 Improvement rate of JOA score		末次随访 ASIA 评分 Final follow-up ASIA score	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
年龄 Age	-0.326	0.043	-0.217	0.067
性别 Sex	0.136	0.81	-0.104	0.72
MSCC	-0.634	0.001	-0.582	0.014
MCC	-0.305	0.062	-0.203	0.144
狭窄节段数 Level of stenosis	-0.182	0.867	-0.267	0.613
手术入路 Approach of surgery	0.129	0.15	0.142	0.43
损伤 24h 内 ASIA 评分 Within 24 hours after injury ASIA score	0.231	0.064	0.276	0.029

表 3 三组患者一般资料情况

Table 3 The general data of the three groups

	A组 Group A	B组 Group B	C组 Group C
年龄(岁) Age(years)	52.29±9.34	54.01±10.56	55.49±8.69
性别比(男/女) Sex(Male/Female)	18/3	18/6	16/5
手术方式(例) Approach of operation(cases)			
前路 Front	20	16	18
后路 Back	3	5	4
椎管狭窄程度(%) Degree of stenosis(%)			
MCC	67.4±20.2	70.9±19.5	68.9±18.9
MSCC	39.8±21.7	43.1±20.8	40.7±20.1
伤后 24h 内 JOA 评分 JOA score at 24h after injury	7.15±7.23	7.33±6.76	7.29±6.81
伤后 24h 内 ASIA 评分 ASIA score at 24h after injury	75.26±12.56	77.91±16.43	76.79±19.9

表 4 三组患者手术前后 JOA 及 ASIA 评分

Table 4 Change of JOA score and ASIA score in three groups between pre- and post-operation

	A组 Group A		B组 Group B		C组 Group C	
	JOA 评分 JOA score	ASIA 评分 ASIA score	JOA 评分 JOA score	ASIA 评分 ASIA score	JOA 评分 JOA score	ASIA 评分 ASIA score
术前 Preoperation	7.45±7.02	75.86±20.23	9.33±5.96 ^①	83.46±15.47 ^①	9.83±6.36 ^①	81.68±18.25 ^①
术后 5d Postoperative 5 days	12.56±6.29	87.87±11.28	12.01±5.92	88.21±18.23	11.78±6.44 ^①	86.83±19.36
末次随访 Final follow-up	14.95±5.99	94.56±13.11	14.08±6.01	91.45±14.82 ^①	13.31±5.83 ^①	88.54±17.91 ^{①②}

注:①与 A 组比较 $P<0.05$;②与 B 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with group A, $P<0.05$; ②Compared with group B, $P<0.05$

表 5 三组患者术后 JOA 评分改善率 (%)

Table 5 Improvement rate of JOA score in three groups postoperatively

	A组 Group A	B组 Group B	C组 Group C
术后 5d In 5 days	46.4±7.9	43.5±6.8 ^①	42.1±8.6 ^①
末次随访 Final follow-up	78.4±6.7	71.3±7.8 ^①	63.2±9.1 ^{①②}

注:①与 A 组比较 $P<0.05$;②与 B 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with group A, $P<0.05$; ②Compared with group B, $P<0.05$

保守治疗后大多数患者的临床症状缓解,可取得较好预后^[16,17]。随着研究的深入,有学者^[18]发现约

24%的患者尽管在早期的功能随访中被证实神经功能存在明显的恢复,但随着病情的发展反而会逐渐出现四肢运动功能及锥体束功能逐渐恶化的现象。2010 年 Stevens 等^[19]回顾性分析 126 例 TCCS 病例,通过 Frankel 分级随访患者神经功能恢复情况,发现手术治疗 TCCS 的预后优于保守治疗。本研究收集 66 例伴椎管狭窄无骨折脱位的 TCCS 病例,术后 5d 总体 ASIA 及 JOA 评分均得到明显改善,末次随访时患者 ASIA 及 JOA 评分进一步增加。结合既往文献,可认为手术治疗伴有椎管狭窄无骨折脱位的 TCCS 安全有效。

3.2 年龄、椎管狭窄等因素对手术预后的影响

TCCS多见于患者在颈椎管狭窄等病变的基础上由外力引起颈部过伸性损伤^[20]。影响 TCCS 手术预后的因素除手术时机外还包括:年龄、椎管狭窄程度、术前脊髓功能等。其中椎管狭窄程度对于手术预后影响的研究较少。

Kato 等^[21]对 127 例颈脊髓损伤患者进行了研究,认为颈椎管狭窄是无脊柱结构损伤 TCCS 的高危因素。Yamazaki 等^[22]对颈椎管狭窄而无明显脊柱结构性损伤的 TCCS 患者进行了研究,证实矢状位椎管直径越小手术疗效越差。本研究纳入的 TCCS 病例均伴椎管狭窄无骨折脱位,将椎管狭窄分为:椎管缩窄程度(MCC)和脊髓受压程度(MSCC)两种类型。研究发现,手术预后与 MSCC 呈显著性负相关($P<0.05$),而与 MCC 的相关性无统计学意义($P>0.05$)。这可能是因为当椎管缩窄程度较轻,椎管狭窄不影响患者预后;只有当椎管狭窄引起脊髓受压时才对 TCCS 预后产生影响。

既往研究^[9]结果表明,年龄、双手肌力和脊髓损伤类型对患者的预后有一定的影响。本研究同样发现,年龄与预后呈负相关;损伤 24h 内运动功能(ASIA 评分)较差者,术后脊髓功能恢复较差。原因可能为随着年龄的增长神经功能恢复的能力下降;此外术前较严重脊髓功能受损,可能造成脊髓不可逆的损伤,术后虽压迫得到解除,却难以恢复至完全正常。综上所述,对于伴有椎管狭窄无骨折脱位的 TCCS 患者,术前 ASIA 评分、狭窄引起脊髓受压程度和年龄影响 TCCS 预后。

3.3 手术时机选择对于 TCCS 预后的影响

对于有骨折脱位的 TCCS 患者目前多数医师选择早期手术,并且得到良好的预后结果^[13,23]。但是,对于无骨折脱位的 TCCS 患者而言,临床上除 X 线外还需 CT 或 MRI 等进一步检查明确损伤情况、确定手术部位,因此手术时间相对明确有骨折脱位 TCCS 较长。夏新雷等^[24]的一篇回顾性研究中也指出术前病程较长(大于 1 周)的无骨折脱位型脊髓损伤患者预后较差。这可能是由于在保守治疗下患者神经功能得到一定恢复,但是椎管狭窄持续存在限制了脊髓损伤后(水肿、出血)可膨胀的空间,局部压力增高阻碍脊髓功能的恢复。早期减压固定手术可解除脊髓压迫、改善局部血供,有利于脊髓功能的恢复^[25]。Chen 等^[26]的研究更进一步证实了手术改善 TCCS 神经功能的可行性,且证实尽早手术治疗能够使临床症状、尤其上肢

症状更迅速地缓解,短期症状改善率明显优于保守治疗。

本研究选取伴有椎管狭窄的 TCCS 病例,按手术时间分为 1 周以内(A 组)、1~3 周(B 组)和大于 3 周(C 组)3 组,运用 JOA 及 ASIA 评估 3 组患者脊髓功能情况。损伤后 24h 内三组患者 JOA 及 ASIA 评分无统计学差异,说明患者伤后脊髓功能受损程度相似。经过术前 1 周以上的保守治疗,B、C 两组脊髓功能得到一定程度恢复,术前 JOA 及 ASIA 评分明显高于 A 组。但在术后 5d,A 组脊髓功能恢复已达到与 B 组相同水平,并且高于 C 组。末次随访时,虽 3 组患者脊髓功能较术前均有明显恢复,但早期手术的 A 组患者得到相对更好的脊髓功能预后,其 ASIA 评分明显高于 B、C 两组。A、B 两组 JOA 评分无明显差异,但末次随访时 A 组患者的 JOA 改善率明显高于 B、C 两组,说明较早手术的患者较其余两组患者脊髓功能恢复更完全。因此,我们认为尽早完善术前检查明确病变位置,选择早期手术治疗伴椎管狭窄无骨折移位的 TCCS 有利于神经功能恢复。

本研究结果显示,手术治疗伴椎管狭窄无骨折脱位的 TCCS 安全有效,尽早(小于 1 周内)行减压手术可能更有利于脊髓功能恢复。术前椎管狭窄程度是影响术后疗效的重要因素,脊髓功能受损程度、狭窄引起脊髓受压程度、患者年龄影响 TCCS 预后。但是,本研究纳入的患者中,部分患者首次就诊地点非本院,因此术前神经功能评分并不是由同一组医生评定,有可能影响结果真实性。患者损伤前是否患有颈椎相关疾病无法详述,可能夸大了文中研究内容在 TCCS 预后中的作用。另外,本组病例中颈椎前路手术所占比例较大,对于前后路不同手术方式对于手术预后的相关分析不够准确,有待进一步的研究论证。

4 参考文献

1. Thorburn W. Cases on injury to the cervical region of the spinal cord[J]. Brain, 1887, 9: 510-543.
2. Pouw MH, van Middendorp JJ, van Kampen A, et al. Diagnostic criteria of traumatic central cord syndrome (Part 1): a systematic review of clinical descriptors and scores[J]. Spinal Cord, 2010, 48(9): 652-656.
3. Van Middendorp JJ, Pouw MH, Hayes KC, et al. Diagnostic criteria of traumatic central cord syndrome (Part 2): a

- questionnaire survey among spine specialists [J]. *Spinal Cord*, 2010, 48(9): 657-663.
4. Aarabi B, Alexander M, Mirvis SE, et al. Predictors of outcome in acute traumatic central cord syndrome due to spinal stenosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14(1): 122-130.
 5. Dvorak MF, Fisher CG, Hoekema J, et al. Factors predicting motor recovery and functional outcome after traumatic central cord syndrome: a long-term follow-up[J]. *Spine*, 2005, 30(20): 2303-2311.
 6. Brodell DW, Jain A, Elfar JC, et al. National trends in the management of central cord syndrome: an analysis of 16134 patients[J]. *Spine J*, 2014, 15(3): 435-442.
 7. Chen L, Yang H, Yang T, et al. Effectiveness of surgical treatment for traumatic central cord syndrome[J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 10(1): 3-8.
 8. Chen TY, Lee ST, Lui TN, et al. Efficacy of surgical treatment in traumatic central cord syndrome [J]. *Surg Neurol*, 1997, 48(5): 435-440.
 9. Dai L, Jia L. Central cord injury complicating acute cervical disc herniation in trauma[J]. *Spine*, 2000, 25(3): 331-335.
 10. Management of acute central cervical spinal cord injuries[J]. *Neurosurgery*, 2002, 50(3 Suppl): 166-172.
 11. Aarabi B, Hadley MN, Dhall SS, et al. Management of acute central cervical spinal cord injuries[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72(Suppl 2): 195-204.
 12. Aarabi B, Alexander M, Mirvis SE, et al. Predictors of outcome in acute traumatic central cord syndrome due to spinal stenosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14(1): 122-130.
 13. Fehlings MG, Rabin D, Sears W et al. Current practice in the timing of surgical intervention in spinal cord injury [J]. *Spine*, 2010, 35(21 Suppl): S166-173.
 14. Edwards WC, LaRocca H. The developmental segmental sagittal diameter of the cervical spinal canal in patients with cervical spondylosis[J]. *Spine*, 1983, 8(1): 20-27.
 15. Fehlings MG, Furlan JC, Massicotte EM, et al. Interobserver and intraobserver reliability of maximum canal compromise and spinal cord compression for evaluation of acute traumatic cervical spinal cord injury[J]. *Spine*, 2006, 31(15): 1719-1725.
 16. Schneider RC. A syndrome in acute cervical spine injuries for which early operation is indicated[J]. *J Neurosurg*, 1951, 8(4): 360-367.
 17. Schneider RC, Thompson JM, Bebin J. The syndrome of acute central cervical spinal cord injury [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1958, 21(3): 216-227.
 18. Bosch A, Stauffer ES, Nickel VL. Incomplete traumatic quadriplegia: a ten-year review[J]. *JAMA*, 1971, 216(3): 473-478.
 19. Stevens EA, Marsh R, Wilson JA, et al. A review of surgical intervention in the setting of traumatic central cord syndrome[J]. *Spine J*, 2010, 10(10): 874-880.
 20. Aarabi B, Koltz M, Ibrahimi D. Hyperextension cervical spine injuries and traumatic central cord syndrome[J]. *Neurosurg Focus*, 2008, 25(5): E9.
 21. Kato H, Kimura A, Sasaki R, et al. Cervical spinal cord injury without bony injury: a multicenter retrospective study of emergency and critical care centers in Japan[J]. *J Trauma*, 2008, 65(2): 373-379.
 22. Yamazaki T, Yanaka K, Fujita K, et al. Traumatic central cord syndrome: analysis of factors affecting the outcome [J]. *Surg Neurol*, 2005, 63(2): 95-99.
 23. Yoshihara H, Yoneoka D. Trends in the treatment for traumatic central cord syndrome without bone injury in the United States from 2000 to 2009 [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2013, 75(3): 453-458.
 24. 夏新雷, 吕飞舟, 姜建元, 等. 无骨折脱位型颈脊髓损伤手术疗效和预后的影响因素[J]. *上海医学*, 2014, 37(10): 868-871.
 25. 姜建元, 马昕, 吕飞舟, 等. 无骨折脱位型急性中央颈脊髓损伤的手术疗效分析[J]. *中华外科杂志*, 2007, 45(6): 376-378.
 26. Chen TY, Dickman CA, Eleraky M, et al. The role of decompression for acute incomplete cervical spinal cord injury in cervical spondylosis[J]. *Spine*, 1998, 23(22): 2398-2403

(收稿日期:2015-01-27 末次修回日期:2015-03-30)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)