

颈胸段前路椎弓根螺钉固定技术的影像学研究

洪锦炯¹, 赵刘军², 蒋伟宇², 于亮², 李杰¹, 祁峰³

(1 宁波大学医学院 315211 宁波市; 2 宁波市第六医院脊柱外科 315040; 3 宁波市医疗中心李惠利医院骨科 315040)

【摘要】目的:研究颈胸段前路椎弓根螺钉置入的进钉位置及进钉方向,并探讨颈胸段前路椎弓根螺钉的可行性。**方法:**选取 50 例 2014 年 1 月~2014 年 6 月行颈胸段螺旋 CT 扫描无生理曲度异常、骨质破坏患者的影像学资料,其中男性 29 例,女性 21 例,年龄 22~60 岁,平均 36.4 岁。应用 Advantage Workstation 4.2 对原始连续横断面图像进行多平面重建,测量 C6~T2 椎弓根轴线的外倾角和头/尾倾角、横向往进针点距离、矢状面进针点距离和椎弓根轴线长度,记录 C6~T2 椎弓根轴线在胸骨柄上区(A 区)、胸骨柄区(B 区)及胸骨柄下区(C 区)的分布情况,并进行比较分析。**结果:**C6~T2 外倾角、尾倾角在性别差异上无统计学意义,合并两性数据示 C6~T2 外倾角逐渐减小(46.77°~20.02°);椎弓根轴线在矢状位上均尾倾,C6~T1 尾倾角逐渐减小(18.10°~14.54°),而 T2 尾倾角最大(20.62°±5.04°);C6~T2 外倾角、尾倾角在不同椎节的差异有统计学意义($P<0.05$)。C6~T2 横向往进针点距离、矢状面进针点距离、椎弓根轴线长度两性差异有统计学意义($P<0.05$)。C6~T2 横向往进针点距离逐渐增大(-0.34~4.75mm);C6 矢状面进针点距离最小(5.18±1.02mm),T2 矢状面进针点距离最大(9.82±2.28mm)。C6~T2 椎弓根轴线长度为 31.01~34.21mm。相同性别的横向往进针点距离、矢状面进针点距离在不同椎节的差异有统计学意义($P<0.05$)。C6、C7 椎弓根轴线穿经 A 区;T1 椎弓根轴线主要穿经 A 区和 B 区,在位于 A 区者中仅 3 例穿经两侧胸骨锁骨端上缘连线之上;T2 椎弓根轴线穿经 B 区和 C 区。A、B、C 分区结果在性别差异上无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**理论上前方入路可完成 C6、C7 前路椎弓根螺钉置入,而绝大部分 T1、T2 因受限于其前方骨性结构的阻挡,无法经下颈椎前方入路完成前路椎弓根螺钉的置入。

【关键词】颈胸段;前路椎弓根螺钉;影像学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.02.07

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-02-0136-06

Radiological studies on anterior cervicothoracic transpedicular screw fixation/HONG Jinjiong, ZHAO LiuJun, JIANG Weiyu, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(2): 136-141

【abstract】Objectives: To explore the entry point and trajectory of anterior transpedicular screws(ATPS) in the cervicothoracic junction, and to investigate its feasibility by radiological method. **Methods:** From January 2014 to June 2014, 50 patients with no signs of cervicothoracic misalignment and bone destruction were scanned by spiral CT on the cervical and upper thoracic spine, there were 29 males and 21 females with the age ranging from 22 to 60 years(average 36.4 years). Sequential raw cervicothoracic transaxial CT image data of each segment were processed by multiplanar reformation(MPR) in Advantage Workstation 4.2. The data of transverse pedicle angle(TPA), sagittal pedicle angle(SPA) and distance transverse intersection point(DTIP), distance sagittal intersection point(DSIP) and pedicle axis length(PAL) of each pedicle were measured. The cervicothoracic junction was divided into three different regions by two lines, and the distribution of the trajectory of sagittal pedicle axis in three regions was recorded. All the above data were processed by the software SPSS 13.0. **Results:** There was no statistical difference in gender regarding to the value of TPA and SPA, so the data of male and female patients were merged for analysis. From C6 to T2, the TPA decreased from 46.77° to 20.02°. The sagittal pedicle axis all tilted caudally. From C6 to T1, the SPA decreased from 18.10° to 14.54°. However, the SPA of T2(20.62°±5.04°) was the largest. The difference in different segments showed statistical significance($P<0.05$). The gender differences regarding to the DTIP, DSIP and PAL showed

基金项目:浙江省医药卫生计划项目(编号:2013KYA185)

第一作者简介:男(1988-),硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(0574)87996113 E-mail:jimmyhong24@126.com

通讯作者:祁峰 E-mail:nbqifeng@126.com

statistical significance($P<0.05$). From C6 to T2, the DTIP increased from -0.34 to 4.75mm . The DSIP of C6 ($5.18\pm 1.02\text{mm}$) was the minimum, and the maximal DSIP was at the level of T2 ($9.82\pm 2.28\text{mm}$). The PAL changed irregularly, from 31.01 to 34.21mm . The difference of the DTIP and DSIP under the same sex in different segments showed statistical significance ($P<0.05$). The sagittal pedicle axis of C6 and C7 all located superior to the manubrium. The sagittal pedicle axis of T1 was mainly in manubrium region, but only 3 of them located over the line connecting the superior margin of both sternal ends of clavicle above the manubrium. The sagittal pedicle axis of T2 mainly located in manubrium region followed by the region below the manubrium. There was no statistical significance regarding to the regional distribution between sexes.

Conclusions: The ATPS techniques at the level C6, C7 and few T1 is feasible through the anterior cervical approach, but unavailable for most T1 and T2 due to their bony obstacle.

[Key words] Cervicothoracic junction; Anterior transpedicular screw; Radiology

[Author's address] Medical School of Ningbo University, Ningbo, Zhejiang, 315211, China

脊柱颈胸段(cervicothoracic junction, CTJ)疾病如肿瘤、结核及创伤性骨折脱位在脊柱外科疾病中并非罕见^[1~5],往往发生在脊柱前柱而需要前方手术入路治疗,然而颈胸段邻近解剖复杂,前路手术显露困难,单纯前路重建内固定失败率高,是脊柱外科手术中极具挑战的区域之一^[6,7]。近年来随着颈椎前路椎弓根螺钉(anterior transpedicular screw, ATPS)内固定技术的深入研究,证实其具有良好的生物力学固定性能,然而,目前国内外鲜有颈胸段前路椎弓根螺钉重建颈胸椎稳定性的可行性研究报道。本研究旨在研究前路椎弓根螺钉在颈胸段置钉的进针位置及进针方向,并通过分析颈胸段椎弓根轴线与胸廓入口的解剖关系,探讨前路置钉的可行性。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选取 2014 年 1 月~6 月在宁波市第六医院行颈椎及上胸椎螺旋 CT 检查患者的影像资料 50 例,其中男性 29 例,女性 21 例;年龄 22~60 岁,平均 36.4 岁。病例排除标准:(1)严重颈胸段退行性改变;(2)创伤性颈胸段骨折脱位;(3)肿瘤性或感染性等因素导致椎体骨折破坏;(4)椎体畸形,如椎体发育不良、先天融合等;(5)颈胸段后凸畸形或侧凸畸形;(6)颈胸段手术史。

1.2 影像学测量指标及方法

调取行颈椎及上胸椎连续扫描患者的 CT 扫描数据(包含胸廓入口及完整胸骨柄),所有资料来源于 Philips Brilliance 64 CT 扫描图像,利用计算机软件(advantage workstation 4.2)行层厚 0.6mm 、间隔 0.8mm 的多平面重建处理,选取清晰

显示两侧颈胸段椎弓根及完整椎体前缘的轴位重建像作为“椎弓根水平轴位像”和清晰显示一侧颈胸段椎弓根及完整椎体前缘的矢状位重建像作为“椎弓根矢状位像”,并利用工作站中的测量功能在荧光屏上测量,角度测量精确度 0.01° ,长度测量精确度 0.01mm 。在椎弓根水平轴位像上,分别测量 C6~T2 双侧椎弓根轴线与正中矢状面的夹角(transverse pedicle angle, TPA),即为置入颈胸段前路椎弓根螺钉的外倾角,也是椎弓根水平轴位像上的进针方向;测量椎弓根轴线与椎体前缘交点与椎体前正中线的距离,即横向进针点距离(distance transverse intersection point, DTIP);测量椎弓根轴线在椎体内的长度(pedicle axis length, PAL),即为椎弓根水平轴位像上螺钉置入的理论长度(图 1),椎弓根轴线与椎体前缘交点位于拟置钉椎弓根的同侧时所测 DTIP 为正值,椎弓根轴线与椎体前缘交点位于拟置钉椎弓根的对侧时则为负值。在椎弓根矢状位像上,分别测量 C6、C7、T1、T2 椎弓根轴线与所测椎体前缘线垂线的夹角(sagittal pedicle angle, SPA),若椎弓根轴线在冠状轴上向头端倾斜称头倾,反之尾倾,此夹角分别命名为头/尾倾角。SPA 在椎弓根轴线头倾时记为负值,尾倾记为正值;测量椎弓根轴线与椎体前缘交点与椎体上终板的距离,即矢状面进针点距离(distance sagittal intersection point, DSIP)(图 2)。在正中矢状面上,以平胸骨上切迹和胸骨角的水平线为界,由上至下依次分成 A(胸骨柄上区)、B(胸骨柄区)、C(胸骨柄下区)3 个不等的区域,记录 C6、C7、T1、T2 椎弓根轴线在其矢状面上经过上述区域的分布结果(图 3)。所有测量结果在 CT 荧光屏上读取(图 1、2),按照不同椎

节分别记录。由放射医师和外科医师各 1 名进行测量,取平均值。

1.3 统计学分析

所有测量数据采用 SPSS 13.0 统计软件进行统计分析,各测量指标分男女及左右侧记录,计量资料用均数及标准差($\bar{x} \pm s$)表示,左右侧测得的数据采用配对 *T*-test 比较;对同一指标同一节段男性与女性采用方差分析比较;对同一指标不同节段采用方差分析比较;不同节段在 A、B、C 三区的频数分布采用卡方检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

对男性、女性所测得的左右侧数据分别进行配对 *T*-test,均 $P > 0.05$,无统计学差异,予以双侧合并后进行统计学分析;对合并后的男性、女性数据进行方差分析,发现 DTIP、DSIP、PAL 比较时, P 均 < 0.05 ,两性差异有统计学意义,分别予以统计

学描述(表 1),对相同性别同一指标各椎节间两两比较采用 SNK (student-Newman-Keuls) 法,均 $P < 0.05$,相同性别的 DTIP、DSIP 在不同椎节的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

TPA、SPA 的男性、女性数据方差分析比较发现均 $P > 0.05$,TPA、SPA 在性别差异上无统计学意义;合并相同椎节的男性、女性数据,采用 SNK 法分别对 TPA、SPA 各椎节间两两比较,均 $P < 0.05$,TPA、SPA 在不同椎节的差异有统计学意义(表 2)。男性、女性在 A、B、C 三区的频数分布采用卡方检验均 $P > 0.05$,男性、女性在 A、B、C 三区分布结果相同(表 3)。

在全部 200 椎节中,C6、C7 椎弓根轴线在矢状位上的进针方向均位于 A 区;T1 椎弓根轴线在矢状位像主要位于 B 区,A 区其次,极少数位于 C 区;T2 椎弓根轴线在矢状位像主要位于 B 区,C 区其次,无一位于 A 区。所有穿经 A 区的椎弓根轴线上 T1 占 40%,通过椎弓根水平位重建发现,



图 1 T1 椎弓根水平位重建图:TPA,椎弓根轴线与正中矢状面的夹角;DTIP,椎弓根轴线与椎体前缘交点与椎体前缘中点的距离;PAL,椎弓根轴线在椎体内的距离;Mid-sagittal line,正中矢状线。图示 T1 椎弓根轴线延长线经两侧锁骨胸骨端之间进入椎体 **图 2** 椎弓根矢状位重建图:SPA,椎弓根轴线与所测椎体前缘垂线的夹角;DSIP,椎弓根轴线与椎体前缘交点与椎体上终板的距离;进针角度,椎弓根轴线与铅垂线的夹角 **图 3** 椎弓根轴线矢状位像分布图:A,胸骨柄上区;B,胸骨柄区;C,胸骨柄下区

Figure 1 Reconstructed 2D image of T1 transverse pedicle. TPA: The angles between transverse pedicle axis and mid-sagittal line. DTIP: Distance from transverse intersection point to the anterior edge of vertebral at each level C6-T2. PAL: Distance from anterior edge of vertebral to posterior edge of vertebral along the transversepedicle axis. Figure 1 showed transverse pedicle axis of T1 passing through the space between two sternal ends of clavicle to T1 vertebral arch **Figure 2** Reconstructed 2D image of C7 sagittal pedicle. SPA: The anangles formed by a line from sagittal intersection point vertical to the plane of anterior edge of vertebral and sagittal pedicle axis. DSIP: Distance from sagittal intersection point to cephalad endplate at each level C6-T2. The entry angle: The angles between sagittal pedicle axis and vertical line **Figure 3** The distribution of pedicle axis on sagittal view. A: Region above the manubrium. B: Manubrium region. C: Region below the manubrium

12例 T1 外倾角置钉方向受前方锁骨或胸锁关节遮挡,5 例位于两侧胸骨锁骨端之间(图 1);3 例位于两侧胸骨锁骨端上缘连线之上。

3 讨论

3.1 颈胸段前路椎弓根置钉的探索

颈胸段主要指 C6~T2 脊柱节段,其椎体前方及侧方毗邻出入心脏的大血管、喉返神经、交感神经链、胸导管、食管、气管等,其前界为胸骨柄及胸锁关节,解剖复杂;颈胸段由活动度较大的颈椎向

活动度较小的胸椎过度,也是颈椎生理前凸与胸椎生理后凸交界处^[8],位置较深。前路手术时术区暴露受限于胸廓入口前方骨性结构的阻挡,且术野深窄,手术危险性大^[8-11]。Falavigna 等^[10]发现颈胸段疾病通常存在于脊柱前柱并引起脊柱不稳,进行性加重的不稳定最终导致颈胸段后凸畸形、脊髓受压、神经系统受累等并发症且高达 80%。Steinmetz 等^[12]认为颈胸段是一潜在不稳定的区域,而这种潜在不稳定或因手术干预而扩大。Boockvar 等^[6]发现颈胸段前路手术重建失败率和

表 1 横向往进针点距离、矢状面进针点距和椎弓根轴线长度的测量结果 ($\bar{x}\pm s$, mm)

Table 1 The measurement of DTIP, DSIP and PAL

	C6		C7		T1		T2	
	男 (n=29) Male	女 (n=21) Female	男 (n=29) Male	女 (n=21) Female	男 (n=29) Male	女 (n=21) Female	男 (n=29) Male	女 (n=21) Female
DTIP	0.16±2.92	-0.34±2.45 ^①	1.83±2.83	1.00±2.81 ^①	3.77±1.85	3.22±1.98 ^①	4.75±2.03	4.08±1.53 ^①
DSIP	5.83±1.00	5.18±1.02 ^①	7.38±1.81	6.78±1.80 ^①	7.15±2.00	6.69±1.77 ^①	9.82±2.28	8.77±1.82 ^①
PAL	34.21±2.06	32.28±2.14 ^①	33.20±2.87	32.17±2.42 ^①	32.15±2.51	31.01±2.31 ^①	33.75±1.72	32.52±1.97 ^①

注: DTIP,横向往进针点距离;DSIP,矢状面进针点距离;PAL,椎弓根轴线在椎体内的长度;①与男性比较 $P<0.05$

Note: DTIP, distance transverse intersection point; DSIP, distance sagittal intersection point; PAL, pedicle axis length; ①compared with male, $P<0.05$

表 2 外倾角及尾倾角的测量结果 ($\bar{x}\pm s$, °)

Table 2 Data of transverse pedicle angle(TPA) and sagittal pedicle angle(SPA)

	外倾角(TPA)			尾倾角(SPA)		
	男性 (n=29) Male	女性 (n=21) Female	合计 (n=50) Sum	男性 (n=29) Male	女性 (n=21) Female	合计 (n=50) Sum
C6	47.19±2.52	46.20±2.93 ^①	46.77±2.72	18.17±4.98	18.00±3.64 ^①	18.10±4.43
	(41.56~51.03)	(40.38~51.09)	(40.38~51.09)	(7.91~25.99)	(10.30~25.60)	(7.91~25.99)
C7	33.18±2.15	33.99±3.01 ^①	33.52±2.55	15.52±5.51	16.25±4.62 ^①	15.83±5.12
	(29.27~38.21)	(29.27~42.01)	(29.27~42.01)	(6.57~24.55)	(9.62~24.79)	(6.57~24.79)
T1	30.59±3.04	28.18±4.19 ^①	29.58±3.73	14.81±4.10	14.18±3.17 ^①	14.54±3.71
	(25.34~36.76)	(20.70~35.77)	(20.70~36.76)	(7.94~23.70)	(9.22~23.29)	(7.93~23.70)
T2	19.98±3.27	20.08±3.66 ^①	20.02±3.40	19.23±4.56	22.53±5.15 ^①	20.62±5.04
	(11.54~26.17)	(12.28~24.88)	(11.54~26.17)	(11.12~31.28)	(10.14~34.68)	(10.14~34.68)

注:①与男性比较 $P>0.05$

Note: ①Compared with male, $P>0.05$

表 3 椎弓根轴线矢状位像分区结果

Table 3 The distribution of pedicle axis on sagittal view

	男 (n=29) Male			女 (n=21) Female			合计 (n=50) Sum		
	A区 Zone A	B区 Zone B	C区 Zone C	A区 ^① Zone A	B区 ^① Zone B	C区 ^① Zone C	A区 Zone A	B区 Zone B	C区 Zone C
C6	29	0	0	21	0	0	50	0	0
C7	29	0	0	21	0	0	50	0	0
T1	12	15	2	8	13	0	20	28	2
T2	0	18	11	0	11	10	0	29	21
合计 Sum	70	33	13	50	24	10	120	57	23

注:①与男性比较 $P>0.05$

Note: ①Compared with male, $P>0.05$

假关节形成率分别占到 18%和 12%。李光灿等^[13]研究发现,相比较 C4~C6, C7 和 T1 的椎体终板抗压强度较低,其中 C7 最低,这或许是颈胸段内固定失败率高的原因之一。故许多学者认为颈胸段稳定性重建对内固定系统的生物力学固定性能要求更高,前路重建辅以后路内固定应当被考虑。近年来随着颈椎前路椎弓根螺钉内固定技术的出现,前路椎弓根螺钉结合前路钢板作为一种新型前路重建术式已被国内许多学者所熟悉^[14-17],其一期手术即可完成前路减压并获得良好的三柱稳定性重建,术后即刻稳定性好,尽管随访时限不长,但初期临床疗效满意。目前,颈胸段前路椎弓根置钉技术的研究尚在起步阶段,因其解剖结构复杂,又受到前方骨性结构的遮挡,不如下颈椎容易置钉。

3.2 颈胸段前路椎弓根置钉的可行性

本研究数据均来自患者仰卧位测量所得,测量结果显示除 C6 进针点位于前正中线外,大多数 C7 以及所有的 T1、T2 进针点位于拟置钉椎弓根的同侧,由 C6 至 T2 进针点与前正中线的距离逐渐增大,各进针点与上终板的距离存在一定差异。C6~T2 外倾角逐渐减小;在矢状位像上, C6、C7、T1、T2 进针方向均尾倾, SPA 在 T2 最大。SPA 是相对椎体本身的角度,其对每一所测个体、每一椎节而言是固定不变的。由于椎体前缘不与地平面平行,术中实际置钉角度往往大于 SPA,等于椎体前缘与水平面的夹角与 SPA 之和,其不仅取决于 SPA 的大小,一定程度上取决于椎体排列以及术前体位摆放的情况。术中实际进针方向的确定最终有赖于 C 型臂 X 线透视,利用术前测量所得的 TPA 和 SPA 来指导 C 型臂 X 线透视方向并做适当调整,以期在颈椎斜位片上获得满意的椎弓根轴位像,表现为位于上终板下方的圆圈^[18],此 X 线透视方向即置钉方向。再根据术前测量所得的 DTIP 和 DSIP 拟定进针点,将克氏针尖端部分置入椎体, X 线透视见圆圈中央一黑点时则证明进针方向及进针点位置良好,注意克氏针不宜太长。

本研究发现, C6、C7 椎弓根在矢状轴上的进针方向均位于 A 区(胸骨柄上区); T2 椎弓根在矢状位像主要位于 B 区(胸骨柄区), C 区(胸骨柄下区)其次,无一位于 A 区。T1 椎弓根在矢状位像上位于 B 区者占 56.0%, 位于 A 区者 20 例(40.0%),极少数位于 C 区(4.0%);通过对 T1 椎

弓根水平位重建发现, 12 例 T1 外倾角置钉方向受前方锁骨或胸锁关节遮挡, 5 例位于两侧胸骨锁骨端之间, 3 例位于两侧胸骨锁骨端上缘连线之上。故基于上述研究发现全部 T2 和 84.0%的 T1 在置钉时其进针方向受前侧方的骨性结构阻挡,而 16%的 T1 不受阻挡。然而,这部分不受前侧方骨性结构遮挡的 T1 椎体,术者在实际操作时会架空于胸骨柄及锁骨之上,大大增加了置钉难度。术前准备时,可以通过颈背部垫高来获得更大的颈椎前凸角度,以减少操作时周围结构的妨碍,尤其是暴露 C7、颈短及肥胖患者。然而对 T1 及以下椎体,因胸椎与相应的肋骨、胸骨构成相对固定的胸廓环^[19], T1 与胸骨柄的解剖关系相对固定,不会因体位的改变而产生较大的改变^[20]。故对于这部分 T1 患者,通过垫高颈背部改变进针方向非常有限,无法有效扩大 T1 进针方向和胸廓入口之间的范围,但理论上仍存在通过低位下颈椎前方入路完成前路椎弓根置钉的可能。

1958 年 Cloward 首先报道了颈前路椎间盘切除术。Southwick 等^[21]首先报道低位下颈椎前方入路可显露 C4~T2。由于前方胸骨、锁骨等骨性组织阻挡该手术入路,向下暴露相对较局限,难以对 T2 椎体下缘及 T3 直视下操作。滕红林等^[22]研究胸骨上切迹相对椎体分布情况发现,直视下可以显露全部患者的 T1 椎体, 73.4%的患者在直视下可以显露到 T2 椎体,而 88.4%的 T3 椎体无法在直视下显露。然而颈胸段前路椎弓根置钉方向与椎体螺钉置钉方向不同,后者以传统锁定钢板为例,其尾端固定螺钉进针方向取决于钢板螺孔方向,即向内倾斜 6°、矢状面上进针方向垂直于钢板或向钢板头端倾斜 12°。而前路椎弓根螺钉置钉方向不仅具备更大的外倾角,其矢状面进针方向为尾倾,尤其是在钢板尾端置钉时尾倾角则更大,需要充分暴露术区以满足外倾角的置钉需要。本研究结果显示,理论上,由于胸骨柄上区前方并无骨性结构的遮挡,低位下颈椎前方入路能满足全部 C6、C7 及极个别 T1 前路椎弓根螺钉的置入,而无法满足绝大部分 T1 及其以下椎体前路椎弓根螺钉的置入,因此笔者认为仅通过低位下颈椎前方入路无法完成涉及 T1 及以下椎体前路椎弓根螺钉置入,需行低位下颈椎前方入路联合经胸骨入路或合并离断锁骨。故笔者认为颈胸段前路椎弓根螺钉内固定技术适用于以下情况且具

有积极意义:(1)颈胸段术后需前路翻修者;(2)需经胸骨前方入路减压、病灶清除且需辅以后路固定者。

3.3 颈胸段前路椎弓根螺钉固定技术的应用前景及本研究的不足

前路椎弓根螺钉内固定的优点主要在于良好的生物力学固定性能,通过结合前路锁定钢板,一期手术即可完成前路减压病灶清除并获得前、中、后柱稳定性重建,且不破坏脊柱后方张力带,在临床上具有独特的优势。但本研究获得的数据源于螺旋 CT 扫描多平面重建,数据存在一定偏倚。此外,本研究通过影像学重点研究了置钉方向与胸廓入口骨性结构的解剖关系,忽略了上纵隔内其他重要脏器遮挡的因素,缺乏解剖学进一步论证。

4 参考文献

1. 陈华江,倪斌,袁文,等. 颈胸段严重骨折及脱位的前路外科治疗[J]. 中华创伤杂志, 2008, 24(3): 212-215.
2. 叶招明,严世贵,杨迪生,等. 颈胸段脊柱肿瘤的外科治疗[J]. 中华骨科杂志, 2000, 20(5): 261-264.
3. Kaya RA, Türkmengözü ON, Koc ON, et al. A perspective for the selection of surgical approaches in patients with upper thoracic and cervicothoracic junction instabilities [J]. Surg Neurol, 2006, 65(5): 454-463.
4. Amin A, Saifuddin A. Fractures and dislocations of the cervicothoracic junction[J]. J Spinal Disord Tech, 2005, 18(6): 499-505.
5. Mihir B, Vinod L, Umesh M, et al. Anterior instrumentation of the cervicothoracic vertebrae[J]. Spine, 2006, 31(9): E244-249.
6. Boockvar JA, Philips MF, Telfeian AE, et al. Results and risk factors for anterior cervicothoracic junction surgery [J]. J Neurosurg, 2001, 94(1 Suppl): 12-17.
7. Moquin RR. Operative techniques for fusion across the cervical-thoracic junction[J]. Spine J, 2006, 16(6 Suppl): 308S-316S.
8. An HS, Wise JJ, Xu R. Anatomy of the cervicothoracic junction: a study of cadaveric dissection, cryomicrotomy, and magnetic resonance imaging[J]. J Spinal Disord, 1999, 12(6): 519-525.
9. Deslauriers J. Anatomy of the neck and cervicothoracic junction[J]. Thorac Surg Clin, 2007, 17(4): 529-547.
10. Falavigna A, Righesso O, Pinto-Filho DR, et al. Anterior surgical management of the cervicothoracic junction lesions at T1 and T2 vertebral bodies[J]. Arq Neuropsiquiatr, 2008, 66(2A): 199-203.
11. Bailey AS, Stănescu S, Yeasting RA, et al. Anatomic relationships of the cervicothoracic junction[J]. Spine, 1995, 20(13): 1431-1439.
12. Steinmetz MP, Miller J, Warbel A, et al. Regional instability following cervicothoracic junction surgery [J]. J Neurosurgery Spine, 2006, 4(4): 278-284.
13. 李光灿,郑连杰,李靖年,等. 脊柱交界区终板抗压强度分布规律的生物力学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(5): 395-398.
14. 王远政,刘洋,陈富. 下颈椎前路椎弓根螺钉内固定的初步临床应用[J]. 中华创伤杂志, 2012, 28(8): 697-702.
15. 徐荣明,赵刘军,马维虎,等. 下颈椎前路椎弓根螺钉内固定解剖学测量及临床应用[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(12): 1337-1343.
16. 赵刘军,柴波,蒋伟宇,等. 下颈椎前路椎弓根螺钉配套钢板系统的生物力学性能研究[J]. 中华实验外科杂志, 2014, 31(2): 385-388.
17. 赵刘军,徐荣明,马维虎,等. 下颈椎损伤前路椎弓根螺钉固定的初步临床运用[J]. 中华创伤杂志, 2012, 28(9): 780-784.
18. Yukawa Y, Kato F, Ito K, et al. Anterior cervical pedicle screw and plate fixation using fluoroscope-assisted pedicle axis view imaging: a preliminary report of a new cervical reconstruction technique[J]. Eur Spine J, 2009, 18(6): 911-916.
19. 蒋伟宇,马维虎,黄雷,等. 胸椎骨折伴胸骨骨折 9 例分析[J]. 实用骨科杂志, 2008, 14(6): 323-324.
20. Jun HS, Chang IB, Song JH, et al. Is it possible to evaluate the parameters of cervical sagittal alignment on cervical computed tomographic scans[J]. Spine, 2014, 39(10): E630-636.
21. Southwick WO, Robinson RA. Surgical approaches to the vertebral bodies in the cervical and lumbar regions [J]. J Bone Joint Surg Am, 1957, 39A(3): 631-644.
22. 滕红林,王美豪,贾连顺,等. 脊柱颈胸交界段的 MRI 测量及其临床意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(4): 216-219.

(收稿日期:2014-09-09 末次修回日期:2014-12-02)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)