

胸椎椎弓根-肋骨复合体螺钉置入内固定的应用解剖学特征☆

邢文华¹, 贾连顺¹, 霍洪军², 杨学军²

Anatomic characteristics of thoracic pedicle-rib complex for internal fixation

Xing Wen-hua¹, Jia Lian-shun¹, Huo Hong-jun², Yang Xue-jun²

Abstract

BACKGROUND: The surrounding structures of the thoracic vertebra are complicated, and the thoracic pedicle is thinner than lumbar pedicle anatomically, particularly in some cases of scoliosis or other spine deformity, resulting in impossible implantation of pedicle screws or post-implantation injury. Therefore, the safety and efficacy of pedicle screw fixation cannot be guaranteed.

OBJECTIVE: To study the applied anatomy of the pedicle-rib complex and to perform the biomechanical test for screw insertion through the pedicle-rib complex in the thoracic spine.

METHODS: Six specimens of adult cadaveric thoracic spine (T₁₋₁₂) were used to observe modality of pedicle and pedicle-rib complex. The following parameters were measured: pedicle width (P-W), pedicle height (P-H), pedicle length (P-L), pedicle transverse angle (P-TA), pedicle sagittal angle (PSA), pedicle-rib complex transverse distance (PRC-W), longitudinal distance (PRC-H), screw length (PRC-L), angle in transverse plane (PRC-TA) and angle in sagittal plane (PRC-SA).

RESULTS AND CONCLUSION: The measurement results of the above-mentioned parameters were as follows: PRC-W: 13.0-17.3 mm, PRC-H: 5.8-8.0 mm, PRC-L: 43.4-60.5 mm, PRC-TA: 15.4°-36.7°, PRC-SA: 76.2°-85.4°. Screw implantation through the pedicle-rib complex in the thoracic spine is safer and has better mechanical stability than that of pedicle screw. The former one may be just regarded as a supplementary of the latter in some instance that the transversal width of thoracic pedicle is too small to implant screw.

Xing WH, Jia LS, Huo HJ, Yang XJ. Anatomic characteristics of thoracic pedicle-rib complex for internal fixation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(43): 8063-8067. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 上、中胸椎周围结构复杂, 椎弓根的横径相对窄小, 如再合并发育畸形, 导致螺钉不能置入, 或者置入后造成副损伤, 置钉安全性和有效性得不到保证。

目的: 提出“椎弓根-肋骨复合体”的概念, 观察其形态结构, 分析其在解剖学上置入螺钉的可行性。

方法: 观察 6 具成人尸体胸椎标本(T₁₋₁₂)椎弓根及椎弓根-肋骨复合体的形态结构, 测量下列参数: 横径、纵径、椎弓根-肋骨复合体轴线螺钉置入最长值、椎弓根-肋骨复合体轴线螺钉横断面角及椎弓根-肋骨复合体轴线螺钉与椎弓板的夹角。

结果与结论: 椎弓根-肋骨复合体是一立体结构, 椎弓根与肋骨不在同一平面, 且两者位置关系随不同节段而发生变化。横径为 13.0-17.3 mm, 纵径为 5.8-8.0 mm, 椎弓根-肋骨复合体轴线螺钉置入最长值为 43.4-60.5 mm, 椎弓根-肋骨复合体轴线螺钉横断面角为 15.4°-36.7°, 椎弓根-肋骨复合体轴线螺钉与椎弓板的夹角为 76.2°-85.4°。提示沿胸椎经椎弓根-肋骨复合体轴线置入螺钉内固定时, 安全范围较大。应用于临床时, 可作为椎弓根螺钉内固定的一种补充, 特别是在无法完成椎弓根螺钉置入的胸椎平面。

关键词: 胸椎; 椎弓根-肋骨复合体; 解剖学; 置钉; 安全性

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.43.021

邢文华, 贾连顺, 霍洪军, 杨学军. 胸椎椎弓根-肋骨复合体螺钉置入内固定的应用解剖学特征[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(43):8063-8067. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

后路经椎弓根螺钉内固定可提供有效的三维矫形及稳定作用, 取得良好的临床疗效, 使得椎弓根内固定技术在脊柱手术中广泛应用, 得到了迅猛发展和广泛认可。由于人体脊柱椎弓根发育存在很大的不均衡性, 在上胸椎(T₁₋₄)、中胸椎(T₅₋₈)椎弓根横径普遍较窄小, 最窄的可能不到3 mm, 特别是合并胸椎畸形时, 导致螺钉不能有效置入, 或者置入后造成副损伤, 存在较大的风险和并发症。临床上在该节段使用椎弓根螺钉尚存在争议, 甚至国内外有不少专家指出, 上、中胸椎是椎弓根螺钉

的禁区^[1-4]。

既然螺钉穿破椎弓根内侧皮质是不安全的, 可是胸椎椎弓根又不能容纳标准尺寸的椎弓根螺钉, 所以人们自然就想到了向椎弓根的外侧发展, 虽然穿破外侧皮质被认为可能损伤肺和节段性血管, 但多数学者认为其可接受的范围较大^[5]。随着对胸椎结构研究的深入, “椎弓根-肋骨复合体”(pedicle rib unit)的概念被提出^[6]。它的范围包括横突、肋骨颈、肋骨小头、椎弓根、肋横突关节及肋骨小头关节所围成的区域。这一区域被视为“扩大”了的椎弓根, 它成为了新的胸椎三柱固定的途径。但在临床实际应用中, 有时按术前影像所制订的复合体置钉计划却不能安全地完成, 甚至还是出现副

¹Department of Orthopedics, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China;
²Department of Spinal Surgery, Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical College, Hohhot 010030, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Xing Wen-hua☆, Studying for doctorate, Attending physician, Department of Orthopedics, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China
xwhspine@sohu.com

Received: 2011-04-20
Accepted: 2011-06-20

¹解放军第二军医大学上海长征医院骨科, 上海市 200003; ²内蒙古医学院第二附属医院脊柱外科, 内蒙古自治区呼和浩特市 010030

邢文华☆, 男, 1977年生, 内蒙古自治区呼和浩特市人, 汉族, 解放军第二军医大学在读博士, 主治医师, 从事脊柱外科方面的研究。
xwhspine@sohu.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)43-08063-05

收稿日期: 2011-04-20
修回日期: 2011-06-20
(20110314005/G·W)

损伤^[7-9]。为进一步解决复合体临床应用中遇到的问题,使复合体置钉安全有效,有必要对椎弓根-肋骨复合体的结构特点做更深入的了解。

1 材料和方法

设计: 重复测量。

时间及地点: 于2009-09/2010-06在内蒙古医学院解剖学实验室完成。

对象: 6具保存完好的新鲜成人脊柱胸椎湿性标本,男3例,女3例,排除骨骼形态较小者和骨结构缺损者,由内蒙古医学院解剖教研室提供。

测量工具: 游标卡尺(精确度0.1 mm)、不锈钢尺(精确度1 mm)、附着式量角器(精确度1°)。

CT机: 德国Siemens公司 Lightspeed 16。

方法:

标本准备: 6具较新鲜成人脊柱T₁₋₁₂标本,在肋横突关节外侧锯断肋骨,依次剥离并切除斜方肌、背阔肌、背部中层肌和背部深层肌,暴露椎弓根、肋骨、横突、肋头关节、菱形肌、肋横突关节。

对每具标本进行T₁₋₁₂节段平行于椎体终板进行横断面薄层CT扫描,射线强度为120 kV、300 mA,层厚为1 mm,精确度为0.01 mm、0.1°。选择显示完整肋骨头、横突及椎弓根等结构的CT横断面图像,由CT自带图像处理软件进行参数测量。进行CT扫描完成后,标本以两三个椎体为1个脊柱单元,自椎间盘处离断,进行相关参数测量。

本次实验中作者将尸体标本测量与CT影像学测量相结合,以标本测量为主,影像学测量为辅,即测量定位准确,数据稳定的参数,以标本测量为主。反之,标本测量较困难或偶然误差较大的参数,则以CT测量为主。参数测量中,两种测量方法互为补充和验证。每次测量重复3次,取平均值。以脊柱单侧数据作为一个测量值进行数据统计分析。

参数测量: ①椎弓根纵径(pedicle height, P-H): 椎弓根上下皮质外缘之间最短距离。②椎弓根横径(pedicle width, P-W): 椎弓根内外皮质外缘之间最短距离。③椎弓根螺钉钉道最长值(pedicle length, P-L): 椎弓根轴线上椎板后缘到椎体前缘的距离。④椎弓根矢状角(pedicle transverse angle, P-TA): 为椎弓根中轴线与椎体和椎管中线之间的夹角。⑤椎弓根轴线与椎弓板夹角(pedicle lamina angle, P-LA): 椎弓根轴线与椎弓板平面的夹角。⑥椎弓根-肋骨复合体纵径(pedicle rib complex height, PRC-H): 同一节段的椎弓根与肋骨矢状面相重叠部分的最短距离。⑦椎弓根-肋骨复合体横径(pedicle rib complex width, PRC-W): 椎弓根内侧皮质与肋骨外侧皮质之间最短距离。⑧椎弓根-肋骨

复合体螺钉钉道最长值(pedicle rib complex length, PRC-L): 复合体中心轴线上横突后缘至椎体前缘的距离。⑨椎弓根-肋骨复合体矢状角(pedicle rib complex transverse angle, PRC-TA): 复合体中心轴线与椎体和椎管中线之间的夹角。⑩椎弓根-肋骨复合体中心轴线与椎弓板的夹角(pedicle rib complex lamina angle, PRC-LA): 椎弓板与复合体中心轴线的夹角,见图1~3。



Figure 1 Left line: pedicle-rib complex transverse distance, and right line: pedicle width

图1 左侧标线示椎弓根-肋骨复合体横径,右侧标线示椎弓根横径

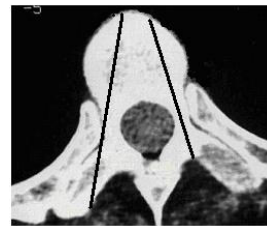


Figure 2 Left line: screw length, and right line: pedicle length

图2 左侧标线示椎弓根-肋骨复合体螺钉钉道最长值,右侧标线示椎弓根螺钉钉道最长值



Figure 3 Left angle: angle in transverse plane, and right line: angle in sagittal plane

图3 左侧角示椎弓根-肋骨复合体矢状角,右侧角示椎弓根矢状角

统计学分析: 由内蒙古医学院预防医学系高玉敏副教授行统计学处理,实验结果采用SPSS 12.0统计软件分析,进行配对资料t检验, $P < 0.05$ 为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 解剖形态学结果 尸体标本解剖显示,椎弓根-肋

骨复合体内, 没有重要的血管神经, 只有肋间后血管的一支小肌支经过。可见肋头关节由肋头关节面与胸椎椎体的肋凹及椎间盘构成。 T_1 , T_2 , T_{11} , T_{12} , 及部分 T_{10} 肋头仅于一个胸椎的肋凹相关联, 多数肋头关节面被一骨峭分为两部分, 即上下关节面, 两关节面的大小不等, 变异大, 无明显规律。胸椎肋凹的上关节面趋向水平, 关节面朝向外下, 下关节面趋向垂直, 朝向后外或外侧。肋横突关节

由肋结节关节面与横突肋凹构成, 关节面覆盖一层透明软骨, 关节囊松弛, 肋横突关节多呈卵圆形。胸椎弓根与肋骨小头的解剖也随胸椎节段不同而改变, 在 T_{2-9} 节段, 仅有部分椎弓根外侧皮质与肋骨小头构成肋椎关节, 而在 T_{10-12} 阶段, 则大部分外侧皮质与肋骨小头构成关节。见肋间血管神经在肋骨前下缘行走。

2.2 胸椎椎弓根的测量结果 见表1。

表1 正常胸椎 T_{1-12} 节段椎弓根肋骨复合体和椎弓根的各项测量指标比较
Table 1 Pedicle-rib complex and pedicle metrical data of the normal thoracic vertebra ($\bar{x} \pm s$, $n=6$)

Segment		Width (mm)		Height (mm)		Length (mm)		Sagittal plane (°)		Axial angle (°)	
		P-W	PRC-W	P-H	PRC-H	P-L	PRC-L	P-TA	PRC-TA	P-LA	PRC-LA
T_1	Male	8.92±0.81	17.25±1.42	12.58±0.76	7.18±0.31	36.50±2.24	50.53±1.92 ^b	25.58±2.16	41.33±4.56	76.0±0.21	76.1±0.41
	Female	8.03±0.73	16.52±1.13	11.28±0.38	6.18±1.22	35.20±2.09	49.13±1.32 ^b	24.33±2.10	41.21±4.82	74.0±0.22	73.1±0.43
T_2	Male	7.21±0.72	17.22±1.31	14.57±1.10	8.12±0.56 ^a	35.00±3.71	61.38±2.29	23.34±2.51	37.83±6.92 ^c	78.2±0.42	78.0±0.55
	Female	7.01±0.81	15.24±1.38 ^a	13.64±1.25	7.28±0.33	35.50±3.26	60.38±2.00	23.19±2.17	36.36±5.98 ^c	77.2±0.42	74.0±0.52
T_3	Male	6.92±0.62	15.70±1.55 ^a	14.83±0.90	9.05±0.69	46.31±1.74	61.60±1.81	21.13±3.14	31.85±4.30	77.3±0.53	78.1±0.74
	Female	5.88±0.45	13.49±1.36	13.36±1.10	9.80±0.59	44.71±2.22	61.60±1.80	21.09±2.57	31.32±4.12	75.3±0.56	77.1±0.73
T_4	Male	6.27±0.86	14.93±4.34	13.79±1.22	8.99±0.55	46.36±2.36	62.23±2.15	18.25±3.01	31.50±3.15 ^c	80.4±0.34	80.3±0.36
	Female	5.24±0.53	12.40±1.03 ^a	12.70±1.59	8.75±0.63	43.89±3.01	62.00±1.74 ^b	17.63±3.36	30.50±3.02 ^c	80.4±0.33	81.3±0.37
T_5	Male	5.95±0.97	14.25±1.36	13.51±0.89	8.80±0.59 ^a	45.57±2.19	63.15±3.01 ^b	15.54±2.83	26.33±3.14 ^c	80.5±0.63	81.1±0.23
	Female	5.03±0.52	12.13±0.97 ^a	12.39±0.73	8.64±0.23 ^a	43.33±2.15	62.15±2.31 ^b	15.26±2.24	24.33±3.45 ^c	78.5±0.64	82.1±0.24
T_6	Male	6.19±0.70	14.58±1.20 ^a	13.54±1.01	8.75±0.63	46.13±3.13	62.20±2.16	17.37±3.11	27.95±4.59	82.6±0.56	82.6±2.05
	Female	5.46±0.86	12.95±0.83	12.04±1.23	7.05±0.23	43.13±2.18	61.30±2.08 ^b	17.30±2.91	27.34±4.47	80.6±0.57	80.6±2.06
T_7	Male	6.52±0.60	15.16±1.32	13.16±0.97	9.16±0.92	46.50±2.26	62.41±2.27	15.50±2.09	26.68±3.61	85.4±1.38	85.2±1.08
	Female	5.82±0.54	13.36±0.81	12.66±0.43	8.35±0.47	44.49±2.26	62.41±2.27	15.50±2.67	25.44±3.56 ^c	83.4±1.32	84.2±1.09
T_8	Male	7.04±0.78	15.60±1.25	14.00±1.17	10.27±0.73	45.25±3.09	63.83±2.28	8.90±3.09	24.45±3.07 ^c	84.5±0.64	84.2±1.54
	Female	6.02±0.30	13.73±0.83 ^a	13.42±1.03	9.29±0.58	43.18±2.38	62.41±2.27 ^b	8.20±2.89	22.67±2.78	82.5±0.64	83.2±1.50
T_9	Male	7.53±0.43	16.42±1.45	14.71±1.08	10.19±0.80	45.78±2.37	63.18±3.02	8.08±2.15	25.25±2.97	84.0±1.53	85.1±0.66
	Female	6.14±0.50	14.31±1.02 ^a	12.71±0.14	9.26±0.34	43.45±2.31	62.41±2.27	8.71±2.35	24.05±2.56	83.0±1.54	84.1±0.63
T_{10}	Male	7.97±0.72	16.62±1.33	15.50±0.64	11.83±1.03	46.13±3.20	62.60±3.20	5.13±1.30	16.93±3.98 ^c	78.6±2.65	79.0±2.16
	Female	7.76±0.91	15.37±1.53	13.50±1.55	10.23±0.72 ^a	43.13±2.20	61.23±2.15	5.13±1.32	15.42±3.00 ^c	77.6±2.63	78.0±2.15
T_{11}	Male	8.16±0.53	17.36±2.05	16.93±1.09	11.04±0.73	47.38±3.27	61.93±2.25	3.08±0.77	14.15±2.59 ^c	80.2±0.42	80.4±0.82
	Female	7.60±0.64	15.64±1.37 ^a	14.07±1.74	10.25±0.69 ^a	46.38±2.48	61.12±2.21	3.23±1.32	13.65±2.23 ^c	78.2±0.45	79.4±0.85
T_{12}	Male	8.83±0.70	17.86±2.27	16.75±0.87	10.45±0.90 ^a	48.05±2.61	60.73±3.11	1.75±1.05	10.25±2.83	82.0±1.05	81.2±1.84
	Female	8.02±0.52	16.24±1.68	15.08±0.22	9.04±0.83	46.35±2.78	60.34±2.81	1.44±0.95	10.14±2.33	80.0±1.03	80.2±1.87

^a $P < 0.01$, vs. the same female segment; ^b $P < 0.01$, vs. the P-L of the same segment; ^c $P < 0.01$, vs. the P-TA of the same segment; P-W: pedicle width; P-H: pedicle height; P-L: pedicle length; P-TA: pedicle transverse angle; P-LA: pedicle lamina angle; PRC-W: pedicle-rib complex transverse distance; PRC-H: longitudinal distance; PRC-L: screw length; PRC-TA: angle in transverse plane; PRC-LA: pedicle rib complex lamina angle (PRC-LA)

P-H: 胸椎椎弓根高度从 T_1 到 T_{12} 呈逐渐增大。性别上 T_2 和 T_4 节段差异有显著性意义($P < 0.05$), T_3 节段差异有显著性意义($P < 0.01$), 其余差异均无显著性意义。

P-W: 胸椎椎弓根宽度 T_{4-9} 节段较小, 其中 T_4 节段胸椎椎弓根宽度最小, T_{12} 节段最大。椎弓根宽度均数图呈“U”形, 性别上差异无显著性意义($P > 0.05$)。

P-L: 胸椎椎弓根长度从 T_1 到 T_{12} 呈逐渐增大, 性别上 T_5 和 T_6 节段差异有显著性意义($P < 0.05$), T_7 节段差异有显著性意义($P < 0.01$)。

P-TA: 胸椎椎弓根横断面角从 T_1 到 T_{12} 呈逐渐减小, T_{12} 的均值为负数。 T_{11} 的P-TA角出现了18个负角度(占 T_{11} 测量总数的30%), T_{12} 的P-TA角出现了32个负角度(占 T_{12} 测量总数的53.3%); 性别上 T_1 和 T_{12} 节段差异有显著性意义($P < 0.05$)。

P-LA: 胸椎椎弓根矢状面角度从 T_1 到 T_{12} 呈逐渐减小, T_{12} 有11例P-LA角为 0° 。性别上 T_7 和 T_8 节段差异有

显著性意义($P < 0.05$)。

2.3 胸椎椎弓根-肋骨复合体的测量结果 见表1。

PRC-H: 椎弓根-肋骨复合体纵径从 T_{1-12} 节段变化不大, 与椎弓根高度相似。性别上 T_2 节段差异有显著性意义($P < 0.05$), T_3 差异有非常显著性意义($P < 0.01$)。PRC-H与PH相比, T_{3-7} 节段差异有显著性意义($P < 0.05$), 余差异无显著性意义($P > 0.05$)。

PRC-W: 椎弓根-肋骨复合体横径从上段胸椎到中段胸椎逐渐减小, 到下段胸椎又逐渐增大。最大值出现在 T_1 , 最小值出现在 T_5 。整个胸椎椎弓根-肋骨复合体横径较椎弓根横径明显增大。性别上差异无显著性意义($P > 0.05$)。PRC-W与P-W相比差异有非常显著性意义($P < 0.01$)。

PRC-L: 复合体长度从 T_{1-12} 节段逐渐增加, 较椎弓根增大。性别上差异无显著性意义($P > 0.05$)。PRC-L与P-L相比差异有非常显著性意义($P < 0.01$)。

PRC-TA: PRC-TA从 T_{1-12} 节段逐渐减小。最大值出

现在 T_1 , 平均 36° , 最小值出现在 T_{12} , 平均 15° 。与P-TA相比较平均增大 $15^\circ\sim 20^\circ$ 。性别上 T_{12} 节段差异有显著性意义($P < 0.05$), PRC-TA与P-TA相比差异有显著性意义($P < 0.01$)。

PRC-LA: PRC-LA从 T_{1-12} 节段变化不大, 较同节段的椎弓根矢状面角增大。性别上差异无显著性意义($P > 0.05$), P-LA与PRC-LA相比差异有显著性意义($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 胸椎椎弓根螺钉固定的局限性 随着椎弓根技术临床应用范围的增加以及对该技术精确使用的需要对其安全性提出更高的要求。胸椎椎弓根螺钉固定难题主要是在中、上胸椎以及脊柱畸形的矫形手术^[10]。因为脊柱创伤和骨折, 较少发生在这一节段, 近年来, 一些脊柱疾患如肿瘤手术等^[11], 也可能涉及到这一节段的椎弓根内固定。通过大量的文献及临床资料显示, 作者可以发现以下特点: 一是这一节段的椎弓根横径窄小, 特别是在 $T_4\sim T_7$ 最小, 平均横径小于5 mm, T_5 的横径平均小于4 mm, 甚至更小^[12]。二是这一节段的椎弓根的变异范围特别大, Ugur等^[13]报道的椎弓根测量的平均直径为4.5 mm(T_4)~7.6 mm(T_7), 最小值可以小到 T_6 的2.9 mm, T_{12} 的5.4 mm。计算机三维重建技术也被应用于研究特发性脊柱侧凸患者的胸椎椎弓根解剖结构, 显示脊柱侧凸患者椎弓根直径比正常的显著变小, 凹侧更明显。如此窄小的椎弓根内置入螺钉非常困难, 何况脊柱侧凸的椎体还要发生旋转, 加剧了椎弓根位置的变化。随着椎弓根螺钉的大规模使用, 其造成神经损伤等并发症也日益显现。由于在上、中胸段椎弓根的横径普遍较窄小, 最窄的可能不到3 mm, 不能容纳椎弓根螺钉通过, 目前市面所能提供的胸腰椎椎弓根螺钉的最小直径为3.0~3.5 mm。因此在一段时期, 国内外有不少专家指出, 上中胸椎是椎弓根螺钉的禁区^[1-4]。

Ebraheim等^[14]在尸体测量时发现, 整个胸椎的硬膜与椎弓根之间没有硬膜外空间, 而Thomas等^[15]测量影像学认为在 $T_7\sim L_4$ 硬膜外空间大于2 mm, 报道71个胸椎弓根螺钉(T_{8-12})穿破内侧皮质超过8 mm的比率为26%。但仅有2例出现“微小”神经损伤。该作者强调, 内侧侵袭有4 mm的“安全区”, 其中包括2 mm的硬膜外空间和2 mm的蛛网膜下空间。值得注意的是, 如果置钉失败, 不仅增加了神经、血管及肺组织的损伤概率, 而且还影响螺钉及内固定系统的力学效应。

3.2 椎弓根-肋骨复合体解剖形态学的研究意义 由于胸椎存在椎弓根-肋骨的复合结构, 有关胸椎椎弓根-肋骨复合体螺钉置入技术研究已有很多。有学者开始研究椎弓根外的螺钉置入问题, 首先提出了一种“进-出-进”技术, 它是针对钉-骨关系而言的, 即是指螺钉首

先由横突基底进入骨性结构, 然后自椎弓根外穿出, 行走于软组织中, 然后又进入椎体的骨性部分。紧接着, 椎弓根-肋骨复合体(pedicle rib unit)的概念被提出。其范围包括横突、肋骨颈、肋骨小头、椎弓根、肋横突关节及肋骨小头关节所围成的区域。这一区域成为被视为“扩大”的椎弓根, 新的脊柱三柱固定的途径。有研究报道, 胸椎横突形成相对于椎体特有的倾斜状态, 这一倾斜角度为肋骨-横突单元提供了足够宽度和适宜的进钉角度, 从而使胸椎椎弓根肋骨复合体的固定成为可能; 从形态角度分析, 如果螺钉经横突穿过椎弓根外侧壁到达椎体, 可通过横突两层皮质、椎弓根外侧壁皮质及椎体的皮质, 且螺钉长度比椎弓根路径长的多, 另外胸椎横突是椎体附件中较坚固的部分, 因此理论上讲, 经过横突-椎弓根-肋骨的复合结构固定与经椎弓根固定同样具有优越的生物力学特性, 而且较后者更安全、适用范围更广。Rundell等^[16]通过研究尸体标本, 认为胸椎“椎弓根-肋骨”单元可做椎弓根螺钉的旁侧入路。殷渠东等^[17]研究结果表明, “椎弓根-肋骨”单元横径13.2~16.1 mm、长38.5~52.7 mm、高6.3~7.0 mm, 由于其横径明显大于椎弓根横径, 置入螺钉时可有较大的内聚角且可使用较粗较长的螺钉, 所以置入螺钉的安全性明显大于经椎弓根置钉。也有学者报道, 为避免螺钉穿破椎弓根内壁而损伤脊髓, 在胸椎置入螺钉时, 进钉点向外偏移2.0~3.0 mm, 进钉角度偏大 $5^\circ\sim 15^\circ$, 使螺钉通过横突根部-肋椎结合体-椎体, 可达到坚固的螺钉固定^[18-20]。

3.3 椎弓根-肋骨复合体与椎弓根的形态学参数比较 当椎弓根-肋骨复合体的概念被提出时, 其得到了大家广泛的认同, 但实际临床应用时发现, 还需要对椎弓根-肋骨复合体进一步的研究与认识。

首先本次测量并比较了椎弓根-肋骨复合体的横径与椎弓根横径, 以及复合体螺钉最长值与椎弓根螺钉最长值, 均有显著性差异, 此类结果已被多位学者报道^[21-22], 这也是该新的进钉通道被人接受的重要理论依据, 并提示可以置入更粗、更长的螺钉进行脊柱固定。本文将“从横突末端后缘沿椎弓根-肋骨复合体中轴线至椎体前方皮质后缘的距离”称为复合体螺钉最长值, 也就是指实际操作中螺钉长度的最大范围。

文献关于椎弓根-肋骨复合体的研究多集中在横径上, 即其横径是否适合放置螺钉^[23]。造成这一情况的原因也很简单, 因为之所以选择椎弓根-肋骨复合体, 是因为椎弓根的横径, 而不是纵径, 不能满足临床要求, 影响治疗。本实验结果表明, 胸椎椎弓根-肋骨复合体横径13.0~17.3 mm、高5.8~8.0 mm、长43.4~60.5 mm。由于其横径明显大于椎弓根横径, 置入螺钉有较大的内聚角和可以容纳较粗较长的螺钉, 所以置入螺钉的安全性明显大于椎弓根螺钉, 可做椎弓根螺钉的旁侧入路。

但椎弓根-肋骨复合体的结构并不完全在同一平面

上,部分椎弓根-肋骨复合体纵径实际上包括上、中、下3段,上段是单一肋骨,中段为椎弓根上半部与肋骨下半部重叠,下段是椎弓根的下半部。从尸体标本上可以看到,椎弓根-肋骨复合体纵径的上段实际上没有包括椎弓根,甚至高于椎体的终板(胸椎椎弓根位于椎体的上缘),因此如果在上段置入螺钉,几乎没有力学性能;下段则完全由椎弓根组成,但椎弓根的外侧没有肋骨的阻挡,置入螺钉可能直接接触或冲破胸膜。鉴于此,将椎弓根-肋骨复合体纵径的中段,及椎弓根-肋骨重叠纵径视为复合体的真实或有效纵径,因为只有将螺钉置于这一重叠纵径内,才能保证手术的安全以及螺钉的力学性能。

关于螺钉的置入矢状角,传统的测量方法均小于作者的测量结果,与作者所选择螺钉入钉点偏外有关。置钉轴线与冠状面、矢状面的夹角决定着螺钉的进钉方向。实践中多以螺钉轴线与棘突之间的夹角做为螺钉的矢状面夹角(即椎弓根的外展角)。由于上胸椎椎弓根矢状面夹角较大($>20^{\circ}$),按照类似的角度在椎弓根内拧入螺钉会很容易的进入椎体;在下胸椎椎弓根矢状面夹角很小,部分人群为负角,如按此角度进钉很多螺钉会穿出椎体的侧缘。本课题所设计的进钉点偏外,进钉角度偏大: T_{11} 、 T_{12} 为 $15^{\circ}\sim 18^{\circ}$,避免了螺钉冲破椎体外侧缘。PRC的内倾角与椎弓根的内倾角在 T_{1-10} 节段的变化规律也是一致的,即 T_1 最大、 T_{10} 最小。同时,各个节段的PRU内倾角平均比椎弓根内倾角大 10° 以上,在 T_1 节段高达 42° ,这可能会增加置钉的难度。但是,作者发现从 T_1 至 T_{10} ,几乎每一个节段经PRC置钉均有 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 的安全置钉内倾角度范围。此外,作者选择椎板来确定螺钉与冠状面之间的夹角,为 $76.2^{\circ}\sim 85.4^{\circ}$ 。从 T_1 到 T_{12} 节段,螺钉方向基本与椎弓板垂直。如此大的安全置钉角度范围,将会使操作难度显著下降,从而增加临床的可操作性。

3.4 结论 ①椎弓根-肋骨复合体在解剖学上是一个合理的概念,可作为后路椎弓根螺钉矫形内固定的补充方法。②椎弓根-肋骨复合体是一立体结构,椎弓根与肋骨不在同一平面,且二者位置关系随不同节段而发生变化。③胸椎采用经椎弓根肋骨复合体螺钉内固定时,椎弓根-肋骨复合体的横径较椎弓根横径大,置钉角度、置钉长度均较传统经椎弓根轴向的数值大。

4 参考文献

- [1] Kim YJ, Lenke LG. Thoracic pedicle screw placement: free-hand technique. *Neurol India*. 2005;53(4):512-519.
- [2] Hongo M, Ilharreborde B, Gay RE, et al. Biomechanical evaluation of a new fixation device for the thoracic spine. *Eur Spine J*. 2009;18:1213-1219.
- [3] Lei W, Wu Z. Biomechanical evaluation of an expansive pedicle screw in calf vertebrae. *Eur Spine J*. 2006;15:321-326.
- [4] Ilharreborde B, Mazda K. The universal clamp: a new method of thoracic fixation in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Musculoskeletal Rev*. 2007;2:66-68.
- [5] Huang ZG, Wu QH, Dai H, et al. Zhongguo Guyuguanjie Sunshang Zazhi. 2010;2(2):132-133.
黄宗贵,毋强华,戴海,等.经皮椎弓根-肋骨单元路径椎体成形术在上胸椎伤病中的应用[J].中国骨与关节损伤杂志,2010,2(2):132-133.

- [6] Husted DS, Yue JJ, Fairehild TA, et al. An extra pedicular approach to the placement of serews in the thoracic spine: an anatomic and radiographic assessment. *Spine*. 2003; 28:2324-2330.
- [7] Kotani Y, Abumi K, Ito M, et al. Accuracy analysis of pedicle serew placement in posterior scoliosis surgery: comparison between conventional fluoroscopic and computer-assisted technique. *Spine*. 2007;32:1543-1550.
- [8] Verma R, Krishan S, Headmayer K, et al. Functional outcome of computer-assisted spinal pedicle serew placement: a systematic review and meta-analysis of 23 studies including 5992 pedicle serew. *Eur Spine J*. 2010;19:372-375.
- [9] Kakarla UK, Little AS, Chang SW, et al. Placement of percutaneous thoracic pedicle screws using neuronavigation. *World Neurosurg*. 2010;74(6):606-610.
- [10] Sarlak AY, Tosun B, Atmaca H, et al. Evaluation of thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2009;18(12):1892-1897.
- [11] Eleraky M, Papanastassiou I, Setzer M, et al. Balloon kyphoplasty in the treatment of metastatic tumors of the upper thoracic spine. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(3):372-376.
- [12] Sandee PP, Datir M, Sajal R. Mophometric study of the thoracic vertebral pedicle in an Indian population. *Spine*. 2004;29:1174-1181.
- [13] Ugur H, Attar A, Uz A, et al. Thoracic pedicle: Surgical anatomic evaluation and relations. *J Spinal Disord*. 2001;14:39-45.
- [14] Ebraheim NA, Jabaly G, Xu R, et al. Anatomic relations of thoracic pedicle to the adjacent neural structures. *Spine*. 1997;22:1553-1557.
- [15] Thomas Q, Robert B. Pedicle anatomy in a patient with severe early-Onset scoliosis: can pedicle serews be safely inserted? *J spinal Disord*. 2005;18:360-363.
- [16] Rundell SA, Auerbach JD, Balderston RA, et al. Total disc replacement positioning affects facet contact forces and vertebral body strains. *Spine*. 2008;33(23): 2510-2517.
- [17] Yin QD, Zheng ZG, Cai JP. Zhongguo Linchuang Jiepouxue Zazhi. 2005;23(5):538-539.
殷渠东,郑祖根,蔡建平.置入胸椎“椎弓根-肋骨”单元螺钉的应用解剖和力学测试[J].中国临床解剖学杂志,2005,23(5):538-539.
- [18] Chen F, Kang YJ, Lü GH, et al. Treatment of spinal metastases by posterolateral approach. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2009;31(2):291-295.
- [19] Raphael DT, Chang JH, Zhang YP, et al. A-Mode ultrasound guidance for pedicle screw advancement in ovine vertebral bodies. *Spine J*. 2010;10 (10) 422-432.
- [20] Femenias Rosselló JM, Ripoll Estela GJ, Rubí Jaume M, et al. Injury to the gonadal, renal and duodenal veins during pedicle screw extraction surgery. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2009; 53(5):340-343.
- [21] Steffee AD, Biscup RS, Sitkowski DJ. Segmental spine plates with pedicle screw fixation. A new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; 203:45-53.
- [22] Liljenqvist UR, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis. *Spine*. 1997;22(19): 2239-2245.
- [23] Chan CY, Kwan MK, Saw LB. Safety of thoracic pedicle screw application using the funnel technique in Asians: a cadaveric evaluation. *Eur Spine J*. 2010;19(1):78-84.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 邢文华、贾连顺、霍洪军负责实验设计,邢文华、杨学军负责实验实施、评估。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 实验方法符合医学伦理学要求。

本文创新性: 国内外有部分学者报道了“椎弓根-肋骨单元”及“椎弓根-横突单元”置入螺钉的研究,也有研究采用三维有限元进行分析,研究方法课题有一定的相似之处,由于所选择标本不同,得出的结果具有一定的差异。文章通过胸椎椎弓根-肋骨复合体的应用解剖学研究,发现胸椎椎弓根旁侧置入螺钉可以降低脊髓损伤的风险性,可应用于胸椎椎弓根螺钉置入失败或椎弓根较细、发育畸形患者后路内固定的临床治疗,为胸椎后路新的内固定方法提供了解剖学依据。