

胸椎椎弓根-肋骨单元与椎弓根的 CT 测量

谢陶敢¹, 陈其昕², 李方才², 郦志文¹, 方杰¹

(1 浙江省诸暨市人民医院骨科 311800; 2 浙江大学附属第二医院骨科 310009 杭州市)

【摘要】目的:比较经胸椎椎弓根-肋骨单元(pedicle rib unit, PRU)置钉与传统经椎弓根置钉技术的相关径线, 为临床应用提供依据。**方法:**对 30 例患者脊柱 T1~T10 节段进行薄层 CT 扫描, 层厚为 1mm, 选择有完整 PRU 结构的 CT 横断面图像进行以下指标测量: (1)PRU 宽度 (PRU-W), 椎弓根宽度 (PW); (2)PRU 钉道长度 (PRU-L), 椎弓根钉道长度 (PL); (3)PRU 中轴与矢状面夹角 (PRU-A), 椎弓根中轴与矢状面夹角 (PA); (4)经 PRU 置钉的安全角度范围 (ΔA)。**结果:**PRU-W 和 PW 均以 T5 最小, 以 T1 为最大, 由 T1 至 T5 逐渐减小, 由 T5 至 T10 逐渐增大。PRU-L 和 PL 以 T1 为最小, 以 T10 为最大, 由 T1 至 T10 逐渐增大。PRU-A 和 PA 以 T1 为最大, 以 T10 最小, 由 T1 至 T10 逐渐缩小。PRU-L 与 PL、PRU-W 与 PW 间均有显著性差异 ($P < 0.01$)。PRU-W、PRU-L 在男女之间差异亦有统计学意义 ($P < 0.01$)。PRU 置钉的安全角度范围 ΔA 为 $20^\circ \sim 30^\circ$ 。**结论:**胸椎 PRU 的横径、钉道长度均较同节段的椎弓根大, 经 PRU 可置入更粗更长的螺钉, 有更大的内倾角, 安全置钉角度范围也较大。

【关键词】 胸椎; 椎弓根; 椎弓根-肋骨单元; 测量

中图分类号: R322, R814.42 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2008)-09-0665-04

Morpho-metrological study of thoracal vertebral pedicle rib unit and thoracal pedicle on CT scans/XIE Taogan, CHEN Qixin, LI Fangcai, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2008, 18 (9): 665~668

【Abstract】 Objective: To investigate the differences between two type of pedicle screw insertion technique in thoracic vertebrae, one is going through the pedicle rib unit (PRU), the other is going through the pedicle as the traditional method. **Method:** 30 adult patients were accepted thin slice CT scan, with the thickness 1mm. Images with integrated pedicle rib unit anatomic structure were measured to get the indexes as below: (1) pedicle rib unit width (PRU-W), pedicle width (PW). (2) insertion length of pedicle rib unit screw (PRU-L), insertion length of pedicle screw (PL). (3) the angle produced by the intersection of central pedicle rib unit axis and sagittal axis (PRU-A), and the angle produced by the intersection of central pedicle axis and sagittal axis (PA). (4) the angle extent for safe screw insertion via PRU (ΔA). **Result:** Both PRU-W and PW had the minimum degree in T5 and the maximum degree in T1. The degree decreased from T1 to T5 and increased from T5 to T10. Both PRU-L and PL had the minimum degree in T1 and the maximum degree in T10, presenting an increasing tendency from T1 to T10. Both PRU-A and PA had the maximum degree in T1 and the minimum in T10, presenting a decreasing tendency from T1 to T10. There was statistically significant difference between PRU-L and PL ($P < 0.01$), and the significant difference also presented when PRU-W and PW were compared ($P < 0.01$). There were significant differences when PRU-W and PRU-L were statistically studied for different gender ($P < 0.01$). The safe angle for screws insertion (ΔA) was $20^\circ \sim 30^\circ$. **Conclusion:** The width and the length for pedicle screw accommodation in thoracal pedicle rib unit were greater than those in the pedicle, so the thicker and longer screws could be inserted via PRU, meanwhile the possibility of safe screw insertion was elevated. It is necessary of a greater inward angle for screw insertion via PRU, yet the safer extent of screw insertion was present.

【Key words】 Thoracic vertebrae; Pedicle; Pedicle rib unit; Measurement

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Zhejiang Zhuji People's Hospital, Zhuji, 311800, China

第一作者简介: 男 (1974-), 主治医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科、创伤骨科
电话: (0575) 87173926 E-mail: xtgan33@163.com

自椎弓根螺钉固定术问世以来, 已经得到广泛的应用。由于胸椎椎弓根横径较小, 椎弓根螺钉置入时易穿破椎弓根壁, 影响内固定的功效甚至

出现严重的并发症。因此,胸椎椎弓根螺钉固定术的应用目前仍有很大争议。有人提出经胸椎椎弓根-肋骨单元(pedicle rib unit, PRU)置钉技术^[1],并进行了形态解剖学的研究,但至今仍没有一个较系统、全面的影像形态学研究。本研究对胸椎 PRU 结构和椎弓根进行形态测量比较,进一步明确两者在形态学上的差异,分析经 PRU 置钉与经椎弓根置钉的差异,为临床应用提供指导。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选取 30 例因肺部疾病需行 CT 检查的成年患者,男 19 例,女 11 例;年龄 30~58 岁,平均 45.5 岁;排除脊柱疾患(包括骨折、退变、畸形及肿瘤)。对 30 例患者 T1~T10 节段进行薄层 CT 扫描,层厚为 1mm。

1.2 测量方法

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,应用 Photoshop 图像处理软件对下列结构进行测量(图 1)。(1)椎弓根-肋骨单元宽度(PRU-W)与椎弓根宽度(PW):PRU-W 为椎弓根内侧皮质至肋骨头外侧皮质的最小距离;PW 为椎弓根内外侧皮质间的最小距离。(2)椎弓根-肋骨单元钉道长度(PRU-L)与椎弓根钉道长度(PL):PRU-L 为横突尖至椎体前缘于 PRU 中轴线上的距离;PL 为椎板至椎体前缘于椎弓根中轴线上的距离。(3)椎弓根-肋骨单元中轴与矢状面夹角(PRU-A)和椎弓根中轴与矢状面夹角

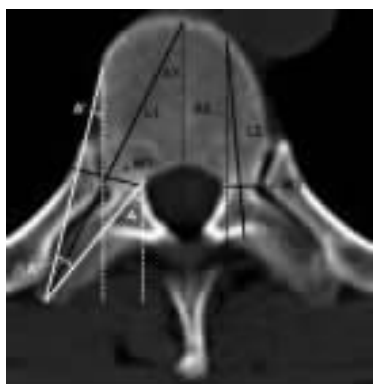


图 1 胸椎 PRU 和相应的椎弓根形态测量

W1、W2 分别为 PRU 宽度(PRU-W)和椎弓根宽度(PW);L1、L2 分别为 PRU 钉道长度(PRU-L)和椎弓根钉道长度(PL);A1、A2 分别为 PRU 中轴与矢状面夹角(PRU-A)和椎弓根中轴与矢状面夹角(PA);A' 和 A 分别为 PRU 置钉时的最小和最大内倾角,△A 为 PRU 置钉的安全角度范围

(PA);PRU-A 为椎弓根肋骨单元中轴与椎体和椎管中线之间的夹角;PA 为椎弓根中轴与椎体和椎管中线之间的夹角。(4)经椎弓根肋骨单元置钉的安全角度范围(△A):横突尖向椎管引一切线与横突尖至椎体外侧壁切线之间的夹角。

1.3 统计学处理

所有数据精确到 0.1mm 或 0.1°。采用 SPSS 13.0 统计软件包进行统计分析,数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,行异方差假设 *t* 检验, $P < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果

见表 1、2。在 T1~T10 节段,PRU-W 和 PW 均以 T5 最小,以 T1 为最大,由 T1 至 T5 逐渐减小,由 T5 至 T10 逐渐增大。相同节段 PRU-W 与 PW 均有显著性差异($t=3.768, P < 0.01$),PRU-W 的绝对值约为同节段 PW 的 2~3 倍。各个相同节段 PRU-W 在男女之间有显著性差异($P < 0.01$)。

PRU-L 和 PL 以 T1 为最小,以 T10 为最大,由 T1 至 T10 逐渐增大。相同节段 PRU-L 和 PL 比较均有显著性差异($t=3.339, P < 0.01$),PRU-L 的绝对值比同节段 PL 约长 10mm。各个相同节段 PRU-L 在男女之间的差异有显著性($P < 0.01$)。

PRU-A 和 PA 以 T1 为最大,以 T10 为最小,由 T1 至 T10 逐渐缩小。相同节段 PRU-A 和 PA 均有显著性差异($t=2.756, P < 0.01$),但在男女之间差异无统计学意义。

PRU-A 的最大内倾角和最小内倾角,即 PRU 置钉的安全角度范围△A 为 20°~30°。

3 讨论

3.1 胸椎椎弓根螺钉固定的局限性及危险性

胸椎椎弓根螺钉置钉的安全性目前仍有争议,尤其在中上胸椎置钉。焦点主要是胸椎椎弓根横径明显较腰椎狭窄,尤其在中胸椎(T4~T9)。许多学者^[2-4]研究发现 T4~T8 椎弓根平均外侧皮质宽度不超过 5mm, T4 最窄,只有 3.8mm。在如此狭窄的椎弓根置钉,引起皮质穿破、椎弓根骨折的可能性明显增大,相应生物力学性能也会受到影响。有研究发现椎弓根螺钉直径超过椎弓根宽度的 80% 时就会出现椎弓根变形和骨折,椎弓根骨折则螺钉抗拔出力将下降 11%^[5]。Panjabi 等^[6]通过尸体标本模拟置钉试验发现椎弓根侧壁破坏可导致螺钉系统抗矢状位旋转和侧屈能力下降。许多学

表 1 正常胸椎 T1~T10 节段 PRU 和椎弓根的各项测量指标

($\bar{x} \pm s, n=30$)

		PRU-W (mm)	PW (mm)	PRU-L (mm)	PL (mm)	PRU-A (°)	PA (°)
T1	男	18.5±1.3 ^{①②}	8.9±0.8	44.2±2.1 ^{①③}	36.0±2.4	40.7±4.7 ^④	30.6±3.4
	女	16.8±1.0 ^②	8.0±0.7	39.8±2.7 ^③	31.2±2.2	42.5±4.0 ^④	31.8±2.8
T2	男	17.2±1.3 ^{①②}	7.7±0.8	47.3±2.5 ^{①③}	37.6±2.3	32.1±4.3 ^④	19.6±3.7
	女	15.2±1.3 ^②	6.7±0.6	43.5±2.1 ^③	32.8±2.6	32.7±2.9 ^④	19.9±3.6
T3	男	15.7±1.5 ^{①②}	6.4±0.8	50.6±3.2 ^{①③}	38.8±2.6	26.5±2.2 ^④	13.7±2.6
	女	13.4±1.3 ^②	5.4±0.5	46.6±2.1 ^③	34.0±2.5	27.9±2.3 ^④	13.1±2.1
T4	男	14.9±4.3 ^{①②}	5.6±0.8	52.2±3.4 ^{①③}	40.0±2.8	24.6±2.0 ^④	10.6±2.1
	女	12.4±1.0 ^②	4.6±0.5	48.8±2.5 ^③	35.1±2.5	26.0±2.6 ^④	11.2±2.7
T5	男	14.2±1.3 ^{①②}	5.5±0.8	54.1±3.2 ^{①③}	41.3±2.7	23.5±2.1 ^④	9.0±2.1
	女	12.1±0.9 ^②	4.6±0.5	51.0±3.0 ^③	36.0±2.7	25.0±2.2 ^④	8.8±2.2
T6	男	14.5±1.2 ^{①②}	6.0±0.9	55.7±2.6 ^{①③}	42.6±2.4	22.7±2.1 ^④	7.8±2.2
	女	12.9±0.8 ^②	5.0±0.6	52.4±2.7 ^③	37.6±2.2	24.1±2.3 ^④	7.8±2.5
T7	男	15.1±1.3 ^{①②}	6.4±0.9	57.1±2.3 ^{①③}	43.9±2.0	21.4±2.3 ^④	7.0±2.0
	女	13.3±0.8 ^②	5.6±0.9	53.6±2.2 ^③	38.4±2.4	22.9±2.3 ^④	6.8±2.5
T8	男	15.6±1.2 ^{①②}	6.7±1.0	58.4±1.9 ^{①③}	44.8±2.0	20.5±2.4 ^④	5.6±1.7
	女	13.7±0.8 ^②	5.9±0.8	54.8±1.7 ^③	39.3±2.1	21.1±2.0 ^④	6.1±2.1
T9	男	16.4±1.4 ^{①②}	7.3±0.9	59.7±1.4 ^{①③}	45.6±1.8	19.2±2.4 ^④	5.0±1.7
	女	14.3±1.0 ^②	6.5±0.8	55.6±1.7 ^③	40.1±1.9	19.7±1.6 ^④	4.9±2.0
T10	男	17.3±1.3 ^{①②}	8.4±1.0	60.9±1.3 ^③	46.6±1.4	17.1±3.2 ^④	3.8±1.6
	女	15.6±1.3 ^②	7.4±1.0	56.7±1.5 ^③	41.1±1.5	18.3±2.1 ^④	3.8±2.2

注:①与女性同节段同一测量指标比较 $P<0.01$;②与同节段 PW 比较 $P<0.01$;③与同节段 PL 比较 $P<0.01$;④与同节段 PA 比较 $P<0.01$ 表 2 正常胸椎 T1~T10 节段经 PRU 置钉安全角度范围
($\bar{x} \pm s, n=30$) (°)

	男	女
T1	27.7±3.5	25.7±1.5
T2	23.7±2.1	21.4±6.6
T3	21.1±2.8	19.1±7.0
T4	19.7±1.6	17.8±7.0
T5	19.5±1.6	17.0±6.9
T6	20.6±1.7	18.6±1.5
T7	20.4±1.6	19.2±1.4
T8	21.3±1.5	19.5±1.5
T9	21.6±1.7	20.1±2.4
T10	21.8±1.5	21.2±1.8

者通过置钉实验发现胸椎椎弓根螺钉穿透率较高, Vaccaro 等^[7]报导穿破内侧皮质为 23%, 外侧皮质为 18%。Xu 等^[8]报导在切除部分椎板后用探针定位椎弓根上、内壁的情况下, 穿破率仍达 15.9%。Gertzbein 等^[9]置入 71 枚胸椎椎弓根螺钉, 70%位置正常, 10%穿出内侧皮质小于 2mm, 8.5%穿出内壁 2.1~4.0mm, 7%侵入椎管 4.1~8.0mm, 有 2 枚侵入椎管 6.0~7.0mm 者出现神经损害症状。在中上胸椎, 椎弓根局部解剖上有其特殊性, 内侧为椎管, 容纳硬膜囊和脊髓, 外侧为胸膜和肺, 椎

体前方有大血管、食管, 损伤上述任何器官, 都会造成严重后果。Liljenqvist 等^[10]研究表明, 脊柱侧凸患者凹侧椎弓根较凸侧明显狭小, 在 T6~T11 仅为 2.4~4.1mm, 并且椎弓根内壁与硬膜囊间隙不到 1mm, 他认为在顶椎凹侧行椎弓根置钉存在较大危险性。因此, 椎弓根螺钉并不是可以在所有胸椎节段使用, 在某些较为狭窄的胸椎节段不宜应用椎弓根螺钉, 尤其在脊柱侧凸患者顶椎区凹侧置钉的危险性更大。

3.2 PRU 与椎弓根的形态学参数比较

胸椎 PRU 包括后方的横突和肋横突关节, 外侧的肋骨与肋椎关节和内侧的椎弓根。Husted^[5]通过标本直接测量的方法, 比较了同节段胸椎 PRU 与椎弓根的横径和钉道长度, 发现前者显著大于后者, 指出经 PRU 置钉安全性高, 是一种能替代椎弓根螺钉的技术。O'Brien 等^[11]通过对 29 例脊柱侧凸患者的 CT 图像进行测量发现, T1~T12 的椎弓根宽度为 4.6~8.25mm, 而相应的 PRU 宽度则为 12.6~17.9mm。我们通过对正常胸椎 T1~T10 的 CT 图像各径线测量, 发现 PRU-W 与 PW 在胸椎的变化规律是一致的, 最窄为 T5, 最宽为 T1; 从 T1 至 T5 逐渐减小, 而由 T5 至 T10 又逐渐增大。各个节段 PRU-W 与 PW 均有显著性差异,

PRU-W 的绝对值为 PW 的 2~3 倍。PRU-L 与 PL 的变化规律在 T1~T10 节段也是一致的, 由 T1~T10 亦呈逐渐增大的趋势。但是, 在各个节段两者间存在显著性差异, PRU-L 比 PL 长 10mm 左右 (表 1)。Vaccaro 等^[12]研究发现胸椎椎弓高度由上到下为 10.1~14.7mm; Ebraheim 等^[13]研究证实 T3 节段椎弓根高度不小于 10mm, 加上神经根距椎弓上或下缘距离不小于 2mm, 这意味着可以提供 12mm 的置钉高度。表明, 直径为 5mm 甚至更粗、长度为 40mm 的螺钉在 T1~T10 任一节段均可安全地通过 PRU 置入。

此外, 我们还测量了两种钉道的内倾角及 PRU 的安全置钉内倾角度范围。PRU 的内倾角与椎弓根的内倾角在 T1~T10 节段的变化规律也是一致的, 即 T1 最大、T10 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 T1 节段高达 40°~42°, 这可能会增加置钉的难度。但是, 我们发现从 T1 至 T10, 几乎每一个节段经 PRU 置钉均有 20°~30°的安全置钉内倾角度范围。如此大的安全置钉角度范围, 将会使操作难度大大下降, 从而增加临床的可操控性。

3.3 PRU 与椎弓根的生物力学比较

Morgenstern 等^[14]和 O'Brien 等^[15]的研究均发现椎弓根螺钉固定和 PRU 螺钉固定的生物力学性能并没有显著性差异。White 等^[16]的研究表明, 经 PRU 置钉的生物力学性能差于椎弓根螺钉, 但已远远超过脊柱后路矫形固定的生物力学要求。本研究表明, 通过 PRU 置钉可以使用更粗、更长的螺钉, 且有较大的内倾角。因此, 经 PUR 置钉或许可通过增加螺钉直径与长度、加大螺纹深度、增加螺钉的内倾角来弥补其生物力学上的不足。

尽管上述结果均表明 PRU 置钉的安全性、可行性, 但是, PRU 的宽度和钉道长度在男女间、在不同节段间以及在同一节段不同个体间均有较大差异, 而且其置钉角度在不同节段间也有很大的区别, 因此, 我们认为行 PRU 置钉时, 仍需根据术前 CT 结果, 仔细测量各节段 PRU 的各种参数, 进行个体化置钉。

4 参考文献

1. Husted DS, Yue JJ, Fairchild TA, et al. An extrapedicular approach to the placement of screws in the thoracic spine: an anatomic and radiographic assessment [J]. Spine, 2003, 28 (20): 2324-2330.
2. Zindrick MR, Knight GW, Sartori MJ, et al. Pedicle morphology of the immature thoracolumbar spine [J]. Spine, 2000, 25 (21): 2726-2735.
3. Ugur HC, Attar A, UzA, et al. Thoracic pedicle: surgical anatomic evaluation and relations [J]. J Spinal Disord, 2001, 14 (1): 39-45.
4. 史亚民, 柴伟, 侯树勋, 等. 胸椎椎弓根形态测量研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2002, 12 (3): 191-193.
5. Husted DS, Haims AH, Fairchild TA, et al. Morphometric comparison of the pedicle rib unit to pedicle in the thoracic spine [J]. Spine, 2004, 29 (2): 139-146.
6. Panjabi MM, O'Holleran JD, Crisco JJ 3rd, et al. Complexity of the thoracic spine pedicle anatomy [J]. Eur Spine J, 1997, 6 (1): 19-24.
7. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Balderston RA, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine (Part II): an anatomical and radiographic assessment [J]. J Bone Joint Surg Am, 1995, 77 (8): 1200-1206.
8. Xu R, Ebraheim NA, Ou Y, et al. Anatomic considerations of pedicle screw placement in the thoracic spine: Roy-Camille technique versus laminar technique [J]. Spine, 1998, 23 (9): 1065-1068.
9. Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicle screw placement in vivo [J]. Spine, 1990, 15 (2): 11-15.
10. Liljenqvist UR, Allkemper T, Hackenberg L, et al. Analysis of vertebral morphology in idiopathic scoliosis with use of magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction [J]. J Bone Joint Surg Am, 2002, 84 (3): 359-368.
11. O'Brien MF, Lenke LG, Mardietko S, et al. Pedicle morphology in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: is pedicle fixation an anatomically viable technique [J]? Spine, 2000, 25 (18): 2285-2293.
12. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Allardayce TJ, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine (Part I): Morphometric analysis of the thoracic vertebrae [J]. J Bone Joint Surg Am, 1995, 77 (8): 1193-1199.
13. Ebraheim NA, Jabaly G, Xu R, et al. Anatomic relations of the thoracic pedicle to the adjacent neural structure [J]. Spine, 1997, 22 (14): 1553-1557.
14. Morgenstern W, Ferguson SJ, Berey S, et al. Posterior thoracic extrapedicular fixation: a biomechanical study [J]. Spine, 2003, 28 (16): 1829-1835.
15. O'Brien MF, Wood J, Lowe TG, et al. Thoracic Pedicle vs. Pedicle/Rib Fixation [M]. Scoliosis Research Society, 2000. 81-82.
16. White KK, Oka R, Mahar AT, et al. Pullout strength of thoracic pedicle screw instrumentation: comparison of the transpedicular and extrapedicular techniques [J]. Spine, 2006, 31 (12): E355-358.

(收稿日期: 2008-02-21 修回日期: 2008-04-29)

(英文编审 陆 宁)

(本文编辑 卢庆霞)