

经椎弓根 – 肋骨结构单元途径置入螺钉安全角度的应用解剖学测量

马云兵¹⁾, 夏云祥¹⁾, 杨庆秋¹⁾, 王俊波¹⁾, 唐桦¹⁾, 李跃敏²⁾

(1) 云南省第三人民医院骨科, 云南昆明 650011; 2) 昆明医科大学人体解剖与组织胚胎学系, 云南昆明 650500)

[摘要] **目的** 在尸体标本上测量 T1 ~ T10 胸椎经椎弓根 – 肋骨结构单元途径置入螺钉的安全角度及变化规律, 为临床安全置入螺钉提供解剖学依据. **方法** 选取 15 例正常成人尸体标本, 其中男 9 例, 女 6 例, 年龄 18 ~ 60 岁, 平均 40 岁. 将标本 T1 ~ T10 胸椎分别沿椎弓根 – 肋骨平面横切, 并测量 T1 ~ T10 各椎弓根 – 肋骨结构单元的横径、经椎弓根 – 肋骨结构单元途径置入的螺钉与矢状面的最小与最大安全成角及安全角度范围. **结果** 椎弓根 – 肋骨结构单元的横径变化规律为 T1 ~ T4 逐渐变小, T5 ~ T10 又逐渐变大; 置钉安全角度范围为 T1、T2 最大, T5 ~ T10 次之, T3、T4 最小; T1 ~ T2 及 T5 ~ T10 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 而 T2 ~ T5 比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 男性与女性比较无统计学意义 ($P > 0.05$). **结论** 临床经椎弓根 – 肋骨结构单元置入螺钉时, 应根据不同节段椎弓根 – 肋骨结构单元置钉安全角度的大小相应调整螺钉置入角度.

[关键词] 椎弓根 – 肋骨结构单元; 应用解剖; 螺钉; 安全角度

[中图分类号] R322 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003 - 4706 (2013) 01 - 0011 - 04

Applied Anatomy Measurement of Safe Screw Placement Angle from the Pedicle of Vertebral Arch – Frame Structure Unit Way

MA Yun - bing¹⁾, XIA Yun - xiang¹⁾, YANG Qing - qiu¹⁾, WANG Jun - bo¹⁾, TANG Hua¹⁾, LI Yue - min²⁾

(1) Dept. of Orthopedics, The Third People's Hospital of Yunnan Province, Kunming Yunnan 650011; 2) Dept. of Human Anatomy and Embryology, Kunming Medical University, Kunming Yunan 650500, China)

[Abstract] **Objective** To provide the anatomical basis for clinical safe screw placement by measuring the safe screw placement angle from T1 – T10 thoracic pedicle–frame structure unit way in adult body specimen. **Methods** 15 cases of normal adult body specimens, including 9 cases of male, and 6 cases of female, aged 18 ~ 60 years old, average age was 40. The T1 – T10 thoracic vertebrae of the body specimen were transected along the pedicle of vertebral arch–frame plane, and we measured the transverse diameter of the T1 – T10 the pedicle of vertebral arch–frame structure unit, and the minimum and maximum safe angle between the sagittal plane and the screw placed from the pedicle of vertebral arch – frame structure unit way. **Results** The transverse diameter of pedicle of vertebral arch–frame structure unit decreased gradually from T1 to T4, and increased gradually from T5 to T10. The range of safe screw placement angle was widest at T1 and T2, followed by T5 – T10, and was narrowest at T3 and T4. There was no significant difference in safe screw placement angle between T1–T2 and T5 – T10 ($P > 0.05$), while there was a significant difference between T2 and T5 ($P < 0.05$). There was no significant difference in safe screw placement angle between the male and female ($P > 0.05$). **Conclusion** During placing screw from the pedicle of vertebral arch–frame structure unit, the screw placement angle should be adjusted according to the range of safe screw placement angle at different segmental pedicle of vertebral arch – frame structure unit.

[Key words] Pedicle of vertebral arch–frame structure unit; Applied anatomy; Screw; Safe angle

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (30860336); 云南省中青年学术和技术带头人后备人才资助项目 (2009CI033)

[作者简介] 马云兵 (1970~), 男, 云南泸西市人, 医学学士, 主治医师, 主要从事骨科临床工作.

[通讯作者] 李跃敏. E-mail: gizkm602@163.com

尽管关于胸椎椎弓根解剖、生物力学、计算机辅助导航技术的研究报道逐渐增多,但在对胸椎骨折及畸形矫正治疗中广泛应用经椎弓根螺钉固定技术仍有争议^[1,2],主要原因是 T10 以上胸椎行椎弓根内固定存在以下问题:(1) 胸椎椎弓根横径较小且周围解剖结构复杂使胸椎椎弓根螺钉置入困难,危险性较大,虽然采用 X 线透视、部分椎板切除、诱发肌电图、计算机辅助导航等许多方法来增加胸椎椎弓根螺钉置入的准确性,但是胸椎椎弓根螺钉穿透骨壁的发生率仍然较高^[3];(2) 胸椎周围毗邻许多重要组织器官,椎弓根螺钉位置稍有偏差,不仅影响其稳定性,而且有可能造成这些组织器官损伤,造成灾难性的后果,特别是损伤椎体周围大血管,导致患者大出血而死亡,损伤脊髓则出现截瘫^[4]。鉴于经胸椎椎弓根螺钉准确置入的技术难度 Vacaro 等建议经胸椎椎弓根螺钉固定技术仅限于脊柱后柱缺损或伴脊髓完全损伤的三柱损伤^[5]。2004 年 Husted 等^[6]提出了胸椎经“椎弓根-肋骨结构单元途径”置钉的概念,并指出该途径为螺钉置入提供了更为合理的通道途径。Yuksel 等^[7]从生物力学方面比较了经“椎弓根-肋骨结构单元”途径与经椎弓根途径置钉,并指出两种方法之间无显著性差异。经“椎弓根-肋骨结构单元”途径置钉已作为一种新型固定方法应用于临床,且获得了让人满意的疗效^[8]。目前对椎弓根-肋骨结构单元置钉途径的应用解剖学报道不多,本文以应用解剖学为基础,对椎弓根-肋骨结构单元置钉途径的安全角度进行测量,获得 T1~T10 节段置钉的安全角度,旨在为临床应用胸椎经椎弓根-肋骨结构单元途径置钉提供参考,以减少手术风险。

1 材料与方法

1.1 材料

选取 15 具经 10%福尔马林固定的成人躯干标本,男性 9 具,女性 6 具。均排除发育畸形、胸椎肿瘤、结核和明显骨质增生等情况,标本由昆明医科大学人体解剖教研室提供。

1.2 方法

以锁骨、腋后线和髂前上棘为界,将整个胸前壁及腹前壁打开,显露尸体胸腔,去除胸腔内诸脏器,显露脊柱胸段 T1~T10 椎体,和椎体两侧对应的肋骨头。将 T1~T10 椎体沿椎弓根-肋骨水平面横切,显露“椎弓根-肋骨”结构单元。测量工具:游标尺,精确度为 0.02 mm;角度仪,精确度为 0.1°。

对 T1~T10“椎弓根-肋骨”结构单元进行以下指标测量:(1) 椎弓-肋骨结构单元横径,即椎弓根内壁至肋骨外缘的最短离;(2) 椎弓-肋骨结构单元途径置钉最大安全成角度(即螺钉与矢状轴面的最大安全夹角);(3) 椎弓-肋骨结构单元途径置钉最小安全成角度(即螺钉与矢状轴面的最小安全夹角);(4) 椎弓-肋骨结构单元途径置钉的安全角度范围(即最大安全成角度减去最小安全成角度)。

1.3 统计学处理

所有数据使用 SPSS 统计软件进行处理,所测数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,对组内数据进行配对 *t* 检验及方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组男、女 T1~T10 椎弓根-肋骨结构单元各测量指标差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 1。可以认为数据来自同一总体,将男、女资料合并后得出本组 15 例正常人 T1~T10 的椎弓根-肋骨结构单元横径、置钉最大最小安全成角度及置钉安全角度范围(见表 2)。椎弓根-肋骨结构单元的横径变化规律为 T1~T4 逐渐变小, T5~T10 又逐渐变大;置钉安全角度范围为 T1、T2 最大, T5~T10 次之, T3、T4 最小; T1~T2 及 T5~T10 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),而 T2~T5 比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),男性与女性比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 胸椎椎弓根-肋骨结构单元横径的意义

相对于比较粗大的腰椎椎弓根而言,胸椎的椎弓根无论是横径还是纵径都相对比较小,史亚民等^[9]研究显示, T4 椎弓根横径最小 (3.9 ± 0.66) mm。陈家强等测量 T4~T8 节段椎弓根平均宽度 < 5 mm,建议在 T4~T8 节段椎弓根螺钉直径为 3.5~4.0 mm^[10]。Polly 等认为成人置入胸椎椎弓根螺钉的直径应小于椎弓根皮质骨外径的 80%^[11]。所以在临床上使用直径 > 5 mm 的螺钉很容易导致椎弓根崩裂出现危险的并发症。而本研究结果显示,椎弓根-肋骨结构单元横径可利用空间较大,虽然在 T1~T4 节段此横径逐渐减小,但 T5~T10 节段横径又逐渐增大,且最小椎弓根-肋骨结构单元横径值也在 11.50 mm 以上,目前临床使用的胸椎椎弓根螺钉直径在 4.0~6.0 mm,故 Husted 等提

表 1 9 例男性和 6 例女性正常成人 T1~T10 椎弓根-肋骨横径与安全置钉角度 ($\bar{x} \pm s$)Tab. 1 The pedicle of T1-T10 vertebral arch-frame trans diameter and safe screw placement angle of 9 male and 6 female normal adult bodies ($\bar{x} \pm s$)

胸椎 序数	椎弓根-肋骨横径 (mm)		椎弓根-肋骨途径置钉 最小安全成角 ($^{\circ}$)		椎弓根-肋骨途径置钉 最大安全成角 ($^{\circ}$)	
	男	女	男	女	男	女
	T1	15.62 \pm 2.35	15.62 \pm 2.04	34.25 \pm 1.50	33.60 \pm 1.52	53.85 \pm 4.10
T2	13.43 \pm 2.06	13.38 \pm 1.98	33.20 \pm 3.96	32.89 \pm 3.80	52.00 \pm 1.38	51.12 \pm 4.30
T3	13.40 \pm 1.62	13.35 \pm 1.57	27.15 \pm 2.48	26.90 \pm 2.60	43.82 \pm 3.51	43.61 \pm 3.65
T4	13.00 \pm 1.02	13.03 \pm 1.01	24.45 \pm 1.38	24.58 \pm 1.40	41.10 \pm 3.95	41.36 \pm 3.79
T5	13.40 \pm 1.15	13.45 \pm 1.14	23.90 \pm 2.70	23.90 \pm 2.59	42.20 \pm 1.50	41.94 \pm 4.60
T6	13.43 \pm 0.90	13.43 \pm 1.03	22.25 \pm 3.15	21.68 \pm 3.17	40.05 \pm 3.01	39.48 \pm 2.90
T7	13.55 \pm 1.01	13.50 \pm 1.10	21.65 \pm 3.01	21.00 \pm 2.99	39.55 \pm 2.75	38.46 \pm 2.65
T8	14.01 \pm 1.16	13.93 \pm 1.14	19.12 \pm 1.15	18.60 \pm 1.07	36.29 \pm 3.22	35.93 \pm 3.21
T9	14.57 \pm 1.60	14.44 \pm 1.58	18.63 \pm 3.00	19.38 \pm 2.99	36.20 \pm 2.45	35.71 \pm 2.45
T10	14.71 \pm 1.70	14.63 \pm 1.69	18.05 \pm 2.40	17.95 \pm 2.35	35.90 \pm 2.95	35.72 \pm 2.90

表 2 16 例正常成人 T1~T10 椎弓根-肋骨横径与安全置钉角度 ($\bar{x} \pm s$)Tab. 2 The pedicle of T1-T10 vertebral arch-frame trans diameter and safe screw placement angle of 16 normal adult bodies ($\bar{x} \pm s$)

胸椎 序数	椎弓根 (mm)	椎弓根-肋骨途径置钉安全成角 ($^{\circ}$)		置钉安全角度范围 ($^{\circ}$)
		最小角度	最大角度	
T1	15.62 \pm 2.11	34.00 \pm 4.37	53.70 \pm 4.07	19.61 \pm 1.21
T2	13.41 \pm 1.96	33.08 \pm 3.85	51.66 \pm 4.23	18.72 \pm 3.95
T3	13.38 \pm 1.58	27.05 \pm 2.59	43.75 \pm 3.49	16.60 \pm 3.12*
T4	13.01 \pm 0.92	24.50 \pm 4.42	41.20 \pm 3.83	16.65 \pm 4.02
T5	13.42 \pm 1.10	23.90 \pm 2.68	42.10 \pm 4.41	18.02 \pm 3.53 $^{\Delta}$
T6	13.43 \pm 0.99	22.03 \pm 3.07	39.83 \pm 2.98	17.82 \pm 3.02
T7	13.53 \pm 0.98	21.40 \pm 2.95	39.13 \pm 2.73	17.90 \pm 2.86
T8	13.98 \pm 1.11	18.92 \pm 4.06	36.15 \pm 3.19	17.95 \pm 3.87
T9	14.52 \pm 1.62	18.58 \pm 2.97	36.01 \pm 2.44	17.89 \pm 2.67
T10	14.68 \pm 1.78	18.01 \pm 2.33	35.83 \pm 2.89	17.82 \pm 2.56

与 T2 比较, * $P < 0.05$; 与 T4 比较, $^{\Delta}P < 0.05$.

出的经胸椎椎弓根-肋骨结构单元途径置钉的安全性是高于仅经椎弓根途径置钉的。阮狄克等指出在同一节段螺钉的把持力随椎弓根螺钉的直径增粗呈递增趋势^[2]，鉴于椎弓根-肋骨结构单元途径利用了椎弓根外侧皮质及肋骨内侧皮质所形成的较大横径，故临床上可以使用较椎弓根途径直径稍大的螺钉，从而增加钉道的把持力，这为该途径置钉提供了有力的解剖学基础。从生物力学的角度来看，经椎弓根-肋骨结构单元途径置钉也有缺点，置钉后容易造成椎弓根与肋骨位置应力关系发生变化，造成“椎弓根-肋骨”这一结构单元整体性的不稳定，从而引发相应的并发症如疼痛。故术前应结合胸椎 X 线及 CT 以明确肋骨

和椎体的关系，术中 C 臂机透视下置钉，常规探针探测钉道四周骨壁及深度，以螺钉的后部位于椎弓根外侧皮质和肋骨内侧皮质的夹持中，前部位于椎体内为宜。

3.2 胸椎椎弓根-肋骨结构单元途径置钉的安全角度及范围的意义

胸椎椎弓根-肋骨途径置钉的安全角度，从 T1 至 T10 最大最小安全角度均为逐渐变小，但安全角度范围的变化趋势却不尽然，T1 置钉的安全角度范围平均在 19.5° 左右，T3、T4 为 16.5° 左右，而从 T5 开始安全角度范围又逐渐变大，这与 T3、T4 的椎弓根-肋骨结构单元横径为最小是相符的。因此行胸椎椎弓根-肋骨途径置钉术时要

充分考虑椎弓根-肋骨结构单元的解剖特点,应根据固定的节段,首先确保在安全角度范围内置入螺钉,螺钉置入角度既要保证大于最小安全成角度,同时又要小于最大安全成角度,否则置入角度过大螺钉将偏向内侧进入椎管内损伤胸髓,相反置入角度过小螺钉将偏向外侧损伤内脏大血管等。其次还应以最佳矢状角途径(最佳安全成角度)置入螺钉,因为此时置入径路最长,螺钉的前部能最大限度位于椎体内,后部尽可能位于椎弓根外侧皮质和肋骨内侧皮质之中,尽量避免了螺钉部分裸露于椎弓根-肋骨途径之外,使钉道对螺钉把持力度为最大;同时此径路不易导致肋骨和横突劈裂,对肋横关节及周围韧带软组织的破坏最小,最大限度使该结构单元的完整性得到保持。生物力学研究已表明椎弓根螺钉固定的强度与螺钉长度呈正比,螺钉越长,固定强度越大,螺钉在椎体内承受的弯曲力矩也随增加,但随着螺钉的增长穿破椎体损伤血管脏器的可能性也随之增大;而螺钉过短固定又不够坚强,因此选择合适的螺钉长度(置钉深度)也很重要^[13]。同样经胸椎椎弓根-肋骨结构单元途径置钉深度的选择亦很重要,Acikbas^[14]认为经传统胸椎椎弓根途径置钉,X线侧位片上螺钉进入椎体的深度与椎体前后径的比值为(46±10)%可显著减少手术风险,这对评估经椎弓根-肋骨途径置钉的深度同样有重要的参考意义。由于椎体是不规则圆柱形,X线侧位像椎体前缘影显示的是椎体最前缘,术中C臂机透视侧位像往往会对螺钉尖的实际位置形成误导,置钉角度偏小透视下顶尖虽未达椎体前缘,但实际已可能穿破椎体前外皮质,损伤椎体周围重要脏器血管;置钉角度偏大置钉过深,则顶尖往往会超过椎体中线造成另一侧置钉困难。因此,笔者认为经胸椎椎弓根-肋骨结构单元置入螺钉时需随置钉节段的不同,相应调整置钉的角度,术中C型臂X线机透视以获得矢状角度及深度的相关信息,并将进钉角度与置钉深度联系起来,结合常规传统探针探测钉道四周骨壁及深度,这样可以减少T1~T10胸椎经椎弓根-肋骨结构单元途径置入螺钉的并发症。

[参考文献]

[1] ODEY D,PRESCHEA A,PALLUA N. Vascular reliability

of nipple-areola complex-bearing pedicles;an anatomical microdissection study [J]. *Plast Reconstr Surg*,2007,119(4):1167-1177.

- [2] KOTIL K,BILGE T. Accuracy of pedicle and mass screw placement in the spine without using fluoroscopy: a prospective clinical study [J]. *Spine J*,2008,8(4):591-596.
- [3] 毛克亚,王岩,张永刚,等. 胸椎椎弓根螺钉置入位置的评价 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*,2005,15(4):222-224.
- [4] 李振宙,侯树勋. 胸椎经椎弓根螺钉固定技术的相关问题 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*,2002,12(1):60-62.
- [5] VACCARO A R,RIZZOLO S J,BALDERSTON R A, 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(4):1200-1206.
- [6] HUSTED D S,HAIMS A H,FAIRCHILD T A, et al. Morphometric comparison of the pedicle rib unit to pedicles in the thoracic spine [J]. *Spine*,2004,29(2):139-146.
- [7] YUKSEL K Z,ADAMS M S,CHAMBERLAIN R H, et al. Pullout resistance of thoracic extrapedicular screws used as a salvage procedure [J]. *Spine J*,2006,7(3):286-291.
- [8] THALOGOTT J,KABINS M,GIUFFRE J, et al. A novel approach toward pedicle screw placement in the thoracic spine [J]. *Spine J*,2002,2(5):117-118.
- [9] 史亚民,侯树勋,韦兴,等. 青少年胸椎椎弓根影像学特征及其临床意义 [J]. *中国矫形外科杂志*,2003,11(21):1469-1472.
- [10] 陈家强,周立兵,余明华,等. 胸腰椎椎弓根的解剖学测量及其临床意义 [J]. *解剖学研究*,2004,26(1):63-65.
- [11] POLLY D W,POTTER B K,KUKLO T, et al. Pedicle morphology in thoracic adolescent idiopathic scoliosis:is pedicle fixation an anatomically viable technique [J]. *Spine*,2003,29(18):63-69.
- [12] 阮狄克,徐建强,蔡福金,等. 经椎弓根内固定的形态与生物力学研究 [J]. *中华矫形外科杂志*,2000,7(6):562-564.
- [13] 王根林,杨慧林. 国人下胸椎及腰椎经椎弓根内固定应用解剖新进展 [J]. *中国矫形外科杂志*,2005,13(5):383-385.
- [14] ACIKBAS S C,TUNCER M R. New method for intraoperative determination of proper screw insertion or screw malposition [J]. *J Neurosurg*,2000,93(1):40-44.

(2012-12-23 收稿)