

综述

胸椎椎弓根螺钉置入技术研究进展

董献成, 荆鑫

(江苏省扬州市第一人民医院脊柱关节外科 225000)

中图分类号: 687.3, R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2008)-01-0074-04

椎弓根螺钉(pedicle screw, PS)固定技术是脊柱后路内固定方法最显著的进展。近年来,椎弓根螺钉内固定系统已广泛应用于脊柱畸形、脊柱骨折脱位、脊椎滑脱和退变性椎间盘病变等多种疾病的治疗,极大地推进了脊柱外科的进展。胸椎作为脊柱的重要组成部分,其位置和解剖结构都有较大的特殊性,椎弓根矢状径、横向宽度及矢状面角度变化较大,而且其周围有较多重要的血管和神经,胸椎椎弓根螺钉固定失败后极易造成严重后果。因此,对胸椎椎弓根螺钉固定技术的研究显得尤为重要。笔者就胸椎解剖特点及胸椎椎弓根螺钉置入方法和相关的辅助技术进行综述。

1 胸椎解剖特点

正常成人胸椎序列后凸成角,胸椎椎体自上而下逐

渐增大,椎体外侧面的上部和下部与肋骨小头构成肋椎关节。椎弓根位于椎体上方后部,矢状径比横径长,且横径及矢状径在不同椎体变化均较大,对此,国内外学者做了研究和报告。Panjabi 等^[1]应用表面解剖学方法测量了 144 个正常成人胸椎, Ebraheim 等^[2]应用解剖学方法测量了 43 具干燥正常成人的 516 个胸椎,史亚民等^[3]应用解剖学方法测量了 40 具国人正常成人干燥胸椎标本,其胸椎椎弓根的矢状径和横径结果见表 1。史亚民等^[3]还测量了椎弓根的外倾角和椎弓根后缘至椎体前缘皮质的距离,从 T1~T12 椎弓根外倾角度逐渐减小,自 $33.1^{\circ} \pm 3.1^{\circ} \rightarrow -10.1^{\circ} \pm 4.9^{\circ}$,椎弓根后缘皮质至椎体前缘皮质长度从 T1 到 T7 逐渐增加 ($34.2 \pm 2.1\text{mm} \rightarrow 42.1 \pm 2.4\text{mm}$),T7 到 T12 基本相同 ($42.1 \pm 2.4\text{mm} \sim 43.2 \pm 3.3\text{mm}$)。

表 1 正常成人胸椎椎弓根的矢状径(PH)及横径(PW) ($\bar{x} \pm s$, mm)

	Panjabi 等 ^[1]		Ebraheim 等 ^[2]		史亚民等 ^[3]	
	PH	PW	PH	PW	PH	PW
T1	9.6±0.5	8.5±0.5	8.2±0.8	9.6±1.2	9.2±0.8	8.4±0.9
T2	11.4±0.4	8.2±1.1	9.7±0.9	6.4±0.7	10.8±1.2	6.4±1.2
T3	11.9±0.3	6.8±0.7	10.0±1.1	4.7±0.9	11.2±1.4	4.9±0.9
T4	12.1±0.5	6.3±0.6	10.4±0.7	3.7±0.8	10.7±2.0	4.3±0.8
T5	11.3±0.5	6.0±0.5	9.4±0.8	4.3±0.8	10.7±1.3	4.2±0.8
T6	11.8±0.5	6.0±0.9	10.4±1.1	3.8±0.8	10.6±1.2	4.5±0.8
T7	12.0±0.3	5.9±0.7	10.4±0.8	4.6±0.7	10.9±1.1	4.9±0.8
T8	12.5±0.5	6.7±0.5	11.2±0.7	4.8±0.5	11.6±1.0	5.3±0.8
T9	13.9±0.7	7.7±0.6	12.8±1.0	5.4±0.9	12.9±1.4	5.9±0.9
T10	14.9±0.4	9.0±0.8	14.0±1.0	5.8±0.7	15.0±1.4	6.9±1.1
T11	17.4±0.4	9.8±0.6	16.1±0.8	8.6±0.6	16.9±1.3	8.6±1.2
T12	16.7±0.8	8.7±0.8	15.2±0.9	8.7±0.7	17.1±1.3	8.5±1.4

2 胸椎椎弓根螺钉的置入方法

与所有其他椎体椎弓根螺钉置入一样,胸椎椎弓根螺钉的置入也涉及置入点的定位、置入方向的选择及置入深度的确定等问题。理论上,理想的置入点位于椎弓根轴心投影到脊柱后柱的对应点,理想的置入方向应为能完全使置入的椎弓根螺钉位于椎弓根中。国内外学者总结了大

量的椎体解剖学特点、生物力学特性,根据临床的实际需要,归纳了多种胸椎椎弓根螺钉置钉方法。

Roy-Camille 等^[4]首先提出以胸椎横突中轴线与关节突关节中线交点为进钉点、螺钉直向拧入并平行于椎体终板的螺钉置入方法。然而对于中上胸椎,椎弓根与矢状面常有一向前内走向的夹角,直向置钉有穿破椎弓根的风险。因此, Louis^[5]建议不同节段采用不同的进钉点, T1~T3 为上位胸椎下关节突下 3mm 和关节突外缘内 3mm 处进钉; T4~T10 为关节突外缘更内侧一些,上胸椎进钉方向有

第一作者简介:男(1981-),医学硕士,研究方向:脊柱外科
电话:(0514)7907305 E-mail: dxc2737@126.com

15°~20°的内斜角,中下段胸椎螺钉直向向前。因中上胸椎椎弓根横径较细,而且解剖上有一定差异,此法置钉仍存在一定的穿破椎弓根侧壁、伤及脊髓等潜在风险。鉴于此,Xu 等^[6]提出了切除部分椎板、直视下置入胸椎椎弓根螺钉的方法,并和 Roy-Camille 技术在 10 具尸体 T1~T10 的标本上行模拟螺钉置入的对比研究,发现前者的椎弓根穿破率(15.9%)显著低于后者(54.7%),因此建议在胸椎椎弓根螺钉置入时应用此法。Ebraheim 等^[7]通过解剖学方法研究了 43 具干燥胸椎标本(516 个椎体)的椎弓根轴在椎体后方的投射点,发现 T1~T2 投射点在上关节突外缘内 7~8mm,横突中线上 3~4mm;T3~T12 投射点在上关节突外缘内 4~5mm,横突中线上 5~8mm;椎弓根轴的横向角度 T1~T2 为 30°~40°,T3~T11 为 20°~25°,T12 为 10°,认为此对椎弓根螺钉置入具有重要参考意义。Kim 等^[7]总结了 10 年间 394 例患者置入的 3204 个胸椎椎弓根螺钉,给出了全部胸椎(T1~T12)椎弓根螺钉的推荐置入点:下胸椎(T10~T12)置入点定位于中分横突的水平线和椎弓根外侧缘垂线的交点;随着向中胸椎推移,置入点也逐渐向中间移动,在 T7~T9 节段置入点最靠近中点,位于上关节突中点外侧缘的垂线和横突上缘的水平线的交点;随着向上胸椎移动,置入点又逐渐向外侧推移,在 T1~T2 节段置入点位于椎弓根峡部外侧缘的垂直线和中分横突的水平线的交点。同时,应用特制的弯曲变速探针确定椎弓根螺钉的置入方向。史亚民等^[8]建议选择椎板来确定螺钉与冠状面之间夹角,即从 T1 到 T10,螺钉方向基本与椎板垂直,在 T11、T12,螺钉尾端后倾与椎板成 80°~85°夹角。

为了解决胸椎椎弓根横径过于窄小所带来的椎弓根螺钉置入风险,在椎弓根螺钉置入方法上,一些学者做了不同的尝试。Dvorak 等^[9]首先设计椎弓根外入路的置入方法,其进钉点位于横突末端头侧 1/3,钉道经过肋横突关节和肋椎关节至椎体,椎弓根钉向内成角,并在胸椎尸体标本上进行解剖和生物力学评价,认为此法优于经椎弓根螺钉置入的经典置入方法。Morgenstern 等^[9]在 12 具尸体胸椎标本上进行椎弓根外入路和椎弓根入路置钉并做了屈伸、扭转和侧屈的生物力学对比实验研究,发现椎弓根外入路置钉技术和传统的椎弓根入路置钉技术具有相似的稳定性,但手术安全性高。Husted 等^[10,11]从解剖及形态上描述了胸椎经“椎弓根-肋骨”置入胸椎椎弓根钉的方法,得出此法具有安全、容易的优点,是一种有待进一步研究的潜在置入方法。韦兴等^[12]从生物力学上比较了经“椎弓根-肋骨”置钉和经典的经椎弓根置钉的抗拔出力量,经“椎弓根-肋骨”置钉抗拔出力量(423.1±198.7N)明显小于经椎弓根置钉(783.3±199.5N),认为经“椎弓根-肋骨”置钉只能作为椎弓根置钉的一种补充。

椎弓根螺钉通道的长度决定了某个椎体水平的螺钉长度。理想的置入深度应该是在不造成椎体本身的破坏和不引起手术不良后果时,尽可能地提高其生物力学性能,使椎弓根螺钉有最大的抗拔出力量。Krag 等^[13]研究发现,

螺钉拧入深度达椎体前后径的 50%是拧入深度为 80%的拔出力量的 75%~77%,拧入达 100%(到达前方骨皮质)时,拔出力量是拧入 80%的 124%~125%。然而,考虑到螺钉置入深度过深,有穿透前方骨皮质损伤血管、神经和脏器等的风险,目前多数学者建议椎弓根螺钉放置深度为椎体前后径的 80%^[14,15]。

3 影像学辅助技术

3.1 术前影像学检查

术前的影像学检查是胸椎椎弓根螺钉置入的重要一步。胸椎正侧位 X 线片可以从冠状及矢状面上评价胸椎,大致显示椎体的序列,椎体及椎弓根的大小,有无解剖学变异。X 线平片还可以为一些特殊患者如解剖变异者提示手术路径。但是,对于椎弓根的具体形态以及椎弓根与周围软组织的毗邻,X 线平片难以清楚显示。

CT 和 MRI 为了解椎弓根的形态、神经脊髓的解剖位置提供了更有价值的信息。轴向 CT 扫描能测量椎弓根的大小,MRI 分辨骨性物质较 CT 为差,但可以弥补 CT 难以分辨椎管内脊髓及神经根等软组织的缺点。这些影像学检查可以帮助选择椎弓根螺钉的长度、直径以及提示置入的轨道。对于脊柱外伤、感染、肿瘤和结核,还可以帮助确定患病椎节的水平,从而帮助确定椎弓根螺钉置入的椎体节段。

X 线、CT 和 MRI 等检查还可以帮助确定胸主动脉和胸椎椎弓根的位置关系。正常情况下,胸主动脉位于胸椎椎体的左前外侧。然而,对于原发右侧胸弯的特发性脊柱侧凸患者,胸主动脉的位置关系显著不同。Sucato 等^[16]应用 X 线、MRI 检查对比研究了 36 例原发右侧胸弯的特发性脊柱侧凸患者和 43 例无脊柱畸形者,发现和无脊柱畸形者相比,右侧胸弯患者的胸主动脉更靠近外后方。因此,对于在凹侧面放置胸椎椎弓根螺钉治疗右侧胸弯的患者尤应注意勿伤及胸主动脉。

3.2 术中影像学监测

术中影像学监测对安全置入椎弓根螺钉有很大帮助。X 线透视是最常见的辅助影像工具,依赖 CT 的计算机导航设备等先进影像辅助技术也在不断的研究探索中。

多角度 X 线透视可以在术中随时评价椎弓根螺钉的位置,但是 X 线透视会给患者和术者带来射线照射的隐形损害,而且术中 C 型臂 X 线透视效果很大程度上和设备的优劣及操作人员的经验有关,肋骨、肩胛骨及较多软组织同样会给透视效果带来不利影响。Carbone 等^[17]研究了胸椎和胸腰段椎弓根螺钉的术中透视辅助技术,回顾性评价 41 例外伤性脊柱脊髓损伤患者,术后 CT 检查发现,在置入的 126 个胸椎椎弓根螺钉中,共有 12.7%(16/126)的椎弓根螺钉穿破椎弓根皮质,其中仅 2.4%(3/126)穿破内侧皮质,认为在胸椎弓根螺钉置入中应用多角度透视安全有效。Kuntz 等^[18]通过连续 18 个月的观察前瞻性研究了透视辅助技术下的胸椎椎弓根螺钉的置入,29 例各种脊柱

脊髓疾病患者, 术后 CT 扫描研究了 209 个螺钉中的 199 个椎弓根螺钉, 27.6% 的椎弓根螺钉完全位于椎弓根中, 57.3% 的椎弓根螺钉穿破椎弓根外侧壁, 13.6% 椎弓根螺钉穿破椎弓根内侧壁, 但没有出现术后神经损伤症状, 认为术中透视辅助技术的应用在胸椎椎弓根螺钉置入手术中是有效的。

计算机导航技术是近年术中辅助技术研究的热点。其原理是首先将患者术前 CT 三维重建影像存入计算机, 术中根据三维数据和脊柱结构做多点匹配, 创造出三维虚拟环境引导术者置入内固定。Laine 等^[19]对 100 例患者进行传统 C 型臂 X 线透视辅助下置入椎弓根螺钉和依赖 CT 的计算机辅助导航下胸椎和胸腰段椎弓根螺钉置入技术对比研究, 两种方法各应用于 50 例患者, 发现在传统方法中 13.4% (37/277) 的椎弓根钉穿破椎弓根皮质, 计算机辅助导航技术中椎弓根钉穿破椎弓根皮质为 4.6% (10/219), 计算机辅助技术可以明显提高置钉的准确性。

4 术中神经电生理监测技术

术中神经电生理监测包括监护脊髓的躯体感觉诱发电位 (SSEP) 和运动诱发电位 (MEP), 监护神经根的皮节体感诱发电位 (DSEP) 和肌电图 (EMG)。

SSEP 作为术中脊髓连续性监测的主要方法被推广使用, 此法监护的主要是脊髓的感觉传导束。Accadbled 等^[20]术中运用间断诱发、硬膜外单电极监护的方法监护了 191 例应用椎弓根螺钉行脊柱侧凸矫形术的胸腰椎脊柱侧凸患者, SSEP 对于术中脊髓损伤有 100% 的敏感性和 52.69% 的特异性。

电或机械刺激引发的 EMG 较多应用于椎弓根螺钉手术的术中监护。Raynor 等^[21]评价了 EMG 监护的 92 例各种脊柱脊髓疾病患者 677 个胸椎椎弓根螺钉 (T6~T12) 固定手术, 认为置入单个椎弓根螺钉时 EMG 的阈值小于 6mA, 且和同一例患者置入的其他椎弓根钉阈值相比下降了 60%~65%, 提示椎弓根内侧壁受到损害, 作者认为此标准可作为术中应用 EMG 监护椎弓根螺钉置入时手术安全性的评价标准。Shi 等^[22]在术中应用 EMG 监测了 22 例脊柱脊髓疾病患者置入胸椎椎弓根螺钉的手术, 记录到其中 87 个椎弓根螺钉置入时的肌电图变化, 并在术后进行 CT 扫描对比研究, 在刺激阈值大于 11mA 时, 97.5% 的椎弓根螺钉未穿破骨皮质, 作者认为术中肌电图监测可在判断置入胸椎椎弓根螺钉是否穿破椎弓根内侧皮质时提供快速而有用的信息。

Gunnarsson 等^[23]在术中用神经电生理监护的方法监护了 213 例胸腰段脊柱手术的患者, 其中 69 例行脊柱融合手术, 发现对于判断术后是否出现新的神经功能缺陷, 连续的 EMG 有 100% 的敏感性和 23.7% 的特异性, SSEP 有 28.6% 的敏感性和 94.7% 的特异性, 认为结合 SSEP 和连续诱发的 EMG 进行术中神经损伤的监护是安全有效的方法。

虽然胸椎椎弓根螺钉固定技术有一定的手术风险, 但在治疗脊柱创伤及疾病方面, 仍有不可替代的优越性。外科医生只有充分了解脊柱的解剖结构, 熟练掌握器械的应用及手术技巧, 才能降低手术风险。各种胸椎椎弓根螺钉置入方法的探索, 生物力学研究的深入, 术前和术中的各项辅助技术的进步, 不断推动着胸椎椎弓根螺钉固定技术的发展。

5 参考文献

1. Panjabi MM, Takata K, Geol V, et al. Thoracic human vertebrae: quantitative three-dimensional anatomy [J]. Spine, 1991, 16 (8): 888-901.
2. Ebraheim NA, Xu R, Ahamad M, et al. Projection of the thoracic pedicle and its morphometric analysis [J]. Spine, 1997, 22 (3): 233-238.
3. 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.
4. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Plating of thoracic, thoracolumbar and lumbar injuries with pedicle screw plates [J]. Orthop Clin North Am, 1986, 17 (1): 147-159.
5. Louis R. Spine internal fixation with lousis instrumentation. In: An HS, Cotler JM, eds. Spine Instrumentation [M]. Baltimore: Williams and Wilkins, 1992. 183-196.
6. Xu R, Ebraheim NA, Qu Y, et al. Anatomic considerations of pedicle screw placement in the thoracic spine: Roy-Camille technique versus open lamina technique [J]. Spine, 1998, 23 (9): 1065-1068.
7. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe [J]? Spine, 2004, 29 (3): 333-342.
8. Dvorak M, MacDonald S, Gurr KR, et al. An anatomic, radiographic, and biomechanical assessment of extrapedicular screw fixation in the thoracic spine [J]. Spine, 1993, 18 (12): 1689-1694.
9. Morgenstern W, Ferguson SJ, Berey S, et al. Posterior thoracic extrapedicular fixation: a biomechanical study [J]. Spine, 2003, 28 (16): 1829-1835.
10. 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.
11. Husted DS, Haims AH, Fairchild TA. Morphometric comparison of the pedicle rib unit to pedicles in the thoracic spine [J]. Spine, 2004, 29 (2): 139-146.
12. 韦兴, 侯树勋, 史亚民, 等. 胸椎经“椎弓根-肋骨间”螺钉与椎弓根螺钉固定的抗拔出力比较 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16 (8): 623-625.
13. Krag MH, Beynon BD, Pope MH, et al. Depth of insertion of transpedicular vertebral screws into human vertebrae: effect upon screw-vertebra interface strength [J]. J Spinal Disord, 1994, 7 (4): 389-394.

脊髓空洞症的外科治疗进展

李洪珂, 王文军

(南华大学附属第一医院脊柱外科 421001 湖南省衡阳市)

中图分类号: R744.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2008)-01-0077-04

脊髓空洞症(syringomyelia, SM)是由多种原因引起的缓慢进行性脊髓及/或延髓的退行性疾病, 是以充满液体的异常空腔为特征的脊髓内异常液体聚集状态。最常见于颈段, 在某些病例可向上延伸至延髓和脑桥(延髓空洞症)。多伴随颅颈交界畸形如 Arnold-Chiari 畸形(ACM), 也可由外伤、感染及肿瘤引起。脊髓空洞的发病机理至今尚无定论, 以 Gardner 的脑脊液冲击学说和 Williams 的颅内与椎管内压力分离理论影响较广泛, 但还没有一种理论能够解释本病的所有特征, 其中脑脊液循环和动力学在脊髓空洞症的发展中扮演着重要角色^[1]。由于 CT 的应用和磁共振成像的出现, 本病的诊断和治疗水平大大提高。保守治疗主要以神经营养为主, 但效果不理想; 放疗也因远期疗效不确切早已弃之不用, 目前的治疗方法主要是手术治疗^[2]。当患者出现各类空洞所致的症状时, 手术的干预是必要的。手术目的: (1) 进行颅颈交界区域减压, 解除该部位可能存在的畸形和其他病理因素; (2) 行空洞分流术使

空洞缩小解除内在压迫因素, 以缓解症状。手术方法主要有后颅窝减压术、空洞分流术以及脊髓空洞穿刺术。现将本病近年的外科治疗作一综述。

1 后颅窝减压术 (posterior fossa decompression, PFD)

此手术依据 Gardner 提出的脑脊液流体动力学理论, 有效、安全、简便, 适用于枕颈交界区畸形所致的脊髓空洞, 常作为首选治疗方法。手术时在枕外隆凸和 C3~C4 棘突间作正中切口, 咬除枕鳞部骨质 5×5cm, 切除枕骨大孔后缘, 寰椎后弓 2cm 宽, 必要时咬开 C2~C4 椎板, 敞开硬膜。但该技术式存在的争论较多, 主要是: (1) 骨性减压范围; (2) 对硬脑膜是否敞开和修补; (3) 蛛网膜粘连是否松解; (4) 下疝的小脑扁桃体是否切除等。Malsumoto 等^[3]认为后颅窝大范围减压并发病较多, 如后脑下沉、颈部活动受限、疼痛等, 应着重解除小脑扁桃体对延髓的压迫和相互间形成的粘连。有学者^[4]报道后颅窝小范围和大范围减压术的效果无差别。牛光明等^[5]认为枕大孔区畸形较轻, 小脑扁桃体下疝不明显, 无正中孔阻塞, 无梗阻性脑积水, 空洞在延髓或上颈髓者, 无需切开硬脑膜; 反之, 则应切开硬脑

第一作者简介: 男(1982-), 在读硕士, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0734)8279365 E-mail: lihongke06@126.com

- 1988, 1(4): 287-294.
14. Krag MH, Beynon BD, Pope MH, et al. An internal fixator for posterior application to short segments of the thoracic, lumbar, or lumbosacral spine: design and testing [J]. Clin Orthop, 1986, 203: 75-98.
15. 饶书城. 脊柱外科手术学[M]. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 1999. 354-356.
16. Sucato DJ, Duchene C. The position of the aorta relative to the spine: a comparison of patients with and without idiopathic scoliosis [J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(8): 1461-1469.
17. Carbone JJ, Tortolani PJ, Quartararo LG. Fluoroscopically assisted pedicle screw fixation for thoracic and thoracolumbar injuries: technique and short-term complications [J]. Spine, 2003, 28(1): 91-97.
18. Kuntz C 4th, Maher PC, Levine NB, et al. Prospective evaluation of thoracic pedicle screw placement using fluoroscopic imaging [J]. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(3): 206-208.
19. Laine T, Lund T, Ylikoski M, et al. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomised controlled clinical study in 100 consecutive patients [J]. Eur Spine J, 2000, 9(3): 235-240.
20. Accadbled F, Henry P, de Gauzy JS, et al. Spinal cord monitoring in scoliosis surgery using an epidural electrode: results of a prospective, consecutive series of 191 cases [J]. Spine, 2006, 31(22): 2614-2623.
21. Raynor BL, Lenke LG, Kim Y, et al. Can triggered electromyograph thresholds predict safe thoracic pedicle screw placement [J]? Spine, 2002, 27(18): 2030-2035.
22. Shi YB, Binette M, Martin WH, et al. Electrical stimulation for intraoperative evaluation of thoracic pedicle screw placement [J]. Spine, 2003, 28(6): 595-601.
23. Gunnarsson T, Krassioukov AV, Sarjeant R, et al. Real-time continuous intraoperative electromyographic and somatosensory evoked potential recordings in spinal surgery: correlation of clinical and electrophysiologic findings in a prospective, consecutive series of 213 cases [J]. Spine, 2004, 29(6): 677-684.
- (收稿日期: 2007-01-31 修回日期: 2007-06-14)
(本文编辑 李伟霞)