

tion of uniform surgical repair in fifty-one patients. *J Orthop Trauma* 2002, 16(2): 108-115.

5 Shen HS, Zhang CC, Xu SG, et al. Nithe Titanium swarlike memory connector: a new tool to treat humeral shaft nonunion. *Journal of medical colleges of PLA (China)*, 2004, 19(1): 39-44.

6 Mahalaxmi J, N adarajah R, Allen PW, et al. Ilizarov external fixator: acute shortening and lengthening versus bone transport in the management of tibial nonunions. *Injury*, 2005, 36(5): 662-668.

7 王素甫, 陈统一, 王晓峰, 等. 应用 Ilizarov 技术治疗气管状骨缺损性骨不连. *中华骨科杂志*, 2006, 26: 247-251.

8 Mayr E, M ockl C, Lenich A, et al. Low intensity ultrasound effective in treatment of disorders of fracture healing? *Unfallchirurg* 2002, 105(2): 108-115.

9 Saltzman C, Lightfoot A, Amendola A. PEMF as treatment for delayed healing of foot and ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2004, 25(11): 771-773.

10 Nelson FR, Brighton CT, Ryaby J, et al. Use of physical forces in bone healing. *J Am Acad Orthop Surg* 2003, 11(5): 344-354.

11 Luna GF, Lopez AR, Meschian CS, et al. Pulsed electromagnetic stimulation of regenerate bone in lengthening procedures. *Acta Orthop Belg*

2005, 71(5): 571-576.

12 Atesalp AS, Komurcu M, Basbozkurt M, et al. The treatment of infected tibial nonunion with aggressive debridement and internal bone transport. *Mil Med* 2002, 167(12): 978-981.

13 Bennett MH, Stanford R, Turner R. Hyperbaric oxygen therapy for promoting fracture healing and treating fracture nonunion. *Cochrane Database Syst Rev*, 2005, 25(1): CD004712.

14 Chooi YS, Penabaz R. Extracorporeal shockwave therapy in the treatment of nonunions. *Med JM alysia* 2004, 59(5): 674-677.

15 Mario R, Franco B, G iorgio Z, et al. Recombinant human bone morphogenetic protein-7 for treatment of long bone nonunion: an observational retrospective nonrandomized study of 105 patients. *Injury*, 2006, 37(S Issue 3): 51-56.

16 Colnot C, Thompson Z, Micku T, et al. Altered fracture repair in the absence of MMP9. *Development* 2003, 130(17): 4123-4133.

17 Lattemann C, Balzer AW, Zelle BA, et al. Feasibility of percutaneous gene transfer to an atrophic nonunion in a rabbit. *Clin Orthop Relat Res* 2004, 425: 237-243.

(收稿日期: 2007-03-12 本文编辑: 连智华)

中下颈椎经关节螺钉的基础与临床研究进展

赵刘军*, 徐荣明

(宁波市第六医院骨科, 浙江 宁波 315040)

关键词 颈椎; 关节; 内固定; 解剖学; 生物力学

Basic and clinical progression of screw fixation through posterior middle low cervical vertebra ZHAO Liu-jun, XU Rong-ming.

Department of Orthopaedics, the 6th Hospital of Ningbo, Ningbo 315040 Zhejiang China

Key words Cervical vertebra; Joints; Internal fixation; Anatomy; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma 2007, 20(6): 428-430 www.zggszz.com

中下颈椎(C₂-C₇)后路螺钉钢板(棒)固定作为一种有效的内固定技术已被国际公认,而技术的关键就在于螺钉锚点的提供,即螺钉的植入技术。最常采用的下颈椎(C₅-C₇)后路螺钉植入技术是侧块螺钉固定技术。侧块螺钉的植入技术有多种,An等^[1],Grob等^[2],Jeanmeret等^[3]及Roy-Canille等^[4]分别提出了自己的植入技巧,而最常采用的是Magerl和Roy-Canille技术。下颈椎椎弓根螺钉植入固定技术方面的基础和临床研究报道也已有不少^[5-7]。不论是侧块螺钉还是椎弓根螺钉的植入均要求有可靠的解剖参考点和形态连贯性,而当患者存在颈椎先天性畸形、肿瘤、创伤,或曾经有颈椎后路手术史时,由于其局部解剖结构变化较大,标准的螺钉植入技术往往会受到限制^[8]。对于枢椎,可以提供的螺钉固定方法有枢椎椎弓根螺钉和Magerl螺钉,但是由于枢椎横突孔过大,使枢椎峡部的宽度和高度减小,导致人群中约有20%以上的患者不适合这2种固定方法。虽然枢椎侧块螺钉固定技术可使93%以上的患者在枢椎实现螺钉固定,但仍有7%的患

者无法进行螺钉固定^[9-10]。近年来国外一些学者逐渐开始重视对于中下颈椎经关节螺钉的基础和临床应用研究,并取得了一些初步的成果^[8,11]。本文就中下颈椎经关节螺钉应用的相关基础与临床研究进展作一综述。

1 中下颈椎关节突关节的解剖结构与毗邻关系

中下颈椎关节突关节是由上位颈椎骨的下关节突与下位颈椎骨的上关节突的关节面构成的。上关节面呈扁卵圆形,朝向后上方,而相关的下关节面主要朝向前方,较上关节面更接近冠状位。中下颈椎关节突关节属于滑膜关节,关节面有软骨覆盖,关节囊附于关节软骨周缘,较为松弛。为进一步明确量化颈椎关节突关节的构成,国外许多学者作了大量的工作,其中测量最多并取得较为一致意见的是颈椎关节突关节的宽度(facet joint width)。Francis^[12]报道颈椎关节突关节宽度男性为10.1~12.3mm,女性为9.9~11.7mm。Panjabi等^[13]报道颈椎关节突关节宽度为10.2~13.9mm。Yoganandan等^[14]运用冰冻微切技术系统地解剖研究测量了颈椎关节的形态,包括关节宽度、

* 现地址: 浙江中医药大学骨伤科在读博士。邮编: 315040

关节软骨的厚度 (facet cartilage thickness)、软骨缺陷区 (the cartilage gap) 百分比。他们的结果显示: 颈椎关节平均宽度 11.3 mm; 平均关节软骨厚度女性 0.4 mm, 男性 0.5 mm; 软骨缺陷区占 16.4%。Inan 等^[15]还研究了颈椎关节突关节的滑膜皱襞分型, 他们依据大体形态及组织学检查, 将滑膜皱襞分为 3 型: 1 型, 滑膜皱襞呈新月形, 主要为脂肪组织。2 型, 滑膜皱襞顶端为致密纤维组织构成, 基底及中间部分由脂肪组织构成。此型滑膜皱襞大小形态差异较大, 一些椭圆形的滑膜皱襞可以突向关节腔。3 型, 滑膜皱襞较薄, 有凹凸不平的游离缘, 全部由纤维组织构成。此型滑膜皱襞可能是导致一些颈椎紊乱的病理因素。

中下颈椎关节突关节的前方为椎间孔, 而椎间孔的前方为椎体和椎间盘。与腰椎不同, 颈神经根位于椎间孔的下部^[16-19]。在椎间孔中, 颈神经根斜向前下外行, 恰位于椎动脉后方、侧块的腹侧沟中^[20-21]。在椎间孔外侧部, 神经根分为前后 2 支, 后支 (背侧支) 向后上行, 位于横突后脊上方上关节突基底前外侧, 前支 (腹侧支) 向前下行进入由横突前后支构成的沟中^[18, 20]。

2 中下颈椎经关节螺钉的植入技术及安全区域研究概况

关于中下颈椎经关节螺钉的进钉点和进钉方向, 有不同的见解。Takayasu 等^[11]采用侧块中线作为进钉点。螺钉向前侧、尾侧倾斜; 与侧块冠状面呈 $60^\circ \sim 80^\circ$ 角 (垂直于颈椎关节面), 平行于矢状面。他们认为, 椎动脉和颈神经根位于侧块的前方, 仅留 1 个螺纹在下关节突的前方是安全的。他们使用的螺钉长度为 10~18 mm。Dalcanto 等^[22]在进行中下颈椎经关节螺钉生物力学实验中提出: 螺钉植入的进钉点为侧块中点下 2 mm, 方向向尾侧倾斜 40° , 向外侧倾斜 20° 。这与 Klemp 等^[8]采用的螺钉植入技术基本相同。

不管采用何种螺钉植入技术, 都必须考虑到植入的安全性及安全范围, 围绕此点进行的相关研究很多。Ebraheim 等^[23]经过精确的解剖研究发现, 在运用 Roy-Camille 或 Magerl 技术时, 如水平面上向外侧角度小于 15° 均有损伤椎动脉的可能。Barrey 等^[24]运用解剖研究方法分别测量了 Roy-Camille 和 Magerl 技术中侧块螺钉安全区的范围, 并测量其矢状位安全角 (SSA: sagittal safety angle)。测量结果表明, 下颈椎运用 Roy-Camille 技术时, 其矢状位安全角 15.8° , 而运用 Magerl 技术时为 18.7° 。An 等^[1]建议螺钉的植入角度在水平面上应向外倾斜 30° , 这样可以减小椎动脉和神经根的损伤。颈椎椎间孔的前方为椎体和椎间盘, 后方为关节突关节, 神经根位于椎间孔的下半部分, 其余部分为脂肪和小静脉。所以当颈椎经关节螺钉植入时, 与侧块螺钉一样有损伤神经根的可能。目前尚无关于中下颈椎经关节螺钉植入的安全范围测量及安全性评价的系统研究资料。

3 中下颈椎经关节螺钉的生物力学测试与比较

Dalcanto 等^[22]收集 8 具中下颈椎标本, 并将其人为划分成 2 个运动单位 (C_2-C_4 , C_5-C_7)。随机在一半标本中的 C_2-C_4 运用经关节螺钉固定, C_5-C_7 运用侧块螺钉钢板固定; 而另一半标本中的 C_2-C_4 运用侧块螺钉钢板固定, C_5-C_7 运用经关节螺钉固定。于固定前后进行屈曲、伸展、侧屈、扭转试验并比较测试结果。通过比较研究证明经关节螺钉和侧块螺钉钢板

固定效果相当。Klemp 等^[8]收集 10 具新鲜人尸体颈椎标本 (年龄 69~91 岁), 一侧在 C_3-C_4 , C_5-C_6 和 C_7-T_1 节段分别植入经关节螺钉, 另一侧分别在 C_3 , C_5 和 C_7 节段植入侧块螺钉。植入螺钉均采用 3.5 mm 皮质骨螺钉, 固定后进行抗拔出测试。结果经关节螺钉的平均抗拔出出力为 467 N (192~1176 N), 而侧块螺钉的平均抗拔出出力为 360 N (194~750 N), 两者比较差异有显著性意义。实验还证明, 每个节段, 经关节螺钉均较侧块螺钉的抗拔出出力强, 其中差异最大的是 C_7-T_1 节段, C_7 侧块螺钉的抗拔出出力为 373 N, 而 C_7-T_1 经关节螺钉为 539 N。他们分析认为, 下颈椎经关节螺钉之所以较侧块螺钉有更强的抗拔出出力, 是因为它是通过 4 层皮质的固定 (four layer fixation)。他们关于侧块螺钉的生物力学测试结果与 Heller 等^[25]和 Jones 等^[26]的研究结果吻合, 后者测试的侧块螺钉的平均抗拔出出力为 350~355 N。

综上所述, 中下颈椎经关节螺钉的生物力学性能可与侧块螺钉钢板媲美, 较侧块螺钉有更强的抗拔出出力, 这为其运用于临床提供了较为充足的实验室数据。

4 中下颈椎经关节螺钉的临床应用

中下颈椎经关节螺钉行颈椎后路固定, 既可以单独使用 (双侧均运用中下颈椎经关节螺钉固定), 也可以作为锚定螺钉结合钢板或棒联合固定, 以进一步增强其稳定性。

最早报道将中下颈椎经关节螺钉用于临床的是 Roy-Camille, 他于 1972 年在颈椎骨折固定中, 由于病椎侧块骨折而采用了下颈椎经关节螺钉固定。之后, 又有一些相关报道, 但没有进行比较系统的研究^[27]。另一位报道运用中下颈椎经关节螺钉的是 Takayasu 等^[11], 他于 1997 到 2002 年运用中下颈椎经关节螺钉治疗 25 例患者, 平均年龄 15~84 岁。其中寰枢椎脱位伴类风湿性关节炎 6 例, 颈椎转移性肿瘤 4 例, 原发性肿瘤 3 例, 创伤 2 例, 颅底凹陷症 2 例, 退变性半脱位伴颈椎病 5 例。所有病例中, 中下颈椎经关节螺钉作为锚定螺钉运用于钉板或钉棒系统的 19 例 (钉棒系统 18 例, 为结合运用 Olenid Cervical System; 钉板系统 1 例, 为结合运用 Axis Fixation System), 单纯运用下颈椎经关节螺钉固定的 6 例 (多数运用于“扩大的椎板成形术”后)。术中所有螺钉都获得满意植入, 没有出现并发症。随访 3 个月~5 年, 从影像上没有发现明显螺钉退出或松动的迹象, 所有患者都获得满意融合^[11]。

5 中下颈椎经关节螺钉存在问题及其应用前景

当然, 运用下颈椎经关节螺钉也有其缺陷。首先, 中下颈椎经关节螺钉作为锚定螺钉结合钉板或钉棒系统使用时需要增加 1 个固定节段。其次, 中下颈椎关节面的解剖结构特点要求螺钉植入时向尾侧倾斜约 40° , 而由于受枕骨及头侧软组织的阻挡, 靠头侧的 $C_{2,3}$, $C_{3,4}$ 经关节螺钉植入时可能较为困难^[11]。再次, 中下颈椎关节突关节融合时关节软骨面去除存在困难, 周围神经血管有损伤可能, 螺钉植入时侧块也有损伤崩裂的危险。

侧块螺钉钢板系统固定的长期随访研究资料表明, 由于侧块螺钉松动拔出, 常可导致颈椎复位丢失, 后凸畸形出现^[25]。理论上讲脊椎的“力核”为椎弓根, 椎弓根固定更符合下颈椎后路固定的生物力学要求, 但有穿破椎弓根损伤颈脊

髓的危险。经关节螺钉虽然有一定缺陷,但在中下颈椎后路固定中还是有其良好的应用前景。如果中下颈椎后路解剖发生改变,例如有先天性畸形、肿瘤、创伤、感染、局部手术史或者侧块螺钉固定失败时,经关节螺钉可以作为替代用于后路的固定融合^[8]。由于中下颈椎经关节螺钉可以独立使用进行颈后路的固定,并且有较为可靠的生物力学稳定性,操作方便,不会有颈脊髓损伤的危险,因此可以减小手术创伤。立体定位导向装置的出现将会有效提高术中植入的准确性^[8]。如果技术成熟完全有可能采用微创经皮植入下颈椎经关节螺钉,这样将会对传统中下颈椎后路内固定技术的发展起一定促进作用。

6 中下颈椎经关节螺钉需要进一步研究的问题

目前,中下颈椎经关节螺钉固定技术在国外还处于研究探索阶段,虽有个别报道,但尚缺乏大宗的严密的解剖学研究、影像学评价、安全性评估及临床中长期的随访资料,对该螺钉植入技术的适应证也存在很多分歧,若要推广运用于临床仍需要开展大量细致的研究工作。

参考文献

- 1 An HS, Gordon R, Renner K. Anatomical considerations for plate-screw fixation of the cervical spine. *Spine* 1991, 16(Suppl): 548-551.
- 2 Grob D, Magerl F. Dorsal spondylosis of the cervical spine using a hooked plate. *Orthopa* 1987, 16: 55-61.
- 3 Jeanneret B, Magerl F, Ward E, et al. Posterior stabilization of the cervical spine with hook plates. *Spine* 1991, 16(Suppl 3): 56-63.
- 4 Roy-Canille R, Mazel C, Saillant G. Treatment of cervical spine injuries by a posterior osteosynthesis with plates and screws. In Kehr P, Weidner A. *Cervical Spine*. Vienna: Springer-Verlag, 1987: 163.
- 5 Jones EL, Heller JG, Silcox DH, et al. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws: Anatomical feasibility and biomechanical comparison. *Spine* 1997, 22: 977-982.
- 6 Ebraheim NA, Xu R, Knight T, et al. Morphometric evaluation of lower cervical pedicle and its projection. *Spine* 1997, 22: 1-6.
- 7 Seichi A, Takeshita K, Nakajima S, et al. Revision cervical spine surgery using transarticular or pedicle screws under a computer-assisted image guidance system. *J Orthop Sci* 2005, 10: 385-390.
- 8 Kakkamp JW, Ugho JL, Heller JG, et al. Cervical transfacet versus lateral mass screws: a biomechanical comparison. *J Spinal Disord*, 2000, 13: 515-518.
- 9 Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. *J Neurosurg* 1996, 85: 221-224.
- 10 Ebraheim N, Rollins JR, Xu R, et al. Anatomical consideration of C2 pedicle screw placement. *Spine* 1996, 21: 691-695.
- 11 Takayasu M, Hamam, Yamachi K, et al. Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine. Technical note. *J Neurosurg* 2003, 99: 132-136.
- 12 Francis CC. Variations in the articular facets of the cervical vertebrae. *Anat Rec* 1955, 122: 589-602.
- 13 Panjabi MM, Oxland T, Takata K, et al. Articular facets of the human spine: Quantitative three-dimensional anatomy. *Spine* 1993, 18: 1298-1310.
- 14 Yoganandan N, Knowles SA, Mainan DJ, et al. Anatomical study of the morphology of human cervical facet joint. *Spine* 2003, 28: 2317-2323.

- 15 Inami S, Kaneoka K, Hayashi K, et al. Types of synovial fold in the cervical facet joint. *J Orthop Sci* 2000, 5: 475-480.
- 16 Daniels DL, Hyde JS, Kneeland JB, et al. The cervical nerves and foramina: local coil MR imaging. *Am J Neuroradiol* 1986, 7: 129-133.
- 17 Pech P, Daniels DL, Williams AL, et al. The cervical neural foramina: correlation of microtomy and CT anatomy. *Radiology* 1985, 155: 143-146.
- 18 Tanaka N, Fujimoto Y, An HS, et al. The anatomical relation among the nerve roots, intervertebral foramina, and intervertebral discs of the cervical spine. *Spine* 2000, 25: 286-291.
- 19 Ebraheim NA, Haman SE, Xu R, et al. The anatomical location of the dorsal ramus of the cervical nerve and its relation to the superior articular process of the lateral mass. *Spine* 1998, 23: 1968-1971.
- 20 Ebraheim NA, An HS, Xu R, et al. The quantitative anatomy of the cervical nerve root groove and the intervertebral foramen. *Spine* 1996, 21: 1619-1623.
- 21 Pait TG, McAllister PV, Kaufman HH. Quadrant anatomy of the articular pillars (lateral cervical mass) of the cervical spine. *J Neurosurg* 1995, 82: 1011-1014.
- 22 Dakanto RA, Lieberman I, Inceoglu S, et al. Biomechanical comparison of transarticular facet screws to lateral mass plates in two-level instrumentations of the cervical spine. *Spine* 2005, 30: 897-902.
- 23 Ebraheim NA, Xu R, Yeasting RA. The location of the vertebral artery foramen and its relation to posterior lateral mass screw fixation. *Spine* 1996, 21: 1291-1295.
- 24 Barry C, Mertens P, Jund J, et al. Quantitative anatomical evaluation of cervical lateral mass fixation with a comparison of the Roy-Canille and the Magerl screw techniques. *Spine* 2005, 30(6): E140-147.
- 25 Heller JG, Carlson GD, Abitbol JJ, et al. Anatomical comparison of the Roy-Canille and Magerl techniques for screw placement in the lower cervical spine. *Spine* 1991, 16(Suppl 1): S552-557.
- 26 Jones EL, Heller JG, Silcox DH, et al. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws: Anatomical feasibility and biomechanical comparison. *Spine* 1997, 22: 977-982.
- 27 Roy-Canille R, Saillant G. *Chirurgie du rachis cervical: Luxation-fracture des articulaires*. Nouv Presse Med, 1972, 1: 2484-2485.

(收稿日期: 2006-02-20 本文编辑: 李为农)

更正启事

由于编校失误,将 2007年第 20卷第 4期目次中“颈痛颗粒有奖征文通知”页码“226”,错排为“222”,特此更正。由于我们工作失误给广大读者带来的不便,深表歉意!

《中国骨伤》杂志社