

枕颈后路融合术的解剖与生物力学进展

胡鑫华, 徐荣明, 马维虎

【关键词】 寰枕关节; 寰枢关节; 脊柱融合术; 解剖; 生物力学; 综述文献

【中图分类号】 R322.7; R356.1 【文献标识码】 B 【文章编号】 1672-2957(2005)06-0358-04

枕颈复合体 (occipito-atlanto-axial complex) 是指寰枕和寰枢关节及其韧带连接形成的功能完整的复合结构。因具有独特的解剖与生物力学特点, Goel 等^[1]最早将其作为一个解剖和功能单元来研究。随着现代影像学 and 生物力学研究的进步, 人们对枕颈部各种疾患的病理机制有了更深的了解, 各种新型的枕颈内固定术式及内固定器械也得到开发与应用。本文就近年来相关文献作一综述。

1 枕颈部应用解剖学进展

1.1 枕骨

枕骨的定量解剖研究表明枕骨适合植钉的部位主要在枕骨粗隆及枕骨髁。童春民等^[2]对 31 例正常成人颅骨枕骨厚度进行 CT 测量, 结果显示在距后中线两旁 40 mm 范围内, 枕骨最厚为枕外隆凸处 (18.85 ± 3.49) mm。最薄为枕外隆凸下 16 mm, 距后正中线 40 mm 处 (8.23 ± 1.75) mm, 认为枕骨置钉长度距后中线 10 mm 范围内不超过 11 mm, 10 ~ 30 mm 范围内不超过 10 mm。Ebraheim 等^[3]观察了 52 具干燥枕骨, 其中男 25 具, 女 27 具, 认为在枕外隆凸水平枕骨处最厚 (其中男 11.5 ~ 15.1 mm, 女 9.7 ~ 12.0 mm)。从枕外隆凸向两侧延伸 23 mm, 枕骨厚度 > 8 mm, 并且此区域皮质骨较厚而少有板障骨。因此在上项线水平自枕骨粗隆中心旁开 20 mm, 粗隆中心下 10 mm 后中线旁开 10 mm 及枕骨粗隆下 20 mm 后中线旁开 5 mm 的区域置 8 mm 长的螺钉是安全的。植钉的主要风险是损伤硬脑膜、静脉窦。螺钉固定在枕骨粗隆上抗拔出最大, 在厚度超过 7 mm 的枕骨区域, 单层皮质螺钉和双层皮质螺钉及钢丝的拔出相当, 却可以避免双皮质螺钉和钢丝固定潜在的并发症^[4,5]。枕骨表面的解剖中线与实际的枕嵴的位置并不完全相同。枕嵴与正中位置分离 2° 以上约 48%, 其中枕嵴位于中线

右侧的约占 40%, 左侧占 8%^[6]。所以术前作 CT 评价是必要的。

相对枕骨粗隆而言, 枕骨髁位置深, 解剖关系复杂。枕髁中部凸起呈船形。同时枕髁后方有一髁窝, 有助于寰枕关节充分后伸。寰枕关节有一定的内倾角, 周围有坚强的关节囊和韧带附着, 这些结构保证了头颅的重量可完全向寰椎传递, 限制了枕髁向侧方移位。枕髁的横径和矢径均 > 5 mm, 允许植入一枚直径 3.5 mm 的螺钉。枕髁的高度在数据上分布比较偏态, 说明其存在较大的差异, 提示临床上对枕髁进行固定时要强调个体化, 重视术前薄层 CT 扫描^[7]。

1.2 寰枢椎

我国人的寰椎侧块的宽度、厚度、高度分别为 (15.47 ± 1.19) mm, (17.21 ± 0.93) mm, (14.09 ± 1.92) mm, 寰枢关节面的横径 (17.90 ± 1.18) mm, 纵径 (15.63 ± 1.04) mm, 寰枢关节在冠状面上的角度 $34.57^\circ \pm 3.77^\circ$ 。正中中线到寰椎侧块中点、横突孔内壁、椎弓根内缘的距离分别为 (17.6 ± 1.2) mm, (23.0 ± 1.7) mm, (12.7 ± 1.0) mm。表明侧块上有足够的空间植入螺钉。寰椎侧块螺钉的拔出平均为 (1718.2 ± 422.7) N, 明显小于枕骨螺钉的拔出 (2961.8 ± 879.5) N, 与枢椎椎弓根螺钉的拔出 (1631.9 ± 429.3) N 相当。螺钉的进针方向在矢状面应向上约 20°, 横断面上向内倾斜约 15°, 螺钉在侧块内的长度约 20 ~ 23 mm^[8-10]。

我国人的枢椎椎弓根宽度平均为 (8.25 ± 1.50) mm, 可应用 3.5 mm 直径螺钉内固定, 仅 17.5% < 4.5 mm, 而枢椎椎弓根宽度位于 3.8 ~ 4.5 mm 者可应用 2.7 mm 直径螺钉内固定, 椎弓根宽度 < 3.8 mm, 不适合采用经关节螺钉固定^[11]。因此, 术前常规行寰枢椎 CT 扫描与三维重建, 确定枢椎椎弓根宽度, 避免螺钉穿出椎弓根, 损伤脊髓神经与椎动脉。

1.3 枕颈部神经血管分布与临床意义

枕颈部神经、血管分布复杂,这也是造成枕颈部手术的高难度和高风险的原因之一。椎动脉走行于横突孔内,在枕颈部通常有 4~5 个较恒定的弯曲。椎动脉出寰椎横突孔后,恒定走行于椎动脉沟内,不影响对寰椎后弓与侧块小关节移行处的显露。在显露寰椎后弓后缘时,距寰椎后中线两侧 12 mm 置钉是安全的,显露后弓上缘时,显露的范围在寰椎中线两侧 8 mm 以内^[12]。椎动脉有时出现在枢椎椎弓“高跨”现象,通常认为不适合进行枢椎椎弓根螺钉或寰、枢椎经关节螺钉内固定^[13]。但椎动脉在 C₁和 C₂之间行走,对寰椎侧块小关节突和后弓无明显遮挡。C₁神经背侧支在寰椎后弓上方和椎动脉下方穿过,进入枕下三角,C₂神经根节在寰、枢椎间关节的内侧发出前、后支,后支主要组成枕大神经。C₂神经背侧支在寰椎后弓与枢椎椎板之间向后外侧行走,于头下斜肌下方穿出,与寰椎侧块下关节突后方几乎无交叉,并有一定的活动度,故对寰枕关节经关节螺钉内固定的进针无明显干扰^[6,9]。

2. 枕颈后路融合术式

Cone 等报道钢丝捆扎髂骨片枕颈融合方法,为现代手术方法奠定了基础。枕颈融合术有多种,其主要的区别在于枕部的固定方式。一种固定在枕骨粗隆附近,一种固定在枕骨髁。颈部可以选择侧块、椎弓根、椎板或关节突作为固定点。固定的材料从最初的钢丝、钛缆、金属棒、椎板夹发展到各种螺钉配合钢板、钛棒组成多种钉板、钉棒固定系统。

2.1 钢丝加植骨块或金属棒固定

最初有钢丝捆扎植骨块的 Wiesel - Rothman 法:后入路于颈后正中切口,依次显露枢椎棘突及椎板至双侧关节突、寰椎后弓双侧距中线 15 mm 内、枕骨背面,用牙科钻去除枕骨双侧骨皮质并在枕骨后面钻孔 3 个,中间及两侧各 1 个,经此孔用神经剥离器把硬脊膜从枕骨内面分离,穿入钢丝并绕过寰椎后弓和枢椎椎板下,捆扎取至肋骨或髂骨的植骨块固定。或将可塑性金属棒(通常用 Luque 棒)弯成倒 U 形、O 形或其他形状,在枕骨外板钻孔,将棒的一端用钢丝固定在枕骨,而另一端通过椎板下钢丝固定于颈椎的棘突或椎板上,其固定的原理和钢丝捆扎条形植骨块一样,但金属棒增加了固定的强度,提高了稳定性。此类枕颈融合术常不能达到即时的坚强固定,术后需要辅以长期外固定。另外椎板下穿钢丝,易损伤脊髓,操作时有一定风险,所以近年来临床多采用坚强的内固定辅以植骨融合。

2.2 螺钉、椎板夹加钢板、棒内固定

1989 年 Roy - Camille 首先设计了枕颈固定钢

板。钢板全长 9.5 cm,中间增厚并有 105°弯曲,以适应正常的枕颈弧度,枕颈两端各有 3 个螺孔,通过螺钉将钢板固定于枕骨及 C_{2,3} 关节突上,由于钢板尺度和螺钉孔的位置固定,手术中操作困难。

Axis 颈椎后路内固定系统由 Sofamor Danek 公司设计。由双钛合金板和内固定螺钉组成,其钢板从 2 孔到 14 孔不等,孔距有 11 mm、13 mm、15 mm 三类,每个螺孔呈 8 字形,相邻螺孔间有凹槽连接,配有松质骨和皮质骨两种螺钉,直径有 3.5 mm 和 4.0 mm,长度有 6~28 mm 多种规格。术中可根据进针点和进针方向将钢板进行三维方向折曲而不影响螺孔形状及螺钉固定效果,8 字形钢板螺孔允许螺钉向不同方向固定(纵向 104°,横向 60°)。双侧钢板固定具有良好的抗旋转作用,使枕颈固定更牢固。双钢板间留下较多供植骨融合的区域,有利于植骨融合。钛合金具有良好的生物相容性和 MRI 检查的适应性。该系统是目前临床常用的钉板内固定系统。

枕颈 CD 内固定系统(Sofamor Danek 公司生产)是一 U 形的棒环结构,其环状部为 2 mm 厚的扁形,其上有 5 个用于螺钉固定的圆孔,直部是粗糙面的 CD 棒,借助普通椎板 CD 钩将棒部固定于颈椎的椎板上(一般固定于 C₃ 椎板上缘及 C₄ 椎板的下缘),环部用皮质骨螺钉固定于枕骨上。棒与环之间有 110°的成角,手术中可根据具体情况以折弯器调整此角度。左右两棒间以横杆相连。借助于皮质骨螺钉和椎板钩完成枕颈部的固定。

枕颈 CCD 内固定系统是(Sofamor - Danek 公司)在枕颈 CD 基础上研制而成,它是直接由两根直径 5 mm、长 60 mm 或 160 mm 的枕颈棒组成,两棒的枕部无环形结构相连,而两棒之间的横杆、椎板钩、螺钉等类似枕颈 CD,棒的枕部与颈部之间可调节角度,枕部通过螺钉固定于枕骨,颈部通过椎板钩固定于 C₂₋₄ 椎板,通过横向连接器将左右连接起来。与枕颈 CD 系统相比,枕颈 CCD 具有植入简单、固定效果可靠的优点。

Cervifix 内固定系统是 AO 学会推荐使用在颈后路固定的棍、板、夹组配型张力带系统。采用钛金属材料制成,由枕颈板棍、固定夹、AO 螺钉、横向连杆构成,棍的头侧为 3 孔钢板,可以固定 3 枚单皮质螺钉于枕外隆凸的两侧;板棍的尾侧为直径 4 mm 圆棒。固定夹可以在圆棒上滑动,通过拧紧固定夹上的固定螺丝可将夹安装于棒的任意位置;AO 螺钉在圆棒内侧穿过固定夹固定于 C₂ 椎弓或侧块和 C_{3,4} 的侧块。横向连杆保证左右两侧连成一体,加强了系统的稳定性。

Vertex 钉棒系统是枢法模公司新推出的用于枕颈融合、后路颈椎和上部胸椎手术的内固定器。是一套包含了由各种不同组合构成的系统, 可提供与纵向棒连接的各种不同的脊柱内固定的组合。由钛棒、万向螺钉、侧向偏位连接头、颈椎板钩、锁紧螺塞构成。万向螺钉直径为 3.5 mm、4.0 mm, 可作 60° 圆锥活动角度, 任何方向上有 30° 活动角度, 顶部独立安装, 鞍形螺钉头可旋转, 内置型锁紧螺塞。钛棒直接嵌入螺钉头, 亦可通过侧向连接头与螺钉连接, 可使非直线排列的螺钉易于安装, 容许增大螺钉进针角度, 能解决螺钉高度不一的问题。行枕颈融合时, 万向螺钉置入枕骨、颈椎椎弓根或侧块后, 将钛棒预弯后直接嵌入万向螺钉头部, 锁紧螺塞就可达到固定目的。

Grob 曾报道 1 例寰枕关节脱位经钢丝结扎内固定失败翻修的病例, 采用后路寰枕关节经关节螺钉结合 Y 形钢板内固定获得成功融合, 最早进行了寰枕经关节螺钉固定的探索^[14]。寰枕关节的解剖与经寰枕关节螺钉钉道研究表明, 在寰枕关节植入螺钉行枕颈融合在技术上是可行的^[7, 15]。亦有学者报道使用 C₂ 双侧椎板内螺钉代替 C₂ 椎弓根或 C_{1,2} 经关节螺钉完成枕颈钉棒系统内固定, 可以减少损伤椎动脉和脊髓的风险^[16]。

3 各种术式的生物力学评价

内固定的力学强度取决于固定点和固定方式的选择。相对于螺钉的三维固定, 钢丝只能提供线性固定, 生物力学测试也表明钢丝加植骨块或金属棒固定仅仅在控制枕颈部屈伸运动时与椎板夹和螺钉固定相当, 左右侧屈和轴位旋转时稳定性则明显降低^[17, 18]。由于固定强度不够, 故术后即刻稳定性较差, 需要长期卧床并辅以外固定, 远期随访融合率在 80 % 左右^[19]。椎板钩固定具有较好的稳定性, 力学强度介于钢丝和螺钉固定之间, 尤其适用于枕骨厚度 < 7 mm 和骨质疏松的患者^[20]。侧块螺钉、椎弓根螺钉和经关节螺钉固定均具有良好的力学特性, 能够有效的对抗枕颈部的屈伸、侧弯、旋转以及平移运动, 并具有一定的抗拔出出力, 其中椎弓根螺钉抗拔出出力最大, 因此在选择时尽可能采用椎弓根钉固定^[21]。Oda 等^[22]对 5 种不同的枕颈融合技术进行生物力学的测试表明, 枕部螺钉配合 C₂ 椎弓根螺钉固定最坚强, C_{1,2} 经关节螺钉次之, 而 C₂ 椎板钩固定仅在控制椎体前后平移上较之椎板下钢丝固定更稳定。因此 C₂ 椎弓根螺钉和 C_{1,2} 经关节螺钉固定具有潜在的优势。包括更高的骨融合率, 能早期运动及更方便的护理等。Sutterin 等^[23]比较了 AXIS、Y

形钢板、Luque 矩形棒固定的力学强度发现在压缩和屈曲时, 三者并没有显著的区别。而在伸直和扭转时, 钢板固定的强度显著的高于 Luque 棒。Gonzalez 等^[24]对寰枕经关节螺钉加寰枢经关节螺钉行枕颈融合进行的生物力学研究表明, 寰枕经关节螺钉在控制侧曲和旋转时强度和枕颈钢板相当, 可作为寰枕间固定的一种替代的方法, 尤其是在寰、枢椎不稳不是很明显的情况下。

4 枕颈融合术注意要点

枕颈融合术创伤大, 融合的范围广, 术后颈椎活动功能损失大, 所以掌握手术的适应证, 避免随意地扩大手术范围显得尤为重要。仅仅寰枕不稳或寰枢不稳时尽量采用单节段固定, 只有在寰椎骨性结构破坏后无法提供有效的固定点的情况下, 寰枕或寰枢固定才需要扩大融合范围。贾连顺等^[25]认为枕颈融合术主要适应于: ① 不可整复的创伤性寰枢关节脱位和骨折、脱位, 并伴有局部不稳。② 因肿瘤、结核、炎症、类风湿等造成寰、枢椎骨质、韧带破坏, 且累及寰枕关节和寰枢关节者。③ 寰枢关节脱位造成脊髓压迫, 需行寰椎后弓减压者。④ 枕寰枢关节复合性畸形, 伴局部不稳, 脊髓受压者。

理想的枕颈部内固定应具备以下特点: ① 提供足够的力学稳定性。② 在应用内固定系统的硬件固定时, 无需进入椎管或颅内。③ 可在固定的同时进行减压。④ 内固定系统只固定受累的不稳节段。现有的后路枕颈融合术均跨越枕颈部, 固定从枕骨隆凸延伸到 C₂, 甚至 C_{3,4}, 术后枕颈部屈伸和侧屈运动范围比单纯寰、枢椎融合术减少 20° 左右^[17]。长节段的固定造成应力点和力线的改变, 加速了融合处下方节段早期发生退变。易出现颈椎后凸和鹅颈畸形^[26]。如何在保证不稳节段骨性融合的前提下, 尽可能地减少固定范围, 保留枕颈部运动功能, 提高手术的安全性, 减少并发症等问题, 仍有待于进一步的研究。随着脊柱微创技术和 CT 及计算机辅助导航技术在枕颈部手术中的应用以及材料学的进步, 新的更有效的枕颈融合方法必然会出现。

参考文献

- [1] Goel VK, Clark CR, Gallaes K, et al. Moment - rotation relationships of the ligamentous occipito - atlanto - axial complex. J Biomech, 1988, 21: 673 - 680
- [2] 童春民, 吴景凯, 徐荣明, 等. 成人颅骨枕骨厚度 CT 测量. 浙江临床医学, 2003, 5: 168 - 169
- [3] Ebraheim NA, Lu J, Biyani A, et al. An anatomic study of the thickness of the occipital bone. Implications for occipitocervical instrumentation. Spine, 1996, 21: 1725 - 1730

- [4] Roberts DA,Doherty BJ,Heggeness MH. Quantitative anatomy of the occiput and the biomechanics of occipital screw fixation. *Spine*,1998,23;1100-1108
- [5] Haheer TR,Yeung AW,Caruso SA,et al. Occipital screw pullout strength. A biomechanical investigation of occipital morphology. *Spine*,1999,24;5-9
- [6] Mullett JH,McCarthy P,O'Keefe D,et al. Occipital fixation: effect of inner occipital protuberance alignment on screw position. *J Spinal Disord*,2001,14; 504-506
- [7] 严望军,章允志,周许辉,等. 寰枕关节后路经关节螺钉固定的解剖学研究. *中国脊柱脊髓杂志*,2004,14:605-608
- [8] 尹东,原林,夏虹,等. 寰椎侧块的测量及其临床意义. *中国临床解剖学杂志*,2003,21:241-242
- [9] Hong X,Dong Y,Yunbing C,et al. Posterior screw placement on the lateral mass of atlas: an anatomic study. *Spine*,2004,29;500-503
- [10] 夏虹,钟世镇,刘景发,等. 寰椎侧块后路螺钉固定的可行性研究. *中国矫形外科杂志*,2002,10:888-891
- [11] 陈庄洪,蔡贤华,黄继锋,等. 寰枢椎后弓经关节螺钉内固定的应用解剖与临床研究. *中华实验外科杂志*,2005,22:159-160
- [12] Ebraheim NA,Xu R,Ahmad M,et al. The quantitative anatomy of the vertebral artery groove of the atlas and its relation to the posterior atlantoaxial approach. *Spine*,1998,23;320-323
- [13] Fiore AJ,Mummaneni PV,Haid RW,et al. C1 lateral mass screws: surgical nuances. *Tech Orthop*,2002,17:272-277
- [14] Grob D. Transarticular screw fixation for atlanto-occipital dislocation. *Spine*,2001,26;703-707
- [15] 严望军,周许辉,张咏,等. 枕寰枢后路经关节螺钉内固定的可行性研究. *脊柱外科杂志*,2004,2:289-293
- [16] Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *J Spinal Disord* Tech,2004,17;158-162
- [17] Ahn UM,Lemma MA,Ahn NU,et al. Occipitocervical Fusion; A Review of Indications, Techniques of Internal Fixation, and Results. *Neurosurgery Quarterly*,2001,11; 77-85
- [18] Melcher RP,Puttlitz CM,Kleinstueck FS,et al. Biomechanical testing of posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine*,2002,27; 2435-2440
- [19] Schaeren S,Jeanneret B. Occipitocervical Instrumentation. *Tech Orthop*,2002,17;287-295
- [20] Maliszewski M,Ladzinski P,Majchrzak H. Occipitocervical fixation in the surgical treatment of pathologies of the craniovertebral junction. *Neurol Neurochir Pol*, 2005,39:188-195
- [21] 马向阳,尹庆水,刘景发,等. 寰椎侧块螺钉与寰椎椎弓根螺钉的解剖与生物力学对比研究. *中国骨与关节损伤杂志*,2005,20:361-363
- [22] Oda I,Abumi K,Sell LC,et al. Biomechanical evaluation of five different occipito-atlanto-axial fixation techniques. *Spine*,1999,24;2377-2382
- [23] Sutterlin CE 3rd,Bianchi JR,Kunz DN,et al. Biomechanical evaluation of occipitocervical fixation devices. *J Spinal Disord*,2001,14;185-192
- [24] Gonzalez LF,Crawford NR,Chamberlain RH,et al. Craniovertebral junction fixation with transarticular screws: biomechanical analysis of a novel technique. *J Neurosurg*,2003,98; S202-209
- [25] 倪斌,贾连顺,肖建如,等. 寰枢椎不稳的颈后路手术治疗. *中华骨科杂志*,2001,21:681-684
- [26] Matsunaga S,Onishi T,Sakou T. Significance of occipitoaxial angle in subaxial lesion after occipitocervical fusion. *Spine*,2001,26; 161-165

(收稿日期:2005-08-22)

(本文编辑 谢 静)