

人工寰齿关节寰枢椎部件固定钉道的安全因素分析

胡 勇, 顾勇杰, 徐荣明, 何贤峰, 夏华杰

【摘要】 目的 探讨人工寰齿关节寰枢椎部件固定螺钉通道的安全性和可行性, 为经口咽入路置换人工寰齿关节提供理论上的依据。**方法** 在 10 具正常成年人尸体寰枢关节湿性标本上行人工寰齿关节置换术, 测量寰椎部件上下位固定螺钉的长度和外倾角, 测量枢椎部件固定螺钉的长度, 测量枢椎部件固定螺钉的外倾角和下倾角等。**结果** 寰椎部件上下位固定螺钉的长度(L_s 、 L_i) 分别为 $19.3 \text{ mm} \pm 2.2 \text{ mm}$ 和 $20.4 \text{ mm} \pm 3.5 \text{ mm}$; 寰椎部件上下位螺钉外倾角(α 、 β) 分别为 $5.2^\circ \pm 2.5^\circ$ 和 $14.4^\circ \pm 4.2^\circ$; 枢椎部件固定螺钉的长度(S) 是 $24.2 \text{ mm} \pm 4.9 \text{ mm}$; 枢椎部件固定螺钉的外倾角度(θ) 是 $24.8^\circ \pm 4.3^\circ$, 枢椎部件固定螺钉的下倾角度(δ) 是 $19.2^\circ \pm 4.5^\circ$ 。**结论** 固定人工寰齿关节寰枢椎部件的螺钉通道不仅具有可行性, 而且可以避开横突孔、椎动脉沟及椎管等重要解剖结构。

【关键词】 寰枢关节; 人工关节; 解剖学; 设备安全性

【中图分类号】 R 318.17 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-2957(2009)05-0293-05

Safety factors analysis for atlas-axis components screw tunnel of artificial atlanto-odontoid joint HU Yong, GU Yongjie, XU Rongming, HE Xianfeng, XIA Huaqie. Department of Orthopaedics, Ningbo No. 6 Hospital, Ningbo 315040, China

【Abstract】 Objective To investigate feasibility and safety for atlas-axis components screw tunnel of artificial atlanto-odontoid joint. To provide theoretic evidence for transoral approach (TOA) in dealing with the placement of artificial atlanto-odontoid joint. **Methods** The relative anatomic parameters of 10 sets of artificial atlanto-odontoid joint arthroplasty on adults' bony specimens were measured with an digital caliper and a goniometer, including the length and extraversion angle of superior and inferior screws of atlas components, the length of axis components screw tunnel, the extraversion angle and downslope angle of axis components screw tunnel and so on. **Results** The length of superior and inferior screws of atlas components (L_s , L_i) was $19.3 \text{ mm} \pm 2.2 \text{ mm}$ and $20.4 \text{ mm} \pm 3.5 \text{ mm}$, respectively. The extraversion angle of superior and inferior atlas components screw tunnel (α , β) was $5.2^\circ \pm 2.5^\circ$ and $14.4^\circ \pm 4.2^\circ$, respectively. The length of superior and inferior screws of axis components (S) was $24.2 \text{ mm} \pm 4.9 \text{ mm}$, the extraversion angle of axis components screw tunnel (θ) was $24.8^\circ \pm 4.3^\circ$, the downslope angle of axis components screw tunnel (δ) was $19.2^\circ \pm 4.5^\circ$. **Conclusion** It is feasibility for atlas-axis components screw tunnel of artificial atlanto-odontoid joint, and it provides comparatively large safety space, and it can get out of the way of some important anatomy structures, such as transverse foramen, groove for vertebral artery, vertebral canal and so on.

【Key words】 Atlanto-axial joint; Joint prosthesis; Anatomy; Equipment safety

J Spinal Surg, 2009, 7(5): 293-297

经解剖学研究结果表明本研究研制的人工寰齿关节(专利号: ZL2006 2 0140259. 7、ZL2008 2 0087841.0)在形态学上具有置换的可行性^[1~5], 同时经生物力学研究结果表明本研究研制的人工寰齿关节置换后寰枢椎部件具有较好的即刻稳定性^[6,7]。本文拟通过在寰枢关节骨性标本上置换自行设计的人工寰齿关节探讨人工寰齿关节寰枢椎部

件固定螺钉通道的安全性和可行性, 为经口咽入路置换人工寰齿关节提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 标本采集

10 具完整成年人湿性寰枢椎标本(宁波大学医学院解剖教研室提供), 男 6 例, 女 4 例, 均为汉族, 年龄为 35~56 岁, 平均 45 岁。经大体观察及 X 线检查排除外观畸形和破损者。每个标本由寰枢关节组成, 剔除标本周围的软组织, 保留韧带及关节囊的

基金项目: 浙江省卫生厅医药卫生科学研究基金(2009A189)

作者简介: 胡勇(1974-), 博士, 副主任医师

作者单位: 315040 浙江, 宁波市第六医院骨科

完整。双层塑料袋密封, 放入 -20°C 低温冰箱 (SANYO, 日本生产) 中冷冻保存。测试前 24 h 取出, 室温下自然解冻后进行实验。线性测量采用精度为 0.01 mm 的电子游标卡尺, 角度测量用量角器测量, 精度为 0.1° 。每一标本重复测量 3 次, 以求精确并取平均值。

1.2 固定材料和方法

采用 6 枚人工寰齿关节螺钉固定, 上 4 枚螺钉固定于寰椎侧块, 下 2 枚固定于枢椎椎弓根或侧块, 螺钉直径为 3.5 mm。寰椎部件螺钉的进钉点在寰椎两侧侧块的前表面上, 螺钉在寰椎侧块固定板上呈内下和外上分布; 进钉方向为寰椎侧块的长轴方向, 即向后外侧倾斜。枢椎部件螺钉的进钉点在枢椎两侧的侧块中心点上, 螺钉在枢椎侧块固定板上呈左右对称分布; 进钉方向为枢椎椎弓根的长轴方向, 即向后外下倾斜。寰椎部件螺钉采用单皮质固定, 枢椎部件螺钉采用双皮质固定。寰椎部件螺钉长度选择依据寰椎侧块长轴位于椎动脉沟前方部分估计的进钉深度, 实际进钉深度根据测深结果决定; 枢椎部件以螺钉刚好穿透枢椎椎弓根后方皮质为限。螺钉置入侧块或椎弓根后在螺钉螺纹上标记, 待拔出后用电子游标卡尺测量实际进钉长度即钉道长度。

1.3 观察内容及测量指标

L_s , 寰椎部件上位固定螺钉的长度; L_i , 寰椎部

件下位固定螺钉的长度; α , 寰椎部件上位固定螺钉的外倾角度; β , 寰椎部件下位固定螺钉的外倾角度; 寰椎部件上位固定螺钉的进针点 (A) 和出针点 (C); 寰椎部件下位固定螺钉的进针点 (B) 和出针点 (D); S , 枢椎部件固定螺钉的长度; 枢椎部件固定螺钉的进针点 (E) 和出针点 (F); θ , 枢椎部件固定螺钉的外倾角度; δ , 枢椎部件固定螺钉的下倾角度 (见图 1~3)。

1.4 数据处理

测量数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 使用 SPSS 10.0 统计软件对数据进行处理。2 组计量资料均数间比较采用 t 检验, 以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。采集的数据均同时比较男性、女性及左右两侧的差异。

2 结 果

人工寰齿关节寰椎部件固定钉道的相关测量结果见表 1。对左右两侧、男女之间进行比较, 差异无统计学意义, 遂将左右两侧、男女之间资料合并: L_s 为 $19.3 \text{ mm} \pm 2.2 \text{ mm}$, L_i 为 $20.4 \text{ mm} \pm 3.5 \text{ mm}$, D 为 $24.2 \text{ mm} \pm 4.9 \text{ mm}$; α 为 $5.2^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$, β 为 $14.4^{\circ} \pm 4.2^{\circ}$, θ 为 $24.8^{\circ} \pm 4.3^{\circ}$, δ 为 $19.2^{\circ} \pm 4.5^{\circ}$ 。寰椎部件上位固定螺钉的进针点 (A) 和出针点 (C) 分别位于寰椎侧块外上象限和寰椎后弓的上缘, 寰椎部件下位固定螺钉的进针点 (B) 和出针点 (D) 分

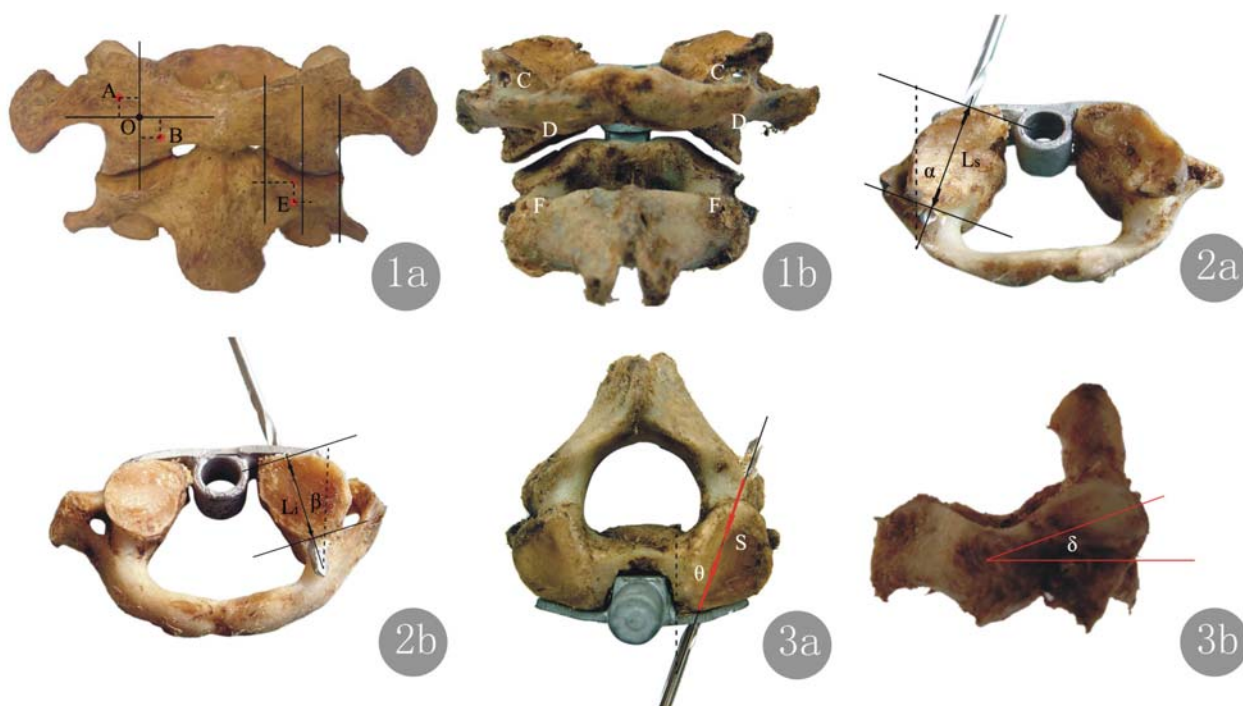


图 1 寰枢椎部件固定螺钉的进针点和出针点 图 2 寰椎部件上下固定螺钉的测量指标 图 3 枢椎部件固定螺钉的测量指标

Fig. 1 The entry point and exit point of screw of atlas-axis components. Fig. 2 Anatomical parameters of superior and inferior screw of atlas-axis components. Fig. 3 Anatomical parameters of screw of axis components.

表 1 人工寰齿关节寰枢椎部件固定钉道的相关测量指标及结果($\bar{x} \pm s$)
Tab.1 Anatomical parameters and results of atlas-axis components screw tunnel of artificial atlanto-odontoid joint ($\bar{x} \pm s$)

测量指标 Anatomical parameters	L_s (mm)		L_i (mm)		S (mm)	
	左侧 Left	右侧 Right	左侧 Left	右侧 Right	左侧 Left	右侧 Right
男($n=6$) Male ($n=6$)	20.2 $\pm$ 2.0	19.6 $\pm$ 1.6	21.0 $\pm$ 3.2	22.3 $\pm$ 3.6	26.2 $\pm$ 4.9	24.1 $\pm$ 5.1
女($n=4$) Female ($n=4$)	18.4 $\pm$ 2.3	18.9 $\pm$ 2.8	19.1 $\pm$ 3.3	19.0 $\pm$ 3.8	22.9 $\pm$ 4.5	23.5 $\pm$ 5.2

测量指标 Anatomical parameters	α ($^\circ$)		β ($^\circ$)		θ ($^\circ$)		δ ($^\circ$)	
	左侧 Left	右侧 Right	左侧 Left	右侧 Right	左侧 Left	右侧 Right	左侧 Left	右侧 Right
男($n=6$) Male ($n=6$)	6.3 $\pm$ 2.6	4.1 $\pm$ 2.4	16.0 $\pm$ 3.9	12.7 $\pm$ 4.4	25.8 $\pm$ 3.6	26.7 $\pm$ 4.7	19.4 $\pm$ 4.0	19.6 $\pm$ 4.3
女($n=4$) Female ($n=4$)	6.9 $\pm$ 2.8	3.7 $\pm$ 2.2	13.3 $\pm$ 4.2	15.7 $\pm$ 4.4	22.8 $\pm$ 4.3	23.7 $\pm$ 4.4	18.6 $\pm$ 4.7	19.3 $\pm$ 4.8

别位于寰椎侧块内下象限和寰椎后弓的下缘。寰椎部件上下位固定螺钉进针点分别距象限原点(O) 3 mm,寰椎部件上下位固定螺钉出针点均不通过侧块后方的骨皮质。寰椎侧块纵轴前后方向观稍向外斜,寰椎上位螺钉外倾角(α)比寰椎下位螺钉外倾角(β)要小 10° 左右。枢椎部件固定螺钉的进针点(E)位于寰枢关节中点线内侧 2 mm 与枢椎上关节面下 4 mm 交汇处,枢椎部件固定螺钉的出针点(F)位于枢椎下关节突。枢椎部件固定螺钉方向是沿着枢椎椎弓根纵轴前后方向向外倾斜 25° 左右,向下倾斜 20° 左右(见图 1~3)。

3 讨 论

脊柱非融合技术装置替代传统脊柱融合术装置是近年来脊柱领域研究的热点和难点,脊柱非融合技术装置比脊柱融合术装置需要很多复杂综合性的技术来评估它们的预期效果^[8~10]。人工寰齿关节作为上颈椎非融合技术装置,目前还处于临床前期研究阶段^[1~6,11~14],其设计的目的是尽可能保留或恢复类似寰枢关节完整状态的功能,以达到既稳定又保留寰枢关节运动功能的双重目的。

通过寰枢椎钉道长度及外偏角的测量,即可确定寰枢椎螺钉的长度和进针方向。据解剖学研究表明^[5,15],寰椎侧块呈内低外高的楔形,以内侧高度最低,以外侧高度最高,故寰椎部件上位固定螺钉的进针点(A)和出针点(C)分别位于寰椎侧块外上象限和寰椎后弓的上缘,寰椎部件下位固定螺钉的进针点(B)和出针点(D)分别位于寰椎侧块内下象限和寰椎后弓的下缘。寰椎部件上下位固定螺钉进针点分别距象限原点(O)3 mm,寰椎部件上下位固定螺钉出针点均不通过侧块后方的骨皮质。寰椎部件上

下位 4 枚固定螺钉均是单皮质固定,均不穿透寰椎侧块后方的骨皮质,寰椎部件固定螺钉采用单皮质固定可以避免损伤寰椎后弓上方的椎动脉及寰椎后弓下方的寰枢关节间的静脉丛^[16]。寰椎侧块部分可容纳直径较大螺钉,考虑到生物力学因素,采用 2 枚直径为 3.5 mm 的螺钉^[3]。本组标本测得寰椎部件上位固定螺钉的平均长度为 20.4 mm $\pm$ 3.5 mm,寰椎部件下位固定螺钉的平均长度为 19.3 mm $\pm$ 2.2 mm,寰椎部件下位固定螺钉比寰椎部件上位固定螺钉要短,主要是同为寰椎部件下位固定螺钉的外倾角度($14.4^\circ \pm 4.2^\circ$)比寰椎部件上位固定螺钉的外倾角度($5.2^\circ \pm 2.5^\circ$)要大。在选择寰椎部件固定螺钉时,上位固定螺钉宁短勿长,这样可以避免损伤寰椎后弓上方的椎动脉。寰椎部件固定螺钉进针方向为寰椎侧块的长轴方向,寰椎侧块纵轴前后方向观稍向外偏斜。寰椎部件上位固定螺钉进针方向为外偏 $5.2^\circ \pm 2.5^\circ$,寰椎部件下位固定螺钉进针方向为外偏 $14.4^\circ \pm 4.2^\circ$ 。由于寰椎侧块固定板上位螺钉进针点在寰椎侧块外上方,而下位螺钉进针点在寰椎侧块内下方,故上位螺钉比下位螺钉向后外侧偏斜角度要小约 10° ,即随着螺钉进针点的外移,螺钉向后外侧进针角度逐渐减少^[17]。枢椎部件固定螺钉的进针点(E)位于寰枢关节中点线内侧 2 mm 与枢椎上关节面下 4 mm 交汇处,枢椎部件固定螺钉的出针点(F)位于枢椎下关节突。进针方向为枢椎椎弓根的长轴方向,即向后下外侧倾斜,经过枢椎椎弓根的“力学核心”,枢椎部件固定螺钉可采用双皮质固定。本组测得枢椎部件固定螺钉的长度(S)是 24.2 mm $\pm$ 4.9 mm,枢椎部件固定螺钉的外倾角度(θ°)是 $24.8^\circ \pm 4.3^\circ$,枢椎部件固定螺钉的下倾角度(δ°)是 $19.2^\circ \pm 4.5^\circ$ 。值得注意的是,由

于枢椎部件固定螺钉的进针方向比较刁钻, 故建议在导航辅助下进行该螺钉固定技术。枢椎部件固定螺钉也可以固定在枢椎椎体及两侧的侧块上, 这样解剖显露更容易, 安全性更高, 不会损伤走行于椎体和侧块两侧的椎动脉, 更不会损伤椎体后面的脊髓和神经^[3]。寰枢椎部件固定螺钉孔设计为长椭圆形, 有利于螺钉根据个体差异情况在固定孔中滑动。

生物力学研究结果表明尽管固定寰椎部件的螺钉有 4 枚, 固定枢椎部件的螺钉只有 2 枚, 但枢椎部件最大拔出力 $1\,227.59\text{ N} \pm 143.35\text{ N}$ 大于寰椎部件最大拔出力 $894.36\text{ N} \pm 102.30\text{ N}$ ^[6]。寰椎与枢椎部件的最大拔出力之间差异有统计学差异 ($P < 0.05$)。原因主要有以下几个方面: ①枢椎部件钉道长度 > 寰椎部件钉道长度, 寰椎与枢椎部件的钉道长度之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。②寰椎部件的 4 枚螺钉是固定在寰椎侧块松质骨里, 是单皮质固定; 枢椎部件的 2 枚螺钉是经过枢椎椎弓根的“力学核心”, 是固定在密质骨里, 是双皮质固定。由于枢椎部件的底座呈空心网眼楔形状, 这样可以将枢椎开槽时挖出的碎骨颗粒装入空心网眼的底座中, 有利于枢椎部件的底座与枢椎发生骨性融合, 理论上这就明显增加了枢椎部件的稳定性。Spivak 等^[18]认为螺钉只要是单皮质固定就没有双皮质固定的抗拔出力度大。枢椎部件的螺钉可以突破椎弓根后方的皮质, 即枢椎部件的螺钉可以双皮质固定。双皮质固定同时也加大了螺钉的长度, 这说明钉道长度即进钉深度也是影响拔出力的重要因素。

通过本组人工寰齿关节实验中发现的问题, 对自行设计的人工寰齿关节目前存在的问题进行细化和改良, 并设计出仿生人工寰齿关节 (见图 4): ①寰椎部件两侧侧块固定孔设计成椭圆形, 有利于螺钉根据不同个体之间差异在固定孔中滑动。②把寰椎部件两侧侧块的固定板上两个螺钉改为 1 个直径为 6 mm 空心侧孔螺钉, 这样简化了操作, 同时降低了因多次置钉带来的手术风险。③空心侧孔螺钉在置入的过程中骨颗粒可通过空心侧孔螺钉周边的小孔进入到螺钉的中空部分, 理论上认为在活体中空侧孔螺钉与寰椎侧块形成骨性融合, 加大了空心侧孔螺钉与寰椎侧块的界面, 增加了寰椎部件的生物力学性能, 从而克服了骨-螺钉界面连接不牢的缺陷, 降低了螺钉松动、脱出的可能性, 这是实心螺钉所不可比拟的^[19]。④寰枢椎部件连接部设计成球槽关节面, 使得寰枢椎部件之间进行前屈、后伸、左右侧屈及围绕多个轴心进行运动。⑤寰椎旋转轴套的上部有侧孔结构, 该侧孔结构侧面设置侧孔, 该侧孔结构内可装入碎骨颗粒, 利

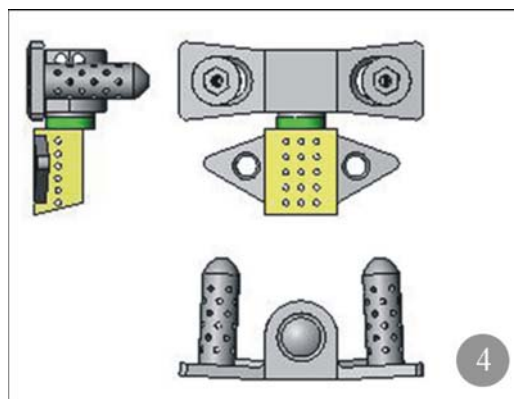


图 4 仿生人工寰齿关节三维图

Fig. 4 Three-dimensional reconstruction of bionic artificial atlanto-odontoid joint

于空心侧孔结构与寰椎侧块内侧壁发生植骨融合, 可以明显增加寰椎部件的稳定性。

总之, 固定人工寰齿关节寰枢椎部件的螺钉通道不仅具有可行性, 而且可以避开横突孔、椎动脉沟、椎管等重要解剖结构, 安全空间较大。

参考文献

- [1] 胡勇, 杨述华, 谢辉, 等. 寰齿关节定量解剖研究及人工寰齿关节研制[J]. 中华创伤杂志, 2006, 22(11): 858-863.
- [2] 胡勇, 杨述华, 谢辉, 等. 经口咽入路人工寰齿关节置换术的解剖学研究[J]. 中华骨科杂志, 2006, 26(11): 739-743.
- [3] 胡勇, 杨述华, 谢辉, 等. 人工寰齿关节置换后的解剖学测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(2): 133-136.
- [4] Hu Y, Yang S, Xie H, et al. The Anatomic Study for Replacement of Artificial Atlanto-Odontoid Joint through Transoral Approach[J]. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci, 2008, 28(3): 327-332.
- [5] Hu Y, Yang S, Xie H, et al. Quantitative anatomic study of atlanto-odontoid joint and design of an artificial atlanto-odontoid joint for the orthopedic clinic[J]. Chinese Journal of Traumatology, 2007, 10(3): 138-144.
- [6] 胡勇, 何贤峰, 徐荣明, 等. 人工寰齿关节置换后寰枢椎部件抗拔出强度的生物力学研究[J]. 中华实验外科杂志, 2009, 26(4): 522-524.
- [7] 胡勇, 何贤峰, 徐荣明, 等. 人工寰齿全关节置换后对寰枢关节稳定性和三维运动生物力学评价[J]. 中华实验外科杂志, 2009, 26(6): 715-717.
- [8] Idler C, Zucherman JF, Yerby S, et al. A novel technique of intra-spinous process injection of PMMA to augment the strength of an inter-spinous process device such as the X STOP[J]. Spine, 2008, 33(4): 452-456.
- [9] Wilke HJ, Schmidt H, Werner K, et al. Biomechanical evaluation of a new total posterior-element replacement system[J]. Spine, 2006, 31(24): 2790-2796.
- [10] Zhu Q, Larson CR, Sjøvold SG, et al. Biomechanical evaluation of the Total Facet Arthroplasty System: 3-Dimensional Kinematics[J]. Spine, 2007, 32(1): 55-62.

- [11] 陈坚, 刘浩, 杨志明. 人工寰枢关节的研制及应用解剖研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 1999, 17(2):150-152.
- [12] 曹正霖, 钟世镇, 刘景发, 等. 人工寰齿关节设计的解剖学研究[J]. 中华创伤杂志, 2003, 19(1):28-30.
- [13] 谭明生, 张光铂, 韦竑宇, 等. 人工寰齿“半关节”的研制及解剖学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 40(10):601-604.
- [14] 胡勇, 谢辉, 杨述华. 人工寰齿关节生物力学及临床前期研究进展[J]. 医用生物力学, 2006, 21(4):334-337.
- [15] 胡勇, 谢辉, 杨述华, 等. 寰椎后路两种螺钉固定的解剖学测量和生物力学测试的对比研究[J]. 医用生物力学杂志, 2007, 22(1):88-93.
- [16] 胡勇, 杨述华, 徐荣明, 等. 国人寰椎定量解剖研究及螺钉置入的安全性探讨[J]. 中国骨伤杂志, 2007, 20(10):679-683.
- [17] 胡勇, 徐荣明, 马维虎, 等. 寰椎定量解剖研究及仿生寰椎前弓钢板的研制[J]. 中国骨伤杂志, 2008, 21(12):907-909.
- [18] Spivak JM, Chen D, Kummer FJ. The effect of locking fixation screws on the stability of anterior cervical plating[J]. Spine, 1999, 24(4):334-338.
- [19] 杨述华, 胡勇, 陈中海, 等. 空心侧孔椎弓根螺钉系统添加聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥的生物力学研究[J]. 中华创伤杂志, 2002, 18(1):17-22.

(收稿日期:2009-08-03)

(本文编辑 于倩)

(上接 292 页)

AXIS 钢板固定,共置入 78 枚经关节螺钉,以侧块中心点内侧 1 mm 为进钉点,置钉角度为尾倾约 40°,外倾约 20°,术中所有螺钉均成功置入。有 1 例患者术后第 3 天出现 C₇ 单侧神经根刺激症状,未予特殊处理,3 个月后症状消失。未出现椎动脉和脊髓损伤等其他置钉相关并发症。2 枚螺钉由于过短术后出现松动部分脱出,经加强颈托制动,术后 3.5 个月也获得融合^[10]。

由于 C₇ 是颈椎向胸椎过渡的移行椎,C₇ 上下关节突相对较薄较长,在生物力学上强度相对不足。在解剖学上无横突,神经根前支与侧块的距离较近,一般不建议行侧块螺钉固定。C₇ 无横突孔,椎动脉多穿 C₆ 横突孔上行,所以许多学者建议在 C₇ 使用椎弓根螺钉固定^[1]。虽然 C₆/C₇ 也是经关节螺钉固定的良好适应证^[8,9],但由于 C₇ 没有横突,无法根据本实验“两点法”研究方法确定横突后嵴与关节突的连接处骨性凹陷的出钉点,故在此实验中没有在 C₆/C₇ 行经关节螺钉固定。

综上所述,在临床应用下颈椎经关节螺钉时,建议以侧块中心点内侧 1 mm 为进钉点,在冠状面上外倾 15°~20°,在矢状面上尾倾 35°~40°,尽量将螺钉从下位椎体上关节突的侧前方、横突后嵴与关节突连接处的骨性凹陷处出钉,以获得最大的安全空间。

参考文献

- [1] 徐荣明, 马维虎, 刘观燚, 等. 椎弓根螺钉技术在下颈椎不稳中的安全使用方法[J]. 中华创伤杂志, 2007, 23(1):21-24.
- [2] Anderson PA, Henley MB, Grady MS, et al. Posterior cervical arthrodesis with AO reconstruction plates and bone graft[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1991, 16(3 Suppl):S72-79.
- [3] Klekamp JW, Ugbo JL, Heller JG, et al. Cervical transfacet versus lateral mass screws: a biomechanical comparison[J]. J Spinal Disord, 2000, 13(6):515-518.
- [4] 刘观燚, 徐荣明, 马维虎, 等. 下颈椎经关节螺钉和 Magerl 侧块螺钉与脊神经关系的解剖学比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2006, 8(10):965-969.
- [5] 刘观燚, 徐荣明, 马维虎, 等. 下颈椎关节突关节的解剖学测量与经关节螺钉固定的关系[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(2):140-144.
- [6] An HS, Gordin R, Renner K. Anatomic considerations for plate-screw fixation of the cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1991, 16(10 Suppl):S548-551.
- [7] Xu R, Ebraheim NA, Nadaud MC, et al. The location of the cervical nerve roots on the posterior aspect of the cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1995, 20(21):2267-2271.
- [8] DalCanto 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[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(8):897-902.
- [9] Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, et al. Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine. Technical note[J]. J Neurosurg Spine, 2003, 99(1 Suppl):132-136.
- [10] 马维虎, 刘观燚, 徐荣明, 等. 颈椎后路经关节螺钉钢板内固定术在下颈椎骨折脱位中应用[J]. 中华创伤杂志, 2007, 23(1):29-33.
- [11] Ebraheim NA, Xu R, Yeasting RA. The location of the vertebral artery foramen and its relation to posterior lateral mass screw fixation[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1996, 21(11):1291-1295.

(收稿日期:2009-08-03)

(本文编辑 徐瑾)