

临床论著

经口咽入路枕骨髁螺钉置钉的影像学研究

林宏衡, 夏虹, 许俊杰, 许国庆, 何小华

(广州军区广州总医院脊柱外科 510010 广州市越秀区流花路 111 号)

【摘要】目的:探讨前路经口咽入路枕骨髁螺钉置钉的可行性及置钉的技术参数。**方法:**用 Mimics 软件对 40 例被检查者共 80 个枕骨髁的 CT 数据(层厚 1mm)进行三维重建。女 17 例,男 23 例,年龄 19~63 岁,平均 38.7 岁;均无上颈椎手术史;CT 扫描证实上颈椎结构完整,无上颈椎解剖畸形、感染、肿瘤、骨折。于枕骨髁的前方选定 3 个进钉点(中间点、内侧点、外侧点),中间进钉点位于寰椎侧块中线与枕骨大孔前缘水平线相交处,中间进钉点向两侧旁开 5mm 作为外侧进钉点及内侧进钉点。分别于各个进钉点模拟置入直径 3.5mm 枕骨髁螺钉。螺钉尾端位于枕骨髁与枕骨大孔连接处水平。比较各个进钉点间置钉成功率、螺钉长度及外倾角的安全范围。对于临床上具备可行性的进钉点,间隔 1°调整进钉角度,比较不同角度置钉时置钉成功率的变化。**结果:**外侧进钉点置钉成功率为 100%,螺钉长度为 13.5~21.6mm,钉道外倾角度最小值为-19.5°~5.6°,最大值为-8.1°~24.9°;中间进钉点分别为 88.6%,16.3~24.2mm,-4.1°~29.7°,12.6°~34.2°;内侧进钉点分别为 72.5%,20.4~27.0mm,16.3°~40.3°,27.2°~44.8°;3 个进钉点之间在置钉成功率、螺钉长度上均有显著性差异($P<0.01$)。中间及外侧进钉点具备临床可行性,但没有固定的外倾角度可以满足所有螺钉安全置入,其中中间进钉点螺钉外倾 20°达到最大的置钉成功率 68.75%,而外侧进钉点平行矢状面置钉时达到最大置钉成功率 80%。**结论:**经口咽前路枕骨髁螺钉置钉具备可行性,中间及外侧进钉点明显优于内侧进钉点,进钉点及钉道方向必须根据患者术前三维 CT 数据确定。

【关键词】 枕骨髁;螺钉固定;经口咽;CT

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2012.10.09

中图分类号:R687.3,R814.42 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2012)-10-0898-06

Imaging study of transoral anterior occipital condylar screw placement/LIN Hongheng, XIA Hong, XU Junjie, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(10): 898-903

【Abstract】 Objectives: To investigate the feasibility and technical parameters of transoral anterior occipital condylar screw placement. **Methods:** Three dimensional reconstruction was performed in 80 occipital condyles of 40 cases by using 1mm sliced CT scans and MIMICS software. There were 17 females and 23 males with an average age of 38.7(range, 19-63). All of them had craniovertebral region intact. Infection and tumor were excluded in this study. 3 entry points(medial, middle and lateral) were selected. The middle entry point located at the cross junction of the foramen magnum and midline of atlas lateral mass. The medial and lateral entry points were located at 5mm medial and lateral to middle point respectively. Screw placement(3.5mm in diameter) was simulated at these three entry points. The end of the screw was located at the level of the junction of the occipital condyle and the rim of the foramen magnum. The screw length and safe range of extroversion among 3 entry points were compared. For the entry points available in clinical practice, the rate of successful screw placement for each degree of extroversion was compared. **Results:** The lateral entry point had the highest successful rate(100.0%) of screw placement with screw length of 13.5-21.6mm, minimum extroversion angle of (-19.5°)-5.6°, maximum extroversion angle of (-8.1°)-24.9°, and followed by the middle entry point of 88.6%, 16.3-24.2mm, (-4.1°)-29.7°, 12.6°-34.2°, respectively and medial entry point of 72.5%, 20.4-27.0mm, 16.3°-40.3°, 27.2°-44.8°, respectively. The three parameters for three entry points were significant different ($P<0.01$). It was difficult to recommend a general accepted extroversion angle. For the middle

基金项目:十二五军队重点项目(编号:BWS11C065)

第一作者简介:男(1987-),硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(020)36653535 E-mail:429274907@qq.com

通讯作者:夏虹 E-mail:gzxiahong@hotmail.com

point, 20° extroversion angle had the highest successful rate of 68.75%. For the lateral entry point, paralleling to sagittal plane resulted in the successful screw placement in 80% of the cases. **Conclusions:** It is feasible to place transoral occipital condylar screw. The lateral and middle entry points are superior than the medial entry point. Determination of entry point and screw orientation must depend on preoperative 3-dimensional CT scan.

【Key words】 Occipital condyle; Screw fixation; Transoral; CT

【Author's address】 Hospital of Orthopedics, Guangzhou General Hospital of Guangzhou Command, Guangzhou, 510010, China

近年来,随着内固定物的改进,导航技术的发展,手术医师对上颈椎解剖认识的加深,上颈椎融合技术得到了极大的发展。对枕骨髁置钉的相关研究^[1-6]国外已有报道,主要为后路置钉,称之为枕骨髁螺钉。对于需要进行上颈椎经口咽肿瘤切除植骨融合或上颈椎经口咽减压复位植骨融合患者,植骨后需行内固定以获得即刻的稳定。而后路内固定手术需要改变患者体位,植骨块在体位改变过程中如发生移位松动将导致手术的失败。如果能够在经口咽完成病灶清除、减压复位等步骤的同时进行内固定,无疑可以减少手术风险。本研究提出一种新的置钉技术,即经口咽入路枕骨髁置钉,并运用 Mimics 软件对枕颈交界区 CT 数据三维重建后模拟置钉,探讨经口咽入路枕骨髁置钉的可行性及相关的技术参数。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

所有枕颈部 CT 数据(层厚 1mm)于 2011 年 10 月~2012 年 4 月在广州军区总医院 CT 室获得。纳入标准:(1)年龄≥18 周岁被检查者;(2)上颈椎结构完整;(3)性别不限。排除标准:(1)上颈椎术后患者;(2)CT 扫描图像不够清晰;(3)CT 扫描证实有上颈椎解剖畸形患者;(4)上颈椎感染、肿瘤、骨折患者。根据纳入及排除标准,收集了 40 例被检查者共 80 个枕骨髁的 CT 数据,其中女性 17 例,男性 23 例,年龄 19~63 岁,平均 38.7 岁。

1.2 CT 数据处理及计算机模拟置钉

通过西门子双源螺旋 CT 扫描获取寰枢椎的断层图像,层厚为 1mm。以 DICOM 格式储存并导入 Mimics 10.01 软件(比利时 Materialise 公司的交互式的医学影像控制系统)重建枕颈交界区三维模型(图 1a)。每个枕骨髁选取 3 个置钉点(图 1a),分别模拟置入直径 3.5mm 枕骨髁螺钉(图 1b~d)。由第一作者利用 Mimics 软件中的测

量工具于多个断层面、矢状面上测量置钉的相关技术参数并进行评估。每例各参数均为单次测量。

1.2.1 置钉点 选择 3 个进钉点,中间进钉点位于寰椎侧块中线与枕骨大孔前缘水平线相交处,于中间进钉点分别向两侧旁开 5mm 作为外侧点及内侧点(图 1a、c)。

1.2.2 螺钉外倾角 螺钉的外倾角为螺钉在轴状面上与矢状线间夹角(图 1e)。螺钉最小向外成角不破坏枕骨髁内侧皮质及舌下神经管皮质,最大向外成角不破坏枕骨髁外侧皮质。测量螺钉在轴状面上的成角范围。轴状面上如螺钉钉尾指向外侧角度为正数,如螺钉钉尾方向指向内侧为负数。对于临床上具备可行性的进钉点,间隔 1°调整进钉角度,比较不同角度置钉时置钉成功率的变化。

1.2.3 螺钉长度 螺钉采取双皮质固定。对于安全置入的螺钉,测量螺钉的长度。由于螺钉方向改变时,钉道长度发生变化。为了便于各个置钉点之间比较,将螺钉长度设定为进钉点至枕骨髁后缘中点的距离(图 1f)。

1.3 统计分析

用 SPSS 17.0 进行统计学分析。进钉点之间的成功率比较采用随机区组秩和检验并两两比较。对于各个进钉点之间置钉成功率、螺钉长度比较采用单因素方差分析(one way ANOVA)及两两比较(post hoc Tukey test)。统计差异的显著水平均设为 $P<0.01$ 。

2 结果

内侧进钉点 22 例、中间进钉点 9 例因螺钉穿破舌下神经根而导致置钉失败(图 2)。从 3 个进钉点置钉的成功率、螺钉长度及螺钉外倾角度见表 1,置钉成功率、螺钉长度 3 个进钉点之间均有显著性差异($P<0.01$),不同置钉点之间螺钉的外倾角度变化较大。中间及外侧进钉点具备临床可行性,但没有固定的外倾角度可以满足所有螺钉

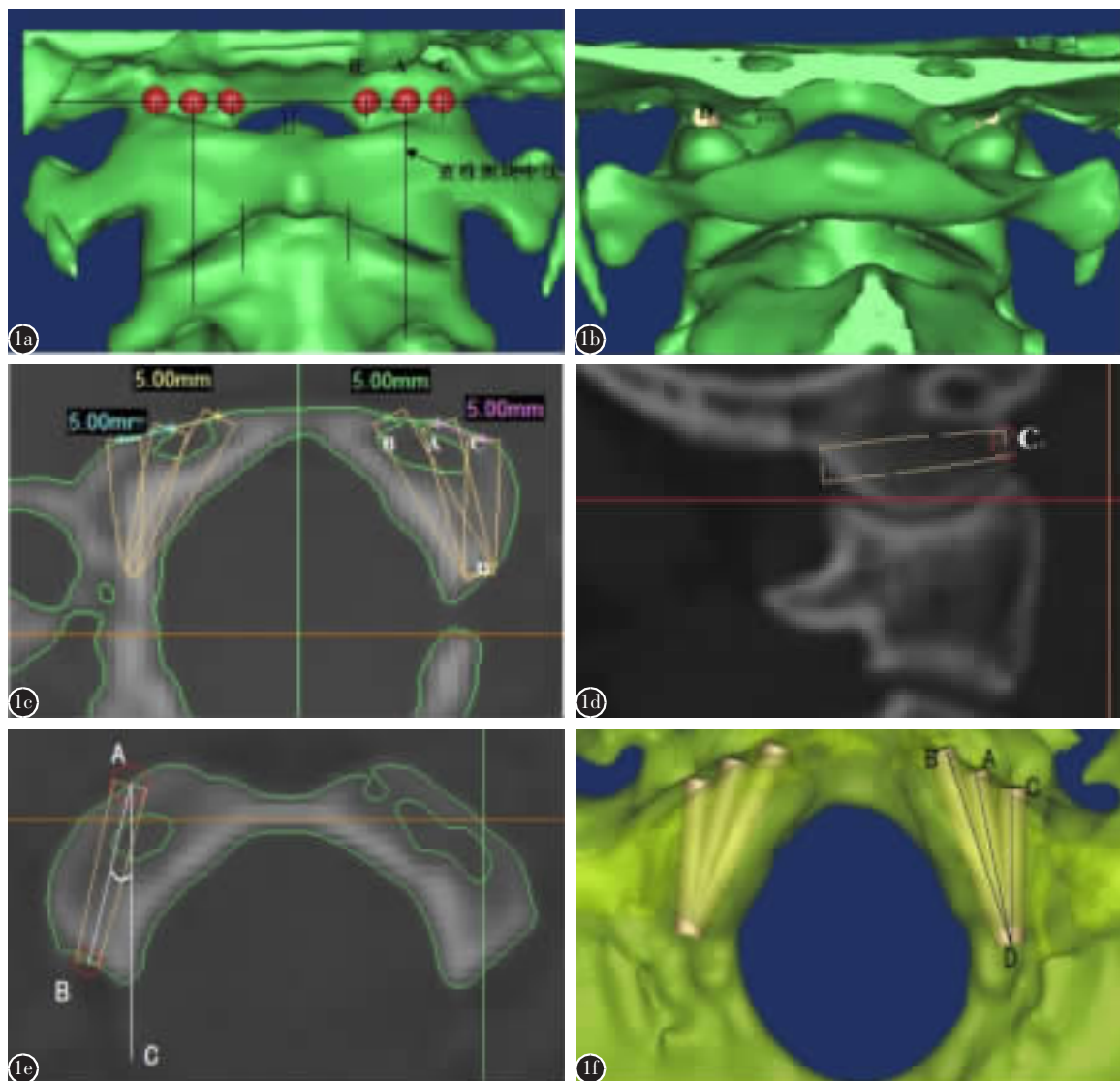


图 1 **a** 颅颈交界区 CT 数据重建出三维模型的前面观:三个进钉点位于平枕骨大孔前缘水平线上,其中 A 为中间进钉点,位于寰椎侧块中线与枕骨大孔前缘水平线相交处,B、C 分别为 A 点向两侧旁开 5mm 作为内侧和外侧进钉点 **b** 颅颈交界区三维模型后面观:螺钉钉尾 D 平枕骨髁后方与枕骨大孔后缘移行处水平(箭头所指处) **c** 分别于 A、B、C 三点置入直径 3.5mm 螺钉后枕骨髁轴状面图像 **d** 于枕骨髁 C 点模拟置入螺钉后矢状面图像,由于螺钉向外成角,所以在矢状面上尾端大,头端小 **e** 螺钉外倾角的测量:A 为枕骨髁螺钉中间进钉点,AB 为枕骨髁螺钉钉道在轴状面上的方向,AC 为矢状线,AB 与 AC 间的夹角为螺钉外倾角 **f** 螺钉长度的测量:B、A、C 分别为内侧、中间和外侧进钉点,D 为枕骨髁后缘中点,于 B、A、C 模拟置钉后的螺钉长度分别为 BD、AD 和 CD

Figure 1 **a** Anterior view of 3-dementional CT scans of cranoervical junction region. The 3 entry points located at the level of the foramen magnum(arrowhead). The A(middle entry point) also located at the midline of atlas lateral mass. The B and C (medial and lateral entry points) located horizontally 5mm medial and lateral to A **b** Posterior view of 3-dementional CT scans of cranoervical junction region. Screw end D lacated at the level of the junction of the occipital condyle and the rim of the foramen magnum (arrowhead) **c** Axial plane of occipital condyle after simulating screw placement at A, B, C(middle, medial and lateral entry point) **d** Sagittal plane of occipital condyle after simulating screw placement at C point. Screw is placed laterally **e** A is the middle entry point. AB is orientation of occipital condylar screw in axis plane. AC is saggital line. Screw lateral angulation is the angle between AB and AC **f** B, A, C are medial, middle, lateral entry point respectively. D is the middle point of posterior edge of occipital condylar. After simulating screw place at B, A, C, the length of screw are BD, AD, CD respectively

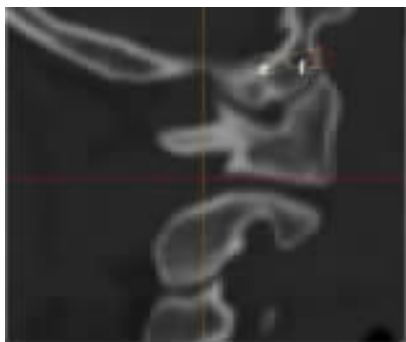


图2 枕骨髁矢状面图,其中e、f分别为内侧、中间进钉点螺钉钉道轨迹,内侧进钉点所置螺钉破坏了舌下神经管下壁(箭头所指处)

Figure 2 Sagittal plane of occipital condyle. e and f are trajectory of medial and middle screw. Breach of the hypoglossal canal by medial screw is observed on the sagittal plane (arrowhead)

安全置入。中间及外侧进钉点不同角度置钉时的置钉成功率见表2,其中中间进钉点螺钉外倾 20° 达到最大的置钉成功率68.75%,而外侧进钉点平行矢状面置钉时达到最大置钉成功率80%。

3 讨论

3.1 枕颈融合的研究进展及经口咽枕骨髁置钉的必要性

枕颈固定方法大致可分为前路、后路与前后路联合固定。其中后路枕颈融合内固定技术在临床中应用最广,最为成熟^[7-9],主要包括枕颈钢丝固定技术、Cervifix 枕颈内固定技术、Summit 枕颈内固定技术、后路寰椎经关节螺钉固定技术。近年又出现了枕骨髁螺钉联合C1、C2侧块或椎弓根螺钉固定技术^[10,11],在获得枕颈融合的同时减少了术中的剥离^[7-9]。前路内固定技术主要包括

Harms 钢板固定术、寰枢关节锁定钢板(subarticular atlantoaxial locking plate, SAALP)固定术、经口咽寰枢椎复位钢板(transoral atlantoaxial reduction plate, TARP)固定术^[12-14]。前路内固定目前主要用于难复性寰枢椎脱位的治疗^[14],在经口咽减压的同时行内固定。而传统手术方式需经口咽减压,改变患者体位后进行后路固定,过程繁琐。

而对于上颈椎肿瘤、结核患者,经口咽肿瘤切除或病灶清除后残留大片骨质缺损,植骨后需行内固定以获得即刻的稳定。植骨块在未牢固固定的时候进行后路融合,可能导致植骨块位移。故不合适进行后路固定。目前主要进行经口咽前路枕颈融合,将螺钉固定于颈椎与颅底斜坡^[15-17],从而获得即刻的稳定。但临床上使用斜坡螺钉固定亦有明显不足之处,如:颅底斜坡内有众多颅神经走行,解剖复杂,术中置钉时容易损伤;需对咽后壁进行较大范围的剥离,增加了感染风险,且内固定轮廓较大,而口腔操作空间十分有限。

基于目前斜坡螺钉所存在的不足,我们提出一种新的固定技术,即经口咽枕骨髁置钉固定。相对于斜坡螺钉固定具有明显优势,理论上其可以减少手术剥离的范围及内固定的轮廓,减少机体对内固定物的排斥反应;且避开了颅底斜坡这个内固定危险区域,具备临床使用价值。本研究旨在探讨枕骨髁螺钉的可行性及置钉相关技术参数,为临床应用做准备。

3.2 经口咽枕骨髁置钉的可行性

枕骨髁轴面观呈卵圆形或肾形,长轴由前内向后外走向,外倾约 30° ^[19]。枕骨髁关节面朝下内侧与寰椎上关节面咬合成寰枕关节。本研究分别于枕骨髁前方选取三个进钉点模拟置钉。螺钉直径为3.5mm。考虑枕骨髁后方并无重要结构,为增

表1 40例80个枕骨髁从内侧、中间与外侧进钉点置钉的成功率、螺钉长度与外倾角

Table 1 Success rate of screw placement, screw length and lateral angulation

进钉点 Entry point	失败个数 Number of failure	置钉成功率(%) ^① Success rate	螺钉长度(mm) ^① Screw length	螺钉外倾角($^\circ$) Lateral angulation	
				最小 Minimum	最大 Maximum
内侧 Medial	22	58/80(72.5)	23.0 $\pm$ 1.9(20.4~27.0)	30.9 $\pm$ 6.5(16.3~40.3)	38.1 $\pm$ 4.5(27.2~44.8)
中间 Middle	9	71/80(88.75)	19.7 $\pm$ 1.8(16.3~24.2)	14.9 $\pm$ 7.4(-4.1~29.7)	25.9 $\pm$ 4.7(12.6~34.2)
外侧 Lateral	0	80/80(100.0)	16.8 $\pm$ 1.9(13.5~21.6)	-4.2 $\pm$ 5.6(-19.5~5.6)	9.5 $\pm$ 6.8(-8.1~24.9)

注:①3个进钉点之间比较 $P<0.01$

①There are obvious difference among three entry points, $P<0.01$

表 2 枕骨髁中间及外侧进钉点间隔 1°调整进钉时的置钉成功率

Table 2 The rate of successful screw placement for different degree of lateral angulation

	外倾角(°) Lateral angulation	成功率 Success rate
中间进钉点 Middle entry	16	36.25%
	17	51.25%
	18	56.25%
	19	63.75%
	20	68.75%
	21	66.25%
	22	62.50%
	23	60.00%
	24	48.75%
	25	42.50%
外侧进钉点 Lateral entry	-2	57.50%
	-1	63.75%
	-0	80.00%
	1	78.75%
	2	77.50%
	3	72.50%
	4	72.50%
	5	75.00%
	6	65.00%
	7	62.50%

强螺钉的把持力,采取双皮质固定。螺钉上倾角度受舌下神经管及枕骨髁关节面所限制。舌下神经管自枕骨髁上方后内侧向前外侧行走。螺钉的上倾角增大容易穿破舌下神经管甚至进入颅内。而螺钉的上倾角度不足则容易导致螺钉穿破枕骨髁关节面。考虑这些因素,我们将螺钉钉道的方向指向后方枕骨髁与枕骨移行处,即枕骨髁与枕骨大孔移行处水平(图 1b)。而螺钉在轴状面上的外倾角度亦受舌下神经管的影响。理想状态下螺钉平行于枕骨髁长轴以获得最大的钉道长度,但因为置钉点的不同及舌下神经管在内侧的位置低于外侧^[18,19],螺钉外倾角度不足易于损伤舌下神经根甚至穿破枕骨髁内侧壁进入椎管,而螺钉过大的外倾角度则可能破坏枕骨髁外侧壁。螺钉外倾角度没有设定统一值,而是根据实际情况,测量螺钉外倾成角范围。同一个枕骨髁同一个进钉点在模拟置钉时,因为方向的改变螺钉的长度亦发生改变。为了便于不同置钉点的比较,我们将长度设置为置钉点至枕骨髁后缘中点枕颈交接处的距离。

3.2.1 置钉成功率 不同进钉点之间置钉的成功率有明显差异。内侧进钉点置钉成功率仅为 72.5%,中间和外侧依次为 88.75%、100%。由于舌下神经管自枕骨髁上方后内侧向前外侧行走而其在内侧的位置低于外侧^[18,19],理想的钉道轨迹位于舌下神经管与枕骨髁关节面之间。故进钉点越靠近内侧,其所在的矢状面上舌下神经管与枕骨髁关节面之间的空间越小,需增大螺钉的外倾角度。本研究共 80 个枕骨髁,其中内侧进钉点 22 个、中间进钉点 9 个无法同时满足不破坏枕骨髁外侧壁骨皮质及舌下神经管骨皮质导致置钉失败。越靠近内侧的进钉点,置钉失败的越多,与枕骨髁的解剖特点^[18,19]相符合。

3.2.2 螺钉长度 3 个进钉点之间螺钉长度的比较有明显差异。内侧置钉可获得最大的长度 23mm,而外侧仅为 16.8mm。Joon 等^[6]行模拟后路枕骨髁螺钉单皮质固定时提出小于 18mm 的置钉均不能获得满意的把持力。按照此标准,外侧螺钉钉道长度偏小,但本研究采取双皮质固定亦有利于增强螺钉的把持力,故螺钉长度>18mm 的标准可相对降低。而关于外侧置钉采取双皮质固定时螺钉长度多少才能获得生物力学稳定仍有待研究。

3.2.3 螺钉外倾角 不同进钉点所需的外倾角度亦有明显不同。内侧、中间和外侧进钉点置钉的外倾角范围分别为 (30.9°~38.1°)、(14.9°~25.9°)和 (-4.2°~9.5°)。三者间内侧进钉点外倾角度最大,但外倾角范围最小,为 7.2°(38.1°~30.9°)。外侧进钉点外倾角最小,但范围最大,为 13.7°(9.5°+4.2°)。因口腔的操作空间有限,根据我们的临床经验,术中倾角越小,越容易操作。而外倾角的范围越大,则说明置钉外倾角的安全范围越大,置钉越安全。因此,内侧进钉点不管是外倾角大小还是外倾角的范围与另外两个进钉点比较均无优势,不合适作为进钉点。而外侧进钉点则完全符合这两点要求。

总之,尽管内侧进钉点置钉钉道长度最长,但是置钉成功率低,置钉所需的外倾角度太大,且置钉外倾角范围小,不适合作为经口咽枕骨髁螺钉进钉点。而外侧进钉点有最高的成功率,且钉道方向相对容易掌握,不足之处则是螺钉长度较短。因此在临床实际操作中选择哪个作为进钉点应该根据个体的解剖变异、术前 CT 数据做出决定。遵循

在安全置钉的前提下尽量获取最大的螺钉固定长度的原则。如果中间置钉点的置钉方向易于掌握且能够安全置入,则应该选择中间进钉点。如果中间置钉点存在破坏舌下神经根的风险,则应选择外侧进钉点。

3.2.4 最佳外倾角 尽管外侧置钉点及中间置钉点具有较高的置钉成功率(100%、88.75%),但是不同个体之间进钉的安全范围变异较大。中间进钉点钉道外倾 20°置钉时置钉最高成功率 68.75%。外侧进钉点钉道外倾角度为 0°时置钉的成功率最高 80%。两个进钉点均没有固定的外倾角度可被普遍接受,均存在置钉失败风险。临床上应根据患者术前 CT 数据来确定具体外倾角度。

本研究模拟经口咽枕骨髁螺钉置钉,结果表明使用直径 3.5mm 螺钉进行枕骨髁双皮质固定具备可行性。中间及外侧进钉点明显优于内侧进钉点。螺钉矢状面方向应指向枕骨髁后方与枕骨大孔后缘连接水平。中间进钉点及外侧进钉点之间比较各有优劣,不同个体之间钉道的外倾角度变异较大。临床上进钉点的选择及螺钉的外倾角度必须根据患者术前的三维 CT 数据确定。

4 参考文献

1. La Marca F, Zubay G, Morrison T, et al. Cadaveric study for placement of occipital condyle screws: technique and effects on surrounding anatomic structures [J]. J Neurosurg Spine, 2008, 9(10): 347-353.
2. Uribe JS, Ramos E, Vale F. Feasibility of occipital condyle screw placement for occipitocervical fixation: a cadaveric study and description of a novel technique[J]. J Spinal Disord Tech, 2008, 21(8): 540-546.
3. Uribe JS, Ramos E, Youssef AS, et al. Craniocervical fixation with occipital condyle screws: biomechanical analysis of a novel technique[J]. Spine, 2010, 35(9): 931-938.
4. Uribe JS, Ramos E, Baaj A, et al. Occipital cervical stabilization using occipital condyles for cranial fixation: technical case report[J]. Neurosurgery, 2009, 65(6): E1216-1217.
5. Bekelis K, Duhaime AC, Missios S, et al. Placement of occipital condyle screws for occipitocervical fixation in a pediatric patient with occipitocervical instability after decompression for Chiari malformation[J]. J Neurosurg Pediatr, 2010, 6(2): 171-176.
6. Joon O, Lee JO, Buchowski JM, et al. Optimal trajectory for the occipital condylar screw[J]. Spine, 2012, 37(5): 385-392.
7. Lopez-Barea F, Rodriguez-Peralto JL, Hernandez-Moneo JL, et al. Tumors of the atlas: 3 incidental cases of osteochondroma, benign osteoblastoma, and atypical Ewing's sarcoma[J]. Clin Orthop, 1994, 307: 182-185.
8. Hart RA, Boriani S, Biazini R, et al. A system for surgical staging and management of spinal tumors: a clinical outcome study of giant cell tumors of the spine [J]. Spine, 1997, 22(15): 1773-1782.
9. Porchet F, Sonntag VK, Vrodos N. Cervical amyloidoma of C2: case report and review of the literature[J]. Spine, 1998, 23(1): 133-138.
10. Uribe JS, Ramos E, Vale F. Feasibility of occipital condyle screw placement for occipitocervical fixation: a cadaveric study and description of a novel technique [J]. J Spinal Disord Tech, 2008, 21(8): 540-546.
11. Uribe JS, Ramos E, Youssef AS, et al. Craniocervical fixation with occipital condyle screws: biomechanical analysis of a novel technique[J]. Spine, 2010, 35(9): 931-938.
12. Kanzdiora F, Pflugmacher R, Ludwig K, et al. Biomechanical comparison of four anterior atlantoaxial plate systems [J]. J Neurosurg, 2002, 96(3): 313-320.
13. Yin QS, Ai FZ, Xia H, et al. Design and biomechanical evaluation of transoralpharyngeal atlantoaxial reduction plate [J]. Chin J Exp Surg, 2004, 1: 65-67.
14. Ji W, Wang XY, Xu HZ, et al. The anatomic study of clival screw fixation for the craniovertebral region[J]. J Eur Spine, 2012, Feb 2. [Epub ahead of print].
15. Ai FZ, Yin QS, Xu DC, et al. Transoral atlantoaxial reduction plate internal fixation with transoral transpedicular or articular mass screw of C2 for the treatment of irreducible atlantoaxial dislocation[J]. Spine, 2011, 36(8): 556-562.
16. Suchomel P, Buchvald P, Barsa P, et al. Single-stage total C-2 intralesional spondylectomy for chordoma with three-column reconstruction[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6(6): 611-618.
17. Rawlins JM, Batchelor AG, Liddington MI, et al. Tumor excision and reconstruction of the upper cervical spine: a multidisciplinary approach[J]. Plast Reconstr Surg, 2004, 114(6): 1534-1538.
18. Goel A, Karapurkar AP. Transoral plate and screw fixation of the craniovertebral region: a preliminary report [J]. Br J Neurosurg, 1994, 8(6): 743-745.
19. Muthukumar N, Swaminathan R, Venkatesh G, et al. A morphometric analysis of the foramen magnum region as it relates to the transcondylar approach[J]. Acta Neurochir, 2005, 147(8): 889-895.
20. Bulsara KR, Asaoka K, Aliabadi H, et al. Morphometric three-dimensional computed tomography anatomy of the hypoglossal canal[J]. Neurosurg Rev, 2008, 31(3): 299-302.

(收稿日期:2012-05-13 修回日期:2012-07-26)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)