

寰椎椎弓根螺钉进钉通道选择的影像学研究

金正帅¹, 范军界², 谢海明¹, 殷国勇², 张 宁²

(¹江苏盛泽医院骨科, 江苏 苏州 215228; ²南京医科大学第一附属医院骨科, 江苏 南京 210029)

[摘要] 目的:设计寰椎椎弓根螺钉的理想进钉通道,减少进钉时的阻力及穿透并发症。方法:选择 60 例(男、女各 30 例)行寰椎薄层扫描的志愿者影像资料,利用 Mimics10.01 软件三维重建寰椎内部松质骨及其形态,根据三维重建图像及原始影像资料确定寰椎椎弓根松质骨中心点 C(寰椎椎弓根无松质骨者以寰椎椎弓根中心点代替),以 C 点为螺钉理想钉道中心点,寰椎椎弓根头倾角为螺钉头倾角,探讨螺钉在侧块松质骨内的移动范围,并观察螺钉有无穿破椎弓根,以最大内、外倾角的角平分线作为理想钉道。结果:男女理想螺钉进钉点至椎弓根内侧壁的距离 L1 分别为(7.89 ± 1.39)、(7.30 ± 0.98)mm;至正中矢状面的距离 L2 分别为(22.86 ± 2.30)、(21.23 ± 1.64)mm;至椎弓根上下缘距离之比 L3/L4 分别为(1.00 ± 0.10)、(1.01 ± 0.11)。男女理想螺钉的内倾角度 α 分别为(11.70 ± 5.68)°、(11.70 ± 5.48)°;其中最大内倾角度 α_1 分别为(32.51 ± 5.79)°、(30.52 ± 6.40)°;最大外倾角度 α_2 分别为(9.10 ± 7.80)°、(7.04 ± 7.13)°。男女椎弓根宽度 D 分别为(9.70 ± 1.57)、(8.70 ± 1.24)mm;高度 H 分别为(5.24 ± 1.15)、(4.38 ± 0.81)mm,其中有 10 侧(男 1 例 1 侧,女 5 例 9 侧)因椎弓根高度较小或解剖变异而穿破椎弓根,比例为 8.33%。结论:理想螺钉的进钉点在椎弓根内侧壁旁开 7~8 mm 处后弓上下缘的中央,螺钉内倾(11~12)°左右,并与椎弓根共轴。

[关键词] 寰椎; 椎弓根螺钉; 松质骨; 三维重建; 进钉通道

[中图分类号] R445

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2015)12-1805-04

doi:10.7655/NYDXBNS20151236

寰椎椎弓根螺钉是近十多年来新出现的一种寰椎后路内固定术式,由 Resnick 等^[1]、谭明生等^[2]首次先后独立提出并应用,以其良好的生物力学稳定性及固定相对简单而发挥着越来越重要的作用,然而关于寰椎椎弓根螺钉的进钉点和进钉方向的选择并没有像其他椎弓根螺钉那样取得共识^[1,3]。寰椎形态及解剖位置非常特殊,现有的研究绝大部分只集中在皮质骨外围轮廓的测量及分析,而关于寰椎内部松质骨形态构造对置钉的影响鲜有报道,本研究从分析寰椎内部形态入手,探讨寰椎椎弓根螺钉的理想钉道,旨在使所建钉道尽可能位于寰椎椎弓根及侧块松质骨的中央,从而降低进钉时的阻力,避免穿透并发症。

1 对象和方法

1.1 对象

选择 60 例(男、女各 30 例),其中男组年龄范围为 21~81 岁,平均年龄为(45.73 ± 12.52)岁;女组年龄范围为 22~76 岁,平均年龄(51.20 ± 13.47)岁。行寰椎薄层扫描,扫描条件:电压 220 V,层厚 0.75 mm,间隔 0.8 mm,包括完整的寰枢关节,并排除相关上颈椎疾患,所得影像资料以 DICOM 格式保存。

1.2 方法

1.2.1 椎弓根中心点 C 的确定

将所得影像资料导入 Mimics10.01 软件,通过阈值分割、动态增长、布尔逻辑运算等步骤三维重建出寰椎松质骨及其大体形态。在 Mimics 视窗中根据三维重建图像及原始影像资料选取寰椎椎弓根松质骨中心点 C(寰椎椎弓根无松质骨者以寰椎椎弓根中心点代替):将寰椎椎管最外缘与横突孔最内缘连线,连线与寰椎皮松质骨交界处的交点分别为 E、F,取 EF 的中点为 C,定义 C 点为寰椎椎弓根的中心点(图 1)。

1.2.2 理想钉道的设计

以 C 点为理想钉道中心点,寰椎椎弓根头倾角为螺钉头倾角,即在矢状面方向强调螺钉与椎弓根共轴,模拟置入直径为 3.5 mm 的螺钉,并观察其在椎弓根及侧块松质骨内的移动范围,以不穿破椎弓根及侧块松质骨为范围极限,探索最大内外倾角,以最大内、外倾角的角平分线作为理想钉道,则理想钉道与后弓的交点为进钉点,其内倾角即为螺钉内倾角(图 2)。

1.2.3 相关指标的定义及测量

①理想螺钉的内倾角度(α):为模拟植入的螺钉与正中矢状面之间的夹角;②螺钉的最大内倾角度(α_1):为模拟置入的螺钉内倾并在不突破寰椎松质骨的情况下与正中矢状面之间的最大夹角;③螺钉的最大外倾角(α_2):为模拟置入的螺钉外倾并在

不突破寰椎松质骨的情况下与正中矢状面之间的最大夹角;④椎弓根的宽度(D):为在水平面上椎管外缘与横突孔内缘之间的冠状面距离;⑤椎弓根的高度(H):为进钉点处冠状面上椎弓根上下缘之间的矢状面距离;⑥进钉点距椎弓根内侧壁的距离(L1):为水平面上进钉点与椎弓根内侧壁之间的冠状面距离;⑦进钉点距正中矢状面的距离(L2):为水平面上进钉点与通过寰椎前后结节连线之间的冠状面距离;⑧进钉点距椎弓根上缘的距离(L3):为冠状面上进钉点与椎弓根上缘之间的矢状面距

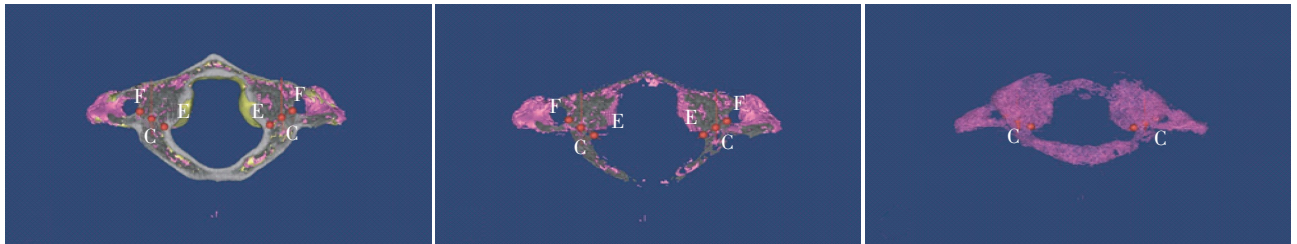
离;⑨进钉点距椎弓根下缘的距离(L4):为冠状面上进钉点与椎弓根下缘之间的矢状面距离(图 3)。

1.3 统计学方法

用 SPSS22.0 统计软件对测量数据进行处理,数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,左右两组及男女组数据间的差别用 *t* 检验进行比较, $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

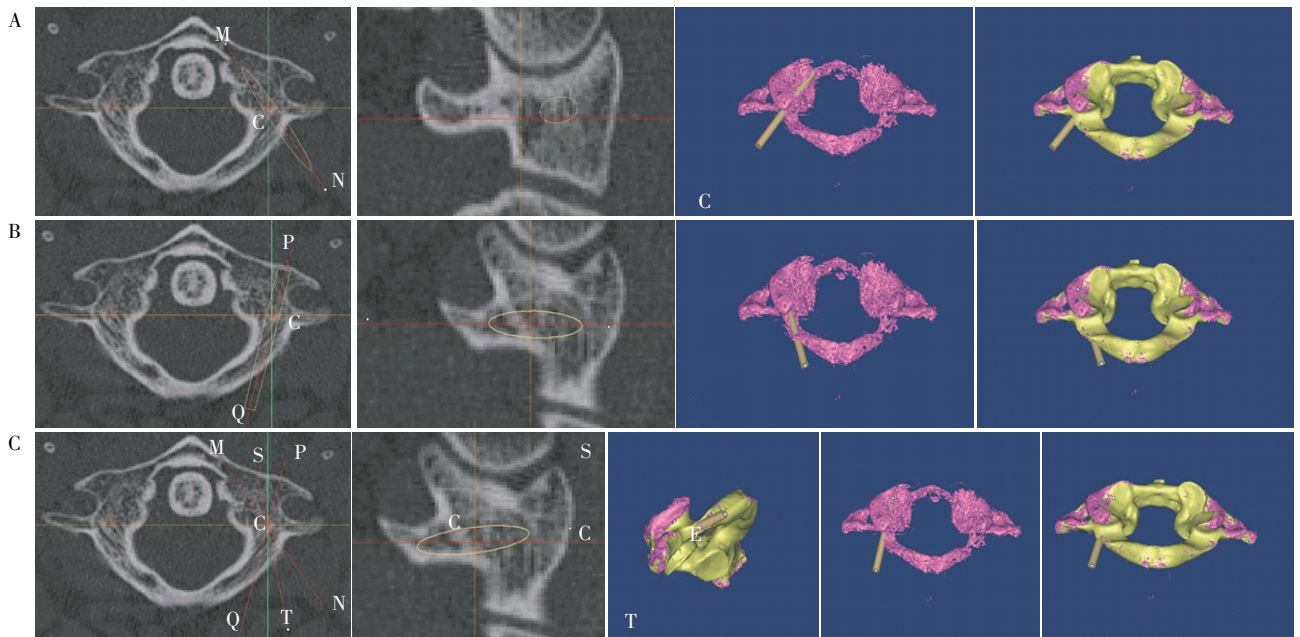
2 结果

男女组的平均年龄比较两组之间并无统计学



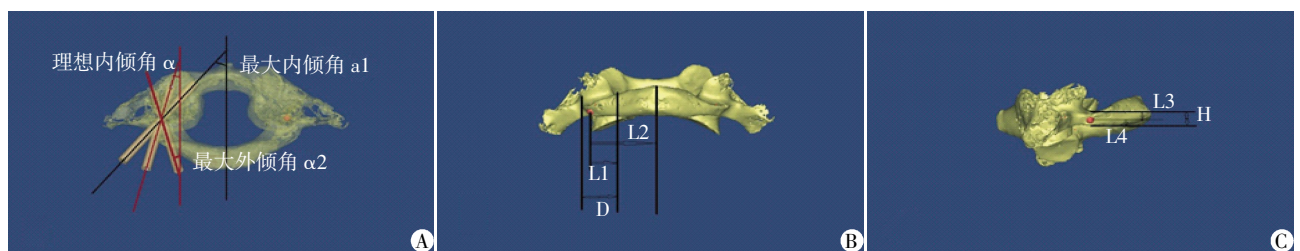
Mimics 三维视窗中 MedCAD 模块所确定的 C 点可以直观地显示在重建出的三维模型上。

图 1 椎弓根中心点确定示意图



A:最大内倾螺钉三维模型重建;B:最大外倾螺钉三维模型重建;C:理想螺钉三维模型重建。

图 2 椎弓根螺钉的钉道模拟图



A:最大内倾角 α 1、最大外倾角 α 2、理想内倾角 α 的测量;B:进钉点至椎弓根内侧壁的距离 L1、至正中矢状面的距离 L2 以及椎弓根宽度 D 的测量;C:进钉点至椎弓根上缘距离 L3、至椎弓根下缘的距离 L4 以及椎弓根高度 H 的测量。

图 3 各指标的测量方法

差异($P > 0.05$)。理想螺钉的测量统计指标结果见表 1, 其中男女组左右侧各指标相比较差异均无统计学意义($P > 0.05$), 故将左右侧数据合并; 男女组间除 α 、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、L3/L4 无统计学意义外($P > 0.05$), 其余各指标在男女组间比较差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

表 1 寰椎椎弓根及螺钉固定的测量指标 ($\bar{x} \pm s$)

测量指标	男组	女组	合并
$\alpha(^{\circ})$	11.70 ± 5.68	11.70 ± 5.48	11.70 ± 5.55
$\alpha 1(^{\circ})$	32.51 ± 5.79	30.52 ± 6.40	31.51 ± 6.16
$\alpha 2(^{\circ})$	9.10 ± 7.80	7.04 ± 7.13	8.07 ± 7.52
D(mm)	9.70 ± 1.57	8.70 ± 1.24	-
H(mm)	5.24 ± 1.15	4.38 ± 0.81	-
L1(mm)	7.89 ± 1.39	7.30 ± 0.98	-
L2(mm)	22.86 ± 2.30	21.23 ± 1.64	-
L3(mm)	2.62 ± 0.60	2.19 ± 0.43	-
L4(mm)	2.63 ± 0.57	2.18 ± 0.42	-
L3/L4	1.00 ± 0.10	1.01 ± 0.11	1.00 ± 0.10

3 讨论

3.1 关于寰椎“椎弓根”的再探讨

寰椎并不存在严格意义上的椎弓根, 它无椎体、椎板、棘突等椎体的一般结构, 仅由前弓、后弓以及两侧的侧块构成。谭明生等^[2]将侧块与后弓的连接处, 也即椎动脉沟处的后弓称为“椎弓根”, 椎动脉沟处后弓的内缘作为椎弓根的内界, 椎动脉沟处后弓的外缘作为椎弓根的外界; 而马向阳等^[4]将侧块与后弓连接部, 也就是与椎动脉沟的连接部称为“椎弓根”, 后弓的内缘作为椎弓根的内界, 寰椎横突孔的内侧壁作为椎弓根的外界。在高度上, 本文倾向于谭明生等^[2]的观点: 椎动脉沟处为寰椎的“椎弓根”, 但仅限于高度。影响置钉的另一重要因素为“椎弓根”的宽度, 其主要限制内外倾角度, 对影像资料的分析中注意到, 在调整螺钉的内外倾角时, 后弓内缘及横突孔内侧壁是主要限制因素, 而不是椎动脉沟外缘。因此在宽度上, 我们更倾向于马向阳等^[4]的观点: 侧块与后弓的移行处(不包括椎动脉沟)为寰椎的“椎弓根”, 但仅限于宽度。也即寰椎“椎弓根”螺钉植入过程中矢状面的限制主要来自椎动脉沟处, 水平面的限制主要来自侧块与后弓移行处, 这种寰椎“椎弓根”高度和宽度的不同空间性共同决定着椎弓根螺钉的植入。

根据测量结果, 寰椎椎弓根的高度(H)在男女组间分别为 (5.24 ± 1.15)、(4.38 ± 0.81)mm, 宽度(D)分别为(9.70 ± 1.57)、(8.70 ± 1.24)mm; Gebauer 等^[5]的测量结果显示椎弓根的高度在男女组间分别

为(4.60 ± 0.90)、(4.10 ± 0.80)mm, 宽度分别为(9.80 ± 1.70)、(8.90 ± 0.70)mm, 这和本研究的测量结果基本一致。同谭明生等^[2]对高度的测量及马向阳等^[4]对宽度的测量相比, 他们的结果相对偏小, 这可能和存在选择偏倚相关, 且他们的测量是在尸体标本中完成的, 也没有考虑男女组间的差异, 另外测量中的人为误差、测量工具、测量方法的选择等也可能对结果产生重要影响。在本研究中, 有 10 侧椎弓根因高度较小而发生了部分穿破, 约占 8.33%, 但按照 Pan 等^[6]的观点仍可行部分经椎弓根螺钉内固定, 也即将进钉点下移, 椎弓根下缘以骨蜡充填, 在寰椎后弓下缘和骨蜡间置钉, 这能有效提高置钉准确性, 并减少并发症的发生。

3.2 进钉点和进钉方向的选择

寰椎椎弓根螺钉的进钉技术归纳起来主要有: 局部解剖定位法、数字化导向模板以及计算机辅助手术导航系统, 后两者的临床应用很少。局部解剖定位法为一种经验性徒手置钉技术, 通常是先暴露后弓、侧块等解剖标志, 然后以这些解剖标志确定进钉点, 该方法由于简单、实用, 在临床中应用最为广泛。本课题的研究在于提供相对安全的寰椎椎弓根螺钉植入方法并使所置螺钉位于松质骨三维空间的中心轨道上。

现有的徒手椎弓根螺钉植入技术绝大部分是通过解剖及影像资料的分析而主观提出的^[1-5], 然后再去探求钉道与解剖标志之间的客观关系, 缺乏对钉道的预先设计。本研究从剖析研究寰椎内部形态入手, 三维重建寰椎松质骨体模型, 探讨寰椎椎弓根螺钉的理想钉道, 旨在使所建钉道尽可能位于寰椎松质骨内, 减少进钉时的阻力。为此预先设计好了钉道, 并探求各指标与相关解剖标志之间的客观关系, 再提出合适的钉道。

通过测量发现, $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 及 α 在男女左右组及男女组间并无差异($P > 0.05$), 显示了很好的一致性, 故男女组合并后计算 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 及 α 分别为 (31.51 ± 6.16) $^{\circ}$ 、(8.07 ± 7.52) $^{\circ}$ 、(11.70 ± 5.55) $^{\circ}$, 由上可以看出螺钉在侧块内的移动范围是相当广的, 也就是有足够的置钉区间。理想螺钉与后弓的交点为本研究的进钉点, 通过分析发现, 进钉点距椎弓根上下缘距离之比在男女组间也无差异, 这与 Gebauer 等^[5]的观点一致。还发现进钉点至椎弓根内侧壁的距离在男女组分别为 (7.89 ± 1.39)、(7.30 ± 0.98)mm, 至正中矢状面(通过寰椎前后结节的矢状面)的距离分别为 (22.86 ± 2.30)、(21.23 ± 1.64)mm, 与谭明生等^[7]的

测量相比,他们的结果相对偏小。此外根据现有的数据可以计算出进钉点距椎弓根中线的距离在男女组间分别为 (3.09 ± 1.23) 、 (2.94 ± 1.06) mm,经检验在男女组间并无统计学差异,因此建议进钉点在椎弓根中线外侧 3 mm 左右, Ma 等^[8]提出的椎弓根中线外 2 mm 为进钉点与本文的结果相比偏小。实验方法的设计、选择偏倚、测量工具的使用、人为因素的影响可能导致了上述结果的差异,但最重要的还是实验方法的设计,也即对理想钉道的预先评估,而不是先测量再去评估钉道。

鉴于以上分析,建议寰椎椎弓根螺钉的进钉点在椎弓根内侧壁旁开 7~8 mm 处上下缘的中央,螺钉内倾 $(11\sim 12)^\circ$ 左右;分析中也注意到无论是 α ,还是 L1 都有较大的波动,这反映了寰椎椎弓根的个体差异性非常明显,因此,无论何时,椎弓根螺钉的个体化置钉是必须的。

[参考文献]

[1] Resnick DK, Benzel EC. C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct; case report and technical note[J]. Neurosurgery, 2002, 50(2): 426-428

- [2] 谭明生, 张光铂. 寰椎测量及其经后弓侧块螺钉固定通道的研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2002, 12(1): 5-8
- [3] 张俊, 金正帅. 寰椎椎弓根螺钉进钉点与枢椎椎弓根内壁水平间距关系的研究[J]. 南京医科大学学报: 自然科学版, 2009, 29(7): 1009-1013
- [4] 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰椎后路椎弓根螺钉固定的解剖可行性研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, 21(6): 554-555
- [5] Gebauer M, Barvencik F, Briem D, et al. Evaluation of anatomic landmarks and safe zones for screw placement in the atlas via the posterior arch[J]. Eur Spine J, 2010, 19(1): 85-90
- [6] Pan J, Li L, Qian L, et al. C1 lateral mass screw insertion with protection of C1-C2 venous sinus: technical note and review of the literature[J]. Spine, 2010, 35(21): E1133-E1136
- [7] 谭明生, 王慧敏. 寰椎经后弓侧块螺钉固定通道的 CT 测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(1): 28-31
- [8] Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. Anatomic considerations for the pedicle screw placement in the first cervical vertebra[J]. Spine, 2005, 30(13): 1519-1523

[收稿日期] 2015-05-03

连接号的使用

国标将连接号的形式规范为短横线“-”、一字线“—”和浪纹线“~”3种,并对三者的功能做了归并与划分:

浪纹线(数值范围号,~)用于连接计量和计数数值的起止,如:200~250 g、110~120 km/h、50~60人、1 000~3 000辆。

一字线(—),用于以下场合:标示公历世纪,年代,年份,年、月、日和时刻的起止;连接地名或方位名词,表示起止、相关或走向;标示工艺流程,也可用“→”;在表格的表身中,表示“未发现”;在图注中,为节省版面和讲求美观,可代替破折号(——)。

短横线(-),用于以下场合:连接相关的词语,构成复合结构;连接相关的字母、阿拉伯数字之类,组成化合物名称、产品型号及各种代号;连接号码,包括书号、连续出版物号、电话号码,等;用全数字式日期表示法时,间隔年月日;连接图表序号中的章节号与图表号;连接姓名中的复姓或姓与名(需要时)。