

基础研究

寰椎后路单或双层皮质骨螺钉
固定强度的生物力学评价马向阳¹, 赵卫东², 尹庆水¹, 夏虹¹, 吴增晖¹, 李凭跃¹, 刘景发¹, 钟世镇²

(1 广州军区广州总医院骨科 510010 广州市; 2 第一军医大学临床解剖学研究所 510515 广州市)

【摘要】目的:测量单层皮质骨和双层皮质骨寰椎侧块螺钉固定与寰椎椎弓根螺钉固定的强度,为临床选择寰椎后路螺钉固定的方式提供生物力学依据。**方法:**利用 12 例新鲜的寰椎和第三颈椎标本,进行单层皮质骨和双层皮质骨的椎弓根螺钉或侧块螺钉固定,测试并比较其螺钉拔出强度。**结果:**双层皮质骨寰椎椎弓根螺钉固定的拔出力量最大,为 $1757.0 \pm 318.7\text{N}$;单层皮质骨寰椎椎弓根螺钉固定($1192.5 \pm 172.6\text{N}$)与双层皮质骨寰椎侧块螺钉固定($1243.8 \pm 350.0\text{N}$)及单层皮质骨 C3 椎弓根螺钉固定($1121.6 \pm 224.6\text{N}$)的拔出力量之间均无明显差异。**结论:**应用寰椎侧块螺钉固定时宜选用双层皮质骨螺钉固定,而寰椎椎弓根螺钉固定选用单层皮质骨螺钉即可。

【关键词】寰椎;椎弓根螺钉;侧块螺钉;拔出力量;生物力学

中图分类号:R687.3, R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2005)-01-0034-04

Biomechanical evaluation of the pull-out strength of C1 posterior screw with unicortical or bicortical fixation/MA Xiangyang, ZHAO Weidong, YIN Qingshui, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2005, 15(1):34-37

【Abstract】Objective:To evaluate the pull-out strength of the unicortical and bicortical fixation of atlas(C1) lateral mass screw and C1 pedicle screw, and provide the biomechanical basis for clinical choice for posterior approach C1 screw fixation technique in fresh C1 cadaver specimen.**Method:**The unicortical and bicortical lateral mass screw or pedicle screw were placed on C1 and C3 in twelve fresh spine specimens separately, and the pull-out strength of the screw were tested and compared.**Result:**For C1 bicortical pedicle screw, its pull-out strength averaged $1757.0 \pm 318.7\text{N}$, got the strongest strength of all fixation methods. The mean pull-out strength of C1 unicortical pedicle screw, C1 bicortical lateral mass screw and C3 unicortical pedicle screw was $1192.5 \pm 172.6\text{N}$, $1243.8 \pm 350.0\text{N}$ and $1121.6 \pm 224.6\text{N}$ respectively. No statistically significant difference was observed among them.**Conclusion:**It would be better to choose bicortical fixation for C1 lateral mass screw, but unicortical fixation was strong enough for C1 pedicle screw.

【Key words】Atlas; Pedicle screw; Lateral mass screw; Pull-out strength; Biomechanics

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

寰椎后路钉板固定技术较其它寰椎后路固定方法具有稳定可靠、植骨融合率高、操作相对方便等优点^[1-3]。其中寰椎后路螺钉的固定方法包括侧块螺钉固定与椎弓根螺钉固定两种,在临床应用 Harms 等^[1]采用双层皮质的寰椎侧块螺钉固定;而 Resnick 等^[2]则采用单皮质的寰椎椎弓根螺钉固定,其选择是否恰当,螺钉的强度是否足

够,目前尚缺乏理论依据。本研究以第三颈椎作为评价螺钉固定强度的参考椎,在寰椎和第三颈椎标本上进行单或双皮质的椎弓根和侧块螺钉固定,测试并比较其螺钉拔出强度,以期临床选择寰椎螺钉固定方式提供依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

12 具年龄 25~45 岁、意外死亡的男性新鲜尸体,检查排除骨折、退变性疾病、肿瘤和骨质增生等,取其寰椎和第 3 颈椎并编号,密封保存于

基金项目:广东省自然科学基金团队项目(20023001)

第一作者简介:男(1970-),主治医师,医学博士,研究方向:颈椎损伤的临床与解剖研究

电话:(020)36653535 E-mail:maxy1001@sina.com

-20℃冰箱中,试验前于室温下自然解冻,去除肌肉、韧带等软组织后分组备用。

1.2 分组设计

每一椎骨的左右侧各作为一测试单位,同时,为了最大限度地消除标本骨密度造成的组间差异和提高测试结果之间的可比性,对每个椎骨的左右侧选用以下六种组合方式进行固定:单皮质骨椎弓根螺钉与双皮质骨椎弓根螺钉、单皮质骨椎弓根螺钉与单皮质骨侧块螺钉、单皮质骨椎弓根螺钉与双皮质骨侧块螺钉、双皮质骨椎弓根螺钉与单皮质骨侧块螺钉、双皮质骨椎弓根螺钉与双皮质骨侧块螺钉、单皮质骨侧块螺钉与双皮质骨侧块螺钉。来自同一尸体标本的寰椎和第三颈椎选用相同的组合方式,在 12 具标本中每种组合各重复一次,每种螺钉固定方式各有 6 次。

1.3 固定材料和方法

选用直径 3.5mm 的皮质骨螺钉,分单皮质和双皮质椎弓根螺钉固定、单皮质和双皮质侧块螺钉固定四种固定方式,分别固定于寰椎和第三颈椎,实验中不使用钢板,仅使用螺钉固定来测定拔出力。寰椎椎弓根螺钉按作者建立的方法确定螺钉的进钉点及进钉方向^[3](图 1);寰椎侧块螺钉按夏虹等^[4]介绍的方法进行(图 2);C3 椎弓根螺钉的进钉点位于侧块外上象限的中心,内斜 45°,上

斜 8°(图 3);C3 侧块螺钉固定按尹庆水等^[5]介绍的方法进行(图 4)。

完成钉道准备后,测量并记录进钉深度,3.0mm 丝锥攻丝后拧入相应长度的螺钉固定。对于双皮质骨螺钉,其出钉点用棉纸包裹,防止包埋材料对突出骨皮质的螺钉尖端构成加固而影响测试结果的准确性。而后用聚甲基丙烯酸甲酯(自凝型,上海齿科材料厂)分别包埋后准备测试。

1.4 加载及测试

实验使用 MTS 858 Mini Bionix(R)生物力学实验机,依预实验结果设置试验机速度 2mm/min,最大拉力 3000N,最大位移 10mm。为确保将螺钉垂直拔出,仅产生轴向拔出力,不产生其它方向的分力,使用专门的夹具夹住螺钉钉帽。测试前通过软件调整夹具和螺钉之间的力,将拔出力的初始数据归零,以免产生正向及负向的初始力。开始加载后,螺钉大部拔出即中止测试。加载后通过软件可以直接得出拔出过程中的拔出力变化,从而得出最大拔出力。

1.5 统计学处理

利用 SPSS 10.0 软件对寰椎和 C3 的不同固定方式的最大拔出力进行方差分析(One-way ANOVA)和 SNK 法两两比较,显著性水准均设定在 0.05。

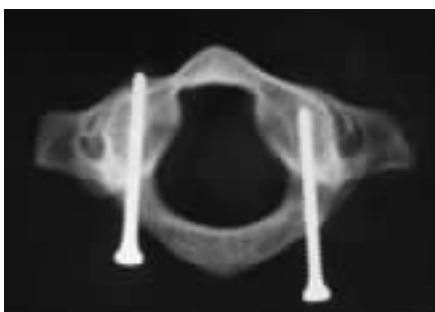


图 1 寰椎单皮质、双皮质椎弓根螺钉固定

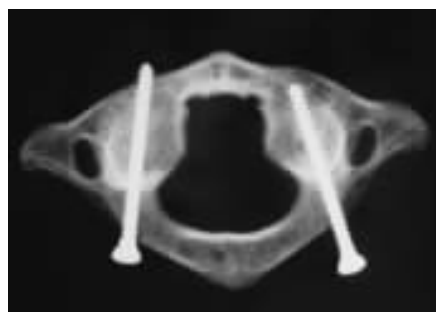


图 2 寰椎单皮质、双皮质侧块螺钉固定

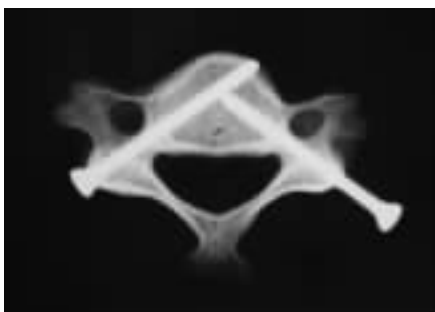


图 3 C3 单皮质、双皮质椎弓根螺钉固定



图 4 C3 单皮质、双皮质侧块螺钉固定

2 结果

C1 和 C3 各有四种螺钉固定方式, 其螺钉的平均固定长度和最大拔出力的平均值见表 1。

在寰椎的四种固定方式中, 双皮质椎弓根螺钉固定的拔出力最大, 单皮质侧块螺钉固定的拔出力最小, 单皮质椎弓根螺钉固定与双皮质侧块螺钉固定无差异, 其强度界于前两者之间。而在 C3 的四种固定方式中, 双皮质椎弓根螺钉固定的强度最大, 其次为单皮质椎弓根螺钉固定, 再次为双皮质侧块螺钉固定, 最后为单皮质侧块螺钉固定, 相互间均具有统计学差异 ($P<0.05$)。

寰椎螺钉的四种固定方式与 C3 螺钉相比, 双皮质寰椎椎弓根螺钉固定的拔出力在数值上稍大于 C3 双皮质椎弓根螺钉固定, 但无统计学差异; 单皮质寰椎椎弓根螺钉固定和双皮质寰椎侧块螺钉固定均与单皮质 C3 椎弓根螺钉固定间无明显差异; 单皮质寰椎侧块螺钉固定的拔出力与双皮质 C3 侧块螺钉固定无差异, 但明显大于单皮质 C3 侧块螺钉固定。

表 1 C1 和 C3 不同固定方式的钉道长度和最大拔出强度 ($\bar{x}\pm s, n=6$)

椎骨	固定方式	钉道长度 (mm)	最大拔出力 (N)
C1	双皮质椎弓根螺钉固定	29.79±1.68	1757.0±318.7 ^①
	单皮质椎弓根螺钉固定	26.25±0.83	1192.5±172.6 ^②
	双皮质侧块螺钉固定	24.88±0.41	1243.8±350.0 ^③
	单皮质侧块螺钉固定	19.98±0.81	794.5±314.8 ^④
C3	双皮质椎弓根螺钉固定	32.89±2.29	1633.1±301.9 ^⑤
	单皮质椎弓根螺钉固定	28.10±2.67	1121.6±224.6 ^⑥
	双皮质侧块螺钉固定	14.85±1.13	717.5±166.9 ^⑦
	单皮质侧块螺钉固定	11.22±0.67	487.3±171.6 ^⑧

注: ①与②、③、④比较 $P<0.05$; ②与③比较 $P>0.05$; ⑤与⑥、⑦、⑧比较 $P<0.05$; ⑥与⑦比较 $P<0.05$; ②、③与⑥比较 $P>0.05$

3 讨论

3.1 C3 侧块螺钉与 C3 椎弓根螺钉固定的选择

Heller 等^[6]曾对中下颈椎的侧块螺钉固定是进行双皮质还是单皮质固定进行过拔出力的比较研究, 结论是双皮质侧块螺钉固定优于单皮质侧块螺钉固定, 因而建议行颈椎后路固定时, 最好采用双皮质侧块螺钉固定。在本研究中, C3 的双皮质侧块螺钉的强度也明显大于其单皮质侧块螺钉, 提示在 C3 等中下颈椎进行侧块螺钉固定时

宜采用双皮质固定。

C3 单皮质椎弓根螺钉固定的强度明显大于其双皮质侧块螺钉固定, 小于其双皮质椎弓根螺钉固定。大量的中下颈椎侧块螺钉临床应用结果表明, 双皮质侧块螺钉固定的强度对于颈椎已足够, 可以满足颈椎后路植骨融合所需要的固定要求。因此, 在中下颈椎进行椎弓根螺钉固定时, 单皮质固定的强度已足够, 无需进行双皮质固定。

3.2 寰椎侧块螺钉与椎弓根螺钉固定的选择

对寰椎侧块螺钉固定与 C3 侧块螺钉固定的比较发现, 单皮质寰椎侧块螺钉固定的强度与双皮质 C3 侧块螺钉固定无差异, 而双皮质寰椎侧块螺钉固定的强度则明显大于双皮质 C3 侧块螺钉固定的强度; 然而由于寰枢椎脱位时多为寰椎前脱位, 寰椎具有向前方滑移的趋势, 这就要求固定于寰椎的螺钉必须比固定于下颈椎的螺钉具有更大的固定强度, 所以进行寰椎侧块螺钉固定时不宜进行单皮质固定, 最好选用双皮质固定。

寰椎单皮质椎弓根螺钉固定的强度小于双皮质的寰椎椎弓根螺钉固定的强度, 提示若进行双皮质固定就可以达到更大的固定强度。但由于寰椎侧块的前方为咽后壁, 而且有舌下神经纵向经过, 加之寰椎单皮质椎弓根螺钉固定与寰椎双皮质侧块螺钉固定的强度相当。因此, 在寰椎椎弓根螺钉固定时, 单皮质螺钉的固定强度就已足够, 不必冒双皮质螺钉固定可能穿破咽后壁和损伤舌下神经的风险。但螺钉的前端最好达到寰椎侧块前方骨皮质的后缘, 即松质骨与皮质骨的交界部, 刚好不突破侧块前缘皮质为佳。这样, 既可确保安全, 又可获得较大的螺钉固定强度。我们临床应用单皮质寰椎椎弓根螺钉联合枢椎单皮质椎弓根螺钉的钉板固定治疗寰枢椎脱位, 所有患者均获植骨融合^[3], 支持单皮质寰椎椎弓根螺钉固定的生物力学强度已足够的观点。

3.3 影响螺钉拔出力的因素

有研究认为显著增加螺钉轴向拔出力的因素有增大螺钉的外径、加大进钉深度、改变螺纹的切迹和间距等, 且以前二者更为重要^[7]。然而, 对于寰枢椎后路固定来讲, 目前采用的螺钉直径一般都是 3.5mm, 解剖上不允许采用直径更大的螺钉, 因而在直径不变、保证固定强度和手术安全的前提下, 应尽可能地加大螺钉固定长度。所以, 寰椎在行侧块螺钉固定时需选用双皮质固定, 而选用椎

弓根螺钉时仅需单皮质固定,但要求螺钉前端应尽可能达到寰椎侧块前方皮质的后缘。

骨密度(bone mineral density, BMD)也是影响螺钉固定强度的重要因素, BMD 越大,螺钉的拔出力越大^[7]。本实验中,无论是对于寰椎还是 C3,由于椎弓根螺钉的钉道起始部四周的骨质多为皮质骨,即 BMD 较大,因而其拔出力也较相应的侧块螺钉要大;所以,对侧块螺钉需要双皮质固定才能达到的固定强度,椎弓根螺钉则只需要单皮质固定即可。另外,双皮质螺钉的拔出强度大于相应的单皮质螺钉,也是由于皮质处的 BMD 较大;当然,双皮质固定同时也加大了螺钉的长度,从而也增加了螺钉的固定强度。本研究结果中拔出力的标准差较大,主要是因为个体的 BMD 不同,也说明了 BMD 是影响螺钉拔出力量的主要因素之一。

由于寰椎螺钉的钉道起始部多为皮质骨,螺钉置入需要预先攻丝切出螺纹,但为了获得更大的抗拔出强度,本研究对攻丝方法进行了改进:一是采用直径 3.0mm 的丝锥攻丝;二是对于单皮质固定,钻孔后仅对侧块的表面或椎弓根、后弓的起始部进行攻丝,而进入椎体或侧块内后不再攻丝,测深后直接旋入螺钉。

总之,进行寰椎侧块螺钉固定时宜选用双皮

质固定,而进行寰椎椎弓根螺钉固定时单皮质螺钉即可,其强度与双皮质寰椎侧块螺钉固定和单皮质 C3 椎弓根螺钉固定相当,具有良好的固定性能。

4 参考文献

1. Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation[J]. Spine, 2001, 26(22):2467-2471.
2. Resnick DK, Benzel EC. C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct: case report and technical note [J]. Neurosurg, 2002, 50(2):426-428.
3. 马向阳, 尹庆水, 吴增晖, 等. 寰椎椎弓根与枢椎侧块关系的解剖与临床研究[J]. 中华骨科杂志, 2004, 24(5):295-298.
4. 夏虹, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰椎侧块后路螺钉固定的应用解剖学[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(2):83-85.
5. 尹庆水, 张余, 刘景发, 等. Axis 系统治疗下颈椎不稳的解剖学研究和临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2001, 11(1):16-18.
6. Heller JG, Estes BT, Zaouali M, et al. Biomechanical study of screws in the lateral masses: variables affecting pull-out resistance[J]. J Bone Joint Surg (Am), 1996, 78(9):1315-1321.
7. Hackenberg L, Clahsen H, Halm H. Factors influencing the anchoring stability of spinal bone screws—an experimental study [J]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1998, 136(5):451-456.

(收稿日期:2004-09-13)

(英文编审 王忠植)

(本文编辑 卢庆霞)

病案讨论

年轻女性慢性腰背痛(续)

诊断与治疗结果

2003年11月12日在全麻下行“病灶清除活检, 髂骨取骨植骨融合术”。术中见 T12 椎旁局部隆起, 有韧厚感, 切开后内容为黄白色干酪样组织, 椎体大部破坏, 有死骨形成, 上下椎间隙有破坏变性。术中清除干酪样物质 50ml, 送冰冻检查。结果为: 慢性炎症。术后切除组织送病理检查, 患者安返病房, 常规补液、抗炎、抗痨治疗。术后患者一般情况好, 体温在 38.5℃左右, 无胸闷及呼吸困难。自觉伤口疼痛, 但可忍耐。第 2 天因引流流量不多而拔除伤口引流管。血常规检查白细胞计数及中性分类较高, 经抗炎亦无好转。术后第 6 天患者出现胸闷、呼吸困难。拍胸片示左侧胸腔积液。转入胸外科, 予胸腔穿刺, 抽出淡红色液体

400ml。经涂片检查为渗出液, 未见抗酸杆菌及肿瘤细胞。抽胸水后患者胸闷症状明显缓解。查 LDH 及 β_2 -微球蛋白均在正常范围。病理检查结果示: (T12 椎体) 恶性淋巴瘤组织增生性疾病, 符合骨间变性大细胞性淋巴瘤(T 细胞型)(图 1, 后插页 II)。故转入血液科诊治。予骨髓穿刺检查, 结果示: 不除外淋巴瘤骨髓浸润(图 2, 后插页 II)。最后诊断: T12 非何杰金氏淋巴瘤。在血液科进行化疗, 经一疗程化疗后患者疼痛症状明显缓解, 体温逐渐恢复正常, 各项化验指标良好, 骨髓穿刺无异常, 达到临床治愈。目前仍在继续系统化疗, 以巩固疗效。

(张铁超, 侯树勋, 姚长海提供)