

基础研究

经骶 1-2 侧块螺钉固定的最大拔出力测定

尤传飞¹, 袁峰², 葛保健², 陈宏亮², 王立新¹

(1 徐州医学院研究生学院 2009 级骨科专业 221002; 2 徐州医学院附属医院骨科 221002 江苏省徐州市)

【摘要】目的:测量经骶 1-2 侧块螺钉固定的最大拔出力, 初步探讨该内固定方法的有效性。**方法:**8 具甲醛溶液固定湿润成人骶骨标本, 采用双能 X 线吸收测定仪(dual-energy X-ray absorptiometry, DEXA)测定 S1 椎体骨密度。在同一骶骨标本上随机置入 3 种骶骨螺钉: 经骶 1-2 侧块螺钉(A 组)、S1 椎弓根螺钉(B 组)、S1 前外骶骨翼螺钉(C 组)。将标本固定于 858 型 MTS 材料试验机上, 对螺钉施加轴向拔出力, 根据 3 种骶骨螺钉轴向拔出实验的数据绘制力(N)-位移(mm)曲线, 取曲线的顶点作为最大拔出力数值。应用 SPSS 16.0 统计软件对 3 组骶骨螺钉的最大拔出力数值行方差分析。**结果:**8 具骶骨标本 S1 椎体骨密度为 $0.43 \sim 0.74 \text{g/cm}^3$, 平均 $0.641 \pm 0.275 \text{g/cm}^3$ 。3 种骶骨螺钉固定的螺钉即刻平均最大拔出力: A 组为 $379.62 \pm 73.10 \text{N}$, B 组为 $829.12 \pm 170.74 \text{N}$, C 组为 $230.62 \pm 98.52 \text{N}$, 3 组之间两两比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**经骶 1-2 侧块螺钉固定的最大拔出力低于 S1 椎弓根螺钉固定, 但高于 S1 前外骶骨翼螺钉固定, 当 S1 椎弓根螺钉固定不能施行时, 骶 1-2 侧块螺钉固定可作为一种有效的选择。

【关键词】 骶骨; 侧块螺钉; 内固定; 生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.02.14

中图分类号: R687.3, R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-02-0166-04

The maximum pull-out force of the sacral 1-2 translateral mass screw, an in vitro experiment/YOU Chuanfei, YUAN Feng, GE Baojian, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(2): 166-169

【Abstract】 Objectives: To measure the maximum pull-out force of the sacral 1-2 translateral mass screw (STMS), and to discuss the efficacy of this technique. **Methods:** Eight adult cadavers which were soaked and fixed in formalin liquid were used in this study. The bone mineral density(BMD) of S1 vertebra was measured by the dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). The average data of BMD were recorded. Three types of sacral screw were implanted into these specimens randomly. The experimental groups were divided as follows: group A (STMS fixation), group B(S1 pedicle screw fixation) and group C(S1 anterolateral screw fixation). Then the specimens were placed on a MTS 858 bionix testing machine, and a pull-out test was performed along the axis of the screw until the screw was completely pulled out of the sacrum. According to the experimental data, the curves of force(N)-displacement(mm) were drawn. The vertex of curves was taken as the maximum pull-out force. Then variance analysis was carried out by statistical software SPSS 16.0. **Results:** The BMD of 8 S1 vertebra was $0.43 \sim 0.74 \text{g/cm}^3$ (average $0.641 \pm 0.275 \text{g/cm}^3$). The average maximum instant pull-out force for three fixations was $379.62 \pm 73.10 \text{N}$, $829.12 \pm 170.74 \text{N}$ and $230.62 \pm 98.52 \text{N}$ for group A, B and C respectively, with significant difference between each 2 groups($P < 0.05$). **Conclusions:** The pull-out force of STMS is lower than that of S1 pedicle screw, but higher than that of the S1 anterolateral fixation. When S1 pedicle screw placement is unavailable, STMS instrumentation is an effective option.

【Key words】 Sacrum; Lateral mass; Screw fixation; Biomechanics

【Author's address】 Orthopedics Major, Grade 2009, Graduate School, Xuzhou Medical College, Jiangsu, 221002, China

第一作者简介: 男(1977-), 副主任医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科(现在江苏省泗阳县人民医院骨一科 223700)
电话: (0527)85226007 E-mail: youfei1977@163.com
通讯作者: 袁峰 E-mail: cnyuanfeng@hotmail.com

在临床工作中常会遇到因各种特殊原因(如 S1 椎体病变或畸形、椎弓根处骨缺损、髂骨翼过度内聚、腰椎重度滑脱或腰骶角过大等)造成 S1 椎弓根螺钉无法安装或连接的情况。为解决这一

问题,我们在之前的研究中设计了一种新的骶骨螺钉固定方法——经骶 1-2 侧块螺钉固定,并对其解剖学特征和可行性进行了探讨^[1]。为了进一步了解其固定的有效性,本研究对经骶 1-2 侧块螺钉固定的最大拔出力进行测量,并与传统的 S1 椎弓根螺钉、S1 前外骶骨翼螺钉进行比较,旨在为其临床应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 骶骨标本

取自甲醛溶液浸泡成人尸体的 8 个骶骨标本用于实验。尸体标本均由徐州医学院解剖教研室提供。男性 4 例,女性 4 例;死亡年龄 32~61 岁,平均 41.7 岁;死因:车祸 3 例、电击 1 例、心脑血管意外 3 例、中毒 1 例。骶骨标本切除椎旁肌肉,保留所有韧带、椎间盘、椎间关节囊和骨性结构,经肉眼、X 线摄片排除变异、肿瘤、结核、感染、骨折、脱位等病理情况。所有标本双层塑料袋密封,置于-20℃冰箱内保存。实验前,将标本在室温下彻底解冻。采用双能 X 线吸收测定仪 (DEXA, Densiscan 1000, Scanco Medical, Switzerland) 测定 S1 椎体骨密度。

1.2 螺钉固定方法

在室温 20℃、相对湿度 60% 的环境中,于每个骶骨标本上置入 3 种骶骨螺钉,因 S1 前外骶骨翼螺钉及经骶 1-2 侧块螺钉均指向骶骨翼,故将 S1 前外骶骨翼螺钉及经骶 1-2 侧块螺钉放置于

各自相对侧,将 S1 椎弓根螺钉及经骶 1-2 侧块螺钉放置于同侧,左右随机。统一使用直径 6.5mm 的椎弓根螺钉 (通用 GSS)。骶骨螺钉置入方法:(1)经骶 1-2 侧块螺钉固定(A 组),从第 2 骶后孔上缘上方 5mm 处进钉,进钉方向为从进钉点到骶骨翼最前上角处。(2)S1 椎弓根螺钉固定(B 组),从 S1 上关节突下缘水平线向外 5mm 处进钉,进钉方向为从进钉点平行 S1 椎体上终板指向骶骨岬。(3)S1 前外骶骨翼螺钉固定(C 组),从 S1 上关节突下缘水平线向外 5mm 处进钉,进钉方向为从进钉点指向骶骨翼最前上角处。骶骨螺钉的置入:先按螺钉固定方向拧入直径 1.5mm 克氏针,沿克氏针方向使用直径 3.2mm 钻头钻孔,不穿透前皮质,测深,选择合适长度的骶骨螺钉,沿该路径拧入,使螺钉刚好抵达前皮质。螺钉固定标本见图 1,螺钉固定标本 X 线片见图 2。

1.3 最大拔出力测试

自制实验平台及拔出夹具。将标本固定于夹具内,将骶骨螺钉与一 6.5mm×150mm 的专用连接棒紧密连接,使连接棒与实验平台保持垂直,将标本固定于 858 型 MTS 材料试验机 (MTS 858 bionix, 美国 MTS 公司)上。对螺钉施加轴向拔出力,直至螺钉完全从骶骨中拔出。载荷速率为 10mm/min,位移和拉力值通过传感器连续记录到 MTS 专用电脑上。

1.4 统计学处理

计算 8 具骶骨标本 S1 椎体平均骨密度;根据

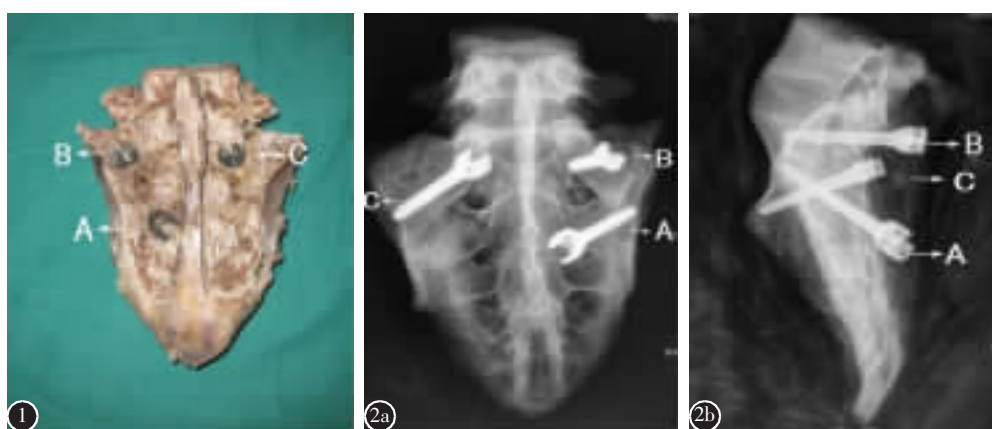


图 1 骶骨标本背侧观显示 3 种骶骨螺钉固定(A,经骶 1-2 侧块螺钉固定;B,S1 椎弓根螺钉固定;C,S1 前外骶骨翼螺钉固定) 图 2 a 骶骨标本正位 X 线片示 3 种骶骨螺钉固定 b 骶骨标本侧位 X 线片示 3 种骶骨螺钉固定

Figure 1 The dorsal view of specimen showed three approaches of sacral screw fixation (A, the sacral 1-2 translateral mass screw fixation; B, the S1 pedicle screw; C, the anterolateral fixation screw of S1) **Figure 2 a** Anteroposterior view of three sacral screw fixation **b** Lateral view of three sacral screw fixation

3种骶骨螺钉轴向拔出实验的数据绘制力(N)-位移(mm)曲线,取曲线的顶点作为最大拔出力数值(图3);应用SPSS 16.0统计软件对3组数据行方差分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

8例骶骨标本S1椎体骨密度 $0.43\sim 0.74\text{g}/\text{cm}^3$,平均为 $0.641\pm 0.275\text{g}/\text{cm}^3$ 。3种骶骨螺钉固定技术的螺钉即刻平均最大拔出力:A组为 379.62 ± 73.10 (305~495)N,B组为 829.12 ± 170.74 (581~1026)N,C组为 230.62 ± 98.52 (103~375)N,3组之间两两比较差异有统计学意义($P<0.05$)。

3 讨论

目前S1椎弓根螺钉固定在临床上被广泛应用^[2],但出现以下情况时S1椎弓根螺钉固定无法施行:①当S1椎体存在病变造成椎弓根骨缺损,如S1椎体的炎症、肿瘤、结核等,或者S1椎体存在变异使得在椎弓根上没有足够的空间置入螺钉;②当髂骨翼过度内聚,造成S1椎弓根螺钉置入困难;③当S1椎体骨质疏松,单纯的S1椎弓根螺钉固定强度不够,需联合其他螺钉固定以提高固定效果;④腰椎重度滑脱或腰骶角过大的患者,S1椎弓根虽然可以置钉,但由于S1螺钉和L4、L5螺钉过度成角造成连接困难,而且钉尾靠近,力臂变短,给内固定的稳定性也带来了影响。为了解决这些问题,已有许多新技术被研发和应用,如双枚螺钉成角固定、联合应用髂骨固定或同时固

定S2、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥强化椎弓根螺钉技术等^[3-6],但这些技术有增加手术并发症的危险,因此选择简单有效的骶骨固定仍是首选。为此,我们在之前的研究中提出了经骶1-2侧块螺钉固定,并对其钉道长度、置钉角度及可行性进行了测量,结果显示经骶1-2侧块螺钉平均外倾角男性为 $30.39^\circ\pm 5.01^\circ$,女性为 $35.81^\circ\pm 4.45^\circ$,性别间差异有显著性;经骶1-2侧块螺钉平均钉道长度为 $53.78\pm 3.02\text{mm}$,性别及侧别间差异无显著性;在可行性研究中,于三维重建图形上观察钉道位于侧块内,置钉实验中经骶1-2侧块螺钉均未穿透至椎管、骶前后孔及耳状面,表明术前行CT三维测量可获得进钉参数,经骶1-2侧块螺钉固定技术可安全应用于骶骨固定。为了该技术的临床应用及推广,需要评估其固定强度。本研究设计对经骶1-2侧块螺钉、S1椎弓根螺钉及S1前外骶骨翼螺钉固定的最大拔出力进行测量与比较,初步了解该技术的生物力学特性。

骶骨螺钉固定的稳定性依赖于螺钉获得和维持在骶骨中的把持力。于滨生等^[7]认为骶骨螺钉的最大拔出力与骨密度呈较强的正相关,骶骨螺钉的锚定强度和预后可根据患者的骨密度状况加以判定。本研究结果显示,S1椎弓根螺钉固定组的平均最大拔出力为 $829.12\pm 170.74\text{N}$,高于经骶1-2侧块螺钉固定组及S1前外骶骨翼螺钉固定组,差异有显著性($P<0.05$),这与S1椎弓根区域骨密度较高有关。说明S1椎弓根螺钉固定是临床首选的固定方法。

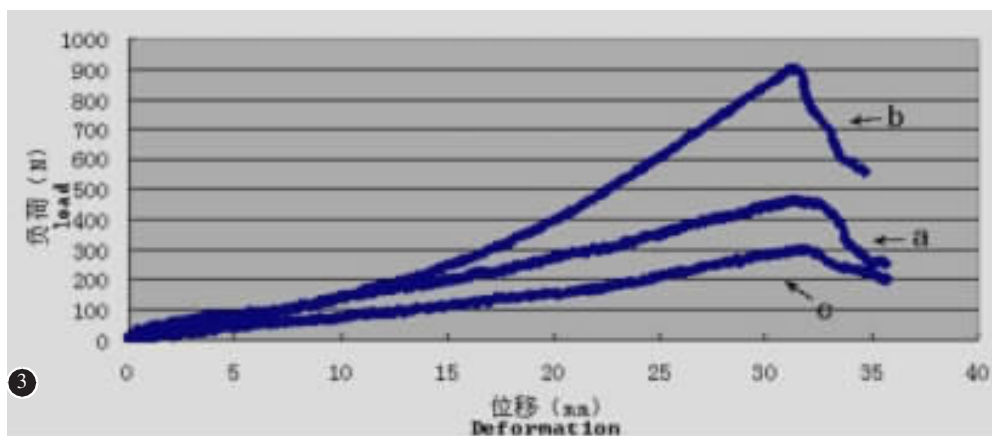


图3 同一标本上3种骶骨螺钉拔出实验的力-位移曲线(a,经骶1-2侧块螺钉;b,S1椎弓根螺钉;c,S1前外骶骨翼螺钉)

Figure 3 The load and deformation curves of the pulled-out test of three sacral screw fixation on the same specimen(a, the sacral 1-2 translateral mass screw fixation; b, the S1 pedicle screw; c, the anterolateral fixation screw of S1)

螺钉长度不同在椎体内所受的弯曲力矩亦不相同,椎弓根螺钉进入椎体足够深度,不但可以获得与骨组织的牢固结合,而且可以有效地“把持”整个椎体。因此在骨密度相近的情况下,增加螺钉钉道长度,能够增加螺钉固定强度。我们在之前的研究中测量经骶 1-2 侧块螺钉钉道长度明显大于王奇等^[9]报道的 S1 与 S2 前外置钉钉道长度。经骶 1-2 侧块螺钉和 S1 前外骶骨翼螺钉钉道都位于骶骨侧块内,骨密度大致相同,经骶 1-2 侧块螺钉钉道更长,所以拔出力比 S1 前外骶骨翼螺钉有优势。本研究结果显示,经骶 1-2 侧块螺钉与 S1 前外骶骨翼螺钉固定相比,经骶 1-2 侧块螺钉置入后的即刻平均最大拔出力为 $308.38 \pm 111.1\text{N}$,大于 S1 前外螺钉置入后的即刻平均最大拔出力 $193.12 \pm 98.46\text{N}$,两者差异有显著性 ($P < 0.05$)。说明在一定程度上经骶 1-2 侧块螺钉固定较 S1 前外骶骨翼螺钉固定具有优势。

S2 椎体的矢状径、横径、高度,侧块的高度、宽度均小于 S1,这样 S2 螺钉的直径和长度就小于 S1 螺钉,影响了 S2 螺钉的稳定性。Von 等^[9]测量直径 6mm 骶骨螺钉行 S2 椎弓根固定时,双皮质固定的最大拔出力为 537.02N ,单皮质固定时的最大拔出力为 297.71N ,明显低于相应的 S1 椎弓根螺钉和 S1 前外骶骨翼螺钉。Zindrick 等^[10]测量 S2 椎弓根固定螺钉的最大拔出力仅为 185N ,也远低于 S1 其他固定方式。此外,S2 椎弓根较小,增加了螺钉置入风险,临床应用较少。所以本研究未设计经骶 1-2 侧块螺钉与 S2 椎弓根螺钉的拔出力比较。

受条件限制,本研究不能获得足够数量的新鲜尸体骶骨标本。甲醛浸泡使骨标本内胶原蛋白耦合,改变其力学性能。由于甲醛固定,对松质骨影响较大,而对密质骨影响相对较小,而骶骨松质骨成分较多,因此与实际情况可能存在差异。但本研究使用的骶骨标本经过相同的步骤保存,螺钉的拔出力测试均在同等实验条件下进行,所以 3 种螺钉相对差别同新鲜标本的差别应该类似。本研究旨在比较 3 种螺钉的相对差别,并不要求得出与活体相近准确的生物力学数值。另外单一的拔出力实验不能全面反映经骶 1-2 侧块螺钉的

生物力学特点,为了充分验证经骶 1-2 侧块螺钉固定的有效性,还需要行进一步的生物力学实验,如扭矩测定、疲劳负载试验等。

总之,本研究对经骶 1-2 侧块螺钉固定技术的有效性进行了探讨,对其即刻最大拔出力与目前常用的骶骨螺钉进行了比较,经骶 1-2 侧块螺钉固定的最大拔出力低于 S1 椎弓根螺钉固定,但高于 S1 前外骶骨翼螺钉固定。S1 椎弓根螺钉固定通常是首选的骶骨螺钉固定方式,当 S1 椎弓根螺钉固定无法施行时,经骶 1-2 侧块螺钉固定可以作为一种有效的选择。

4 参考文献

1. 尤传飞,袁峰,葛保健,等. 经骶 1-2 侧块螺钉固定的解剖学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(7): 641-644.
2. Esses SI, Botsford DJ, Huler RJ, et al. Surgical anatomy of the sacrum: a guide for rational screw fixation [J]. Spine, 1991, 16(6 Suppl): 283-288.
3. Ruland CM, Mcfee PC, Warden KE, et al. Triangulation of pedicular instrumentation: a biomechanical analysis [J]. Spine, 1991, 16(Suppl): 270-276.
4. 刘景臣,李野,武云涛,等. 骶 2 椎弓根螺钉固定在腰骶部稳定性重建中的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(5): 404-407.
5. 刘景臣,李野,李刚,等. 骶 2 椎弓根前外侧置钉法的应用解剖学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(12): 1011-1014.
6. Yu BS, Zhuang XM, Zheng ZM, et al. Biomechanical comparison of 4 fixation techniques of sacral pedicle screw in osteoporotic condition[J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 23(6): 404-409.
7. 于滨生,郑召民,庄新明,等. 骨质疏松程度对骶骨椎弓根螺钉固定的生物力学影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19(10): 740-744.
8. 王奇,黄其杉,王向阳,等. 骶骨后路钉板固定的解剖学研究[J]. 中华骨科杂志, 2010, 30(3): 277-281.
9. Von Strempel A, Trenkmann S, Kirsch I, et al. The stability of bone screws in the os sacrum[J]. Eur Spine J, 1998, 7(4): 313-320.
10. Zindrick MR, Wiltse LL, Widell EH, et al. A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine[J]. Clin Orthop, 1986, 203: 99-112.

(收稿日期:2012-08-20 修回日期:2012-12-28)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)