

骶骨部分切除对骶髂关节生物力学的影响

于滨生, 郑召民, 陈 辉, 庄新明, 梁春祥, 韩国伟, 张旭华

(中山大学附属第一医院脊柱外科 510700 广州市)

【摘要】目的:评价骶骨部分切除对骶髂关节生物力学的影响,明确骶骨切除范围与稳定重建的关系。**方法:**7具成人尸体 L5-骨盆标本,分别在完整状态、S2 以下切除(A 组)、1/2 S2 以下切除(B 组)、S1 以下切除(C 组)、1/2 S1 以下切除(D 组)、右侧骶髂关节切除(E 组)等情况下通过 858 型 MTS 材料实验机给标本施加 800N 轴向压缩和 7Nm 轴向扭转载荷,记录完整状态及残留骶髂关节刚度,比较各组间的差异。**结果:**轴向压缩时,A 组~E 组残留骶髂关节刚度分别是完整状态组的 98.7%、97.1%、94.4%、82.9%和 55.2%;完整状态组、A 组、B 组和 C 组间的压缩刚度无显著性差异,D 组和 E 组的轴向压缩刚度显著低于完整状态组。轴向旋转时,A 组~E 组残留骶髂关节刚度分别为完整状态刚度的 90.7%、88.5%、81.9%、71.9%和 44.5%;完整状态组、A 组和 B 组间的旋转刚度值无显著性差异,C 组、D 组和 E 组的轴向旋转刚度显著低于完整状态组和 A 组。**结论:**骶骨切除范围与骶髂关节稳定性相关,骶骨向上切除至 S1 将导致骶髂关节旋转失稳,切除至 1/2 S1 将进一步引起残留骶髂关节的轴向压缩失稳。骶骨切除超过上述范围时应考虑局部稳定性重建。

【关键词】 骨盆;骶骨切除;生物力学;重建

中图分类号:R318.01,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2008)-09-0673-04

Biomechanical effects of partial sacrectomy on the sacroiliac joint/YU Binsheng,ZHENG Zhaomin, CHEN Hui,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2008,18(9):673-676

【Abstract】 Objective:To examine the biomechanical effects of partial transverse sacrectomy on the sacroiliac joint,and determine the relationship of extent of the sacrectomy and requirement of the reconstruction.
Method:Seven L5-pelvis specimens of adult human cadaver were used in this study.The segmental transverse sacrectomies were divided into followings:partial sacrectomy below S2 (group A),partial sacrectomy below 1/2 of S2(group B),partial sacrectomy below S1(group C),partial sacrectomy below 1/2 of S1(group D),resection of sacroiliac joint on right side (group E).Biomechanical test of those specimens under the stages of intact or various partial sacrectomies was performed by using MTS machine under 800N compression and 7Nm torsion loading modes.Rigidity of the residual sacroiliac joints was analyzed.**Result:**Under compression loading,group A-group E preserved 98.7%,97.1%,94.4%,82.9% and 55.2% of the initial rigidity of sacroiliac joint respectively.No significant differences were detected among the intact,group A,group B,and group C.However,the compressive rigidity of group D and group E was markedly lower than that of the intact.Under torsion loading,group A-group E preserved 90.7%,88.5%,81.9%,71.9% and 44.5% of the initial sacroiliac joint rigidity respectively.No significant differences were demonstrated among the intact,group A,and group B.However,the torsive rigidity of group C and group D was less than that of the intact and group A.**Conclusion:**The extent of partial sacrectomy is related to the stability of sacroiliac joint.Transverse partial sacrectomy involving S1 can result in rotational instability,and the resection level beyond 1/2 of S1 will further lead to compressive instability.When the sacrectomy is at or above the 1/2 S1 level,local reconstruction should be considered.

【Key words】 Pelvis;Sacrectomy;Biomechanics;Reconstruction

【Author's address】 Department of Spinal Surgery and Orthopaedics Research Center,the First Affiliated Hospital,Sun Yat-sen University,Guangzhou,510700,China

基金项目:广东省卫生厅科研资助项目(编号:200810401029)

第一作者简介:男(1966-),副主任医师,副教授,医学博士,研究方向:脊柱临床与生物力学

电话:(020)82379597 E-mail:hpyubinsheng@hotmail.com

骶骨切除是治疗骶骨肿瘤的有效方法。为预防肿瘤复发,骶骨切除范围越大越好;但是,大范围骶骨切除对局部力学和骶神经功能不利。大约 2/3 的骶骨肿瘤位于 S2 以下^[1],骶骨部分切除治

疗尾侧骶骨肿瘤成为可能。由于骶骨是脊柱的基石,它通过两侧骶髂关节传递脊柱与骨盆以及骨盆自身的各种应力,因此,不同范围骶骨切除必将导致骶髂关节力学功能的破坏。腰椎-髌骨间内固定系统的应用使骶骨切除后的局部稳定性重建成为可能。有学者主张 1/2 S1 以下切除时需要进行稳定重建^[2-4],也有学者主张 S1 水平以下骶骨切除就需进行内固定^[5],甚至有人对保留部分 S2 椎体的骶骨部分切除患者也采用内固定^[6]。这些分歧说明骶骨切除与骶髂关节稳定性的关系尚未清楚。本研究的目的是评价骶骨部分切除对骶髂关节的生物力学影响,以明确骶骨何种程度切除时需要行局部稳定性重建。

1 材料与方法

1.1 标本来源

7 具成年人 L5-骨盆防腐尸体标本,死亡时年龄为 31~50 岁,平均 44.6 岁。所有标本经 X 线摄片和 DEXA 扫描排除肿瘤、骨折、骨密度下降及解剖学变异后,用双层塑料袋密封,置 -20℃ 冰箱内保存。实验前,将标本在室温下彻底解冻,并用生理盐水浸泡 24h,以降低组织韧带的福尔马林浓度,改善韧带的粘弹性^[6-8]。细致剥离并切除附着肌肉,保留各韧带、骨骼和关节结构的完整。将 L5 椎体及双侧坐骨结节上各打入数枚木螺丝,用牙托粉(聚甲基丙烯酸甲脂)将标本上下两端包埋(图 1),并使标本固定在实验仪后骶骨前面与实验台面保持 60° 倾斜角^[4]。经前路切除 L5/S1 椎间盘,用骨刀使上下骨性终板粗糙后,浇注牙托粉,待凝固,以消除该椎间活动度。

1.2 骶骨部分切除模型的建立

通过标本头尾两端的包埋块将标本固定于 MTS 材料实验机 (MTS 858 bionix II machine, MTS System Inc., Minneapolis, MN, USA) 上。完整状态测试后,对骶骨进行节段性横向切除(图 2): S2 以下切除(A 组),用线锯将第二骶裂孔下缘以下的骶骨、附着韧带和骶骨侧骶髂关节面横向切除,截骨面相当于 S2/3 间隙水平;1/2 S2 以下切除(B 组),用线锯将第二骶裂孔上缘以下的骶骨、附着韧带和骶骨侧骶髂关节面横向切除,截骨面相当于 S2 椎体 1/2 水平;S1 以下切除(C 组),用线锯将第一骶裂孔下缘连线以下的骶骨、附着韧带和骶骨侧骶髂关节面横向切除,截骨面相当于 S1/2 间隙水平;1/2 S1 以下切除(D 组),后方截骨线为第一骶裂孔上缘连线,前方截骨线定于骶骨角下 1cm 横向连线,以两条连线为基准,将其下方的骶骨、附着韧带和局部关节面横行切除,切面相当于 S1 椎体中央;右侧骶髂关节切除(E 组),切除右侧骶髂关节的 S1 关节面及其附着韧带。每种骶骨部分切除状态下均在 MTS 材料实验机上位移控制下进行测试,测试时均按 A、B、C、D、E 组的顺序进行。

1.3 生物力学测试

每一个标本在正式测试前均进行 P.I.D. 调谐,以保证 MTS 指令与输出一致。测试开始前,给标本头侧施加 100N 的预载荷以模拟生理状态,并且减少粘弹性物体的蠕变现象。通过 MTS 给标本的头侧分别施加 0~800N 轴向压缩和 -7~7Nm 轴向扭转的连续载荷,共 5 个循环(图 3)。压力-线性位移、扭矩-角度位移分别由设置在 MTS 实验机内的四种传感器同步记录并输出到 MTS 专用电脑,数据采集速度设为 100 次/s。数据分析

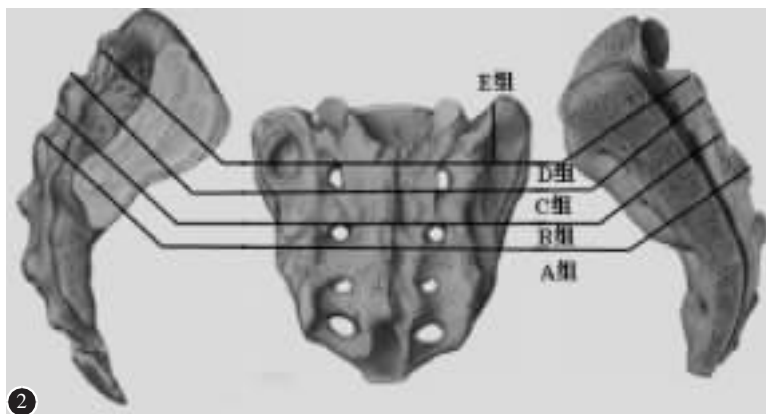
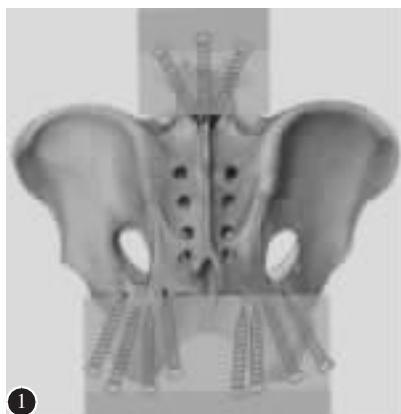


图 1 标本包埋示意图:将 L5 椎体及双侧坐骨结节拧入数枚木螺丝,用牙托粉将标本上下两端包埋固定 图 2 骶骨部分切除示意图

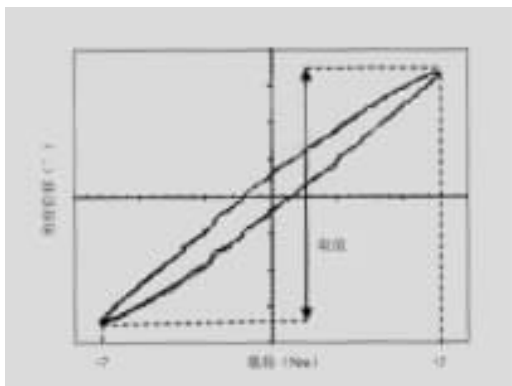


图3 典型的载荷-位移曲线和位移取值

时,取第三个循环中0到最大载荷间的位移进行计算。最大载荷量为生理载荷,位于以往生物力学实验载荷量范围内^[2,4,6,9]。

1.4 数据分析

每个标本均行同一实验,骶髂关节切除面积和残留骶髂关节刚度用以下方法计算:(1)骶髂关节切除面积,将髂骨侧骶髂关节面的正位照片用计算机面积计算软件 Image J 1.39.测出。(2)骶髂关节轴向压缩刚度,800N 下的压缩位移。(3)骶髂关节轴向扭转刚度,7Nm 下的角度位移。为减少标本间个体差异,将骶髂关节完整状态组的刚度值标准化为 100%,计算出各实验组刚度值占完整状态的百分率,用率的平均值进行比较。统计处理采用 SPSS 11.5 软件 Friedman Test 进行组间比较和 Wilcoxon Signed Ranks 检测, $P<0.05$ 作为显著差异的判定标准。

2 结果

各种状态下骶髂关节的切除面积、轴向压缩刚度和轴向旋转刚度见表 1。骶髂关节的切除面积每两组间的差异均有显著性($P<0.05$)。完整状

态组、A 组、B 组和 C 组间的压缩刚度无显著性差异 ($P>0.05$),D 组的轴向压缩刚度显著低于完整状态组 ($P<0.05$),E 组的压缩刚度显著低于所有其他组 ($P<0.05$)。完整状态组、A 组和 B 组间的旋转刚度值无显著性差异 ($P>0.05$),但 C 组、D 组和 E 组的轴向旋转刚度却显著低于完整状态组和 A 组 ($P<0.05$);D 组轴向旋转刚度显著低于 B 组 ($P<0.05$);E 组的轴向旋转刚度小于其他组 ($P<0.05$)。

3 讨论

骶髂关节是由骶骨和髂骨关节面形成的滑液关节,体内和体外研究均证实骶髂关节存在三维运动^[6,7]。Gunterberg 等^[3]和 Hugate 等^[4]采用高龄人尸体 L5-骨盆标本评价了阶段性骶骨部分切除后残留骶骨抗压强度,但是,没有探讨残留骶髂关节的稳定状况。

人尸体脊柱标本是体外生物力学实验的理想材料,但是,人尸体标本间存在性别、年龄和体格大小等方面的个体差异。本研究采用率进行比较,以缩小个体间差异。为均衡各组设置条件,将阶段性切除与加载均在 MTS 材料试验机上连续进行。使用的是中年人尸体标本,骨质坚硬,且消除了 L5/S1 椎间的活动,使骶髂关节成为 MTS 上下夹具间唯一活动的关节,上下夹具间的位移可视为骶髂关节所产生的位移。

Ishii 等^[8]报道 4 例尾侧骶骨肿瘤行 S2/3 以下骶骨切除的 2 年随访结果,均没有发生腰部负荷后疼痛加重和残留骶髂关节退变。本实验中,完整状态、S2 以下切除和 1/2 S2 以下切除的三组间在轴向压缩和扭转刚度方面无显著性差异。说明 1/2 S2 以下骶骨部分切除不会明显改变骶髂关节的力学稳定性,因此,无需行局部稳定重建。

Gunterberg 等^[3]根据破坏性力学实验研究结果提出,1/2 S1 以下切除后,残留骶骨不能胜任生理负荷,需进行稳定重建。但是,Bergh 等^[10]却发现 18 例 S1 以下骶骨切除的患者中,有半数以上发生 S1 疲劳骨折,多数患者残留骶髂部疼痛。本实验中,S1 以下骶骨切除组切除了骶髂关节面积的 24.8%,残留骶髂关节的稳定性分别为完整状态的 94.4%(压缩)和 81.9%(扭转),与完整状态和 S2 以下切除组比较,轴向压缩刚度虽然无显著性变化,但是轴向旋转刚度明显降低。Richardson 等^[10]通过临床研究证实,骶髂关节失稳是导致腰

表 1 骶髂关节的切除面积、压缩刚度和旋转刚度

	切除面积 (%) ^①	压缩刚度 (%) ^②	旋转刚度 (%) ^③
完整状态组	0	100	100
S2 以下切除(A 组)	8.4±3.7	98.7±5.6	90.7±6.9
1/2S2 以下切除(B 组)	11.5±4.5	97.1±4.8	88.5±5.2
S1 以下切除(C 组)	24.8±8.3	94.4±5.9	81.9±3.6
1/2S2 以下切除(D 组)	72.3±13.9	82.9±7.4	71.9±7.3
一侧骶髂关节切除(E 组)	——	55.2±13.4	44.5±11.4

注:①每两组间比较 $P<0.05$;②D 组与完整状态组比较 $P<0.05$,E 组与其他组比较 $P<0.05$;③C 组、D 组和完整状态组与 A 组比较 $P<0.05$;D 组与 B 组比较 $P<0.05$,E 组与其他组比较 $P<0.05$

骶部疼痛的一个重要因素。因此,为克服骶髂关节的旋转失稳和残留骶骨的疲劳骨折,当 S1 以下骶骨横向切除时,应考虑残留骶髂关节的融合与固定。1/2 S1 以下切除组切除了骶髂关节面的 72.3%,其残留骶髂关节的轴向压缩和扭转刚度显著低于完整状态和 S2 以下切除组。说明尾侧骶骨切除到达 1/2 S1 椎体时,将进一步恶化骶髂关节的生物力学环境,对于这样的病例,应考虑局部稳定重建。

综合本实验结果可以明确,在骶骨肿瘤的外科治疗中,骶骨切除是否达到 S1 是决定稳定重建与否的关键。该结果可为今后骶骨肿瘤切除选择稳定重建的时机提供依据。于滨生等^[12]对骶骨完全切除后的人尸体标本采用 L4-L5-髂骨的钉-棒固定结构进行了生物力学评价,结果表明该固定结构仅能恢复骶髂关节初始压缩稳定性的 53.3%,旋转稳定性的 55.1%。本实验证实,保留 1/2 S1 椎体及其单侧骶髂关节(E 组)仍然可维持骶髂关节初始压缩稳定性的 55.2%,旋转稳定性的 44.5%。因此,保留部分 S1 及骶髂关节对维持局部稳定和支撑内固定系统极为有利。但是,S1 的保留程度对腰椎-髂骨固定结构的生物力学影响尚未明确,还有待进一步生物力学研究。

4 参考文献

1. Cappanna R, Bricolli A, Campanacci LC, et al. Benign and malignant tumors of the sacrum. In: The Adult Spine: Principles and Practice [M]. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1997. 2367-2405.
 2. Moshirfar A, Rand FF, Sponseller PD. Pelvic fixation in spine surgery: historical overview, indications, biomechanical relevance, and current techniques [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(Suppl 2): 89-106.
 3. Gunterberg B, Romanus B, Stener B. Pelvic strength after major amputation of the sacrum: an experimental study [J]. Acta Orthop Scand, 1976, 47(6): 635-642.
 4. Hugate RR, Dickey ID, Phimolsarnti R, et al. Mechanical effects of partial sacrectomy [J]. Clin Orthop Relat Res, 2006, 450: 82-88.
 5. Sung HW, Shu WP, Wang HM, et al. Surgical treatment of primary tumors of the sacrum [J]. Clin Orthop Relat Res, 1987, 215: 91-98.
 6. Miller JA, Schultz AB, Andersson GB. Load-displacement behavior of sacroiliac joints [J]. J Orthop Res, 1987, 5(1): 92-101.
 7. Egund N, Olsson TH, Schmid H, et al. Movements in the sacroiliac joints demonstrated with roentgen stereophotogrammetry [J]. Acta Radiol Diagn, 1978, 19(5): 833-846.
 8. Ishii K, Chiba K, Watanabe M, et al. Local recurrence after S2-3 sacrectomy in sacral chordoma: report of four cases [J]. J Neurosurg, 2002, 97(Suppl 1): 98-101.
 9. Yu BS, Abumi KY, Oda I, et al. Load-sharing characteristics of the anterior and posterior elements in human lumbar spine [J]. Hokkaido Med Sci, 2003, 79: 222-234.
 10. Bergh P, Kindblom LG, Gunterberg B, et al. Prognostic factors in chordoma of the sacrum and mobile spine: a study of 39 patients [J]. Cancer, 2000, 88(9): 2122-2134.
 11. Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, et al. The relationship between the transversus abdominis muscle, sacroiliac joint mechanics and low back pain [J]. Spine, 2002, 27(4): 399-405.
 12. 于滨生, 郑召民, 陈辉, 等. 髂骨钉置入深度对腰椎-骨盆重建结构的生物力学影响 [C]. 第八届全国脊柱脊髓损伤学术会议汇编. 武汉: 2007. 102.
- (收稿日期: 2008-03-18 修回日期: 2008-07-23)
(英文编审 郭万首)
(本文编辑 卢庆霞)

消息

第二届“全国脊柱脊髓复合性损伤新进展学习班”通知

继 2007 年 8 月成功举办第一届“脊柱脊髓复合性损伤新进展学习班”后,上海交通大学附属第六人民医院骨科(脊柱外科)定于 2008 年 10 月 11 日~12 日再次举办国家级继续教育项目:第二届“脊柱脊髓复合性损伤新进展学习班”(项目编号:2008-04-07-146)。学习班将邀请国内著名脊柱外科、创伤骨科、神经外科、胸外科、腹部外科及 ICU 监护专家授课。内容包括:枕颈部及颈椎严重损伤外科诊治新技术,胸腰椎骨折内固定新技术,导航在脊柱外科中的应用新技术,急性脊髓损伤外科治疗新进展,脊柱脊髓损伤合并颅脑损伤诊治、脊柱脊髓损伤合并胸腹腔脏器损伤诊治、脊柱脊髓损伤合并跟骨骨折、骨盆骨折及四肢多发性骨折诊治新技术以及严重脊髓损伤的 ICU 监护技术等。学习班将采用理论授课、模型操作及疑难病例讨论形式,尽最大可能提高学员的理论水平及实践操作能力,学员结业后将获得国家继续教育 I 类学分 10 分。

时间:2008 年 10 月 11 日~12 日,报名截止时间:2008 年 9 月 30 日。

地点:上海市宜山路 600 号,上海交通大学附属第六人民医院骨科大楼多功能学术报告厅。

费用:每人 800 元,食宿及交通费自负。

联系人:连小峰,成浩;电话:021-64369181 转 8111、8112;E-mail:xf909@tom.com。