

基础研究

不同椎间植骨高度对颈椎稳定性影响的实验研究

殷德振^{1,2}, 信效堂¹, 杨睿², 史玉朋², 沈慧勇²

(1 威海市立医院脊柱骨病科 264200 威海市; 2 中山大学附属第二医院骨外科 510120 广州市)

【摘要】目的:观察下颈椎前路单椎间隙减压后不同高度植骨对颈椎即刻运动稳定性的影响,为临床上选择适宜的植骨高度提供依据。**方法:**采用 6 例新鲜成人尸体颈椎标本,取三面皮质骨髂脊植骨块,对完整状态、C5/6 节段椎间隙减压术后应用不同高度骨块(基准高度的 100%、120%、140%、160%)行椎间植骨 5 种状态下进行生物力学测试。在生物材料测试机上加载前屈后伸、左右侧屈、左右轴向旋转的三维运动;计算机图像处理软件测量 C5/6 节段在各状态下的三维运动范围;进行各状态间的多重比较分析。**结果:**6 例标本 C5/6 椎间隙植骨的基准高度平均为 6.86mm。所有骨块植骨成功,但 160%基准高度植骨时骨块置入较困难,且 1 例标本出现了椎间隙前方残余软组织的撕裂。1 例标本在基准高度植骨状态测定屈伸过程中出现了植骨块移位,但在测试过程中均无植骨块脱出。统计分析表明,140%和 160%基准高度植骨时较基准高度植骨时 C5/6 节段前屈后伸、左右侧屈活动度明显减小($P<0.05$),但两者间无显著性差异($P>0.05$);160%基准高度植骨时 C5/6 节段的左右侧屈活动度较完整状态及 120%基准高度植骨时明显减少($P<0.05$);其余各状态间两两比较均无显著性差异($P>0.05$)。**结论:**下颈椎单椎间隙减压后,撑开植骨可增加手术节段的即刻运动稳定性,理想的植骨高度为 140%基准高度。

【关键词】颈椎;椎间高度;植骨;生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.03.13

中图分类号: R681.5, R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-03-0230-04

Impact of intervertebral graft height on biomechanical stability of cervical vertebrae, an experimental study/YIN Dezhen, XIN Xiaotang, YANG Rui, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21 (3): 230~233

【Abstract】 Objective: To study the impact of intervertebral graft height on immediate biomechanical stability of lower cervical spine after Smith-Robinson discectomy and determine the optimal graft height. **Method:** Six fresh-frozen human cadaveric cervical spines were used in this series, tricortical graft from iliac crest bone were harvested, and specimens were tested in five conditions, normal (specimens with intact discs) and different graft height (120%, 140%, 160% of baseline height) after Smith-Robinson discectomy. Each specimens were subjected to flexion-extension, lateral bending and axial rotation in material test system (MTS, 858 Mini Bionix, MTX corporation), loaded with 1.5N·m. Geomagic studio 5.0 soft was applied to splicing the image obtained from realscan USB soft. Finally, the data for each state was collected and processed for One-way ANOVA by SPSS 13.0. LSD test was used to determine the statistical significance of differences. **Result:** The mean baseline height graft after Smith-Robinson anterior cervical discectomy was 6.86mm. No bone subsidence into vertebrae, end-plates and grafts during the experimentation were noted, implantation of 160% baseline graft appeared more difficult and the laceration of annular ligament occurred in one. Minor graft displacement happened in one case when measuring the motion of flexion and extension at the state of 100% baseline height, no graft extrusion was noted in any specimens. Statistical analysis indicated that the range of motion in flexion, extension and lateral bending of C5/6 decreased significantly at 140% baseline and 160% baseline compared with the baseline height ($P<0.05$), but no statistical significance were noted between 140% baseline height and 160% baseline height ($P>0.05$). The range of motion in lateral bending of C5/6 decreased significantly at 160% baseline height compared with 120% baseline height and the normal state ($P<0.05$), the

第一作者简介: 男(1976-), 医学博士, 主治医师, 研究方向: 脊柱脊髓损伤

电话: (0631) 5224816 E-mail: lancet76@yeah.net

通讯作者: 沈慧勇 E-mail: email76@126.com

rest groups did not show any statistical difference at any direction ($P>0.05$). **Conclusion:** Distraction after Smith–Robinson anterior cervical discectomy plays an important role in the immediate biomechanical stability of lower cervical spine, and the ideal graft height after single discectomy may be 140% baseline.

【Key words】 Cervical; Intervertebral height; Graft; Biomechanics

【Author's address】 Department of Orthopaedic Surgery, Weihai Municipal Hospital, Weihai, 264200, China

前路颈椎间盘切除减压及椎间植骨融合术可恢复椎体间高度和颈椎的生理弧度, 提高临床疗效, 但是适宜的植骨块高度 (或撑开高度) 尚存在争议。本实验采用下颈椎前路单椎间隙减压椎体间不同高度撑开植骨的模型, 通过对颈椎手术节段三维运动范围的测量, 研究不同撑开高度植骨对颈椎减压节段即刻稳定性的影响, 报告如下。

1 材料与方法

1.1 标本制备

6 例新鲜颈椎尸体标本均取自南方医科大学解剖教研室提供的急性颅脑伤死亡的成年男性, 年龄 22~43 岁, 平均 29.6 ± 8.3 岁, 身高 $1.65\sim 1.80\text{m}$, 平均 $1.73\pm 0.04\text{m}$, 体重 $63\sim 83\text{kg}$, 平均 $71.6\pm 6.2\text{kg}$, 生前无骨科相关疾患记录。截取 C1~T1, 保留骨、关节、韧带组织、关节囊以及颈长肌, 剔除其余软组织, 双层塑料袋密封, 置于 -20°C 保存。取材距死亡时间 $3.5\sim 5.0\text{h}$, 平均 $4.2\pm 0.8\text{h}$, 保存时间 $15\sim 25\text{d}$, 平均 $21.6\pm 3.9\text{d}$ 。实验前每个颈椎标本均摄正、侧位 X 线片, 以排除骨折及占位性病变。实验前 10h 自然解冻, 将标本的 C1、C2 和 C7、T1 椎体用聚甲基丙烯酸甲酯包埋^[1]。

1.2 方法

1.2.1 实验模型 根据颈椎标本侧位 X 线片精确测量椎间隙前缘高度, 取 C4/5 和 C6/7 椎间隙前缘高度的平均值作为 C5/6 椎间隙植骨的基准高度, 并计算出基准高度的 120%、140%、160%。本实验按先后顺序共测试了 5 种状态: ①正常完整颈椎; ②颈前路单椎间隙减压后基准高度植骨; ③120%基准高度植骨; ④140%基准高度植骨; ⑤160%基准高度植骨。马蹄形三面皮质髂嵴植骨块参照上述高度制备, 统一宽度为 12mm, 深度为 9mm。

1.2.2 前路 C5/6 椎间隙减压手术 C5/6 节段行标准的 Smith–Robinson 椎间盘切除植骨术式: 去除 C5/6 椎间隙前方的前纵韧带、椎间盘和软骨终板, 保留后纵韧带; C5 及 C6 椎体中间位置各打入

一枚撑开螺钉, 应用 Caspar 撑开器撑开椎间隙以模拟临床植骨。

1.2.3 测定方法 首先将两个标志物自椎板打入 C5 及 C6 的椎体, 标本固定于南方医科大学生物力学中心的生物材料测试机 (MTS, 858 Mini Bionix, MTX corporation) 上并加载 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 的生理负荷以实现前屈后伸、左右侧屈、左右轴向旋转的角度位移, 三维激光扫描仪 (Optix 400, 3D Digital corporation) 记录每种状态下两个标志物的位移。所有的位移图像通过图像处理软件 (realscan USB soft) 获取并保存。三维立体运动分析软件 (Geomagic studio 5.0 soft) 对收集的位移图像进行拼接并计算得出各个椎体的三维运动范围。

1.3 统计学处理

应用 SPSS 13.0 统计软件对已测得的 6 例标本 5 种状态下 C5/6 节段的三维运动变化数据进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 并进行各实验组之间的多重比较 (LSD 检验)。设 $P<0.05$ 为有显著性差异。

2 结果

颈椎标本侧位 X 线片精确测量计算得出 6 例标本 C5/6 椎间隙植骨的基准高度的平均值为 6.86mm。120%、140% 及 160% 基准高度植骨时的撑开高度分别为 1.4mm、2.7mm 及 4.1mm。生物力学测试前后, 经 X 线摄片及肉眼检查, 没有椎体、终板以及植骨块骨折塌陷。160% 基准高度植骨时 1 例标本出现了椎间隙前方残余软组织撕裂。1 例标本在基准高度植骨状态测定屈伸活动度过程中出现了植骨块移位。各状态各标本在测试过程中均没有出现植骨块脱出。

C5/6 节段在各状态下的三维运动范围见表 1。单椎间隙减压基准高度植骨后活动度明显大于其他各状态的活动度; 随着植骨高度的增加, 活动度逐渐减小。统计分析后提示: ①C5/6 前屈后伸活动度: 基准高度植骨与 140% 基准高度植骨的

表 1 C5~6 节段各状态下运动范围 ($n=6, ^\circ, \bar{x} \pm s$)

状态	前屈后伸	左右侧屈	左右轴向旋转
完整状态	10.27±4.57	5.49±2.92	6.85±3.68
基准高度	14.08±6.73	7.99±3.86	8.71±4.73
120%基准高度	9.88±4.50	5.86±2.72	6.71±3.58
140%基准高度	7.71±3.99 ^①	3.36±1.59 ^①	5.47±2.92
160%基准高度	5.60±3.68 ^①	2.03±1.13 ^{①②③}	4.71±2.63

①与基准高度比较 $P<0.05$, ②与完整状态比较 $P<0.05$, ③与 120% 基准高度比较 $P<0.05$

差异有统计学意义 ($P<0.05$); 与 160% 基准高度植骨的差异也有统计学意义 ($P<0.05$); 完整状态的活动度小于基准高度植骨, 大于其他状态, 但差异均无统计学意义; 120% 基准高度植骨与其他各实验组之间的差异无统计学意义; 140% 基准高度植骨与 160% 基准高度植骨的差异无统计学意义。②C5/6 左右侧屈活动度: 基准高度植骨与 140% 基准高度植骨的差异有统计学意义 ($P<0.05$); 与 160% 基准高度植骨的差异也有统计学意义 ($P<0.05$); 完整状态与 160% 基准高度植骨的差异有统计学意义 ($P<0.05$); 120% 基准高度植骨与 160% 基准高度植骨的差异有统计学意义 ($P<0.05$); 140% 基准高度植骨与 160% 基准高度植骨的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。③C5/6 左右轴向旋转活动度, 各实验组之间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

大量临床实践和研究表明, 颈椎前路减压后必须进行椎体间的撑开植骨, Smith 和 Robinson^[2]建议植骨高度为 10~15mm; White 和 Panjabi^[3]认为 4~5mm 较合适; Rothmant 和 Simenone^[4]确定为 7mm; Casper^[5]、Clements^[6]和 Tippets^[7]都认为撑开高度应介于 1mm 和 2mm 之间, 但缺乏生物力学考证。Brower 等^[8]回顾了 59 例行前路椎间融合术病人的数据, 分析发现撑开高度超过 4mm 以上时会出现骨不连的倾向。An 等^[9]采用 6 例新鲜尸体颈椎标本作 C4/5 椎间盘摘除减压, 用不同高度的尸体肋骨块作椎间撑开, 测定椎间孔的高度和椎间孔面积后发现, 单间隙撑开 2~3mm 时相应椎间孔的高度和面积有显著增大, 撑开 3mm 以上并不能显著增加椎间孔的面积。Bayley 等^[10]对不同植骨高度的椎间孔大小进行测量, 分析认为 5mm 为最佳高度, 但上述研究没有考虑术前椎间隙高度。

贾连顺等^[11]认为, 为了维持椎间高度, 植骨块应大于所要植骨间隙 2mm, 且保证植骨块的二面或三面为皮质骨, 以避免在骨性愈合时期前柱高度的丢失。本研究表明, 撑开高度 (2.7mm) 达到 140% 基准高度以上能显著增加手术节段的稳定性。

评价颈椎手术的质量, 颈椎手术节段的稳定性也是重要的指标, 本实验通过测定不同高度撑开植骨后手术节段三维活动度以间接反映其稳定性; 活动度越大则表明其稳定性越差, 活动度越小则表明其稳定性越好。另外, 本实验选择上下相邻椎间隙高度平均值作为基准高度, 而不是以原椎间隙的高度作为基准高度, 是因为需要减压植骨的手术节段往往是退变较为严重的节段, 变异较大。之所以选择基准高度的 120%、140%、160% 植骨, 是因为椎间盘高度存在个体差异, 根据个体来选择撑开植骨高度而非一个绝对值似乎更为合理。

本研究表明, 手术节段前屈后伸、左右侧屈及左右轴向旋转的稳定性随着植骨高度的增加而增加, 但是基准高度植骨稳定性低于完整状态, 甚至侧弯时 120% 基准高度植骨稳定性也低于完整状态。这说明椎间盘切除后, 手术节段的稳定性降低明显, 间接证明了椎间盘及前纵韧带的椎间连接对手术节段稳定性有着重要作用。140% 及 160% 基准高度植骨稳定性好于完整状态, 故撑开植骨高度应大于基准椎间高度为宜。

颈椎前路减压植骨后加用钢板固定, 可有效预防植骨块脱出, 防止植骨块塌陷、保持椎间高度, 有助于早期功能锻炼, 减少外固定时间, 有利于提高手术远期结果。但是, 对于仅涉及单间隙病变时, 在减压植骨基础上有无必要加用钢板内固定存在争议。有学者认为传统手术已能获得满意的临床效果, 加用钢板会延长手术时间、增加螺钉退出、钛板松动等一系列内固定并发症的发生以及增加医疗费用等^[12]。Capen 等^[13]认为植骨块适当的压缩、下沉是融合的必需条件, 钢板固定虽然防止了植骨块的塌陷、移位, 但也使融合节段处于相对牵张的状态, 造成融合率的下降。本组实验证实 140% 及 160% 基准高度植骨的稳定性最佳, 我们推论, 当选择加用内固定时, 其内固定物所承受的应力载荷较小, 发生内固定物松动等并发症的几率最较小。本研究中当撑开达 160% 基准高度植骨时, 1 例标本出现了椎间隙前方残余软组织的

撕裂,几乎所有标本都出现了植骨块置入困难的情况,是否会造成神经损伤尚需进一步研究。Truumees 等^[14]对 18 例新鲜尸体颈椎标本不同植骨高度的压应力和撑开力进行了测试,发现 8mm 植骨比 6mm 植骨所需的撑开力以及所承受的压应力大。因此,过高植骨不但会导致手术难度增加,手术时间延长;而且植骨块应力较大,容易导致终板或植骨块骨折、变形、脱出,继而高度丢失。与此同时,如果椎体间撑开过大,将改变颈椎原有生理力线,加大颈椎前凸,导致后方小关节负荷加大,手术上下相邻节段可发生继发性改变或加速退变。

140%基准高度植骨稳定性好于基准高度植骨和完整状态,而且同 160%基准高度植骨稳定性相比无显著性差异。此状态下撑开高度达到 2.7mm,根据 An 等^[9]文献报道,手术节段椎间孔的面积已显著增大,生理前凸得到恢复,在植骨融合发生沉降过程后仍旧能保证足够的前柱高度,与 160%基准高度植骨相比,理论上植骨难度减低,植骨块及终板所受应力减小,降低了植骨块及终板骨折的发生率,同时也降低了手术上下相邻节段发生继发性退变的几率,保证了手术的中远期疗效。

综上所述,140%基准高度(平均撑开高度 2.7mm)是较为理想的植骨高度,但在实际应用过程中,不应该忽视个体的其他相关因素。中老年患者软组织的黏弹性明显下降,撑开程度必然低于青年人,另外还应考虑患者是否存在后纵韧带钙化等并发症,术中撑开力的大小以及脊髓的耐受程度等方面的情况来综合判断选择最佳高度以达到理想状态。本研究仍存在一些不足之处,在实验测试中,每例标本的 5 种状态测试按先后顺序进行,标本加载负荷后出现的软组织拉伸有可能会对后测试状态的实验结果产生影响。另外限于标本采集困难,本实验研究仅 6 例标本,如有大样本研究,则结果更为可靠信服。

4 参考文献

1. Panjabi MM. Cervical spine models for biomechanical research

[J].Spine, 1998, 23(24):2684-2700.

2. Robinson RA, Smith GW. Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome [J]. Bull Johns Hopkins Hosp, 1955, 96(18):223-224.
3. White AA, Panjabi MM. Biomechanical considerations in the surgical management of cervical spondylotic myelopathy [J]. Spine, 1988, 13(7):856-860.
4. Rothman RH, Simenone FA. The Spine[M]. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1992. 600-602.
5. Caspar W, Barbier DD, Klara PM. Anterior cervical fusion and caspar plate stabilization for cervical trauma [J]. J Neurosurg, 1989, 25(4):491-502.
6. Clements DH, O'Leary PF. Anterior cervical discectomy and fusion[J]. Spine, 1990, 15(10):1023-1025.
7. Tippetts RH, Apfelbaum RI. Anterior cervical fusion with the caspar instrumentation system [J]. J Neurosurg, 1988, 22 (6 Pt 1):1008-1013.
8. Brower RS, Herkowitz HN, Kurz L. Effect of distraction on union rates of Smith-Robinson type anterior discectomy and fusion[C]. Presented at the twentieth annual meeting of the Cervical Spine Research Society. Palm Desert, California, 1992.
9. An HS, Evanich CJ, Nowicki BH, et al. Ideal thickness of Smith-Robinson graft for anterior cervical fusion [J]. Spine, 1993, 18(14):2043-2047.
10. Bayley JC, Yoo JU, Zou D, et al. The role of distraction in improving the space for the cord and nerve roots in cervical spondylosis[C]. Presented at the North American Spine Society conference, Keystone, Colorado, August, 1991.
11. 贾连顺, 袁文, 倪斌, 等. 脊髓型颈椎病手术治疗的远期疗效[J]. 中华骨科杂志, 1999, 19(5):261-264.
12. Ricketson R. Single level anterior discectomy and fusion with and without plating. A prospective randomized study [C]. Proceedings of the 11th Annual conference of the North American Spine Society, Vancouver, B, C, Canada, October, 1996. 251-253.
13. Capen D, Rah A, Nagelberg S, et al. Clinical significance of instrumented versus non instrumented anterior cervical discectomy and fusion [C]. Presented at the Annual Meeting of the North American Spine Society. New York; 1997.
14. Truumees E, Demetropoulos CK, Yang KH, et al. Effects of disc height and distractive forces on graft compression in an anterior cervical discectomy model [J]. Spine, 2002, 27 (22): 2441-2445.

(收稿日期:2010-10-07 修回日期:2011-1-5)

(英文编审 蒋欣/刘思麒)

(本文编辑 彭向峰)