

临床论著

颈椎前路融合对相邻节段影响的生物力学
研究与临床短期观察

李 超,阮狄克,徐 成,何 勃,王鹏建

(海军总医院骨科 100037 北京市)

【摘要】目的:探讨颈椎前路融合对相邻节段有无影响。**方法:**采用 6 具成人新鲜颈椎标本(C2~T1),在 MTS 脊柱三维运动系统上先后测量 C5/6 融合前后其上下相邻节段在前屈、后伸、侧弯及旋转时的椎间运动范围(ROM)。临床随访 2000 年 3 月~2004 年 12 月连续诊治的 58 例行颈椎前路减压植骨融合内固定的患者(其中脊髓型颈椎病 45 例,颈椎间盘突出症 6 例,颈椎创伤 7 例),对比分析融合前后上下相邻节段椎间高度的变化及临床疗效(JOA)。相同节段融合前后比较采用配对 t 检验。**结果:**在载荷控制的屈伸、侧弯条件下,融合后上下相邻节段椎间 ROM 与融合前比较无显著变化($P>0.05$);在位移控制模式下的旋转运动中,融合后上下相邻节段椎间 ROM 与融合前比较显著性增大($P<0.05$)。临床平均随访 28 个月,随访时 X 线测量融合上下相邻节段椎间高度与融合前比较均无显著性差异($P>0.05$);术后 JOA 评分较术前显著性提高($P<0.05$)。**结论:**在载荷控制的条件下颈椎前路融合不会直接导致相邻节段出现运动范围的增加,临床上如患者术后试图保持术前的运动范围(如同生物力学试验条件下的位移控制模式)则可能会加速相邻节段的退变过程。

【关键词】 颈椎;相邻节段;生物力学;融合;退变

中图分类号:R681.5,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2008)-01-0028-04

The biomechanical and short period of clinical study on the cervical adjacent segment after anterior fusion/LI Chao,RUAN Dike,XU Cheng,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2008,18(1): 28~31

【Abstract】 Objective:To identify whether cervical anterior fusion has effect on the adjacent segment.**Method:**6 fresh adult cadavers (C2~T1) were applied in a special designed spinal three-dimension system combined with MTS machine,and the adjacent segment's range of motion (ROM) of C5/6 were tested before and after fusion.A retrospective study of 58 patients (including 45 cases for cervical spondylotic myelopathy,6 cases for cervical disc herniation,7 cases for cervical trauma) who underwent anterior cervical decompression and fusion between March 2000 and December 2004 was taken to compare the intervertebral height of adjacent segment and JOA score.Paired t -test was used for statistical analysis.**Result:**In the load-control mode of flexion,extension and lateral bending motion,there was no obviously difference on the ROM of adjacent segment($P>0.05$).In the displacement-control mode of rotation,there was an obvious ROM raise after fusion($P<0.05$).The mean follow-up period was 28 months,during the followed-up time there was no obvious X-rays change on the adjacent segment intervertebral height ($P>0.05$).There was significant difference of postoperative JOA scores compared with pre-operation ($P<0.05$).**Conclusion:**Under the mode of load-control,the anterior cervical fusion doesn't increase the ROM of the adjacent segment directly.The patient's motives of trying to maintain the motion of preoperation(just like the mode of displacement-control for biomechanics) may accelerate the process of adjacent segment's degeneration.

【Key words】 Cervical;Adjacent segment;Biomechanics;Fusion;Degeneration

【Author' address】 Department of Orthopaedic Surgery,Navy General Hospital,Beijing,100037,China

目前,在颈椎前路单节段和多节段融合术中

使用钢板内固定已经成为广泛采用的手术方法之一^[1,2]。颈椎钢板的使用具有提高融合术后的即刻稳定性、有效减少植骨块脱出、提高融合率、缩短外固定使用时间等优点,但长期临床观察发现部

第一作者简介:男(1976-),主治医师,医学硕士,研究方向:脊柱生物力学

电话:(010)66958224 E-mail:lichao navy@sohu.com

分病例在融合的相邻节段出现了退变的现象,甚至导致部分患者症状复发^[3,4]。对于此现象,比较普遍的观点认为是由于前路节段融合后出现了相邻节段应力集中的现象,进而加速了其退变的发生。本研究分别从生物力学和临床短期随访的角度对这一现象进行探讨。

1 材料与方法

1.1 生物力学试验

1.1.1 标本 6 具意外死亡青年男性新鲜尸体 C2~T1 标本,年龄 34~41 岁,平均 35.5 岁。实验前经 X 线检查排除畸形、肿瘤等疾患,同时排除椎间隙狭窄、椎体前后缘有骨刺形成者,骨密度测定未发现明显骨质疏松者。双层保鲜袋密封, -20℃ 冰箱保存,试验前 12h 取出,室温下解冻,清除颈长肌以外的肌肉软组织,保留韧带及关节囊完整。中立位下使用自凝牙托树脂包埋标本上下端椎体,保留 C4/5、C5/6 和 C6/7 3 个椎间隙。

1.1.2 颈椎钢板 长度 30mm 的 Orion 钢板。

1.1.3 实验仪器 MTS-858 Mini Bionix II 型力学试验机及基于该试验机基础上建立的脊柱三维运动系统^[5]。该系统通过固定在脊柱标本上端的加载盘(直径 10cm)施加最大 1.0N·m 纯力偶矩于标本,进而诱发脊柱标本前屈运动,通过改变标本的方向,依次诱发前屈、后伸及左右侧弯运动,其采用的是载荷控制的模式。左右旋转运动通过 MTS 试验机直接加载标本进行整体左、右 45° 旋转诱发,其采用的是位移控制的模式。采用 MTS 632.26F-24 引伸计测量上下椎体之间的相对位移变化^[6]。

1.1.4 试验顺序 包埋完成后,按照完整状态、C5/6 椎间植骨+钢板固定顺序进行测量。试验装置连接完成后,操作 MTS 试验机以 5mm/s 速度向上拉伸牵引臂,记录力偶矩达到 1.0N·m 时 C4/5、C6/7 椎体间的相对位移。旋转运动时最大旋转角度设定为 45°,记录旋转角度达 45° 时 C4/5、C6/7 椎体间相对位移。测量前循环加载 2 次进行标本蠕变,以减少标本粘弹性影响,第 3 次加载时采集数据。实验过程中表面喷洒生理盐水以保持湿润。

1.1.5 统计学分析 以椎体间相对位移 ROM 值作为统计学指标,采用 SPSS 10.0 统计软件进行分析,分别对融合前后相邻节段同一椎间隙在前屈、后伸、旋转及侧弯等运动状态下椎体间位移进

行配对 t 检验分析,显著性水平设为 0.05。

1.2 临床观察

1.2.1 一般资料 2000 年 3 月~2004 年 12 月,在我院行颈椎前路减压、自体髂骨植骨融合、钢板内固定的患者共 58 例,其中男 42 例,女 16 例,年龄 24~74 岁,平均 52 岁。病程 4d~84 个月,平均 14.2 个月。其中脊髓型颈椎病 45 例(77.6%),颈椎间盘突出症 6 例(10.3%),颈椎创伤 7 例(12.1%)。单节段融合 22 例(37.9%),其中 C3/4 3 例,C4/5 7 例,C5/6 10 例,C6/7 2 例;单椎体次全切除双节段融合 36 例(62.1%),其中 C3~C5 6 例,C4~C6 23 例,C5~C7 7 例。内固定系统包括 CSPL、Orion、Zephir 及 ABC 等颈椎前路钢板。

1.2.2 观测指标 全部患者术前、术后 1 周及随访时均拍摄颈椎正侧位 X 线片,测量术前及随访时融合节段上下相邻椎间高度,测量方法采用 Emery 法^[7],即作与椎间隙上、下方终板相切的平行线,两平行线间的垂直距离即为椎间高度。本组均为数码 X 线片,测量时采用 Angel Microsoft 软件根据标尺进行直接测量,可排除放大率等的影响。临床疗效采用 JOA 评分标准评价。

1.2.3 统计学方法 采用 SPSS 10.0 统计软件进行分析。融合节段相邻上下椎间隙术前及随访时的椎间高度及术前、术后 JOA 评分进行配对 t 检验,显著性水平设为 0.05。

2 结果

2.1 生物力学试验

融合节段相邻上、下椎间 ROM 测试结果见表 1。在等载荷控制运动时,前屈、后伸及侧弯情况下融合后融合节段相邻上、下椎间隙的椎间 ROM 较融合前无显著性改变($P>0.05$);而在位移控制模式的旋转运动时,融合后融合节段相邻上下椎间隙的椎间 ROM 均较融合前显著增大($P<0.05$)。

2.2 临床随访结果

随访 12~60 个月,平均 28 个月。术后及随访时 JOA 评分较术前有显著性提高(表 2, $P<0.05$)。均无螺钉和钢板松动、断裂及植骨块脱出、不融合等并发症。随访时 X 线测量融合上下相邻节段椎间高度较融合前均无显著性差异($P>0.05$)(图 1)。

表 1 C5/6 椎间融合前后上下相邻节段三维运动椎间 ROM (n=6, $\bar{x}\pm s$)

	C4/5 节段(上相邻节段)				C6/7 节段(下相邻节段)			
	屈曲	伸展	侧弯	旋转	屈曲	伸展	侧弯	旋转
融合前(mm)	1.78±0.51	1.10±0.28	1.22±0.44	2.45±0.55	1.54±0.44	1.02±0.34	0.65±0.31	2.24±0.43
融合后(mm)	1.83±0.45 ^①	1.21±0.26 ^①	1.22±0.31 ^①	3.16±0.86 ^②	1.71±0.36 ^①	0.91±0.20 ^①	0.92±0.19 ^①	3.27±0.52 ^②

注:与融合前比较^①P>0.05, ^②P<0.05

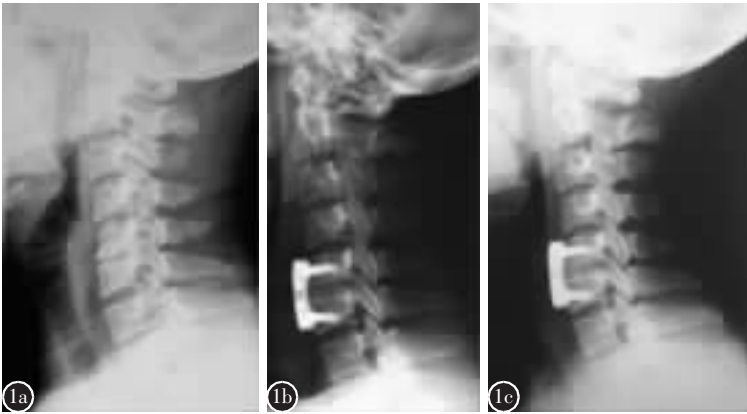


图 1 患者女性,53 岁,脊髓型颈椎病
a 术前 X 线片示 C5/6 椎间隙变窄, C4/5 椎间高度 9.4mm, C6/7 椎间高度 9.8mm
b C5/6 椎间盘切除、植骨融合内固定术后 1 周 X 线片示内固定位置良好
c 术后 3 年 X 线片示 C5/6 椎间融合, C4/5、C6/7 椎间高度分别为 9.7mm 和 9.8mm,与融合前比较无显著变化

表 2 58 例患者颈椎前路融合前后 JOA 评分及相邻椎间隙高度 (n=58, $\bar{x}\pm s$)

	术前	术后 1 周	随访时
JOA 评分	10.45±3.32	12.63±1.70 ^①	14.37±2.06 ^②
椎间高度(mm)			
上相邻节段	7.95±1.29	—	8.00±1.10 ^③
下相邻节段	8.46±1.89	—	8.56±1.99 ^③

注:与术前比较^①P<0.05, ^②P<0.01, ^③P>0.05

3 讨论

目前颈椎前路减压植骨融合术已经成为治疗颈椎病、颈椎创伤及肿瘤的有效术式,随着该手术的广泛开展,临床上也越来越多地观察到融合相邻节段出现退变,甚至需要进一步手术治疗的病例^[1-4]。颈椎融合相邻节段继发退变的病因学尚未真正明了,部分学者认为是颈椎本身退变的一个渐进的过程,融合并没有直接导致相邻节段出现退变。因为在同样实行了前路颈椎融合手术的患者中,患颈椎病的人群其融合相邻节段发生退变的发生率远高于因颈椎创伤或者肿瘤而行融合术的患者^[8,9]。据此他们认为融合术对于相邻节段出现退变只是起到推动的作用,而非主要原因。另外一种观点则认为,从生物力学的角度看融合节段的刚度增加导致了相邻节段椎间盘出现应力集中的现象,增加了相邻节段的运动范围,进而加速其退变的过程^[10,11]。相邻节段出现退变被认为是颈椎融合术最常见的远期并发症之一,而人工颈椎间盘理论上的最大优势就在于保留节段运动的同

时避免了相邻节段退变的产生。

长期的临床观察中发现颈椎融合相邻节段会发生继发性的退变。Baba 等^[3]对 106 例行颈椎前路减压植骨融合内固定患者术后 8.5 年的影像学分析发现,其中约有 1/10 的患者融合相邻节段出现了运动范围的增加。而 Capen 等^[4]在对 59 例行颈椎前路减压植骨融合内固定的患者术后 3.5 年随访时发现,相邻节段出现退变表现者高达 64%。Gore 等^[12]在对 146 例行颈椎前路减压植骨融合内固定的患者进行的长达 21 年的随访中发现,其中 33% 的患者融合相邻节段出现退变并进而表现出症状。面对如此长跨度的随访时间,很难断定退变是融合所致还是随着时间的增加而表现出的一种自然退变的过程。

Fuller 等^[13]对人类尸体颈椎标本进行了生物力学试验,分别模拟颈椎单、双及三节段融合进行测试,结果显示相邻节段均发生运动范围的增加。值得指出的是,该试验采用的位移控制的方式,即每次加载标本整体均达到相同的运动范围。同时该试验也发现融合后所有未融合的间隙均发生了运动范围的增加,并没有单纯集中在融合相邻节段上。同样是采取位移控制的方式,Eck 等^[4]发现融合相邻节段的椎间盘内压力发生显著的增加。Pospiech 等^[15]采用载荷控制方式进行的生物力学试验发现相邻节段椎间盘压力在融合节段头端间隙并没有发生显著的变化,而在尾端相邻间隙有压力显著增加的现象。本试验在屈伸及侧弯运动

中均采用载荷控制的模式,在旋转运动中采用位移控制的模式。在载荷控制的模式下,相邻节段并没有因为融合而改变椎间运动范围,即融合本身并没有给相邻节段带来应力集中的现象。融合提高了整个标本的刚度,带来的结果即是在相同的载荷作用下标本的整体运动范围的减少。而在位移控制的试验模式下,每次标本的加载均要求标本整体达到同样的运动范围,必然施加于标本的力矩要增加。Fuller 等^[13]发现融合后为达到同融合前相同的整体运动范围,施加于标本的力矩增加了 4 倍。其结果是融合后该椎间的运动功能丧失,丧失的运动范围由其余未融合的椎间隙承担,其中相邻椎间隙分担得最多,出现了应力集中的现象。故在不同的试验控制条件下会得出相邻节段应力有无增加的两种结论。

颈椎的椎间运动是肌肉组织作功的复杂过程,在生理条件下,融合后整个颈椎的刚度增加,同本次生物力学试验采用的载荷控制的方式一样,在与融合前相同的肌肉作功条件下,颈椎整体的运动范围减少,融合相邻节段并没有应力的增加,亦不会改变其生理状态从而出现退变现象。但如果患者术后由于习惯性姿势的原因将颈椎的活动范围恢复或接近恢复到术前的水平,正如试验中的位移控制的模式一样,必然要增加肌肉的作功,其结果就会出现融合相邻节段的运动范围增加、应力集中的现象。通过以上分析可以看出,颈椎融合本身并没有直接导致相邻节段出现退变,患者术后习惯性地试图保持术前的颈椎运动范围会导致融合相邻节段应力的增加,进而出现退变。但对于融合术后颈椎整体运动范围减少的患者,融合相邻节段出现退变可能是其本身退变的结果。从这个角度分析,人工颈椎间盘由于保留了椎间活动度自然可减少邻近节段发生退变的机率。

本组临床病例平均随访 28 个月,从短期的随访结果看,X 线检查融合相邻节段尚未发现退变的迹象,相信如果能够随访到颈椎 MRI,从椎间盘信号的角度对其退变进行分析会更有价值。从 JOA 评分的结果看患者的脊髓功能短期内也没有出现下降的现象,更长期的随访结果有待进一步总结。但对于行颈椎融合术的患者,术后应提示其不要试图保持术前的颈椎运动范围是必要的。保留椎间运动的内固定方式(人工椎间盘或同种异体椎间盘)是解决这一问题的有效途径。

4 参考文献

1. Marcus R, Hans-Joachim W, Patrick K, et al. Biomechanical evaluation of a newly developed monocortical expansion screw for use in anterior internal fixation of the cervical spine; in vitro comparison with two established internal fixation systems [J]. Spine, 1999, 24(3): 207-212.
2. Panjabi MM, Isomi T, Wang JL. Loosening at the screw-vertebra junction in multilevel anterior cervical plate constructs [J]. Spine, 1999, 24(22): 2383-2388.
3. Baba G, Furusawa N, Imura S, et al. Late radiographic findings at anterior cervical fusion for spondylotic myeloradiculopathy [J]. Spine, 1993, 18(21): 2167-2173.
4. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, et al. Radiculopathy and myelopathy at adjacent segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis [J]. J Bone Joint Surg Am, 1999, 81(5): 519-528.
5. Cagli S, Chamberlain RH, Sonntag VKH, et al. The biomechanical effects of cervical multilevel oblique corpectomy [J]. Spine, 2004, 29(13): 1420-1427.
6. Grubb MR, Currier BL, Bradford L, et al. Biomechanical evaluation of anterior cervical spine stabilization [J]. Spine, 1998, 23(8): 886-892.
7. Emery SE, Bolesta MJ. Robinson anterior cervical fusion comparison of the standard and modified techniques [J]. Spine, 1994, 19(6): 660-663.
8. Gruss P, Tannenbaum H. Stress exertion on adjacent segments after ventral cervical fusion [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 1983, 101(4): 283-286.
9. Goffin J, van Loon J, Van Calenbergh F, et al. Long-term results after anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization for fractures and/or dislocations of the cervical spine [J]. J Spinal Disord, 1995, 8(6): 500-508.
10. Matsunaga S, Kabayama S, Yamamoto T, et al. Strain on intervertebral discs after anterior cervical decompression and fusion [J]. Spine, 1999, 24(6): 670-675.
11. Ragab A, Escarcega AJ, Zdeblick TA. A quantitative analysis of strain at adjacent segments after segmental immobilization of the cervical spine [J]. J Spinal Disord, 2006, 19(6): 407-410.
12. Gore DR, Sepic SB. Anterior cervical fusion for degenerated or protruded discs: a review of one hundred forty-six patients [J]. Spine, 1984, 9(6): 667-671.
13. Fuller DA, Kirkpatrick JS, Emery SE, et al. A kinematic study of the cervical spine before and after segmental arthrodesis [J]. Spine, 1998, 23(14): 1649-1656.
14. Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, et al. Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion [J]. Spine, 2002, 27(23): 2431-2434.
15. Pospiech J, Stolke D, Wilke HJ, et al. Intradiscal pressure recordings in the cervical spine [J]. Neurosurgery, 1999, 44(4): 379-384.

(收稿日期: 2007-08-27 修回日期: 2007-12-11)

(英文编审 蒋欣)

(本文编辑 李伟霞)