文章编号:1000-5404(2013)10-1017-05

论著

人工颈椎椎间盘置换联合融合治疗多节段颈椎病的早期疗效观察

陈道森,施荣茂,周 强,许建中,王浩明,刘列华,代 飞,罗 飞,何清义 (400038 重庆,第三军医大学西南医院骨科,全军矫形外科中心)

[摘要] **目的** 通过术后随访评价人工颈椎椎间盘置换(artificial cervical disc replacement, ACDR)联合前路减压植骨融合(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)治疗多节段颈椎病的早期疗效,分析置换节段与融合节段之间的相互影响。**方法** 回顾性分析15例ACDR联合ACDF病例(杂交手术组)和15例多节段ACDF病例(融合手术组)的临床资料。采用疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、颈椎功能残障指数(neck disability index, NDI)、椎间隙高度、颈椎总活动度和节段活动度占颈椎总活动度的百分比值等指标进行综合评价。**结果** 杂交手术组15例患者平均随访21.1个月,融合手术组15例患者平均随访25.1个月。2组病例术后各随访点VAS评分、NDI均较术前显著下降($P<0.01$)。末次随访时杂交手术组置换节段活动度占颈椎总活动度的百分比值与术前相比明显增大($P<0.05$),上下位邻近节段与术前相比无统计学差异($P>0.05$)。末次随访时融合手术组上下位邻近节段活动度均较术前显著增大($P<0.01$)。术后随访时间内未观察到装置松动、移位等相关并发症。**结论** ACDR联合ACDF治疗多节段颈椎病具有良好早期临床疗效,在维持颈椎运动功能的同时减少邻近节段运动负荷,是多节段颈椎病手术治疗的一种新选择。

[关键词] 人工颈椎椎间盘置换术;融合;颈椎病
[中图法分类号] R318.17;R681.53;R687.4 [文献标志码] A

Early clinical efficacy of artificial cervical disc replacement combined with anterior cervical discectomy and fusion in treatment of patients with multi-level cervical spondylosis

Chen Daosen, Shi Rongmao, Zhou Qiang, Xu Jianzhong, Wang Haoming, Liu Liehua, Dai Fei, Luo Fei, He Qingyi (Department of Orthopedics, Center of Orthopedic Surgery, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the early clinical efficacy of artificial cervical disc replacement (ACDR) combined with anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) in treatment of patients with multi-level cervical spondylosis, and to analyze the interaction effect between the replacement segment and fusion segment. **Methods** Fifteen patients with ACDR combined with ACDF (hybrid surgery, HS) and 15 patients with multi-level ACDF (M-ACDF) were enrolled in this retrospective study. Visual analogue scale (VAS) scores for neck and arm pain, neck disability index (NDI), disc space height, total cervical range of motion (ROM), and segmental ROM contribution to total cervical ROM were measured. **Results** The average duration of follow-up was 21.1 months in the HS group and 25.1 months in the M-ACDF group. VAS and NDI scores in both groups were significantly lower at all follow-up time points as compared with their preoperative scores ($P<0.01$). Compared with preoperative scores, the replacement segmental ROM contribution to total cervical ROM in the HS group significantly increased at final follow-up ($P<0.05$), but no significant difference was observed in upper and lower adjacent segment ($P>0.05$). However, the contribution of upper and lower adjacent segment in the ACDF group significantly increased as compared with the preoperative levels ($P<0.01$). There was no complication related to the devices, such as loose, migration, and so on. **Conclusion** ACDR combined with ACDF in treatment of patients with multi-level cervical spondylosis can achieve satisfied early clinical efficacy. It not only maintains the cervical motion function, but also reduces the adjacent segment motion load after hybrid surgery. It is an alternative choice for multi-level cervical spondylosis treatment.

[**Key words**] artificial cervical disc replacement; fusion; cervical spondylosis

Corresponding author: Zhou Qiang, E-mail: zqtlh@yahoo.com.cn

[通信作者] 周 强,E-mail:zqtlh@yahoo.com.cn

[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20130312.1338.001.html(2013-03-12)

颈椎前路减压植骨融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)是治疗神经根型颈椎病和脊髓型颈椎病的经典术式[1]。近年来,随着内固定装置不断应用,融合节段能获得满意的节段稳定性,并且在多节段颈椎病的外科治疗中,ACDF因其融合率高,临床效果好[2],被认为是治疗多节段颈椎病的一种安全、有效的技术[2-3]。然而,邻近节段退变(adjacent segment degeneration, ASD)作为ACDF术后的远期并发症受到越来越多的关注,有学者认为多节段融合的并发症发生率高于单节段融合。Hilibrand等[4]报道大约25%的患者在术后10年内出现邻近节段退变。Goffin等[5]指出ACDF术后92%的邻近节段出现影像学上退变。不少学者认为ACDF术后邻近节段退变加速是由于颈椎融合后颈椎生物力学特性改变,引起邻近节段生物力学应力增加导致,而保留手术节段活动度的人工颈椎椎间盘置换(artificial cervical disc replacement, ACDR)却获得了令人鼓舞的早中期临床效果[1,6]。但对于多节段颈椎病的治疗,因其病变节段情况不一,ACDR的适应证较ACDF有限,且多节段ACDR的医疗费用较高,使其在多节段颈椎病的治疗中受限。为了更好地维持颈椎活动度,避免或减少多节段ACDF对邻近节段的不良影响,国内外部分学者尝试ACDR联合ACDF治疗多节段颈椎病,并获得了较好的早期疗效。但ACDR联合ACDF术后对邻近节段活动度的影响如何,以及置换与融合节段彼此之间的影响如何,目前相关报道较少。本研究对15例随访时间大于12个月的ACDR联合ACDF治疗多节段颈椎病病例进行临床数据观测,并与同期15例多节段ACDF病例进行对比,评价其早期临床疗效和影像学结果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2009年12月至2011年12月,我科采用ACDR联合ACDF(杂交手术)治疗多节段颈椎病患者21例,纳入杂交手术组15例,男性10例,女性5例,平均年龄51(39~72)岁,脊髓型颈椎病9例,神经根型颈椎病1例,混合型5例。同期行多节段ACDF(融合手术)病例中纳入融合手术组15例,男性11例,女性4例,平均年龄49(36~67)岁,脊髓型颈椎病10例,神经根型2例,混合型3例。2组病例施行双节段手术各11例、三节段各4例。病例资料使用通过医院伦理委员会批准且患者知情同意。

多节段颈椎病患者拟行ACDR联合ACDF手术,遵循以下原则:①患者知情同意;②至少有1个节段不存在节段不稳、椎间隙高度明显下降以及小关节严重退变等情况;③节段生理活动度相对较大的节段行椎间盘置换。

本研究纳入标准:①手术节段为双节段或三节段的颈椎病患者;②临床资料完整且获得12个月以上随访。排除标准:①合并精神疾病及生活不能自理;②重度骨质疏松症患者。

1.2 手术方法

全身麻醉下取仰卧头中立、颈部后伸位。经颈前路横切口逐层显露病变椎间隙,切开前纵韧带,刮除椎间盘组织,安装椎间撑开器,以上下相邻小关节间隙高度为参照平行撑开椎间隙,至小关节间隙高度接近正常。用磨钻修整椎体后缘,切除增生的椎体后缘骨赘及后纵韧带,摘除脱入椎管及椎间孔的椎间盘组织,彻底减压。拟行ACDR节段以假体试模选取合适型号的人工颈椎椎间盘,上下椎体终板处理之后,置入假体至假体后缘平上下椎体后缘;拟行ACDF节段将钛网或Cage嵌入椎体间植骨,钉板内固定。

1.3 术后观察、处理

术后常规抗炎、脱水、抗感染治疗3~5 d,手术结束48 h后拔除引流管。服用塞来昔布2周,杂交手术组病例佩戴围领1~2周,融合手术组病例佩戴围领4周,之后逐渐行颈项肌及颈椎运动功能锻炼。

1.4 随访观察

所有患者术前均行颈椎MRI检查、颈椎正侧过伸过屈位X线片、疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、颈椎功能残障指数(neck disability index, NDI),术后1、3、6、12、24个月门诊随访,行颈椎正侧位X线片(术后1、3个月)、颈椎正侧过伸过屈位X线片(术后6、12、24个月),并对随访病例进行神经功能评估。

1.5 评价指标

临床疗效评价采用VAS评分[7]和NDI[8]。影像结果评价采用椎间隙高度、颈椎总活动度和节段活动度占颈椎总活动度的百分比值[9]、假体位移等指标,并观察异位骨化、装置松动、融合节段骨性融合等情况。

椎间隙高度:颈椎中立侧位X线片测量手术节段上位椎体上终板前后缘与下位椎体下终板前后缘对应点连线长度均值。颈椎总活动度:颈椎过伸与过屈位X线片上测量C_2椎体下缘与C_7椎体下缘之间的夹角之和。节段活动度:颈椎过伸与过屈位X线片上测量上位椎体下缘与下位椎体上缘之间的夹角之和。

1.6 统计学分析

采用SPSS 16.0软件进行统计分析。VAS评分、NDI、椎间隙高度、活动度等连续型变量以$\bar{x} \pm s$表示,组内手术前后比较采用配对样本t检验,组间比较采用独立样本t检验。检验水准$\alpha = 0.05$。

2 结果

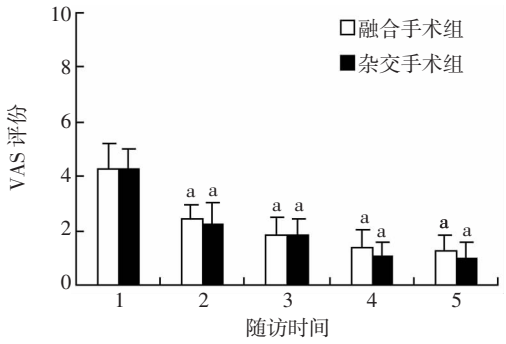
2.1 随访结果

2组病例术中均未发生脊髓及神经根损伤,术后切口均Ⅰ期愈合。杂交手术组获12~36个月随访,平均21.1个月;融合手术组获12~36个月随访,平均25.1个月。术后6周左右,以神经根性症状为主的患者,其症状基本缓解,脊髓型颈椎病患者麻木、肌无力等症状不同程度缓解。术后6个月时,杂交手术组2例患者手指轻度麻木,融合手术组2例患者右下肢肌张力较高、1例患者右前臂尺侧麻木,其余患者神经功能基本

恢复正常。术后随访时间内未观察到人工颈椎间盘假体松动、前后位移≥2 mm、脱落发生,假体周围无明显异位骨化区。杂交手术组术后 3 ~ 7 个月融合节段达到骨性融合,融合手术组术后 5 ~ 9 个月融合节段达到骨性融合。

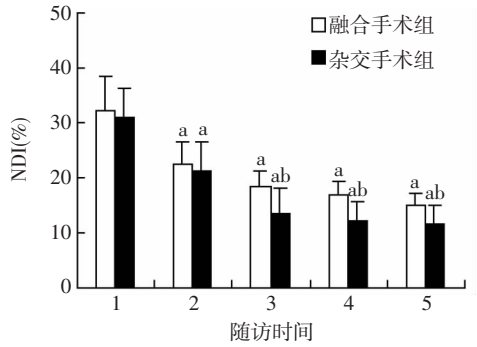
2.2 VAS 评分和 NDI

组内比较:2 组病例术后各随访点 VAS 评分、NDI 均较术前显著下降($P<0.01$)。组间比较:各随访点 VAS 评分差异无统计学意义($P>0.05$),见图 1;术后 6、12 个月及末次随访时 NDI 差异具有显著性($P<0.01$),见图 2。



1:术前;2 ~ 5:分别为术后 6 周、6 个月、12 个月和末次随访
a:$P<0.01$,与术前比较

图 1 2 组病例颈部和手臂 VAS 评分结果



1:术前;2 ~ 5:分别为术后 6 周、6 个月、12 个月和末次随访;a:$P<0.01$,与术前比较;b:$P<0.01$,与融合手术组比较

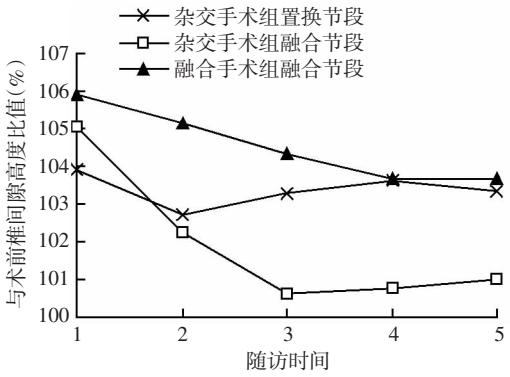
图 2 2 组病例 NDI 比较

2.3 椎间隙高度

2 组病例术后椎间隙高度较术前增加,且末次随访时仍高于术前,见图 3。杂交手术组置换节段椎间隙高度各随访点与术后相比,其差异均无统计学意义($P>0.05$)。2 组病例融合节段椎间隙高度各随访点较术后下降,杂交手术组在术后 6 个月已趋于稳定,融合手术组在术后 12 个月趋于稳定。末次随访时,杂交手术组融合节段椎间隙高度较术后下降 4.9%,而融合手术组则下降 2.6%,2 组之间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.4 颈椎总活动度及节段活动度

2 组病例末次随访时颈椎总活动度均较术前减小,2 组之间比较差异无统计学意义($P>0.05$)。末次随访时杂交手术组置换节段活动度占颈椎总活动度的百分比值与术前相比明显增大($P<0.05$),上下位邻近节段与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$)。末次随访时融合手术组上下位邻近节段活动度均较术前显著增大($P<0.01$)。见表 1。



1:术后;2 ~ 5:分别为术后 6 周、6 个月、12 个月和末次随访

图 3 2 组病例各随访时间点椎间隙高度与术前高度比值

表 1 2 组病例颈椎总活动度与节段活动度占颈椎总活动度的百分比值(%,$\bar{x}\pm s$)

组别	n	术前	术后 6 个月	术后 12 个月	末次随访
颈椎总活动度					
融合手术组	15	37.5 ± 13.7	23.9 ± 9.6[a]	26.3 ± 9.6[b]	25.1 ± 10.1[b]
杂交手术组	15	40.2 ± 9.2	30.1 ± 10.7[b]	31.9 ± 10.5	32.0 ± 11.1
置换节段					
杂交手术组	15	18.2 ± 5.0	28.3 ± 8.1[a]	26.4 ± 7.3[b]	26.0 ± 8.3[b]
上位邻近节段					
融合手术组	15	20.4 ± 7.9	36.7 ± 12.1[a]	38.4 ± 13.9[a]	47.5 ± 13.6[a]
杂交手术组	14	16.1 ± 6.6	19.7 ± 10.8[c]	25.3 ± 12.2	24.9 ± 12.0[c]
下位邻近节段					
融合手术组	6	18.5 ± 5.1	33.1 ± 12.8	43.6 ± 6.2[a]	39.7 ± 7.3[a]
杂交手术组	8	17.1 ± 5.4	22.9 ± 9.3	20.1 ± 4.3[c]	18.5 ± 4.5[c]

a:$P<0.01$,b:$P<0.05$,与术前比较;c:$P<0.01$,与融合手术组比较

2.5 典型病例

病例 1,男性,39 岁,因颈部疼痛 1 年,右侧上下肢麻木、乏力 4 个月入院,诊断脊髓型颈椎病,行“经前路 C4/5、C5/6 椎间盘摘除减压,椎间植骨融合内固定”手术。术前 VAS 评分 4 分,NDI 31.1%;术后 6 周 VAS 评分 2 分,NDI 22.2%;术后 18 个月 VAS 评分 1 分,NDI 15.6%。术前及术后 18 个月颈椎活动情况,如图 4 A ~ F 所示。病例 2,男性,41 岁,因颈肩部疼痛不适 1.5 年,加重伴双手麻木不适半年入院,诊断脊髓型颈椎病,行“经前路 C4/5、C5/6 椎间盘摘除减压,C4/5CAGE 椎间植骨融合内固定 + C5/6 人工椎间盘置换”手术。术前 VAS 评分 5 分,NDI 28.9%;术后 1 个月 VAS 评分 2 分,NDI 20.0%;术后 14 个月 VAS 评分 1 分,NDI 12.5%。术前及术后 14 个月颈椎活动情况,如图 4 G ~ L 所示。

3 讨论

近年来,有关 ACDF 中长期临床报道不断增多[4-5,10],ACDF 术后邻近节段相关并发症越来越被学者关注。生物力学研究[11-12]也发现,ACDF 术后邻近节段椎间盘的应力和活动度均代偿性增加。对于双节段及多节段融合,有报道指出其对邻近节段椎间盘的影响大于单节段融合[13]。有研究[1,6,14]显示,ACDR 能很好地恢复神经功能,有效地维持手术节段活动度,降低邻近节段退变的风险。我们认为只要 ACDR 应用合理,可以获得很好的临床疗效和颈椎活动度。由



A～F:双节段融合病例影像学资料;A:术前颈椎MRI表现;B～C:术前颈椎过伸位片、过屈位片表现;D:术后颈椎侧位片表现;E～F:术后18个月颈椎过伸位片、过屈位片表现; G～L:单节段融合与置换病例影像学资料;G:术前颈椎MRI表现;H～I:术前颈椎过伸位片、过屈位片表现; J:术后颈椎侧位片表现;K～L:术后14个月颈椎过伸位片、过屈位片表现

图4 C4/5C5/6双节段融合病例术前与术后18个月、C4/5融合C5/6置换病例术前与术后14个月颈椎影像学表现

于多节段ACDR在治疗中受到一定限制,使得选择性地应用ACDR联合ACDF成为多节段颈椎病手术治疗的一种新尝试。

本研究2组病例术后获得满意的减压效果和神经功能恢复,VAS评分和NDI在术后6周较术前显著改善。此结果与Shin等[15]和Ren等[3]报道的相似。疼痛的缓解程度与手术减压是否充分密切相关,从2组VAS结果可以看出杂交手术可获得与经典融合手术相似的彻底减压效果,且随访过程中未出现再次压迫神经导致疼痛。在颈部功能恢复方面,从术后6个月开始杂交手术组明显优于融合手术组,我们认为尽量多的保留脊柱运动单元的活动度有利于加快颈部功能恢复速度,减少患者颈部酸胀不适及僵硬感。

Shin等[15]的研究结果指出,术后2年杂交手术组颈椎总活动度恢复到术前水平,双节段融合组较术前减小6.5°,而本研究2组病例末次随访时颈椎总活动度均小于术前。颈椎总活动度减小可能与患者术后缺少颈部运动功能锻炼有关。为了排除患者拍摄X线片时由于疼痛等因素影响其最大限度地屈伸颈部,采用节段活动度占颈椎总活动度的百分比值评估节段运动功能[9]。ACDR的初衷是保留节段活动度,恢复和维持颈椎正常运动。在ACDF与ACDR颈椎节段顺序选择上,国内外大多数学者认为在遵循ACDR手术适应证的前提下,选择节段生理活动度较大的节段行椎间盘置换,以保持颈椎良好活动度和减少邻近椎间隙压力[3,15]。本研究杂交手术组置换节段的选择原则基本同上,随访发现置换节段不仅能维持节段活动度还适当增加活动度,以维持颈椎正常运动。但此种ACDR节段选择原则是否最优,尚需大样本随访观测及生物力学实验提供依据。本研究从观察节段活动度占颈椎总活动度的百分比值可以看出,杂交手术组置换节段、上下位邻近节段对颈椎总活动度的贡献呈现动态变化,置换节段活动度术后6个月较术前显著增大,12个月稍减小,而上下位邻近节段活动度术后随访虽较术前增大,但无统计学差异,三者活动度在1年之后趋于稳定。这种现象可能与ACDR联合ACDF术后颈椎生物力学特性重分布有关,体外生物力学实验也证实单节段融合使手术节段活动度丢失而邻近节段活动度增大,人工颈椎椎间盘置换却获得相反的结果[16]。融合手术组上下位邻近节段活动度却明显增大,与Park等[17]、Auerbach等[9]报道一致。节段活动度明显增大可能是应力集中的一种表现,势必会加速邻近节段退变进程。Kulkarni等[18]的1项MRI随访观察报道了融合术后早期邻近节段椎间盘有显著的退变改变。Lee等[19]指出杂交手术后可减少邻近节段过度运动以及达到一定活动度所需的负荷,具有显著的

生物力学优势。2种对颈椎节段活动度产生不同影响的术式结合在一起,其对颈椎生物力学的具体影响如何,目前尚无明确阐述。结合本研究与文献报道,我们认为ACDR联合ACDF可降低ACDF术后邻近节段的应力负荷,避免应力负荷过度集中和邻近节段活动度过大,以达到减缓邻近节段退变的目的,但中远期疗效及并发症尚需进一步观察。

ACDR联合ACDF术后,置换节段与融合节段之间的相互影响以及对交界椎体的影响如何,值得探讨。①过早地去除围领可能导致骨性融合时间延长、融合椎间隙高度下降等情况发生。ACDF术后要求患者颈部制动1个月或更长,而ACDR术后应尽早行颈部肌肉及颈部运动功能锻炼。我们在研究中发现2组病例融合节段术后早期均出现椎间隙高度下降,虽获得骨性融合,但杂交手术组融合节段高度下降较融合手术组明显。因而,对于杂交手术可适当延长围领佩戴时间,间断行颈部功能锻炼,建议患者重视早期随访。②杂交手术后融合节段对置换节段的影响较小。ACDF术后邻近节段应力集中,可能降低相邻置换节段高度,显著增加相邻置换节段活动度,加速人工颈椎间盘假体磨损,从而影响活动度。然而,从本研究结果来看,末次随访时置换节段高度仍维持在术后水平,且假体活动良好。③杂交手术后置换节段对交界椎体影响较小。本研究随访过程中未观察到假体与椎体终板接触面骨吸收以及假体松动、移位等假体相关并发症,交界椎体无压缩、破裂等情况发生。然而,仅从临床观察结果讨论杂交手术节段内在相互作用尚且表浅,有待基础生物力学等实验研究提供更可靠的证据。

综上所述,ACDR联合ACDF治疗多节段颈椎病具有良好早期临床疗效,能很好地维持颈椎运动功能,与多节段ACDF相比具有独特优势,为多节段颈椎病手术治疗提供了一种新的选择。由于目前多节段ACDR的病例较少,未能纳入本研究进行对比分析。

参考文献:

[1] Mummaneni P V, Burkus J K, Haid R W, *et al*. Clinical and radiographic analysis of cervical disc arthroplasty compared with allograft fusion: a randomized controlled clinical trial [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6(3): 198-209.

[2] Chang S W, Kakarla U K, Maughan P H, *et al*. Four-level anterior cervical discectomy and fusion with plate fixation: radiographic and clinical results[J]. Neurosurgery, 2010, 66(4): 639-647.

[3] Ren X, Chu T, Jiang T, *et al*. Cervical Disc Replacement Combined With Cage Fusion for the Treatment of Multi-level Cervical Disc Herniation[J]. J Spinal Disord Tech, 2012, [Epub ahead of print].

[4] Hilibrand A S, Carlson G D, Palumbo M A, *et al*. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis [J]. J Bone Joint Surg Am, 1999, 81(4): 519-528.

[5] Goffin J, Geusens E, Vantomme N, *et al*. Long-term follow-up after interbody fusion of the cervical spine [J]. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(2): 79-85.

[6] Bertagnoli R, Yue J J, Pfeiffer F, *et al*. Early results after ProDisc-C cervical disc replacement [J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2(4): 403-410.

[7] Huskisson E C. Measurement of pain [J]. Lancet, 1974, 2(7889): 1127-1131.

[8] Vernon H, Mior S. The neck disability index: a study of reliability and validity [J]. J Manipulative Physiol Ther, 1991, 14(7): 409-415.

[9] Auerbach J D, Anakwenze O A, Milby A H, *et al*. Segmental contribution toward total cervical range of motion: a comparison of cervical disc arthroplasty and fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(25): E1593-E1599.

[10] Matsumoto M, Okada E, Ichihara D, *et al*. Anterior cervical decompression and fusion accelerates adjacent segment degeneration: comparison with asymptomatic volunteers in a ten-year magnetic resonance imaging follow-up study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(1): 36-43.

[11] Dmitriev A E, Cunningham B W, Hu N, *et al*. Adjacent level intradiscal pressure and segmental kinematics following a cervical total disc arthroplasty: an *in vitro* human cadaveric model [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(10): 1165-1172.

[12] Eck J C, Humphreys S C, Lim T H, *et al*. Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(22): 2431-2434.

[13] Park D H, Ramakrishnan P, Cho T H, *et al*. Effect of lower two-level anterior cervical fusion on the superior adjacent level [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(3): 336-340.

[14] Murrey D, Janssen M, Delamarter R, *et al*. Results of the prospective, randomized, controlled multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-C total disc replacement versus anterior discectomy and fusion for the treatment of 1-level symptomatic cervical disc disease [J]. Spine J, 2009, 9(4): 275-286.

[15] Shin D A, Yi S, Yoon-do H, *et al*. Artificial disc replacement combined with fusion versus two-level fusion in cervical two-level disc disease[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(11): 1153-1161.

[16] Chang U K, Kim D H, Lee M C, *et al*. Range of motion change after cervical arthroplasty with ProDisc-C and prestige artificial discs compared with anterior cervical discectomy and fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(1): 40-46.

[17] Park D K, Lin E L, Phillips F M. Index and adjacent level kinematics after cervical disc replacement and anterior fusion: in vivo quantitative radiographic analysis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(9): 721-730.

[18] Kulkarni V, Rajshekhar V, Raghuram L. Accelerated spondylotic changes adjacent to the fused segment following central cervical corpectomy: magnetic resonance imaging study evidence [J]. J Neurosurg, 2004, 100(1 Suppl Spine): 2-6.

[19] Lee M J, Dumonski M, Phillips F M, *et al*. Disc replacement adjacent to cervical fusion: a biomechanical comparison of hybrid construct versus two-level fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(23): 1932-9139.

(**收稿**:2013-01-29;**修回**:2013-02-26)

(编辑 王 红)