

临床论著

颈椎人工椎间盘置换后对相邻节段退变的影响

孙 宇, 赵衍斌, 周非非, 张凤山, 潘胜发, 周 方, 刘忠军

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的: 观察单节段颈椎人工椎间盘置换术后相邻节段退变情况。方法: 截止到 2010 年 10 月在我院行单节段颈椎人工椎间盘置换术后随访 20 个月以上且资料完整、既往无颈椎手术史的患者 80 例, 置换节段为 C3/4 8 例, C4/5 15 例, C5/6 49 例, C6/7 8 例; 41 例为 Bryan Disc 置换术, 39 例为 ProDisc-C 置换术。对比术前和末次随访时 X 线片、MRI 相邻节段退变情况。相邻节段退变定义为 X 线片上椎间隙高度丢失与术前相比大于 10%, 形成肉眼可见新生骨赘或原有骨赘增大, 前纵韧带钙化; 在 MRI T2 加权像上采用 Miyazaki 颈椎间盘退变分级方法观察相邻节段椎间盘退变情况。结果: 随访 20~64 个月, 平均 38 个月。末次随访时 X 线片上 160 个相邻节段中, 8 个下相邻节段因肩部 X 线遮挡而显示不清, 符合条件的 152 个相邻节段中 21 个 (13.8%) 出现退变, 其中 Bryan Disc 置换术组退变发生率为 10.0%, ProDisc-C 置换术组退变发生率为 18.1%; 47 例患者获得了 MRI 随访, 94 个相邻节段中 14 个 (14.9%) 椎间盘退变分级加重 1 级, 其中 Bryan Disc 置换术组退变加重发生率为 12.5%, ProDisc-C 置换术组退变加重发生率为 22.7%。未出现相邻节段疾病。结论: 颈椎人工椎间盘置换术后平均 38 个月随访相邻节段退变表现加重者不足 15%, 不同类型的假体对相邻节段退变的影响可能存在一定差异。

【关键词】颈椎人工椎间盘置换; 相邻节段退变; 相邻节段疾病

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.06.09

中图分类号: R687.3, 681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-06-0474-06

Effect of cervical disc arthroplasty on adjacent segment degeneration/SUN Yu, ZHAO Yanbin, ZHOU Feifei, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(6): 474-479

【Abstract】 Objective: To investigate the adjacent segment degeneration after single level cervical disc arthroplasty. Method: Patients received single level cervical arthroplasty in our institute were reviewed retrospectively. Up to October 2010, a total of 80 patients gained at least 20 months' follow-up. There were 8 cases of C3/4, 15 C4/5, 49 C5/6 and 8 C6/7. 41 patients received Bryan Disc cervical prosthesis and 39 received ProDisc-C prosthesis. Adjacent segment degeneration was evaluated on X-ray and magnetic resonance imaging (MRI) at preoperative and final follow-up. X-ray based adjacent segment degeneration included the presence of any of the following parameters: narrowing of disc space > 10%, new anterior or/and extended osteophyte formation, calcification of anterior longitudinal ligament. Cervical disc degeneration was evaluated according to Miyazaki's grading system based on T2-weighted MRI. Result: The mean follow-up period was 38 months (range, 20-64 months). Of 160 segments at final follow-up, 8 distal adjacent segments were excluded due to unavailability of X-ray, adjacent segment degeneration was observed in 21 of 152 segments (13.8%) based on X-ray findings. The rate of adjacent segment degeneration for Bryan disc group was 10.0%, which was lower than that of ProDisc-C group (18.1%). 47 patients gained MRI follow-up, and adjacent segment degeneration was observed in 14 of 94 segments (14.9%). The rate of MRI-based adjacent segment degeneration for Bryan Disc group was 12.5%, which was also lower than that of ProDisc-C group (22.7%). No adjacent segment disease developed at final follow-up. Conclusion: Less than 15% cases develop adjacent segment degeneration 38 months after cervical disc arthroplasty, and the effect may vary between different prosthesis.

【Key words】 Cervical disc replacement; Adjacent segment degeneration; Adjacent segment disease

【Author's Address】 Department of Orthopedic Surgery, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

第一作者简介: 男 (1960-), 教授, 主任医师, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010) 82267380 E-mail: sunyuor@vip.sina.com

颈前路减压融合术在解除脊髓和神经根受压症状方面具有持久、稳定的疗效,已成为治疗颈椎病的经典术式。但融合可能导致相邻节段因为代偿性应力增加而出现退变加速、甚至可能引发新的症状。人工椎间盘的设计理念是通过保留颈椎手术节段的运动性,减少前路减压融合术带来的相邻节段的退变加速^[1,2]。但是实际临床应用的效果如何?相邻节段退变的状况怎样?我院于 2003 年 12 月开展 Bryan 人工椎间盘置换术,2006 年 6 月开展 ProDisc-C 人工椎间盘置换术。本研究对其中随访 20 个月以上且资料完整的单节段置换患者的资料进行回顾性分析,以观察颈椎人工间盘置换术后相邻节段的退变情况。

1 资料与方法

1.1 一般资料

截止到 2010 年 10 月,我院共进行 468 例人工颈椎间盘置换术,其中 Bryan 人工椎间盘置换术 216 例(单节段 166 例,双节段 43 例,三节段 7 例),ProDisc-C 人工椎间盘置换术 252 例(单节段 203 例,双节段 43 例,三节段 6 例)。术后时间达到 20 个月的单节段患者共有 198 例,137 例获得了随访,随访率为 69.1%。随访资料完整的患者为 85 例,其中 5 例因有既往颈椎手术史而排除,符合条件者 80 例。患者均适合行前路减压手术,导致脊髓或神经根损害的原因以椎间盘退变、突出等软性压迫为主,不伴有后纵韧带骨化,同时颈椎屈伸活动良好、不存在节段性不稳定者,无骨质疏松,年龄一般不超过 55 岁^[3]。80 例患者年龄为 20~56 岁,平均 44 岁。神经根型颈椎病 14 例,脊髓型颈椎病 56 例,混合型颈椎病 7 例(神经根型+脊髓型),急性颈椎间盘突出症 3 例。置换节段:C3/4 8 例,C4/5 15 例,C5/6 49 例,C6/7 8 例。随访时间 20~64 个月,平均 38 个月,所有患者术前和末次随访时均行颈椎正侧位和伸屈位 X 线检查、MRI 检查。

1.2 观察指标

1.2.1 影像学指标 (1)在 X 线片上观察:相邻节段退变定义为 X 线片上椎间隙高度丢失与术前相比大于 10%;形成肉眼可见新生骨赘或原有骨赘增大;前纵韧带钙化^[4,5]。(2)在 MRI 片上观察:在 MRI T2 加权像上,采用 Miyazaki 等^[6]的颈椎间盘退变分级方法观察相邻节段椎间盘退变情

况(表 1,图 1)。

1.2.2 临床疗效观察指标 相邻节段退变性疾病:随访时出现相应节段的神经损害症状和体征,并与影像学表现相符合。

表 1 颈椎间盘退变的 MRI T2 像分级方法(Miyazaki 分级)^[6]

级别	髓核信号强度	髓核结构	髓核和纤维环分界	椎间盘高度
I	高信号	均一白色	清晰	正常
II	高信号	白色带有灰带区	清晰	正常
III	中等信号	颜色不均,灰和黑混杂	不清晰	正常或降低
IV	低信号	颜色不均,灰和黑混杂	消失	正常或降低
V	低信号	颜色不均,灰和黑混杂	消失	塌陷

2 结果

80 例患者均获 X 线片随访,时间为 20~64 个月,平均 38 个月。末次随访时,X 线片上 8 个下相邻节段因肩部 X 线遮挡而显示不清,符合条件的 152 个相邻节段中 21 个(13.8%)出现相邻节段退变,其中 13 个(16.3%)为上相邻节段,8 个(11.1%)为下相邻节段;形成肉眼可见新生骨赘或原有骨赘增大 13 个,椎间隙高度丢失大于 10% 3 个,前纵韧带钙化 2 个,骨赘合并椎间隙高度丢失大于 10% 2 个,骨赘合并前纵韧带钙化 1 个;C3/4 1 例,C4/5 11 例,C5/6 6 例,C6/7 3 例。41 例为 Bryan Disc 置换术,符合条件的 80 个相邻节段中 8 个(10.0%)出现相邻节段退变(6 个上相邻节段,2 个下相邻节段);39 例为 ProDisc-C 置换术,符合条件的 72 个相邻节段中 13 个(18.1%)出现相邻节段退变(8 个上相邻节段,5 个下相邻节段)(图 2、3,表 2)。

51 例获得了 20 个月以上的 MRI 随访,其中 4 例因假体对相邻节段有信号干扰而排除。47 例随访 20~64 个月,平均 44 个月,末次随访时,94 个相邻节段中 14 个(14.9%)椎间盘退变分级加重 1 级,其中上相邻节段 5 个(10.6%),下相邻节段 9 个(19.1%);节段分布为 C4/5 5 个,C5/6 3 个,C6/7 6 个(图 4)。36 例为 Bryan Disc 置换术,72 个相邻节段中 9 个(12.5%)退变分级加重 1 级,其中上相邻节段 3 个,下相邻节段 6 个;11 例为 ProDisc-C 置换术,22 个相邻节段中 5 个

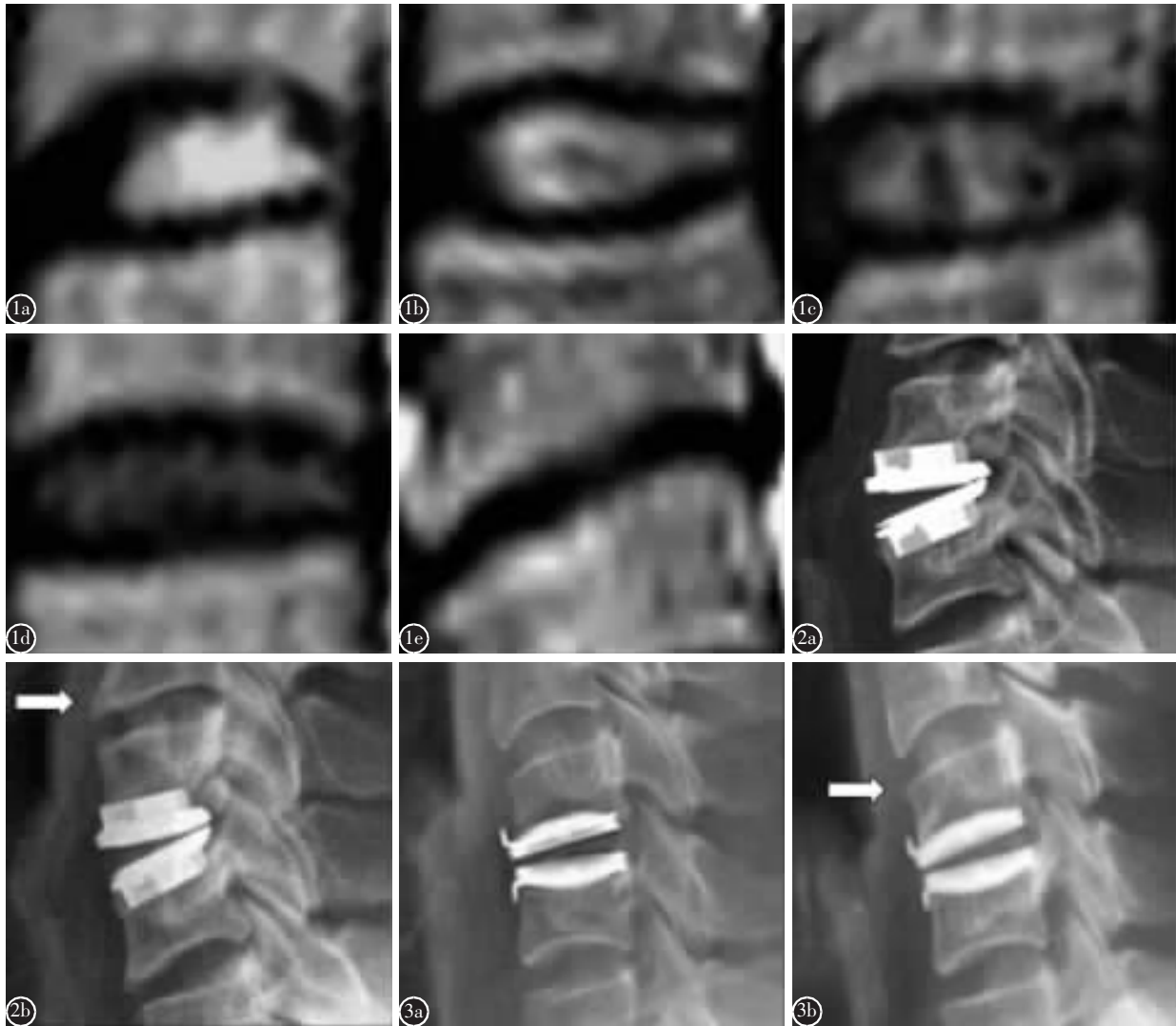


图 1 颈椎间盘退变 MRI T2 像分级 (Miyazaki 分级)^[6] a I 级 b II 级 c III 级 d IV 级 e V 级 图 2 患者男, 43 岁 a C5/6 ProDisc-C 人工椎间盘置换术后 6 个月侧位 X 线片示 C4/5 椎间隙轻度退变 b 术后 48 个月侧位 X 线片示上相邻节段 C4 椎体前下缘骨赘加重(箭头所示) 图 3 患者男, 40 岁 a C5/6 Bryan 人工椎间盘置换术后 6 个月侧位 X 线片示相邻节段无明显退变表现 b 术后 63 个月侧位 X 线片示上相邻节段 C5 椎体前上缘骨赘形成(箭头所示)

表 2 两种假体置换术后末次随访时 X 线片显示相邻节段退变情况

	Bryan Disc 置换	ProDisc-C 置换
例数	41	39
平均随访时间(月)	46.8	29.1
符合观察条件的相邻节段(个)	80	72
出现退变的节段(个)	8(10%)	13(18.1%)
新生骨赘或骨赘增大节段(个)	3	10
椎间隙高度丢失大于 10%(个)	1	2
骨赘并椎间隙高度丢失大于 10%(个)	2	0
骨赘合并前纵韧带钙化(个)	1	0
前纵韧带钙化(个)	1	1

(22.7%) 退变分级加重 1 级, 其中上相邻节段 2 个, 下相邻节段 3 个(表 3)。

47 例同时获得 MRI 随访和 X 线随访者, MRI 影像上 94 个相邻节段中 14 个(14.9%)退变分级加重 1 级, 而 X 线片上仅有 6 个(6.6%)出现相邻节段退变表现; 5 个 X 线片已经显示存在相邻节段退变, 但在 MRI 影像上却未显示椎间盘退变分级加重, 其中 2 个为椎间隙高度丢失大于 10%, 3 个为骨赘形成。

本组 137 例患者获得了临床疗效随访, 没有出现新的临床症状, 即没有出现相邻节段疾病。

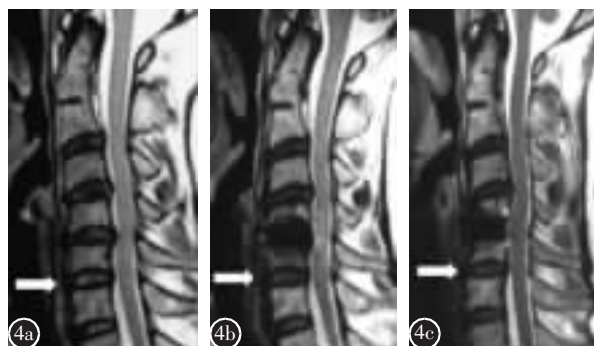


图 4 患者女, 48 岁 a 术前 MRI T2 像显示 C5/6 椎间盘突出, C4/5 椎间盘退变分级为Ⅲ级, C6/7 椎间盘退变分级为Ⅱ级 b C5/6 Bryan 人工椎间盘置换术后 3 年 MRI T2 像显示上下相邻节段颈椎间盘退变分级同术前 c 术后 5 年 MRI T2 像显示下相邻节段椎间盘退变加重 1 级 (由Ⅱ级加重到Ⅲ级, 箭头所示), 上相邻节段椎间盘退变分级无变化

表 3 两种假体置换术后末次随访时 MRI 片显示相邻节段退变情况

	Bryan Disc 置换	ProDisc-C 置换
例数	36	11
平均随访时间(月)	48.3	25.5
符合观察条件的相邻节段(个)	72	22
出现退变的节段(个)	9(12.5%)	5(22.7%)
上相邻节段退变		
由Ⅰ级加重到Ⅱ级(个)	0	0
由Ⅱ级加重到Ⅲ级(个)	3	1
由Ⅲ级加重到Ⅳ级(个)	0	1
下相邻节段退变		
由Ⅰ级加重到Ⅱ级(个)	1	0
由Ⅱ级加重到Ⅲ级(个)	3	3
由Ⅲ级加重到Ⅳ级(个)	2	0

3 讨论

3.1 颈椎前路减压融合术后相邻节段退变和相邻节段疾病

颈前路减压融合术牺牲了该节段的运动性, 导致相邻节段代偿性应力增加而加速相邻节段退变。相邻节段退变 (adjacent segment degeneration) 是指在既往融合术后手术邻近节段出现的影像学变化, 不一定与任何临床表现有关联; 相邻节段疾病 (adjacent segment disease) 专指与既往融合术后手术相邻节段出现的影像学变化相关联的新出现的临床症状。

文献资料显示融合可能是导致相邻节段退变的重要因素。Baba 等^[7]报告 106 例颈椎前路减压融合患者术后 8.5 年的随访资料, 超过 25% 的患者出现上相邻节段退变。Gore 等^[8]对 125 例颈椎前路融合患者术后随访 5 年, 25% 的患者出现了新的颈椎退变, 另有 25% 原有颈椎退变加重。Goffin 等^[9]对 180 例颈椎前路减压融合患者术后进行了 8.4 年的随访, 92% 的患者出现相邻节段退变。Yue 等^[10]对 71 例颈椎前路减压融合患者术后随访 7.2 年, 73% 的患者出现相邻节段退变。

同样, 融合可能也是导致相邻节段疾病的重要因素。Bohlman 等^[11]报告 122 例颈椎前路减压融合患者术后 6 年的随访结果, 9% 的患者因为相邻节段疾病而需要再次手术。Gore 等^[8]发现, 14% 的患者 5 年后因为相邻节段疾病需要再次手术。此外, Williams 等^[12]随访 60 例颈椎前路融合术患者, 手术 4.5 年后有 17% 因为相邻节段退变性疾病而需要再次手术。以上三项研究提示, 相邻节段疾病的患病率大约为 9%~17%, 而每年度因为相邻节段疾病而需要再次手术的发生率约为 1.5%~4%。Hilibrand 等^[13]报道颈前路减压植骨融合后的患者中每年有 3% 的相邻节段出现新的症状而需要手术干预。Ishihara 等^[14]对 112 例颈椎前路减压融合患者术后随访 9.4 年, 发现 19% 的患者出现相邻节段疾病。Goffin 等^[9]对 180 例行颈椎前路减压融合术患者随访了 8.4 年, 11 例 (6.11%) 因相邻节段疾病而再次接受手术治疗。Yue 等^[10]对 71 例颈椎前路减压融合术患者随访 7.2 年, 12 例 (16.9%) 因相邻节段疾病而再次接受手术治疗。

3.2 颈椎人工椎间盘置换术后相邻节段退变和相邻节段疾病

人工椎间盘设计的理念是重建颈椎的运动性, 防止前路减压融合术后相邻节段的退变加速。文献资料显示, 人工椎间盘置换术确实可以减少相邻节段退变和相邻节段疾病的发生率。Kim 等^[5]通过单节段颈椎人工椎间盘置换与颈椎前路减压融合术 (ACDF) 的对比分析发现, 术后 20 个月随访时人工椎间盘置换组 12.8% 的患者出现相邻节段退变, 而 ACDF 组 23.1% 的患者出现相邻节段退变。Robertson 等^[4]通过颈椎人工椎间盘置换与椎间融合器置入的前瞻性对照研究发现, 2 年随访时人工椎间盘置换组 74 例患者中 1 例出现相邻节段疾病 (1.3%), 而椎间融合器置入组 158 例

患者中 22 例出现相邻节段疾病 (14%)。Mummaneni 等^[15]报道颈椎人工椎间盘置换(223 例)与椎间融合器置入(198 例)多中心前瞻性对照研究 2 年的随访结果,得出相似结论,人工椎间盘置换组的相邻节段再手术率显著低于椎间融合器置入组。

本组 80 例单节段颈椎人工椎间盘置换术后平均 38 个月的 X 线随访结果显示,13.8%的相邻节段(21/152)出现退变表现,与文献^[5]报告的单节段置换术后 12.8%的相邻节段退变发生率相似,但是明显低于融合术后相邻节段退变的发生率。获得 20 个月以上临床随访的 137 例患者中,无一例患者出现相邻节段疾病,而文献^[4]报告的颈椎单节段置换术后相邻节段疾病的发生率为 1.3%。本组研究和文献报告提示,颈椎人工椎间盘置换术后虽然还存在一定的相邻节段退变的发生率,但是可以明显减少相邻节段疾病的发生率。与融合术相比,颈椎人工椎间盘置换术后相邻节段退变和相邻节段疾病的发生率还是呈现明显的下降。

3.3 MRI 观察相邻节段退变

MRI T2 加权像能够清晰显示颈椎间盘的信号强度、髓核结构、椎间盘高度和椎间盘突出程度。MRI 是观察颈椎间盘退变最敏感的影像学方法,能够早期发现颈椎间盘的退变表现^[16-18]。Kulkarni 等^[19]对 44 例颈椎前路减压融合患者术后进行 1.5 年的 MRI 随访,发现相邻节段椎间盘突出对椎管的侵占高于非相邻节段 0.9mm。Matsumoto 等^[20]对颈椎融合术后 10 年的患者进行 MRI 随访,发现相邻节段椎间盘退变的发生率明显高于正常对照组。本组 47 例患者获得了平均 44 个月的 MRI 随访,14.9%的节段(14/94)椎间盘信号退变分级加重 1 级,其中上相邻节段 5 个(10.6%),下相邻节段 9 个(19.1%),明显低于文献^[20]报告的颈椎融合术后上相邻节段 45.3%和下相邻节段 42.9%的退变发生率。

3.4 MRI 联合 X 线观察相邻节段退变

本组有 47 例同时获得 MRI 随访和 X 线随访。MRI 影像上 94 个相邻节段中 14 个(14.9%)退变分级加重 1 级,但同时在 X 线片上出现相邻节段退变表现仅有 6 个(6.6%),提示 MRI 在显示椎间盘退变方面比 X 线更为灵敏。但是,还有 5 例 X 线片上已经显示存在相邻节段退变,但是在

MRI 影像上却没有显示椎间盘退变分级加重,其中 2 例为椎间隙高度丢失大于 10%,3 例为骨赘形成。其原因可能有以下两点:(1)MRI 不能清晰显示骨性结构,增生的骨赘不易被发现;(2)MRI 显示椎间盘边界较模糊,不利于判断椎间盘高度变化。这一现象提示我们,颈椎椎体间关节的退变过程也许存在不同的路径,或者起始于椎间盘中心,或者起始于椎间盘外围,不同的影像学检查方法也许反映出不同的退变机制,具体原因和机制有待深入研究。

3.5 不同类型的颈椎人工椎间盘假体对相邻节段退变的影响

本组获得 X 线随访的 80 例中 41 例为 Bryan Disc 置换术患者,39 例为 ProDisc-C 置换术患者,前者相邻节段退变发生率(10.0%)明显低于后者(18.1%)。获得 MRI 随访的 47 例中 36 例为 Bryan Disc 置换术患者,11 例为 ProDisc-C 置换术患者,前者的相邻节段退变发生率(12.5%)也明显低于后者(22.7%)。随访时间前者还略长于后者,但是相邻节段退变的发生率却存在差别。提示不同类型的假体对于相邻节段退变的影响可能有一定差异。本组使用的两种假体的结构、运动模式、生物力学特点、手术操作等均有所不同,Bryan Disc 为双关节面半限制型假体,ProDisc-C 为单关节面限制型假体,不同类型的假体究竟对相邻节段椎间盘以及椎间关节的影响存在什么样的差异,还需要从生物力学角度进行深入的基础研究以及大样本量的长期对照临床研究。

本研究结果显示,颈椎人工椎间盘置换术后平均 38 个月随访相邻节段退变加重者不足 15%,未出现相邻节段疾病,不同类型的假体对相邻节段退变的影响可能存在一定差异。

4 参考文献

1. Goffin J, Casey A, Kehr P, et al. Preliminary clinical experience with the Bryan cervical disc prosthesis [J]. Neurosurg, 2002, 51 (3): 840-847.
2. Goffin J, Van Loon J, Van Calenbergh F, et al. A clinical analysis of 4- and 6-year follow-up results after cervical disc replacement surgery using the Bryan cervical disc prosthesis [J]. J Neurosurg Spine, 2010, 12 (3): 261-269.
3. 孙宇, 潘胜发, 张凤山, 等. 颈椎人工椎间盘置换术治疗颈椎间盘突出症的早期临床观察 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16 (2): 85-89.
4. Robertson JT, Papadopoulos SM, Traynelis VC. Assessment of

- adjacent-segment disease in patients treated with cervical fusion or arthroplasty: a prospective 2-year study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2005, 3(6): 417-423.
5. Kim SW, Limson MA, Kim SB, et al. Comparison of radiographic changes after ACDF versus Bryan disc arthroplasty in single and bi-level cases [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(2): 218-231.
6. Miyazaki M, Hong SW, Yoon SH, et al. Reliability of a magnetic resonance imaging-based grading system for cervical intervertebral disc degeneration [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(4): 288-292.
7. Baba H, Furusawa N, Imura S, et al. Late radiographic findings after anterior cervical fusion for spondylotic myeloradiculopathy [J]. *Spine*, 1993, 18(15): 2167-2173.
8. Gore DR, Sepic SB. Anterior cervical fusion for degenerated or protruded discs: a review of one hundred forty-six patients [J]. *Spine*, 1984, 9(7): 667-671.
9. 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.
10. Yue WM, Brodner W, Highland TR. Long-term results after anterior cervical discectomy and fusion with allograft and plating: a 5- to 11-year radiologic and clinical follow-up study [J]. *Spine*, 2005, 30(19): 2138-2144.
11. Bohlman HH, Emery SE, Goodfellow DW, et al. Robinson anterior cervical discectomy and arthrodesis for cervical radiculopathy: long-term follow-up of one hundred and twenty-two patients [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1993, 75(9): 1298-1307.
12. Williams JL, Allen MB, Harkess JW. Late results of cervical discectomy and interbody fusion: some factors influencing the results [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1968, 50(2): 277-286.
13. Hilibrand AS, Carlson GC, Palumbo MA, 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.
14. Ishihara H, Kanamori M, Kawaguchi Y, et al. Adjacent segment disease after anterior cervical interbody fusion [J]. *Spine J*, 2004, 4(6): 624-628.
15. Mummaneni PV, Burkus JK, Haid RW, 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.
16. Schiebler ML, Grenier N, Fallon M, et al. Normal and degenerated intervertebral disk: in vivo and in vitro MR imaging with histopathologic correlation [J]. *Am J Roentgenol*, 1991, 157(1): 93-97.
17. Pfirrmann WA, Metzdorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration [J]. *Spine*, 2001, 26(17): 1873-1878.
18. Zhao YB, Sun Y, Chen ZQ, et al. Application of cervical arthroplasty with Bryan cervical disc: long-term X-ray and magnetic resonance imaging follow-up results [J]. *Chin Med J*, 2010, 123(21): 2999-3002.
19. 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.
20. 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*, 2009, 35(1): 36-43.

(收稿日期: 2010-12-26 修回日期: 2011-02-21)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)