

临床论著

单节段人工颈椎间盘置换术后小关节退变的长期临床研究

韩 骁^{1,2}, 王祺龙¹, 王立芳³, 田 伟¹

(1 北京积水潭医院脊柱外科; 2 北京市创伤骨科研究所; 3 北京积水潭医院临床流行病学研究室 100035 北京市)

【摘要】目的:分析人工颈椎间盘置换(artificial cervical disc replacement, ACDR)术后颈椎小关节退变的危险因素,评价其对颈椎节段运动和临床疗效的影响。**方法:**回顾性分析我科 2003 年 1 月~2008 年 1 月行单节段 Bryan 人工颈椎间盘 ACDR 术的颈椎退行性疾病患者 70 例,其中男性 43 例,女性 27 例;术后随访时间 129±14 (105~165)个月;年龄 55.7±8.4(37~76)岁。术前、术后及末次随访时通过颈椎动力位 X 线片测量手术节段活动度和颈椎整体活动度;术前、末次随访时通过 CT 影像根据颈椎小关节定量评分系统评估颈椎小关节退变程度。术前及末次随访同时进行日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分及颈椎功能障碍指数量表(neck disability index, NDI)评估患者临床症状,在末次随访时进行 Odom 标准评价分级和颈痛的视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)。**结果:**术前小关节无或轻度退变患者 41 例,中度退变患者 28 例,重度退变患者 1 例;末次随访时,小关节轻度退变患者 16 例,中度患者退变 35 例,重度关节退变患者 19 例。通过斯皮尔曼双变量相关性检验发现小关节退变与性别、年龄有相关性。高龄、男性是小关节退变增加的危险因素,手术节段与小关节退变程度无相关性。患者术前和末次随访时手术节段活动度不存在统计学差异(9.7°±4.5° vs 8.7°±5.4°, $P>0.05$),术前和末次随访时颈椎整体活动度不存在统计学差异(46.5°±15.2° vs 46.1°±13.0°, $P>0.05$)。患者术前及末次随访时小关节退变评分具有统计学差异(1.5±0.8 分 vs 2.6±1.2 分, $P<0.05$);术前与末次随访时 JOA 评分具有统计学差异(13.5±1.9 分 vs 16.5±1.4 分, $P<0.05$);术前与末次随访时 NDI 存在统计学差异(0.27±0.08 vs 0.16±0.10, $P<0.05$)。末次随访时 Odom 分级为优秀的有 35 例患者,为良好的有 29 例,为尚可的有 6 例,没有分级为差的患者,末次随访时 VAS 评分为 3.47±1.55 分。ACDR 术后末次随访小关节退变程度与手术节段活动度呈负相关($r=-0.392, P=0.001$),与整体活动度也呈负相关($r=-0.388, P=0.001$),与 JOA 评分、NDI、Odom 分级、VAS 评分无显著性相关($P>0.05$)。**结论:**高龄和男性是 ACDR 术后小关节退变的危险因素,小关节的退变程度与患者术后的颈椎活动度存在负相关,小关节退变程度与临床症状的缓解程度无关。

【关键词】颈椎退行性疾病;人工颈椎间盘置换术;小关节退变;节段活动度

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.12.04

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-12-1074-07

A long-term clinical study of facet joint degeneration after cervical artificial disc replacement/HAN Xiao, WANG Qilong, WANG Lifang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(12): 1074-1080

【Abstract】 Objectives: To evaluate the risk factors of single segment cervical facet joint degeneration after artificial cervical disc replacement(ACDR), and the influence of facet joint degeneration on cervical segmental motion and clinical symptoms. **Methods:** We performed a retrospective analysis on 70 patients with cervical degenerative disease, who underwent single-level Bryan cervical artificial disc replacement in our department from January 2003 to January 2008. A 10-year clinical follow-up was conducted. There were 43 males and 27 females. The mean postoperative follow-up time was 129±14(105-165) months. The average age was 55.7±8.4 (37-76)years. The cervical spine segment range of motion (ROM) was measured using cervical dynamic

基金项目:首都卫生发展科研专项基金(首发 2020-2-1121);北京积水潭医院院级科研基金(ZR-201912)

第一作者简介:男(1981-),副主任医师,博士研究生。研究方向:颈椎退行性疾病,脊髓功能障碍

电话:(010)58516959 E-mail:hanxiaomd@vip.163.com

通讯作者:田伟 E-mail:tianweijst@vip.163.com

position X-ray film at preoperation, postoperation and final follow-up. The degree of cervical facet joint degeneration was assessed using CT images according to the quantitative scoring system of cervical small joints preoperatively and at final follow-up. Clinical evaluation including the Japanese Orthopaedic Association(JOA) score, neck disability index (NDI) were performed in the preoperative evaluation and final follow-up. Odom standard grading and visual analogue scale (VAS) were performed at final follow-up. **Results:** Before surgery, 41 patients had none or mild degeneration of the facet joints, 28 patients had moderate degeneration, and 1 patient had severe degeneration. At final follow-up, there were 16 patients with mild degeneration of facet joints, 35 patients with moderate degeneration, and 19 patients with severe joint degeneration. The small joint degeneration was found to be correlated with gender and age using Szpilman bivariate correlation test. Male was a risk factor for the facet joint degeneration. There was no correlation between surgical segment and the degree of facet joint degeneration. There was no statistically significant difference in the preoperative and final follow-up segment ROM ($9.7^{\circ}\pm 4.5^{\circ}$ vs $8.7^{\circ}\pm 5.4^{\circ}$, $P>0.05$), and no statistically significant difference in the overall cervical ROM ($46.5^{\circ}\pm 15.2^{\circ}$ vs $46.1^{\circ}\pm 13.0^{\circ}$, $P>0.05$). There was a statistically significant difference in the score of facet joint degeneration between the preoperative and final follow-up (1.5 ± 0.8 vs 2.6 ± 1.2 , $P<0.05$). There was a significant difference in JOA score between preoperative and final follow-up (13.5 ± 1.9 vs 16.5 ± 1.4 , $P<0.05$). There was a statistical difference in NDI score between preoperative and final follow-up (0.27 ± 0.08 vs 0.16 ± 0.10 , $P<0.05$). At final follow-up, there were 35 patients with excellent Odom grading, 29 patients with good Odom grading, 6 patients with normal Odom grading, and no patients with poor Odom grading. VAS score was 3.47 ± 1.55 at final follow-up. The degree of facet joint degeneration at final follow-up was negatively correlated with the ROM of the operative segment and the overall cervical spine ($P<0.05$), and it was not significantly correlated with JOA, NDI, Odom grading and VAS. **Conclusions:** Elder age and male are the risk factors of facet joint degeneration. There was a degree of degeneration of facet joints after long-term follow up of ACDR surgery. There was a negative correlation between the degree of facet joint degeneration and the degree of cervical postoperative mobility. The degree of facet joint degeneration was not related to the clinical symptom.

【Key words】 Cervical degenerative disease; Artificial disc replacement; Facet joint degeneration; Segmental range of motion

【Author's address】 Department of Spine Surgery, Beijing Jishuitan Hospital, Fourth Clinical Medical College of Peking University, Beijing, 100035, China

对于颈椎间盘突出症或退行性颈椎管狭窄症引起的神经根病或脊髓病, 颈椎前路椎间盘切除融合术 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 是一种有效的治疗方法, 但可能造成相邻节段加速退变^[1,2]。相比之下, 保留手术节段活动度设计的人工颈椎间盘置换术 (artificial cervical disc replacement, ACDR) 对生理运动的损伤小, 而且具有减少相邻节段应力传递的优点, 可以降低相邻节段退变疾病^[3,4]。

关于 ACDR 术后功能恢复和节段活动度的随访研究提示颈椎的生物力学环境得到了很好的保留^[5-7]。长期随访表明, ACDR 术对于颈椎退行性疾病具有较好的长期疗效^[8,9]。但是关于其术后节段活动度的长期随访研究相对较少。其中 ACDR 术后小关节退变可能是影响颈椎活动度的重要原因之一, 甚至对患者临床疗效的改善产生一些负

面影响。本研究通过评价颈椎 ACDR 术后小关节退变的危险因素; 分析不同程度退变小关节对 ACDR 后颈椎节段运动和患者临床症状的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2003 年 1 月~2008 年 1 月, 我科行单节段 ACDR 手术治疗颈椎退行性疾病患者 70 例。患者男女比例为男性 43 例, 女性 27 例, 平均年龄 55.7 ± 8.4 (37~76) 岁, 平均术后随访时间 129 ± 14 个月 (105~165 个月); 手术节段: 2 例患者行 C3/4 节段手术, 14 例行 C4/5 节段手术, 45 例患者行 C5/6 节段手术, 9 例患者行 C6/7 节段手术。

1.2 纳入标准及排除标准

纳入标准: 行单节段 Bryan 颈椎 ACDR 术的

颈椎退行性疾病患者。

排除标准:一般排除标准包括外伤、活动性感染、类风湿性关节炎、颈椎先天畸形及既往接受颈椎手术患者;专科排除标准包括颈椎节段不稳、后纵韧带骨化症、严重的椎间关节退变(如桥状骨赘,椎间隙高度丢失 $>50\%$ 、椎间活动度 $<2^\circ$)及行多节段 ACDR 术患者。

1.3 手术方法

患者全麻下取仰卧位,头部取中立位。C6/7 节段采用左侧颈前横弧形切口,其余节段均采用右侧颈前横弧形切口。经 Smith-Robinson 入路到达椎体前缘,于椎间隙插入定位针,经透视确定病

变节段后,用平行撑开器撑开两椎体,撑开器维持撑开,彻底去除椎间盘,摘除游离髓核,处理 Luschka 关节和椎体后缘骨赘,切除后纵韧带,对上下终板及椎体后缘进行打磨;确定减压充分后,置入 Bryan 人工颈椎间盘,透视确认位置满意后,放置引流管,逐层关闭切口。术后视患者耐受程度佩戴颈托,佩戴时间不超过 2 周;术后 2d 下床开始功能锻炼,术后避免跌倒及颈椎过度活动。

1.4 评价指标

影像学评估:(1)通过术前、术后、末次随访过曲过伸位 X 线片测量手术节段和颈椎整体活动度(图 1);(2)使用术前和末次随访中立位 CT 检

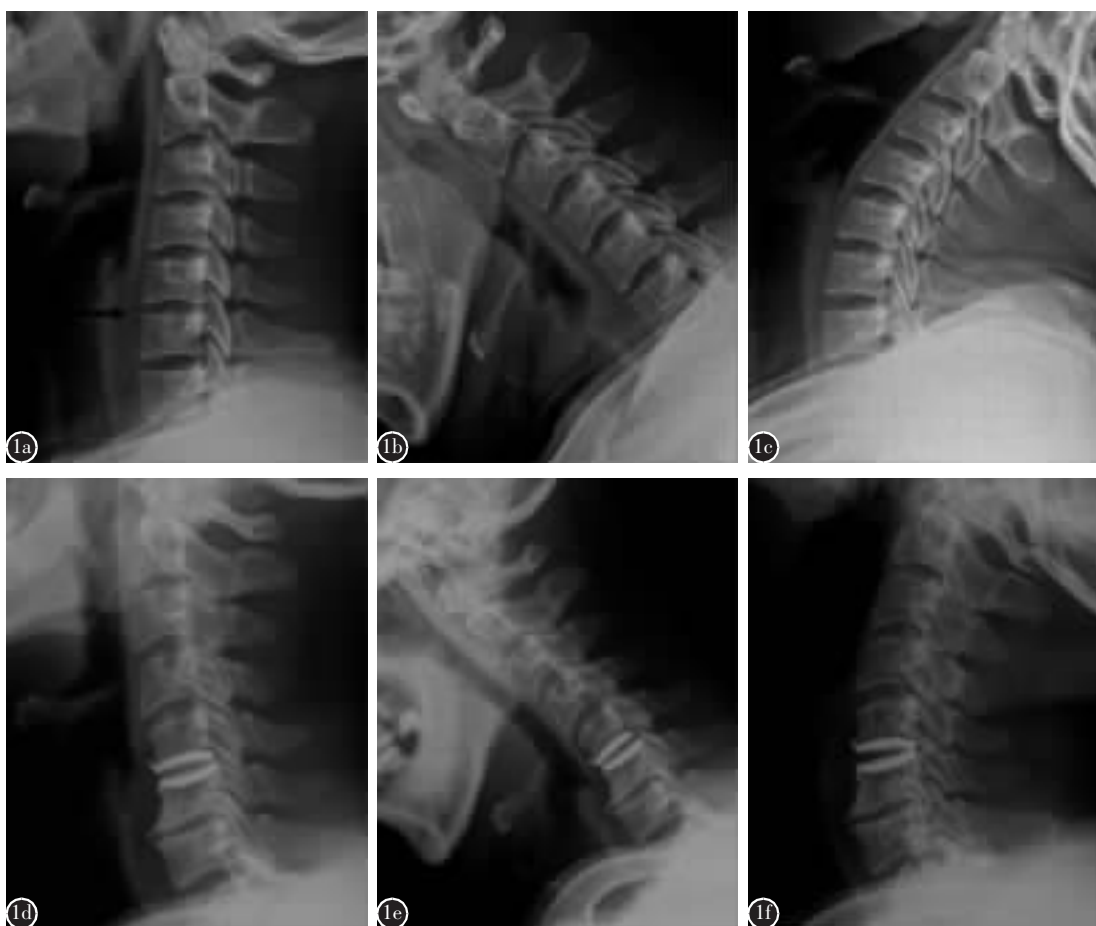


图 1 a 颈椎术前中立位 X 线片示手术节段为 C5/6 节段 b、c 颈椎术前过屈过伸位 X 线片,手术节段活动度为 13.28° ,整体活动度为 42.24° d 术后第 2 天,ACDR 术后中立位 X 线片示手术节段无假体松动,塌陷 e、f ACDR 术后过屈过伸位 X 线片示手术节段活动度为 12.9° ,整体节段活动度为 38.8°

Figure 1 a The preoperative neutral position X-ray film of the cervical spine showed that the surgical segment is C5/6 segment b, c The preoperative X-ray film of the cervical spine in hyperflexion and extension position, the range of motion of the surgical segment was 13.28° , and the overall range of motion was 42.24° d The second day after surgery, the neutral X-ray film after cervical artificial disc replacement showed no prosthesis loosening or collapse e, f X-ray film after cervical artificial disc replacement showed the operation segment activity The degree was 12.9° , and the overall segmental mobility was 38.8°

查评估患者下颈椎(C3~C7)手术节段小关节退变程度,使用一项经改良的小关节定量评分系统作为评估标准^[10],具体包括4个项目:小关节肥大、小关节骨赘形成、小关节面不规则以及小关节间隙狭窄(表1、图2)。根据评分,把小关节退变程度归为3个等级:无或轻度退变、中度退变和重度退

变。下颈椎每个节段,左侧和右侧小关节被称为一对小关节,并取其中退变更严重的为这对小关节的最终评估结果。

我们使用 DICOM 数据处理软件 (Osiri X Medical Imaging Software) 进行活动度测量以及 CT 多平面重建工作。由 2 位研究者独立进行测量,每个研究者均测量 3 次,最后取平均值。

临床评估:(1)日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)评分:采用1994年修改版,用于评价颈椎脊髓功能。评价包括7个项目,即手指、肩肘和下肢运动功能,上肢、躯干、下肢感觉功能和膀胱功能,满分为17分^[6]。(2)颈椎功能障碍指数量表(neck disability index,NDI),共10个项目,包括颈痛及相关的症状(疼痛的强度、头痛、集中注意力和睡眠)和日常生活活动能力(个人护理、提起重物、阅读、工作、驾驶和娱乐)两部分,每个项目最低为0分,最高为5分,分数越高表示功能障碍程度越重^[6]。(3)Odom标准,根据患者术后较术前症状改善程度分为很好、较好、一般、差,统计时分别标记为4、3、2、1分。很好:所有的术前症状都消除,可以进行日常活动而不造成颈椎损伤;较好:术前症状明显减轻,可以没有明显障碍地进行日常活动;一般:术前症状部分减轻,但运动明显受限;差:症状无改变或者加剧^[6]。

表 1 颈椎小关节定量评分系统^[10]

Table 1 Scoring system of cervical facet joint degeneration

项目 Items	影像学表现 Imaging manifestations	得分 Score
小关节肥大 Hypertrophy of facet joint	无 None	0
	肥大存在于关节面某一边缘 On one margin of the articular surfaces	1
	肥大存在于关节所有边缘上 On all margins of the articular surfaces	2
小关节骨赘形成 Osteophytes of facet joint	无 None	0
	有 Yes	1
关节面不规则 Irregularity on articular surface	光滑 Normal	0
	不规则 Irregular	1
关节间隙狭窄 Joint space narrowing	无 None	0
	狭窄 Narrowed	1

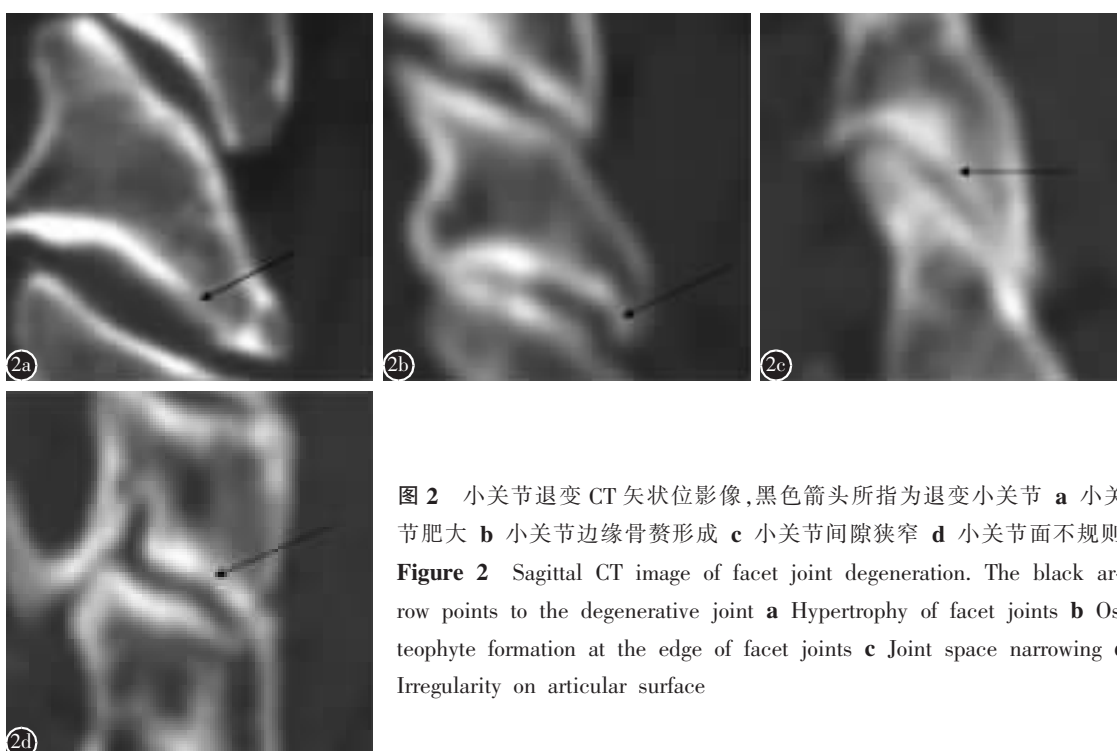


图 2 小关节退变 CT 矢状位影像,黑色箭头所指为退变小关节 a 小关节肥大 b 小关节边缘骨赘形成 c 小关节间隙狭窄 d 小关节面不规则
Figure 2 Sagittal CT image of facet joint degeneration. The black arrow points to the degenerative joint a Hypertrophy of facet joints b Osteophyte formation at the edge of facet joints c Joint space narrowing d Irregularity on articular surface

(4) 视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS): 使用一条长约 10cm 的游动标尺, 一面标有 10 个刻度, 两端分别为 0 分端和 10 分端, 0 分表示无痛, 10 分代表难以忍受的最剧烈的疼痛。根据 VAS 评分法评估患者颈部疼痛程度。

1.5 统计分析

所有数据由临床流行病学研究室协助采用 SPSS 25.0(美国 SPSS 公司)进行统计学分析。计量资料以均数±标准差表示, 组内术前术后数据比较采用配对 *t* 检验进行分析; 采用斯皮尔曼双变量相关性检验评价影像学及功能学参数的相关性; 在 $P < 0.05$ 时, 认为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 小关节退变的危险因素

术前 41 例患者被认为无或轻度退变, 28 例患者定为中度退变, 1 例患者定为重度退变; 随访时, 与术前小关节退变比较, 轻度退变患者 16 例, 中度患者退变 35 例, 重度关节退变患者 19 例。

小关节退变与年龄有相关性 ($r=0.334, P=0.005$), 与性别具有相关性 ($r=-0.274, P=0.022$), 高龄、男性是小关节退变增加的危险因素, 手术节段与小关节退变程度之间没有相关性 ($P > 0.05$) (表 2、3)。

2.2 小关节退变对颈椎活动和临床症状的影响

患者术前手术节段活动度和整体活动度分别为 $9.7^\circ \pm 4.5^\circ$ 和 $46.5^\circ \pm 15.2^\circ$, 末次随访时手术节段活动度和整体活动度分别为 $8.7^\circ \pm 5.4^\circ$ 和 $46.1^\circ \pm 13.0^\circ$, 术前和随访时的手术节段活动度和整体活动度无统计学差异 ($P > 0.05$)。

患者术前小关节退变评分为 1.5 ± 0.8 分, 末次随访时小关节退变评分为 2.6 ± 1.2 分, 二者具

表 2 小关节退变相关因素分析 ($n=70$)

	术前 Preoperation		末次随访 Follow-up	
	相关系数 Correlation coefficient	<i>P</i>	相关系数 Correlation coefficient	<i>P</i>
年龄 Age	0.468	0	0.334	0.005
性别 Sex	-0.406	0	-0.274	0.022
节段 Segment	0.049	0.687	-0.056	0.645

有统计学差异 ($P=0.001$); 术前 JOA 评分为 13.5 ± 1.9 分; 末次随访时 JOA 评分为 16.5 ± 1.4 分, 二者有统计学差异 ($P=0.001$); 术前 NDI 评分为 0.27 ± 0.08 , 末次随访 NDI 评分为 0.16 ± 0.10 , 二者有统计学差异 ($P=0.001$); Odom 分级为很好者 35 例, 为好者 29 例, 为一般者 6 例, 没有分级为很差者, 末次随访时 VAS 评分为 3.47 ± 1.55 分。

通过斯皮尔曼双变量相关性检验评价末次随访时小关节退变评分与节段活动度及临床症状缓解程度的相关性, 结果发现 ACDR 术后小关节退变程度与手术节段活动度有相关性且呈负相关 ($r=-0.392, P=0.001$), 与整体活动度具有相关性且呈负相关 ($r=-0.388, P=0.001$), 与 JOA、NDI、Odom、VAS 评分无显著性相关 ($P > 0.05$) (表 4)。进一步将入组患者分为小关节退变加重组与无退变组, 采用配对 *T* 检验评估两组患者术前及末次随访时节段活动度的差异性, 结果提示, 两组患者术前节段活动度无明显差异 ($P > 0.05$), 小关节退变加重组随访时节段活动度要差于无退变组, 且具有显著差异 ($P=0.001$, 表 4)。

表 3 小关节退变与临床症状及节段活动度相关性 ($n=70$)

	相关系数 Correlation coefficient	<i>P</i>
JOA	-0.088	0.468
NDI	0.043	0.726
Odom	0.234	0.051
VAS	0.078	0.823
手术节段活动度 Operative segment range of motion	-0.392	0.001
整体活动度 Overall activity	-0.388	0.001

表 4 无退变组与退变加重组手术节段活动度对比

	术前 Preoperation	末次随访 Final follow-up
<i>t</i>	1.846	3.581
<i>P</i>	0.18	0.001
自由度 Degree of freedom	68	68

3 讨论

3.1 颈椎小关节退变的评价标准及危险因素

小关节病理是判断小关节退变的金标准^[11],但是在临床随访研究中,影像学是唯一可以借助并观察、判断小关节退变的方法。X线片、CT、MRI 都曾被用来评估小关节。Yamaguchi 等^[12]比较了用 MRI 和 CT 评估小关节退变程度,发现 CT 与 MRI 在评估小关节病变上一致率差。对于异常的关节面,MRI 在充分判断关节病变程度方面也并不可靠。这主要是由于 MRI 不能很好判断骨性结构的改变,而 CT 可以清晰显示退变小关节周围骨赘,肯定了 CT 在判断小关节退变的重要地位。但是小关节退变中出现的关节软骨变薄,软骨下囊肿形成,以及软骨下骨硬化等,CT 进行精确判断的作用仍有限^[13]。在本研究中,我们采用 Walraevens 等^[10]提出的基于 CT 的小关节退变评分系统。

一些学者证实年龄和性别均与小关节退变有关,Park 等^[17]发现小关节病变常见于老年患者的 C2/3、C3/4 和 C4/5,多见于左侧、男性。年龄与小关节的退变程度相关,60 岁以上、C2/3、C3/4 和 C4/5 的患者关节突关节病变常大于Ⅲ级。在本次研究中也发现,小关节退变程度与年龄、性别有相关性,年龄越大,小关节退变风险越大,而男性小关节退变的危险要高于女性,但是手术节段与小关节退变没有发现明显相关性,这可能与接受 ACDR 后的颈椎保持了相对稳定的生物力学特点,延缓了关节退变有关。

3.2 ACDR 术后小关节退变对手术节段活动度及临床症状缓解程度的影响

本研究通过为期 10 年的随访,患者术前和末次随访的 JOA 和 NDI 评分具有显著的统计学差异($P<0.05$),末次随访时 Odom 分级为很好的有 35 例患者,为好的有 29 例,为一般的有 6 例,没有分级为很差的患者,我们认为颈椎 ACDR 能有效地缓解颈椎退行性疾病患者的临床症状。ACDR 术后小关节退变程度与手术节段活动度有相关性且呈负相关($P<0.05$),与整体活动度具有相关性且呈负相关($P<0.05$),在此基础上评估小关节无退变组和退变加重组患者术前及末次随访时节段活动度的差异性。结果发现,两组患者术前节段活动度无明显差异($P>0.05$),小关节退变加重组随访时节段活动度要差于无退变组,且具有显著差异($P<0.05$),这提示小关节退变程度越严

重,患者远期的节段活动度越差,小关节退变程度加重往往提示着更差的远期节段活动度。

在一项生物力学研究中,在去除颈椎前纵韧带、椎间盘、后纵韧带以及棘间韧带后,单独测量小关节对运动的影响,发现虽然关节囊可以限制小关节过度移动,但是在关节囊出现张力明显增加之前,小关节可以通过充分的囊内运动协助颈椎较大幅度活动^[20]。而小关节的病变势必会改变小关节的形状,并影响其运动功能。在我们的研究中,ACDR 术后随访时发现,小关节退变评分越高,即小关节退变越严重的患者,手术节段的活动度和整体活动度越差。因此,术前存在较严重的小关节退变的患者不推荐行 ACDR,因其保留颈椎节段活动度的优势不能显现。不过,之前有相关研究指出小关节退变对 ACDR 后节段活动的抑制作用有可能不是单独受小关节支配,也受到椎旁骨化的影响^[21-23]。

Li 等^[24]在一项 ACDR 与 ACDF 的对比研究中发现,与 ACDF 相比,ACDR 增加了手术时间,ACDR 运动指数范围增加,降低邻近节段疾病的发生率,手术节段小关节退变减少。在生物力学性能方面,ACDR 维持了节段活动度,减轻了融合对邻近椎间盘压力的负担。但是二者在临床症状评分上并没有表现出明显差异。在本次研究中,我们也发现了,小关节退变的程度与患者的临床症状评分(JOA、NDI、Odom)似乎并没有明确的相关性。有研究认为^[25],小关节退变可能与颈部疼痛有关。但在本研究中,未发现末次随访时小关节退变程度评分与颈部疼痛评分的关联($P=0.823$)。

综上所述,颈椎退行性疾病患者,常伴随出现小关节的退变,通过 CT 检查,可以有效评价颈椎小关节退变程度。小关节退变与年龄和性别相关,高龄和男性是其危险因素。ACDR 术后远期小关节存在轻度退变增加,小关节的退变程度与患者术后的活动度存在负相关,但是与临床症状的缓解程度无关。

4 参考文献

1. Buttermann GR. Anterior cervical discectomy and fusion outcomes over 10 years[J]. Spine, 2018, 43(3): 207-214.
2. Sasso RC, Smucker JD, Hacker RJ, et al. Artificial disc versus fusion: a prospective, randomized study with 2-year follow-up on 99 patients[J]. Spine, 2007, 32(26): 2941-2942.
3. Zhang X, Zhang X, Chen C, et al. Randomized, controlled,

- multicenter, clinical trial comparing BRYAN cervical disc arthroplasty with anterior cervical decompression and fusion in China[J]. *Spine*, 2012, 37(6): 433-438.
4. Rhee J M. Cervical arthroplasty: a success, failure, or both? [J]. *Spine J*, 2010, 10(8): 731-732.
 5. Tian W, Wang H, Yan K, et al. Analysis of the factors that could predict segmental range of motion after cervical artificial disc replacement: a 7-years follow-up study [J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 30(5): 603-608.
 6. Tian W, Han X, Liu B, et al. Clinical and radiographic results of cervical artificial disc arthroplasty: over three years follow-up cohort study[J]. *Chin Med J(Engl)*, 2010, 123(21): 2969-2973.
 7. Tian W, Yan K, Han X, et al. Comparison of the clinical and radiographic results between cervical artificial disk replacement and anterior cervical fusion: a 6-year prospective nonrandomized comparative study[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(5): 578-586.
 8. 宋卿鹏, 田伟, 何达, 等. 颈椎人工椎间盘置换术治疗脊髓型颈椎病的长期疗效[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2018, 98(17): 1358-1363.
 9. 韩骁, 田伟, 刘波, 等. 颈椎人工间盘置换术治疗退行性椎管狭窄症的长期随访研究[J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39(4): 234-242.
 10. Walraevens J, Liu B, Sloten JV, et al. Qualitative and quantitative assessment of degeneration of cervical intervertebral discs and facet joints[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(3): 358-369.
 11. Fletcher G, Houghton VM, Ho KC, et al. Age-related changes in the cervical facet joints: studies with cryomicrotomy, MR, and CT[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1990, 154(4): 817-820.
 12. Yamaguchi H, Minami A, Kaneda K, et al. Comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography in the local assessment of osteosarcoma[J]. *Int Orthop*, 1992, 16(3): 285-290.
 13. Kettler A, Werner K, Wilke HJ. Morphological changes of cervical facet joints in elderly individuals [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(7): 987-992.
 14. Dunlop RB, Adams MA, Hutton WC. Disc space narrowing and the lumbar facet joints[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1984, 66(5): 706-710.
 15. Fujiwara A, Tamai K, Yamato M, et al. The relationship between facet joint osteoarthritis and disc degeneration of the lumbar spine: an MRI study[J]. *Eur Spine J*, 1999, 8(5): 396-401.
 16. Gries NC, Berlemann U, Moore RJ, et al. Early histologic changes in lower lumbar discs and facet joints and their correlation[J]. *Eur Spine J*, 2000, 9(1): 23-29.
 17. Park MS, Lee YB, Moon SH, et al. Facet joint degeneration of the cervical spine: a CT analysis of 320 patients [J]. *Spine*, 2014, 39(12): 713-718.
 18. Song Q, He D, Han X, et al. Clinical and radiological outcomes of cervical disc arthroplasty: ten year follow-up study[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(10): 2389-2396.
 19. Zhang Z, Gu B, Zhu W, et al. Clinical and radiographic results of Bryan cervical total disc replacement: 4-year outcomes in a prospective study [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2013, 133(8): 1061-1066.
 20. Onan OA, Heggeness MH, Hipp JA. A motion analysis of the cervical facet joint[J]. *Spine*, 1998, 23(4): 430-439.
 21. 韩骁, 田伟, 刘波, 等. 颈椎退行性疾病 Bryan 间盘置换术后椎旁骨化影响因素分析[J]. *山东医药*, 2017, 57(4): 19-22.
 22. Tian W, Han X, Liu B, et al. Generation and development of paravertebral ossification in cervical artificial disc replacement: a detailed analytic report using coronal reconstruction CT[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(3): 179-188.
 23. 韩骁, 田伟, 何达, 等. 人工椎间盘矢状面覆盖比对颈椎人工椎间盘置换术后椎旁骨化的影响[J]. *脊柱外科杂志*, 2019, 17(2): 79-83.
 24. Li Y, Shen HK, Khan KZ, et al. Comparison of multilevel cervical disc replacement and multilevel anterior discectomy and fusion: a systematic review of biomechanical and clinical evidence[J]. *World Neurosurgery*, 2018, 116(3): 94-104.
 25. 唐峰. 颈椎小关节源性疼痛机制的神经生物学研究进展[J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2015, 7(5): 298-304.

(收稿日期:2020-08-31 修回日期:2020-11-04)

(英文编审 庄乾宇/谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)