

颈椎前路减压融合术应用3D cage与PEEK cage治疗单节段颈椎退行性疾病的疗效比较

雷富豪,汪琨翔,杨涵翔,林可心,谢一舟,李统,余洋
成都中医药大学附属医院 骨科(成都 610000)

【摘要】目的 比较颈椎前路减压融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)应用3D打印钛合金骨小梁椎间融合器(3D printing act titanium cage, 3D cage)和聚醚醚酮椎间融合器(poly ether ether ketone cage, PEEK cage)治疗单节段颈椎退行性疾病的临床疗效。**方法** 回顾性分析2019年12月至2022年12月于成都中医药大学附属医院骨科接受单节段ACDF手术的117例患者,其中研究组(3D cage, $n = 57$),对照组(PEEK cage, $n = 60$)。记录并比较两组基线资料、围手术期指标(手术时间、出血量、住院时间)、术前、术后各时间点(3月、1年、2年)的脊髓功能日本骨科学会评分(Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA)、颈椎功能障碍指数(Neck Disability Index, NDI),及影像学参数C2-7cobb角、C2-7矢状位轴向距离(C2-7 sagittal vertical axis, cSVA)、融合节段椎间高度(disc height, DH)。**结果** 两组的术中出血量和住院时间无差异($P < 0.001$),研究组的手术时间少于对照组($t = -3.481, P < 0.001$)。两组患者的JOA评分和NDI评分随时间呈优化趋势($F_{JOA评分} = 1386.234, P_{JOA评分} < 0.01, F_{NDI评分} = 1500.343, P_{NDI评分} < 0.001$),术后至术后2年都优于术前。C2-7cobb角在时间和cage类型之间存在交互作用($F = 3.523, P = 0.014$),两组术后及术后3月的C2-7cobb角都大于术前,且术后的C2-7cobb角研究组大于对照组。两组的cSVA随时间存在变化趋势($F = 70.153, P < 0.001$),术后及术后3月的cSVA小于术前。两组的DH随时间存在变化趋势($F = 109.004, P < 0.001$),术后至末次随访的DH高于术前。术后3月研究组的融合率大于对照组($\chi^2 = 4.308, P = 0.038$),术后1年至末次随访两组的融合率无差异($P > 0.05$)。两组并发症发生率不存在差异($\chi^2 = 0.052, P = 0.820$),均未发生需翻修的严重并发症。**结论** 3D cage可显著缩短手术时间,并促进术后3个月的早期融合,但两种融合器在2年随访期的临床疗效与并发症发生率无显著差异。

【关键词】 3D打印; 椎间融合器; 颈椎前路减压融合术; 颈椎病

【中图分类号】 R318;R687

文献标识码 A

DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2025.03.008

Comparison of the Efficacy of Anterior Cervical Discectomy and Fusion Using 3D-Printed ACT Titanium Cage Versus PEEK Cage for Single-Level Cervical Degenerative Disease

LEI Fuhao, WANG Kunxiang, YANG Hanxiang, LIN Kexin, XIE Yizhou, LI Tong, YU Yang

Department of Orthopedics, Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610000, China

【Abstract】 Objective The purpose of this study is to compare the clinical efficacy of anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) using a 3D-printed titanium trabecular interbody fusion cage (3D cage) and a polyether ether ketone (PEEK) interbody fusion cage in the treatment of single-level cervical degenerative diseases. **Methods** Retrospective analysis of 117 patients who underwent single-segment ACDF surgery in the Department of Orthopaedics, Affiliated Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, between December 2019 and December 2022, with $n = 57$ in the study group (3D cage) and $n = 60$ in the control group (PEEK cage). Baseline data, perioperative indices (operative time, bleeding, length of hospital stay), preoperative and postoperative time at each time (3 months, 1 year, and 2 years) Japanese Orthopaedic Association Scores (JOA), Neck Disability Index (NDI), and the imaging parameters of C2-7cobb angle, C2-7 sagittal vertical axis (cSVA), Disc Height (DH). **Results** There was no difference in intraoperative bleeding and length of hospital stay between the two groups, and the operative time in the study group was less than that in the control group ($t = -3.481, P < 0.001$). JOA and NDI tended to optimise over time in both groups ($F_{JOA} = 1386.234, P_{JOA} < 0.01, F_{NDI} = 1500.343, P_{NDI} < 0.001$), and were better than preoperative up to 2 years postoperatively. There was an interaction between time and cage type for the C2-7cobb angle ($F = 3.523, P = 0.014$), the C2-7cobb angle was greater than preoperative in both groups in the postoperative period and at 3 months postoperatively, and in the postoperative period it was greater in the study group than in the control group. There was a trend in cSVA over time in both groups ($F = 70.153, P < 0.001$), and cSVA was less than preoperative in the postoperative period and at 3 months postoperatively. There was a trend in DH over time in both groups ($F = 109.004, P < 0.001$), and DH was higher in the postoperative period to the last follow-up than in the preoperative period. The

基金项目:四川省自然科学基金项目青年基金(25QNJJ1102)

通信作者:余洋, E-mail: 270539179@qq.com

引用本文:雷富豪,汪琨翔,杨涵翔,等. 颈椎前路减压融合术应用3D cage与PEEK cage治疗单节段颈椎退行性疾病的疗效比较[J]. 西南医科大学学报, 2025, 48(3): 275-280. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2025.03.008.

fusion rate was greater in the study group than in the control group at 3 months postoperatively ($\chi^2 = 4.308, P = 0.038$), and there was no difference in the fusion rate between the two groups from 1 year postoperatively to the final follow-up ($P > 0.05$). There was no difference in the incidence of complications between the two groups ($\chi^2 = 0.052, P = 0.820$), and no serious complications requiring revision occurred in either group. **Conclusion** The 3D cage significantly reduced operative time and facilitated early fusion at 3 months postoperatively, but there was no significant difference in clinical efficacy and complication rates between the two fusion devices at the 2-year follow-up period.

【Key words】 3D Printing; Interbody fusion Cage; Anterior cervical discectomy and Fusion; Cervical spondylopathy

颈椎前路减压融合术(anterior cervical discectomy and Fusion, ACDF)可直接解除来自脊髓或神经根前方的压迫,在椎间隙植入融合器或骨块,以恢复椎间隙高度并促进椎体融合,创伤较传统后路开窗手术小,减压彻底,疗效确实,是治疗颈椎退行性疾病的经典术式^[1-2]。椎间融合材料需达到为颈椎融合提供具有稳定性、维持椎间高度、促进植骨融合的要求,为此学者们进行了大量基础和临床研究^[3]。目前临床常用聚醚醚酮椎间融合器(poly ether ether ketone cage, PEEK cage)具有良好的生物相容性和机械性能,减少自体髂骨移植带来的并发症,取得了较好临床疗效。但是因其不具有生物活性,也不能和终板紧密接触,可能导致融合器移位、沉降等并发症^[4]。近年随着3D打印技术的发展,3D打印钛合金骨小梁椎间融合器(3D-printed ACT Titanium cage, 3D cage)成为了临床的新选择,其多孔结构与楔形设计为融合提供了更充分的接触,提高了骨整合的稳定性和可靠性,钛合金材质还有利于椎间融合,同时类皮质骨弹性模量避免了应力遮挡和骨吸收^[5-6]。针对3D cage和PEEK cage的临床研究发现,3D cage具有减少术中出血、缩短手术时间、降低并发症发生、更好维持颈椎生理曲度和椎间隙高度的优势^[7]。虽然3D cage受到了广泛关注,但对其临床疗效的长期随访报道较少。本研究对比分析了相关病例临床资料,旨在探讨ACDF应用3D cage治疗颈椎退行性疾病的临床疗效,为颈椎椎间融合器的选择提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

2019年12月至2022年12月就诊于成都中医药大学附属医院骨科的117例符合纳入标准的患者。所有患者均签署知情同意书。本研究通过成都中医药大学附属医院医学伦理委员会审批(批号:2022KL-104)。

1.2 纳排标准

纳入标准:①有典型的脊髓和(或)神经根受压的症状体征,诊断为脊髓型/神经根型颈椎病;②经6周以上的正规保守治疗无效;③术前X线、CT、MRI等影像学资料完整,且证实主要以椎间盘突出等软性压迫为主;④单节段颈椎病变;⑤随访时间 ≥ 24 月,随访资料完整。

排除标准:①单纯前路手术无法处理,如颈椎畸

形、多节段颈椎管狭窄、多发或连续性后纵韧带骨化等;②颈椎感染、严重骨质疏松、强直性脊柱炎、风湿性关节炎、肿瘤、创伤、代谢性疾病的患者;③既往有颈椎手术或翻修病史;④患者基础条件差,合并肝肾功不全、严重凝血功能障碍、无法耐受全身麻醉及手术者等。

1.3 手术方法

手术由本院1名骨科主任医师主刀完成。患者取仰卧位,肩胛下和颈下适当垫枕,使颈椎轻微过伸和双肩下沉。主刀位于患者右侧,先触诊胸锁乳突肌内侧缘,取颈前方3~4 cm顺皮纹横切口。顺次剖开皮肤、皮下组织至颈阔肌,在皮瓣下方做潜行分离。用爱丽丝钳提起颈阔肌并切开,找到胸锁乳突肌内侧缘和肩胛舌骨肌外侧缘,在其肌间隙做钝性分离。用甲状腺拉钩分别拉开气管食管和颈动脉鞘,继续向后内侧分离至椎前筋膜。初步显露手术节段的颈椎间盘,在邻近椎体插入定位针,在C臂透视下确定手术节段正确时,取出定位针。进一步分离椎前软组织,将颈长肌向两侧牵开至暴露钩椎关节。用尖刀切开纤维环,切除节段椎间隙前纵韧带和前方纤维环、刮除椎间盘组织、上下软骨终板及后方纤维环,用Caspar撑开器撑开椎间隙,用刮匙彻底清除上述组织,至终板微渗血。用磨钻、咬骨钳去除增生骨赘直至后纵韧带。使用神经剥离离子将硬脊膜和后纵韧带分离,并切开后纵韧带,将所有椎间盘和后纵韧带从硬膜外和椎间孔取出,对退变增生严重的节段进行细心探查并完全减压。术中如有出血,使用双极、点状射频、明胶海绵或骨蜡进行止血。取试模测量椎间高度,选择适当高度的cage。

研究组将无植骨的3D cage从椎体中央,平行于终板,轻柔地置入椎间隙,至与椎体前缘平齐。使用血管钳检查cage稳定性,若cage存在晃动、移位,则重新置入大一号cage。cage稳定性测试通过后,使用C臂正侧位透视,确定cage在冠状面上位于椎间隙中央,矢状面上不超过椎体后缘。取出Caspar撑开器,在椎体中线放置钢板,平行于上位椎体下终板和下位椎体上终板旋入4枚螺钉。再次C臂正侧位透视,确定钢板位于上下椎体中央,螺钉不超过椎体后缘,cage无移位。C臂透视确定无误后,大量生理盐水冲洗术区并充分止血,检查未见明显活动性出血,放置引流管,逐层缝合,盖上敷贴。对照组需将上述操作中得到的自体骨粉碎成颗粒后填充至PEEK cage的植骨窗中,其余操作同研

究组。

1.4 术后处理

两组术后处理方式相同。均行一级护理、心电监护、低流量吸氧、保持呼吸道通畅,予以头孢呋辛钠预防感染、地塞米松和酮咯酸氨丁三醇注消炎止痛,甘露醇脱水。术后第二天拔除引流管,鼓励患者下床活动。佩戴颈托至术后1个月。

1.5 评价指标

记录并比较两组手术时间、术中出血量、住院时间。根据术前、术后、术后3个月、术后1年和术后2年的脊髓功能日本骨科学会评分(Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA)和颈椎功能障碍指数(Neck Disability Index, NDI)评估患者临床症状恢复情况。在术前、术后、术后3个月、术后1年和末次随访的颈椎侧位X片上测量C2-7cobb角、C2-7矢状位轴向距离(C2-7 Sagittal Vertical Axis, cSVA)和融合节段椎间高度(disc height, DH)评估影像学改善情况。记录并比较术后3月、术后1年和末次随访的椎体融合情况,融合标准^[8]:①X线或CT见融合节段无明显透光区,终板之间存在桥接骨小梁;②动力位片上融合节段棘突间运动<1 mm。观察食管损伤、神经损伤、脊髓损伤、颈部血肿、伤口感染、螺钉脱出断裂和cage移位沉降等不良反应。

1.6 统计学分析

使用SPSS 27.0软件进行统计学分析。计数资料采用率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验。JOA评分、NDI评分、C2-7cobb角、cSVA和DH的各时间点组间、组内比较采用双因素重复测量方差分析,若不满足球形检验,采用Greenhouse-Geisser法进行校正,同一组别不同时间点比较采用Bonferroni法。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

研究组57例患者应用3D cage;对照组60例患者应用PEEK cage。两组患者随访时间24~36月,平均28.3月。两组患者一般资料比较无差异($P > 0.05$),见表1。

表1 两组患者一般资料比较

组别	n	年龄(岁)	性别(男/女)	节段			
				C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
研究组	57	53.5 \pm 11.4	27/30	4	9	30	14
对照组	60	54.8 \pm 12.3	26/34	3	11	29	17
t/χ^2		0.619	0.192	0.574			
P		0.537	0.661	0.902			

2.2 围手术期比较

两组患者均完成手术。研究组患者的手术时间小于对照组($P < 0.001$)。两组患者术中出血量和住院时间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 两组患者围手术期资料比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of perioperative data between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	手术时间(min)	术中出血量(mL)	住院时间(d)
研究组	57	83.2 \pm 7.4	74.9 \pm 22.4	7.3 \pm 1.8
对照组	60	88.4 \pm 8.9	78.3 \pm 21.3	7.4 \pm 1.6
t		-3.481	-0.845	-0.377
P		<0.001	0.400	0.707

2.3 临床疗效比较

JOA评分和NDI评分在时间和cage类型之间无交互作用($F_{JOA评分} = 0.809, P_{JOA评分} = 0.495; F_{NDI评分} = 0.528, P_{NDI评分} = 0.681$),两组JOA评分均随术后随访时间呈上升趋势($F = 1386.234, P < 0.010$)。两组NDI评分均随治疗后随访时间呈下降趋势($F = 1500.343, P < 0.001$)。两组各时间点的JOA评分和NDI评分差异无统计学意义($F_{JOA评分} = 1.777, P_{JOA评分} = 0.185; F_{NDI评分} = 0.685, P_{NDI评分} = 0.410$)。见表3和图1。

2.4 影像学指标比较

C2-7cobb角在时间和cage类型之间存在交互作

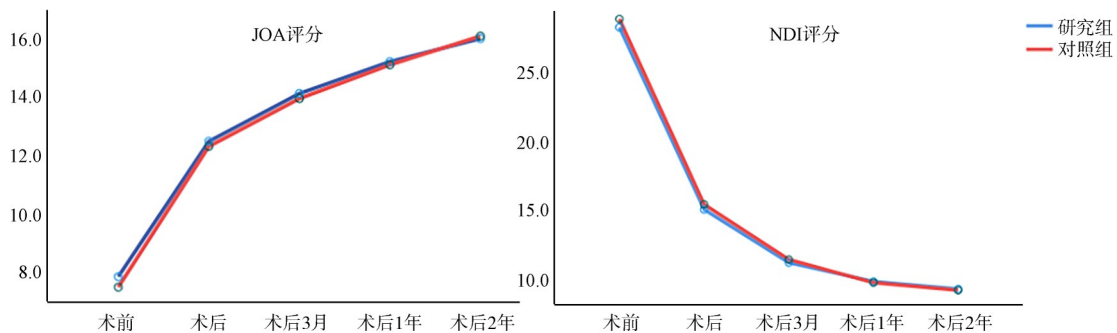


图1 两组患者JOA评分及NDI评分变化趋势
Figure 1 The trend of JOA and NDI in both groups

表3 两组患者各时间点JOA评分和NDI评分比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 3 Comparison of JOA and NDI at each time point between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

时间点	JOA评分		NDI评分	
	研究组	对照组	研究组	对照组
术前	7.8 ± 1.4	7.5 ± 1.3	28.2 ± 1.9	28.8 ± 3.0
术后	12.5 ± 1.1	12.3 ± 1.2	14.9 ± 2.6	15.3 ± 3.8
术后3月	14.1 ± 0.9	13.9 ± 0.9	11.1 ± 2.4	11.3 ± 2.4
术后1年	15.2 ± 0.8	15.1 ± 1.0	9.7 ± 2.0	9.6 ± 2.0
术后2年	16.0 ± 0.8	16.1 ± 0.9	9.2 ± 1.5	9.1 ± 1.3

用 ($F = 3.523, P = 0.014$), 两组术后及术后3月的C2-

表4 两组患者各时间点C2-7cobb角、cSVA和DH比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of C2-7cobb angle, cSVA and DH at each time point between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

时间点	C2-7cobb角(°)		cSVA(mm)		DH(mm)	
	研究组	对照组	研究组	对照组	研究组	对照组
术前	11.5 ± 6.1	12.1 ± 6.7	30.4 ± 7.9	29.4 ± 7.2	5.8 ± 0.8	5.9 ± 0.8
术后	23.1 ± 6.6	20.8 ± 5.5	19.1 ± 4.9	19.6 ± 4.1	8.1 ± 1.1	7.9 ± 1.0
术后3月	15.0 ± 5.1	15.9 ± 5.8	25.0 ± 5.2	24.5 ± 5.5	7.7 ± 1.1	7.6 ± 0.8
术后1年	13.2 ± 4.6	13.7 ± 3.8	28.1 ± 6.2	27.8 ± 6.2	7.5 ± 1.2	7.3 ± 0.7
末次随访	12.3 ± 5.1	12.7 ± 4.9	28.9 ± 6.3	28.5 ± 6.2	7.5 ± 0.8	7.3 ± 0.9

表5 两组患者各时间点融合率比较 [$n(\%)$]

Table 5 Comparison of fusion rates at each time point between the two groups [$n(\%)$]

组别	n	术后3月	术后1年	末次随访
研究组	57	41(71.9)	55(96.5)	57(100.0)
对照组	60	32(53.3)	56(93.3)	58(96.7)
χ^2		4.308	0.599	1.933
P		0.038	0.439	0.164

2.5 并发症

研究组术后出现吞咽困难3例,随访期间出现cage沉降2例。对照组术后出现吞咽困难3例,椎旁血肿1例,随访期间出现cage沉降1例、移位1例。两组患者在随访期间均未发现明显的邻椎病症状。术后并发症在患者出院前已缓解,随访期间并发症因患者无相关症状,未做特殊处理。并发症总发病率为8.5%,两组间差异无统计学意义($\chi^2 = 0.052, P = 0.820$)。

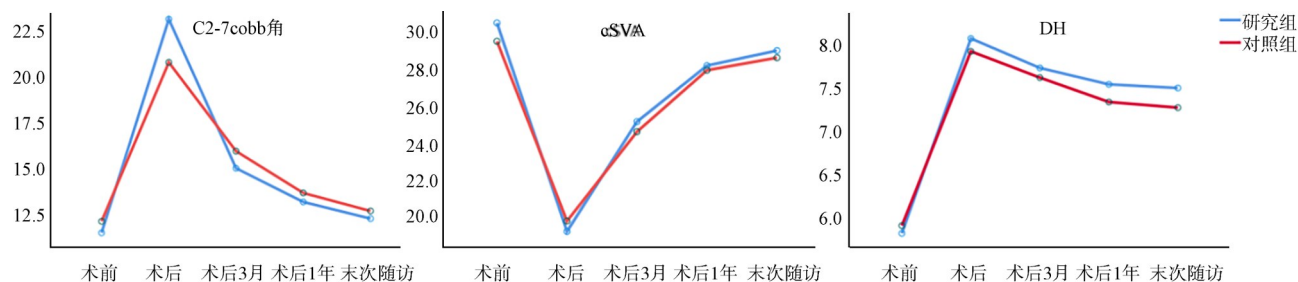


图2 两组患者C2-7cobb角、cSVA及DH变化趋势

Figure 2 The trend of C2-7cobb angle, cSVA and DH in both groups

7cobb角都显著大于术前,且术后的C2-7cobb角研究组大于对照组($P < 0.05$)。cSVA和DH在时间和cage类型之间不存在交互作用($F_{cSVA} = 0.317, P_{cSVA} = 0.821$; $F_{DH} = 0.633, P_{DH} = 0.627$)。两组各时间点的cSVA和DH间差异无统计学意义($F_{cSVA} = 0.237, P_{cSVA} = 0.627$; $F_{DH} = 1.398, P_{DH} = 0.240$)。两组cSVA随时间存在变化趋势($F = 70.153, P < 0.001$),术后及术后3月的cSVA显著小于术前($P < 0.05$),而术后1年和末次随访的cSVA与术前无统计学差异($P > 0.05$)。两组的DH随时间存在变化趋势($F = 109.004, P < 0.001$),术后至末次随访的DH均显著高于术前($P < 0.05$),见表4和图2。术后3月研究组的融合率显著高于对照组($P = 0.038$)。术后1年和末次随访两组患者的融合率差异无统计学意义($P > 0.05$),见表5。典型病例见图3。

3 讨论

颈椎退行性疾病是以脊髓型或神经根型颈椎病为代表的一种由颈椎间盘退行性变化或外力作用引发的疾病,其主要特征在于脊髓、神经或相关血管受到压迫,并可能引发脊髓或神经功能障碍的临床综合征。ACDF作为一种成熟的脊柱外科手术,通过直接减压、恢复生理曲度、植入椎间融合器和可能的前路固定来稳定手术节段,从而减轻临床症状并促进长期的骨融合,是治疗脊髓型/神经根型颈椎病的金标准,是临床治疗的共识性方案^[9]。

在椎间融合器的选择上,PEEK材料制成的融合器因其卓越的性能而广受青睐^[10],但其骨整合能力较弱,表现为纤维包裹、骨结合率不足、颈椎生理曲度和椎间高度不能得到明显改善^[11]。3D cage采用钛合金材料,

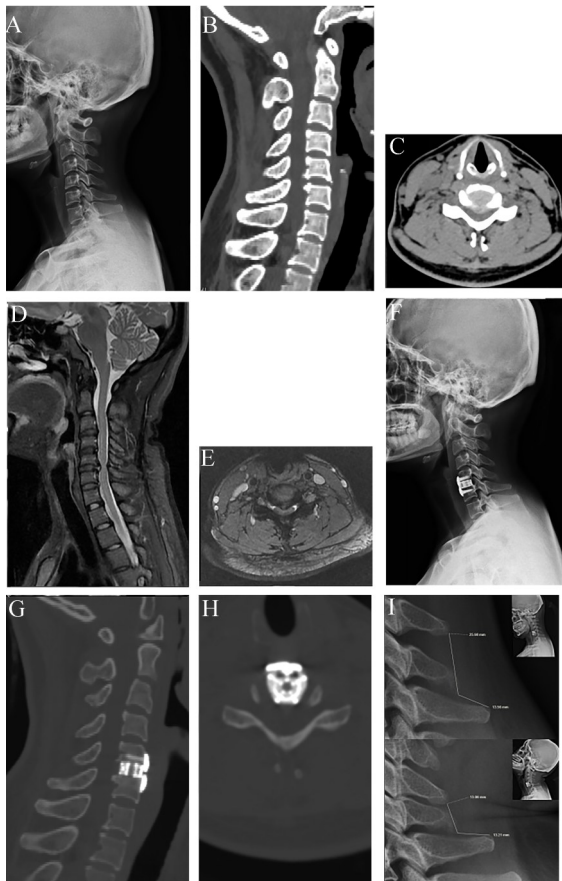


图3 研究组典型病例的影像学资料

Figure 3 Imaging information of typical case in the study group

注:a-e:术前DR、CT和MRI见颈椎生理曲度减小,C5-6椎间盘后正中突出,椎体后缘骨质增生,继发椎管狭窄。f-h:术后DR和CT见颈椎生理曲度恢复,脊髓压迫解除,cage平稳置于椎间隙。i:末次随访动力位片见C5-6棘突间运动 $< 1\text{ mm}$,椎体融合。

不仅具有良好的机械强度、耐腐蚀性和生物相容性,而且通过调整微孔的大小,使融合器具有与椎体皮质骨和松质骨接近的弹性模量,避免了应力遮挡和骨吸收^[3,12]。3D打印的椎间融合器设计为上部弧形、下部斜形,以模拟人体椎体间上下终板的自然形态,这种设计有利于与上下终板充分接触,确保与椎体终板的完美贴合,从而便于置入并提供稳定的支撑^[13]。此外,3D cage在促进椎间融合方面也存在优势。3D cage的钛合金材料能显著增加碱性磷酸酶特异性活性、骨钙素、BMP-2、BM-P4和BMP-7水平,有效地修复受损组织并恢复骨组织的功能^[14]。与带自体骨移植的PEEK cage相比,3D cage即使不带骨移植,依然表现出更优秀的椎间融合能力^[15]。

本研究结果显示,研究组比对照组的手术时间更短,与此前的结论一致^[16]。主要原因在于本研究的手术操作中,3D cage没有植骨,而PEEK cage需要植骨。若cage大小不合适,则需要更换型号重新植骨,这增加了手术时间。与先前的报道^[17]不同的是,本研究两组的术中出血量未见明显差异。ACDF术中出血的主要

来源是硬膜外静脉丛、椎体骨面和颈周围血管,cage置入过程中不会对上述结构产生明显干扰,而术者操作才是影响术中出血的主要因素。两组在住院时间上的差异无统计学意义,从侧面说明两者在临床疗效上相似。JOA评分是从感觉、上肢功能、下肢功能和膀胱功能评估脊髓功能,满分17,分数越低,功能障碍越严重^[18]。NDI评分是从颈痛及相关症状和日常生活能力等10个方面评估颈椎功能,满分50,分数越高,功能障碍越严重^[19]。两者都是评估颈椎疾病治疗效果的常见指标,本研究联合分析了JOA评分和NDI评分,以提升研究结果的稳定性和可靠性。两组术后、术后3月、术后1年和术后2年的JOA评分和NDI评分都显著优于术前,且随时间呈优化趋势,两组组间比较未见明显差异,这提示3D cage和PEEK cage能同样有效的改善临床症状。脊髓型/神经根型颈椎病的直接病因是椎管或椎间孔区的脊髓、神经压迫,ACDF通过直接减压、重建颈椎力学平衡,术后往往能显著缓解疼痛、麻木症状^[20],体现为术后JOA评分和NDI评分显著改善。在本研究的观察中,术区疼痛、颈部不适、残留神经症状等在术后3月得到缓解。在术后1年和术后2年,绝大多数患者的手术早期不良反应和神经功能异常基本恢复,主要不适表现为颈部偶发轻度疼痛。此外,在本研究观察的2年内,所有患者均未见明显邻椎病改变。综上所述,术后3月至术后2年,JOA评分和NDI评分得到平稳改善,本研究结果与HÉBERT博士预测的ACDF术后2年临床结果轨迹基本相同^[21]。C2-7cobb角反映了颈椎曲度情况,它的减小可导致颈肩肌肉紧张痉挛,造成颈肩部疼痛和功能障碍,加速颈椎退行性变,C2-7cobb角的改善与术后疼痛缓解和功能恢复密切相关^[22]。cSVA是反映颈椎矢状面平衡的重要指标,健康成年人cSVA约为20 mm,当cSVA $> 40\text{ mm}$ 时,其健康相关生活质量评分通常较低^[23]。DH的丢失是退行性颈椎病的主要影像学表现,手术重建DH可以扩大椎间孔孔径,使折叠的小关节囊和黄韧带紧张,达到间接减压,改善临床症状的作用^[24]。因此本研究对以上3个影像学指标进行了分析。结果显示,两组术后和术后3月的C2-7cobb角和cSVA都显著优于术前。术后的C2-7cobb角研究组大于对照组,这可能是由于3D cage为多种前突角的楔形设计,更能满足矫形需要。但这些矫形结果会随时间逐渐丢失,至术后1年便与术前没有差异。有报道提到由于颈部肌肉力量不足、颈椎代偿性稳定、患者日常生活习惯等原因,术后的颈椎矢状位参数会逐渐趋向术前,甚至更差^[25]。截止末次随访,两组的DH都高于术前,且不存在明显的高度丢失。一项系统综述研究也发现钛合金cage和PEEK cage都能较好的维持椎间隙高度^[26]。在融合率方面,本研究结果显示,术后3月研究组的融合率显著高于

对照组,但在术后1年两组的融合率不存在差异。ARTS的一项前瞻性队列研究发现3D cage椎间融合速度更快,术后6月它的融合率比PEEK cage更高^[27]。在并发症方面,两组均未出现严重并发症,且发病率差异不具有统计学意义,表明两者均有较高的安全性。两组主要并发症是吞咽困难,这是ACDF术后常见并发症,可能与术中牵连、钢板刺激有关^[28]。一项系统综述发现ACDF使用钛合金cage比PEEK cage的平均沉降率更高^[29],但在本研究中两组的沉降率差异无统计学意义。这是因为3D cage的多孔结构将钛合金的弹性模量降低至类皮质骨水平,避免了应力遮挡和骨吸收^[3]。同时,其15/17 mm的左右径和12.5/14 mm的前后径提供了充分的终板接触,减小了局部应力。本次研究组没有发生明显的cage沉降。在2年的观察中,两组都没有明显的邻椎病改变,本研究结果与杨旭和Deng Z等学者的研究结果相同^[30-31],未来还需要更长的随访时间,以评价两种融合器的远期疗效及差异性。

4 结论与启示

ACDF应用3D cage或PEEK cage治疗单节段颈椎退行性疾病均有效,都能改善临床症状,具有相似的影像学表现,达到骨性融合。3D cage具有减少手术时间,促进早期椎间融合的优势,这可能会改变术后早期护理和随访康复治疗。本研究是回顾性队列研究,可能存在患者选择偏倚,且随访对象较少,未来还需要多中心、大样本的前瞻性高质量临床研究,并延长随访时间,以检验本研究的初步发现,进一步评估的两种融合大治疗的安全性和有效性。

5 参考文献

- BUTTERMANN GR. Anterior cervical discectomy and fusion outcomes over 10 years: a prospective study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(3): 207-214.
- 贾连顺, 陈雄生. 颈椎前路融合与非融合手术治疗的历史观[J]. 脊柱外科杂志, 2022, 20(3): 145-148.
- 杨毅, 刘浩, 孟阳. 颈椎融合器的研究历史与现状[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2020, 17(3): 62-65.
- NGUYEN TTB, TRAN NAD, NGUYEN HD, et al. Structural allograft versus polyetheretherketone cage in anterior cervical discectomy and fusion: a meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2024, 191: e730-e745.
- LV J, JIA ZJ, LI J, et al. Electron beam melting fabrication of porous Ti₆Al₄V scaffolds: cytocompatibility and osteogenesis[J]. Adv Eng Mater, 2015, 17(9): 1391-1398.
- 窦新雨, 刘宇, 刘啸, 等. 小尾寒羊颈椎前路椎间盘切除融合模型的建立及评估[J]. 中国实验动物学报, 2024, 32(2): 139-150.
- ZHAI WJ, LIU L, GAO YH, et al. Application of 3D-printed porous titanium interbody fusion cage vs. polyether ether ketone interbody fusion cage in anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review and meta-analysis update[J]. Exp Ther Med, 2024, 28(1): 290.
- OSHINA M, OSHIMA Y, TANAKA S, et al. Radiological fusion criteria of postoperative anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review[J]. Global Spine J, 2018, 8(7): 739-750.
- 张西峰, 步荣强. 颈椎间盘突出的外科治疗方法及策略[J]. 中国骨伤, 2024, 37(11): 1041-1045.
- 吴迎春, 吕刚. 基于聚醚醚酮的骨科植入材料生物相容性研究[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(9): 3564-3571.
- ALTORFER FCS, LAUX CJ, GRAF D, et al. Titanium-coated polyetheretherketone cages vs full titanium cages for stand-alone 1- or 2-level anterior cervical discectomy and fusion: a comparative study[J]. Int J Spine Surg, 2024, 18(3): 287-294.
- 李玉伟, 王海蛟, 崔巍, 等. 前路颈椎间盘切除3D打印微孔钛合金椎间融合器与聚醚醚酮椎间融合器椎间融合术治疗脊髓型颈椎病的疗效对比[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2021, 31(1): 16-24.
- 黄明智, 庄勇, 张皓, 等. 骨小梁钛金属椎间融合器在颈椎前路融合中的应用及解剖形态学特征[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(31): 4937-4942.
- OLIVARES-NAVARRETE R, GITTENS RA, SCHNEIDER JM, et al. Osteoblasts exhibit a more differentiated phenotype and increased bone morphogenetic protein production on titanium alloy substrates than on poly-ether-ether-ketone[J]. Spine J, 2012, 12(3): 265-272.
- LARATTA JL, VIVACE BJ, LÓPEZ-PEÑA M, et al. 3D-printed titanium cages without bone graft outperform PEEK cages with autograft in an animal model[J]. Spine J, 2022, 22(6): 1016-1027.
- 王彦金, 周英杰, 柴旭斌, 等. 3D打印多孔钛合金椎间融合器在颈椎前路椎间盘切除植骨融合中应用效果与安全性的Meta分析[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(9): 1434-1440.
- 吴敏飞, 王洋, 矫健航, 等. 3D打印椎间融合器在脊髓型颈椎椎间盘摘除减压融合内固定术的应用效果[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2019, 12(2): 98-101.
- KATO S, OSHIMA Y, OKA H, et al. Comparison of the Japanese Orthopaedic Association (JOA) score and modified JOA (mJOA) score for the assessment of cervical myelopathy: a multicenter observational study[J]. PLoS One, 2015, 10(4): e0123022.
- GEOGHEGAN CE, MOHAN S, LYNCH CP, et al. Validation of neck disability index severity among patients receiving one or two-level anterior cervical surgery[J]. Asian Spine J, 2023, 17(1): 86-95.
- KIM MW, PARK YS, KANG CN, et al. Cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy: a stepwise approach and comparative analysis of surgical outcomes: a narrative review of recent literature[J]. Asian Spine J, 2025: asj.2024.0465.
- HÉBERT JJ, ADAMS T, CUNNINGHAM E, et al. Prediction of 2-year clinical outcome trajectories in patients undergoing anterior cervical discectomy and fusion for spondylotic radiculopathy[J]. J Neurosurg Spine, 2023, 38(1): 56-65.
- 位新维, 喻景奕. 对成人颈椎不同椎体水平 Cobb角相互关系的探讨[J]. 颈腰痛杂志, 2023, 44(6): 917-920.
- 黄清奇, 刘少强, 梁珪清. 颈椎矢状面力线与平衡的临床意义研究进展[J]. 中华外科杂志, 2018, 56(8): 634-638.
- 陆廷盛, 罗春山, 欧阳北平, 等. 椎间撑开高度对颈椎前路融合临床结果的影响[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(3): 207-210.
- XIE R, LIU J, WANG M, et al. The effect of anterior cervical discectomy and fusion on cervical sagittal vertical axis and lordosis with minimum 2-year follow-up[J]. World Neurosurg, 2021, 150: e727-e734.
- NOORDHOEK I, KONING MT, JACOBS WCH, et al. Incidence and clinical relevance of cage subsidence in anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review[J]. Acta Neurochir (Wien), 2018, 160(4): 873-880.
- ARTS M, TORENSMA B, WOLFS J. Porous titanium cervical interbody fusion device in the treatment of degenerative cervical radiculopathy: 1-year results of a prospective controlled trial[J]. Spine J, 2020, 20(7): 1065-1072.
- RAI V, SHARMA V, KUMAR M, et al. A systematic review of risk factors and adverse outcomes associated with anterior cervical discectomy and fusion surgery over the past decade[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2024, 15(2): 141-152.
- GOLDBERG JL, MEADEN RM, HUSSAIN I, et al. Titanium versus polyetheretherketone versus structural allograft in anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review[J]. Brain Spine, 2022, 2: 100923.
- 杨旭, 赵晓峰, 齐德泰, 等. 3D打印ACT钛合金小梁椎间融合器行颈椎前路减压融合后颈椎的矢状位平衡变化[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(36): 5741-5748.
- DENG ZP, ZOU Q, WANG L, et al. Comparison between three-dimensional printed titanium and PEEK cages for cervical and lumbar interbody fusion: a prospective controlled trial[J]. Orthop Surg, 2023, 15(11): 2889-2900.

(利益冲突: 无)

(收稿日期: 2025-01-09; 修回日期: 2025-03-21)