doi:10.11659/jjssx.01E024119

·临床研究·

3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入治疗颈椎后纵韧带骨化症短期疗效分析

孙绍铜,刘 军,刘莛予,任伟剑 (辽宁省人民医院骨五科,辽宁 沈阳 110000)

[摘 要] **目的** 探讨颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入手术治疗颈椎后纵韧带骨化症(OPLL)的短期疗效。**方法** 回顾性分析2022年9月至2023年6月在辽宁省人民医院骨五科接受颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入手术治疗的15例OPLL患者的临床资料。分析患者手术时间、术中失血量、术后引流量、卧床时间、住院时间及手术相关并发症情况。统计患者术前、术后3 d、术后1个月以及术后6个月日本骨科协会(JOA)评分、视觉模拟量表(VAS)评分。统计患者术前、术后3 d、术后1个月和术后6个月融合节段的Cobb角变化情况。**结果** 15例患者均顺利完成手术,手术时间130~160 min,平均(148.68±10.04)min;术中出血量50~200 mL,平均(130.0±18.8)mL;术后引流量220~980 mL,平均(270.0±24.6)mL;卧床时间3~11 d,平均(3.6±2.8)d;住院时间7~16 d,平均(8.2±2.6)d。所有患者切口均Ⅰ期愈合,未出现感染。1例患者术中发生硬膜囊撕裂;4例患者术后出现吞咽困难;1例患者术后出现一侧肢体肌力减退;1例患者术后3 d颈椎手术切口内血肿形成。术后3 d、术后1个月和术后6个月,3例存在髓性症状伴上肢根性痛患者的Cobb角、VAS评分及JOA评分均较术前明显改善($P<0.05$),12例仅存髓性症状患者的Cobb角及JOA评分均较术前明显改善($P<0.05$)。**结论** 颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入是治疗OPLL的一种有效方法,能在短期内显著缓解患者的疼痛,改善功能障碍,具有良好的稳定性和融合效果。

[关键词] 人工椎体;颈椎前路融合术;PEEK-Cage;颈椎后纵韧带骨化症
[中图分类号] R681.5 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-01-25

Short-term efficacy of 3D-printed artificial vertebral body combined with PEEK-Cage implantation in treatment of ossification of posterior longitudinal ligament of cervical spine

SUN Shao-tong, LIU Jun, LIU Ting-yu, REN Wei-jian (Fifth Department of Orthopaedics, Liaoning Provincial People's Hospital, Shenyang Liaoning 110000, China)

Abstract: Objective To investigate the short-term efficacy of 3D-printed artificial vertebral body combined with PEEK-Cage implantation in anterior cervical surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine (OPLL). **Methods** The clinical data of 15 patients with OPLL who underwent anterior cervical surgery with 3D-printed artificial vertebral body and PEEK-Cage implantation in the Fifth Department of Orthopaedics, Liaoning Provincial People's Hospital from September 2022 to June 2023 was retrospectively analyzed. The surgical time, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, bed rest time, hospital stay, and surgery-related complications of patients were analyzed. The Japanese Orthopaedic Association (JOA) score and visual analogue scale (VAS) score of patients were counted before surgery, 3 days after surgery, 1 month after surgery and 6 months after surgery. The changes of Cobb angle of fusion segment of patients were recorded before surgery, 3 days after surgery, 1 month after surgery and 6 months after surgery. **Results** All 15 patients successfully completed the surgery. The surgical time was 130 to 160 minutes, with an average of (148.68±10.04) minutes. The intraoperative blood loss was 50 to 200 mL, with an average of (130.0±18.8) mL. The postoperative drainage volume was 220 to 980 mL, with an average of (270.0±24.6) mL. The bed rest time was 3 to 11 days, with an average of (3.6±2.8) days. The hospital stay was 7 to 16 days, with an average of (8.2±2.6) days. All patients' incisions healed in the first stage, and no infection occurred. One patient suffered from dural sac tear during surgery; 4 patients had dysphagia after surgery; 1 patient suffered from muscle weakness of one limb after surgery; Hematoma formed in the incision of cervical spine in 1 patient 3 days after surgery. At 3 days, 1 month, and 6 months after surgery, the Cobb angle, VAS score and JOA score of 3 patients with myeloid symptoms and upper limb root pain were significantly improved compared with those before surgery ($P<0.05$), and the Cobb angle and JOA score of 12 patients with only myeloid symptoms were significantly improved compared with those before surgery ($P<0.05$). **Conclusion** 3D-printed artificial vertebral body combined with PEEK-Cage implantation in anterior cervical surgery is an effective method for the treatment of OPLL, which can significantly relieve patients' pain and improve their dysfunction in a short time, with good stability and fusion effect.

Keywords: artificial vertebral body; anterior cervical fusion; PEEK-Cage; ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine

颈椎后纵韧带骨化症(ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine,OPLL)是一种常见的脊柱疾病,其特点是后纵韧带钙化或骨化导致脊髓和神经根受压,从而引起神经功能障碍,严重可致瘫痪[1],其治疗方法主要包括前路和后路减压术,但这些方法均具有一定的限制和风险[2]。行颈椎前路手术时,进行骨化后纵韧带切除可达到直接减压的目的,但术中需牵拉气管及食管,存在重要组织器官及喉返神经损伤风险,且行脊髓减压时,操作空间狭小,易损伤脊髓甚至形成脑脊液漏;行后路手术椎管扩大减压时,无法进行骨化后纵韧带切除直接减压,只可进行间接减压,影响效果,而且存在脊髓向后方漂移导致C_5神经根麻痹的可能。传统的手术方式是在通过前入路进行颈椎椎体次全切除减压后,选用合适大小钛笼,在其内填充自体松质骨,将钛笼放置在椎体凹槽中,并使用钛板螺钉进行固定以维持颈椎的稳定性。随着3D打印技术在骨科手术中的应用,骨科医生在临床工作中逐渐开始对患者进行3D打印人工椎体个性化定制服务,即根据患者术前颈椎三维CT数据,对需切除椎体进行重建、分析、定制,这一举措可使3D打印椎体与患者自体椎体在终板的角度贴合性上更加密切、金属及内置松质骨与终板接触面积更广,远期观察来看融合物的下沉率更低[3]。此外,3D打印椎体的结构设计能够促进骨细胞生长和骨整合,利于术后恢复[4]。

PEEK-Cage作为一种广泛使用的植入物材料,因其生物相容性和突出的力学优势在治疗颈椎间盘突出或局灶型OPLL的颈椎前路手术中被使用,其可有效维持椎间高度,支持颈椎的生理曲度[5]。但PEEK材料的表面惰性可能影响其与周围骨组织的整合[6],且PEEK-Cage多用于前路椎间盘切除后的间隙融合中,在治疗长节段的OPLL颈椎前路手术中,往往需切除椎体来扩大减压范围,这时PEEK-Cage无法提供有效的支撑高度[7]。

目前以上两种技术都已应用于临床,其在颈椎融合手术中的有效性均已得到临床证实,但这两种技术单独使用均存在减压范围有限的问题。当存在椎体后方韧带骨化合并相邻节段椎间盘突出导致椎管狭窄时,则需联合使用不同的支撑物才能维持颈椎的稳定性。因此,本研究对长节段的OPLL患者采用两种植入物联合的方式满足颈椎椎体的结构支撑,并观察其术后短期疗效,以期为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2022年9月至2023年6月在辽宁省人民医院骨五科接受颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入手术治疗的15例OPLL患者的临床资料。其中,男9例,女6例;年龄45~73岁,平均(50.5±6.8)岁;病程2~6年,平均(3.2±1.4)年。其中12例患者存在行走不稳、双手活动笨拙、四肢反射亢进情况,3例患者存在行走不稳、双手活动笨拙伴一侧上肢放射痛、四肢反射亢进情况。手术节段:置换C_4椎体、减压$C_{5/6}$间隙7例;置换C_5椎体、减压$C_{3/4}$间隙6例;置换C_5椎体、减压$C_{6/7}$间隙1例;置换C_6椎体、减压$C_{4/5}$间隙1例。本研究经辽宁省人民医院医学伦理委员会批准(伦理批号:2022K015),所有患者及其家属均对本研究知情同意。

纳入标准:经颈椎正侧位及动力位X射线、颈椎MRI及颈椎CT等影像学检查诊断为OPLL,症状体征与影像学结果相符;后纵韧带骨化不超过2个椎体,K线为负或者K线为正但椎管占据率大于60%[6];保守治疗6个月及以上无效。排除标准:颈椎合并感染、肿瘤、强直性脊柱炎;既往存在颈椎前路或后路手术史;病历及随访资料不完整。

1.2 手术方法

患者全身麻醉后,取仰卧位,肩部适度垫高,颈椎轻度过伸位,术前根据颈椎动力位X射线划线标记切口位置,常规消毒、铺巾。取颈前右侧斜切口,依次将皮肤、皮下组织及颈阔肌切开。经气管食管鞘与颈血管鞘间隙进入,直至椎体前缘,置入定位针(以C_5椎体切除、$C_{3/4}$间隙减压为例)。C型臂X射线机透视确认椎体节段为C_4,向下游离椎体前缘至C_6椎体,置入另1枚定位针,应用撑开器固定2枚定位针并撑开C_4、C_6椎体,暴露C_5椎体及相邻间隙,切除$C_{4/5}$间盘、C_5部分椎体及椎体后方骨赘、$C_{5/6}$间盘进行彻底减压。神经剥离子探查确定椎管内未出现明显神经压迫后,将适宜型号3D打印人工椎体(内部填充自体松质骨)置入C_4、C_6间隙内。松开自动撑开器,将C_6椎体定位针移至C_3椎体固定,连接撑开器,撑开并切除$C_{3/4}$间隙去除致压因素,探查确定脊髓无受压后选合适大小PEEK-Cage(内部填充自体松质骨)置入间隙,松开自动撑开器后,于C_3~C_6椎体前缘放入颈前路钛板并用螺钉固定。C型臂X射线机透视观察内固定物位置满意后,仔细止血,充分冲洗创面,留置2根引流管并逐层缝闭切口。

1.3 术后处理

术后1 d常规给予甘露醇及口服止痛药物;术后3 d视引流量情况(单个引流瓶<10 mL)拔除引流管,复查颈椎正侧位X射线、颈椎MRI,戴颈托下地活动;1个月内避免颈部过度弯曲或旋转及剧烈活动,行四肢功能锻炼。术后3 d、术后1个月及术后6个月进行随访。

1.4 观察指标

围术期指标:手术时间、术中出血量、术后引流量、卧床时间、住院时间。并发症:切口感染、脑脊液漏、吞咽困难、感觉或肌力减退。术前、术后3 d、术后1个月、术后6个月时,采用日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)评分评估患者神经功能改善情况,存在上肢和颈部疼痛的患者,缓解情况则通过视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)评分来评估。统计患者术前、术后3 d、术后1个月和术后6个月融合节段的Cobb角变化情况,即选择C_2椎体下终板、C_7椎体上终板为基准,在X射线侧位片上画出两终板的垂线,垂线交角作为Cobb角。

1.5 统计学方法

采用SPSS 27.0统计软件进行数据处理,计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用t检验,计数资料以率(%)表示,采用χ^2检验。以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 手术情况

15例患者均顺利完成手术,手术时间130~160 min,平均(148.68±10.04)min;术中出血量50~200 mL,平均(130.0±18.8)mL;术后引流量220~980 mL,平均(270.0±24.6)mL;卧床时间3~11 d,平均(3.6±2.8)d;住院时间7~16 d,平均(8.2±2.6)d。所有患者切口均Ⅰ期愈合,未出现感染。1例(6.7%)患者术中发生硬膜囊撕裂,未予缝合,术后出现脑脊液漏,嘱患者卧床休息,11 d后引流量减少,拔除引流管并对引流管口进行缝合;4例(26.7%)患者术后出现吞咽困难,给予脱水消肿药物治疗,术后3 d内缓解;1例(6.7%)患者术后出现一侧肢体肌力减退,肌力由术前4级降至术后1~2级,行肢体康复锻炼及口服营养神经药物,术后1个月肌力恢复;1例(6.7%)患者术后3 d出现呼吸困难,血氧饱和度进行性下降,完善超声检查示颈椎手术切口内血肿形成,遂行急诊二次手术进行清创缝合后,患者呼吸正常,顺利康复。

2.2 随访情况

与术前比较,12例仅存在髓性症状的患者术后3 d、术后1个月及术后6个月的Cobb角及JOA评分均随时间延长逐渐改善,差异有统计学意义(P<0.05),见表1。与术前比较,3例存在髓性症状伴上肢根性痛患者术后各时间点的Cobb角、VAS评分及JOA评分均随时间延长逐渐改善,差异有统计学意义(P<0.05),见表2。

表1 髓性症状患者手术前后的JOA评分及Cobb角变化($\bar{x}\pm s$,n=12)

时间	Cobb角(°)	JOA评分(分)
术前	6.15±1.34	7.97±0.44
术后3 d	11.15±2.14*	13.26±1.25*
术后1个月	12.10±3.38*#	22.24±3.36*#
术后6个月	14.18±2.18*△	26.65±1.58*△

*:与术前比较,P<0.05;#:与术后3 d比较,P<0.05;△:与术后1个月比较,P<0.05

表2 髓性症状伴上肢根性痛患者手术前后的JOA评分、VAS评分及Cobb角变化($\bar{x}\pm s$,n=3)

时间	Cobb角(°)	JOA评分(分)	VAS评分(分)
术前	7.13±1.25	7.87±0.35	7.74±0.63
术后3 d	10.65±2.14*	15.54±1.24*	4.35±1.15*
术后1个月	12.40±2.06*#	23.35±2.34*#	2.18±0.74*#
术后6个月	14.08±1.08*#△	27.73±1.37*#△	1.46±0.52*#△

*:与术前比较,P<0.05;#:与术后3 d比较,P<0.05;△:与术后1个月比较,P<0.05

3 讨论

长节段颈椎后纵韧带骨化手术可经颈椎前路或后路,后路手术风险较低,但无法达到直接减压的目的;前路手术可直接切除骨化的后纵韧带,对脊髓进行直接减压,手术效果更好,避免了C_5神经根麻痹的风险,但对术者技术及手术经验要求更高,存在硬膜囊撕裂和脊髓损伤的风险[8-9]。前路减压后的支撑物选择较多,程军等[10]通过对45例使用3D打印钛合金骨小梁人工椎体及钛笼的OPLL患者资料进行回顾性分析发现,使用3D打印人工椎体较使用钛笼的患者手术时间缩短、沉降率更低、颈椎曲度和高度维持更好。本研究中对于长节段OPLL患者行3D打印人工椎体联合PEEK-Cage进行前路支撑,术后随访6个月发现患者Cobb角、JOA或VAS评分随时间延长逐步改善,表明固定物未出现明显沉降。

然而本研究中仍有1例患者出现术中硬膜囊撕裂及术后脑脊液漏;1例患者术后肢体功能较术前下降;4例患者发生吞咽困难,占26.7%。因此,在颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入手术前后需注意以下几点:①术前需对患者进行仔细筛选。如后纵

韧带骨化范围超过2个椎体的患者仅进行本研究中的单个椎体切除和相邻间盘切除减压会导致减压范围不足,手术效果不佳;椎管占据率小于60%、K线为正的患者脊髓受压较重,即使1 mm的咬骨钳进入椎管也会对脊髓造成刺激甚至损伤,同时易存在骨化韧带与硬膜囊粘连,因此减压去除韧带时会造成硬膜囊撕裂的风险[9,11],以上情况应避免采用颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入手术。②做好术前准备。相对于单节段椎体切除或单间隙减压,由于颈椎前路3D打印人工椎体联合PEEK-Cage置入手术涉及手术节段较长,术后并发症发生风险可能较高,如颈椎前路切口内血肿形成、术后吞咽困难,因此术前嘱患者严格戒烟并评价肺功能,需提前3 d进行气管推移练习,以降低术中气管牵拉的难度和力度,避免严重的组织损伤[12]。③术中操作处理。既往行间盘切除后PEEK-Cage置入时需填充异体骨,本研究中手术时先进行椎体切除减压再进行间盘切除减压,可将椎体松质骨填入Cage,增强融合效果。手术过程中尤其需要注意对终板的处理,应避免过度刮除终板,因人工椎体应力较大,一旦终板强度下降,易导致Cage与人工椎体间的正常椎体压缩塌陷[13]。同时,在进行椎体切除时应衡量人工椎体宽度,避免减压槽过大导致人工椎体放置后出现倾斜。颈椎前路手术椎体切除时松质骨创面大,失血量多,术后易造成出血形成血肿,严重威胁患者生命[14],因此术中减压后可用骨蜡对侧壁出血点进行封堵,以减少出血。④术后并发症的处理。硬膜囊撕裂后导致的脑脊液漏是本研究中比较棘手的并发症之一,因颈椎前路手术操作空间小,硬膜修补困难[15],我们采取的方案是术后对切口进行严密的缝合,并保持头低足高位,留置引流管充分引流,充足补液,积极预防感染[16],待颈前切口愈合后拔除引流管,对切口进行缝合,该方案除了增加患者卧床时间外,无其他不良影响。

3D打印人工椎体具有三维多孔表面结构,内部空隙可置入自体松质骨,上下边界角度可根据术前三维CT定制,能完美贴合终板,促进骨质更好融合并维持良好的颈椎曲度[17]。PEEK-Cage材料因其模量与皮质骨更接近而被广泛使用,减少了应力屏蔽效应[17-18]。将二者联合应用到OPLL患者中,可以达到减压充分、减少创伤、术后恢复快的目的。目前研究纳入患者数量较少,缺少长期随访资料,对于椎体间融合及远期退变情况应延长随访时间以明确效果。

[参考文献]

[1] Boody BS, Lendner M, Vaccaro AR. Ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine: a review[J]. Int Orthop, 2019,43(4):797-805. doi:10.1007/s00264-018-4106-5.

[2] Head J, Rymarczuk G, Stricsek G, et al. Ossification of the posterior lngitudinal ligament: surgical approaches and associated complications [J]. Neurospine, 2019, 16(3): 517-529. doi: 10.14245/ns. 1938222.111.

[3] Nie W, Gu F, Wang Z, et al. Preliminary application of three-dimension printing technology in surgical management of bicondylar tibial plateau fractures[J]. Injury, 2019, 50(2): 476-483. doi: 10.1016/j. injury. 2018.12.019.

[4] Shah FA, Snis A, Matic A, et al. 3D printed Ti6Al4V implant surface promotes bone maturation and retains a higher density of less aged osteocytes at the bone-implant interface[J]. Acta Biomater, 2016, 30: 357-367. doi:10.1016/j. actbio. 2015.11.013.

[5] Godlewski B, Dominiak M. Advantages and disadvantages of the use of various types of interbody implants in cervical spine surgery. Critical review of the literature[J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2020, 22(4): 213-220. doi:10.5604/01.3001.0014.3457.

[6] Li M, Bai J, Tao H, et al. Rational integration of defense and repair synergy on PEEK osteoimplants via biomimetic peptide clicking strategy [J]. Bioact Mater, 2021, 18: 309-324. doi: 10.1016/j. bioactmat.2021.07.002.

[7] Odate S, Shikata J, Soeda T, et al. Surgical results and complications of anterior decompression and fusion as a revision surgery after initial posterior surgery for cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament[J]. J Neurosurg Spine, 2017, 26(4): 466-473. doi:10.3171/2016.9.SPINE16430.

[8] Wang L, Jiang Y, Li M, et al. Radiological characteristics and clinical outcome of ossification of posterior longitudinal ligament involving C_2 after posterior laminoplasty and instrumented fusion surgery[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2019, 44(3): E150-E156. doi: 10.1097/BRS.0000000000002807.

[9] Chachan S, Kasat NS, Keng PTL. Cervical myelopathy secondary to combined ossification of ligamentum flavum and posterior longitudinal ligament-a case report[J]. Int J Spine Surg, 2018, 12(2): 121-125. doi:10.14444/5018.

[10] 程 军,陈 建,谢鲤钟,等. 3D打印钛合金骨小梁人工椎体治疗颈椎后纵韧带骨化症[J]. 中国修复重建外科杂志,2024,38(5):535-541. doi:10.7507/1002-1892.202403003.

[11] Daniels AH, McDonald CL, Basques BA, et al. Ossified ligamentum flavum: epidemiology, treatment, and outcomes [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2022, 30(12): e842-e851. doi: 10.5435/JAAOS-D-21-01253.

[12] Liu J, Hai Y, Kang N, et al. Risk factors and preventative measures of early and persistent dysphagia after anterior cervical spine surgery: a systematic review[J]. Eur Spine J, 2018, 27(6): 1209-1218. doi: 10.1007/s00586-017-5311-4.

[13] Park JI, Cho DC, Kim KT, et al. Anterior cervical discectomy and fusion using a stand-alone polyetheretherketone cage packed with local autobone: assessment of bone fusion and subsidence [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2013, 54(3): 189-193. doi: 10.3340/jkns. 2013.54.3.189.

[14] Odate S, Shikata J, Yamamura S, et al. Extremely wide and asymmetric anterior decompression causes postoperative C_5 palsy: an analysis of 32 patients with postoperative C_5 palsy after anterior cervical decompression and fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38(25):2184-2189. doi:10.1097/BRS.0000000000000019.