

颈椎椎间融合器设计的历史沿革与研究进展

姜 威, 毛克亚

解放军总医院 骨科, 北京 100853

摘要: 颈椎融合术是治疗颈椎退行性疾病的重要手段, 早期的自体骨移植因高并发症发生率而逐渐被临床淘汰, 椎间融合器的出现使得该术式的成功率大大提升。从钛金属到 PEEK、可吸收材料, 从螺纹结构到盒式结构, 从钛板螺钉固定到零切迹方案, 融合器设计的发展使得融合速度与融合效果逐渐提升。本文针对椎间融合器的发展历程和最新进展作一综述。

关键词: 颈椎前路融合术; 椎间融合器; 复合材料

中图分类号: R 687.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-5227(2018)06-0538-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-5227.2018.06.020

网络出版时间: 2018-05-18 11:04

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1117.R.20180518.1104.008.html>

History and advances of cervical interbody fusion cage design

JIANG Wei, MAO Keya

Department of Orthopaedics, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: MAO Keya. Email: maokeya@sina.com

Abstract: Cervical vertebral fusion is an important method to treat cervical degenerative diseases. Due to high complication rate, autologous bone graft is gradually eliminated, while the appearance of interbody fusion cages has greatly increased the success rate of this procedure. From titanium metal to PEEK, absorbable materials, threaded structures to box-type structures, and titanium plate to zero-profile solutions, the development of fusion cage design has resulted in gradual increases in fusion speed and fusion efficiency. This article reviews the history and advances of cervical interbody fusion cage.

Keywords: anterior cervical discectomy and fusion; interbody cage; composite

颈椎前路椎间融合术 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 是治疗颈椎退行性疾病使用最广泛、效果最确切的手术方式之一^[1], 也常用于颈椎畸形, 创伤和肿瘤的治疗^[2]。Cloward^[3]、Smith 和 Robinson^[4] 在 20 世纪 50 年代分别报道了最早的 ACDF 术, 均描述了通过沿胸锁乳突肌前缘的纵向切口进行前路手术, 分离软组织后, 环形切开纤维环进行椎间盘切除术并去除所有致压物, 然后取自体骨进行融合。时至今日, 该术式仍然是颈椎退行性疾病手术治疗的金标准, 但经过多年的技术改进、置入物的设计和材料的进步使得术后的融合率和临床疗效已得到大幅度提升^[5]。最初, 市场上可用的融合器的制造材料和设计差异很大, 在外形上主要有螺纹和非螺纹设计, 材料上分为非金属和金属材料。近年螺纹结构融合器已逐渐淘汰, 非螺纹结构的矩形、楔形设计以及钛合金、聚醚醚酮 (PEEK)、碳纤维等新型材料的出现, 使椎间融合器 (以下简称 Cage) 的制造发生了翻天覆地的变化。本文将重新审视颈椎椎间融合器的设计发展历程并展望未来的研究方向。

1 Cage 设计的历史沿革

1.1 Cage 形状设计演变 Cage 的基本设计是一个小型具有中心腔的置入物, 具有侧向, 上部和(或)下部窗口, 用来填充自体骨、人工合成骨诱导材料或同种异体骨^[6]。Cage 设计可分为螺纹结构和非螺纹笼结构 (圆柱形和箱形), 每种类型都有其各自的优缺点。

螺纹结构 Cage 是基于 Cloward 的手术设计而成, 是最早的椎间融合器。BAK-C (图 1A Sulzer Spinetech 公司) 于 1992 年发布, 是一种填充自体骨的多孔钛合金圆柱体^[7]。由于其安全性和即时稳定性, 该装置获得了成功, 与无螺纹 Cage 和髂嵴植骨块相比, 该装置具有显著的高压缩强度和加速融合的优点^[8]。然而, 后续的临床很快暴露了螺纹结构设计的缺点: 由于椎间隙宽度的限制以及椎体终板强度减弱引起严重的椎间融合器沉降, 导致最大分离高度的降低。此外, 体外生物力学研究中, 比较了该类 Cage 与三斜面植骨块, 发现螺纹结构 Cage 在屈曲、伸展和侧曲活动时不够稳定^[9-10]。

箱形和圆柱形 (图 1B, Harms, Depuy) Cage 类似 Smith & Robinson 的马蹄形移植植物。最初的设计是矩形, 带有粗糙的接触面以改善融合器的表面锚固^[10]。这种设计与三面骨皮质移植块相比, 在各方面都表现出更好的节段稳定性^[9]。到 20 世纪初, 箱形的 Cage 开始结合梯形和楔形设计。两者都旨在模仿正侧的颈椎解剖形态, 同时增加节段稳定和接触面积。梯形 Cage 反向匹配椎体终板, 以增加侧曲, 弯曲

收稿日期: 2018-03-14

基金项目: 北京市科技计划 (Z161100001516013)

Supported by the Science and Technology Program of Beijing (Z16110000 1516013)

作者简介: 姜威, 男, 硕士, 主治医师。研究方向: 脊柱外科。

Email: longsky522@yeah.net

通信作者: 毛克亚, 男, 博士, 主任医师, 硕士生导师。Email:

maokeya@sina.com

和轴向旋转的稳定性^[11]，而楔形设计利用前斜坡，前后高差1~2 mm，以更好地自然恢复颈椎生理前凸^[12-13]。



图1 螺纹结构Cage (A)和非螺纹结构Cage (B)
Fig.1 Threaded cage (A) & non-threaded cage (B)

体外研究显示，螺纹结构Cage和圆柱Cage的组内差异很小，总体差异不大。然而，一项研究报告显示圆柱Cage对屈伸和侧曲具有更好的控制能力。与完整的运动节段相比，由于终板-内置物的接触面积减少，因此圆柱设计的旋转稳定性较低^[9]。

从生物力学的角度来看，无螺纹Cage由于能够模仿健康的颈椎解剖结构而优于螺纹Cage，因此改善接触面积的同时可保持初始稳定性，然而新的设计不断涌现，通过适应椎间隙的自然尺寸来改进各方面设计。WING Cage (Medinorm AG, 德国)采用一个圆柱形的中心和两个扁平的侧翼^[11]。圆柱形中心允许与骨松质接触，而侧翼增加与相邻椎骨的接触面积以抵抗过度的沉降。虽然它取得了良好的临床结果和融合率，但该Cage由于初始骨接触减少和早期侧向不稳，导致其与普通螺纹Cage或盒式Cage设计相比没有明显的优势^[14]。

目前，比较不同形状Cage的临床文献有限，从临床应用的趋势中可以看出非螺纹结构的楔形设计盒式Cage应用更为广泛；这归因于此设计使得Cage的置入更加简便，在获得更大节段稳定度的同时有利于颈椎生理曲度的恢复。

1.2 Cage材料设计演变 融合器的制造材料伴随着形状设计的变化而演变。生物材料领域的研究非常普遍，但只有大量应用于临床才能得到客观的效果评价。碳纤维增强聚合物(CF-P)，钛(Ti)和聚醚醚酮(PEEK)是初期用于制造椎间融合器的三种主要材料。虽然研究表明CF-P Cage实现了高融合率和良好的临床结果，然而PEEK材料因其优越的弹性模量在很大程度上已经取代了CF-P Cage^[15-18]。

钛和PEEK是目前用于融合器制造的两大主流材料，究竟哪个更优秀目前尚存争议。1990年首次用于脊柱融合术以来，钛金属以轻量、耐腐蚀的优点获得广泛的应用。

同时，钛金属融合器表面经修饰后可促进骨整合和骨组织黏附^[19]。10年后出现的PEEK材料融合器具有可透X线、生物相容性好、弹性模量接近于骨等优点^[20]。一些钛与PEEK融合器的对比研究得到了不同的结果，Lingutla等^[21]发现使用钛金属和PEEK Cage术后椎间隙高度无差异，而Chen等^[9]的研究却发现PEEK融合器能够更好地维持椎间隙高度。但是，两项研究均发现钛金属Cage会出现较大概率的沉降。尽管多项研究表明PEEK比钛具有更好的融合率和更少的下沉，并且因此可能成为首选的椎间融合器材料，但应力过度分散和对终板处理的高要求会影响PEEK融合器对脊柱融合的疗效^[22]。

2 Cage设计的最新进展

2.1 复合材料Cage 理想的Cage设计是恢复脊柱的生理序列和正常的椎间隙高度，以及实现术后即刻的稳定性，高融合率和低并发症率。最近的Cage设计试图通过促进早期的骨结合并通过修改Cage表面来提高融合并降低并发症发生率。钛及其合金可以通过等离子束和电子喷涂技术进行修改以增加表面粗糙度^[23]，体外实验表明，增加成骨细胞的分化的原因是钛金属引起总蛋白和碱性磷酸酶水平的升高^[24]。钛的高生物活性可以与PEEK的弹性模量和透X光性结合用来制作复合钛-PEEK Cage^[25-26]。临床上可用的复合材料Cage如Combo@Cage(图2A, A-SPINE Asia, 台湾)将钛合金的上下表面与PEEK主体结合在一起，理论上增加了骨-置入物的融合，但文献中缺乏临床和影像学的证据来支持这一设计。由于市场上可用的融合器的种类以及新设计的发布速度，提高了利用大型长期临床研究来验证新的Cage设计的相对有效性的难度。

2.2 零切迹设计 改进箱式Cage设计的另一个重点是将前路钢板与Cage结合成独立的融合器^[27]。Zero-Profile Cage采用一体化的低切迹钢板设计，以避免置入物对周围软组织的影响，减少吞咽困难发生率和其他钢板相关并发症，同时保持良好的临床和融合结果^[28-29]。目前有三种采用零切迹设计的融合系统应用于临床。Zero-P(图2B, Synthes, Switzerland)于2008年获得美国食品和药物管理局的批准，由一个包含四个钉孔的微型钛板与PEEK主体组成，内部螺钉长度为14 mm或16 mm。多篇文献比较了zero-p Cage与Cage+钛板固定的临床效果，发现zero-p术后并发症率更低^[30-33]，但二者融合率相当。ROI-C Cage(LDR Holding Global Corporation, France)采用了另一种零切迹固定方法，该方案将PEEK主体与自锁式固定板相结合，置入Cage时

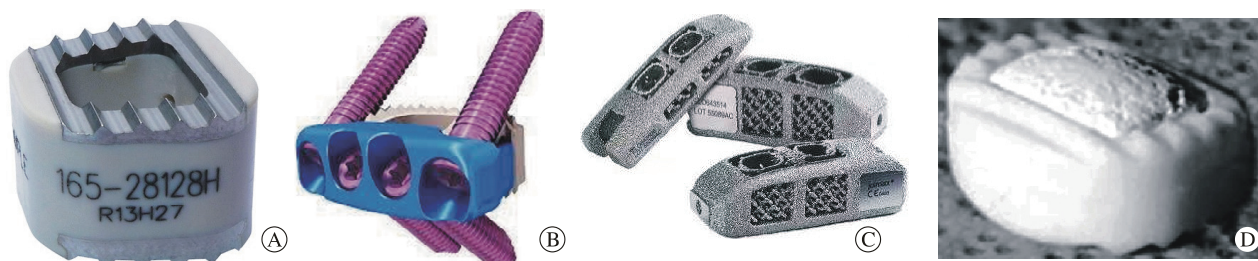


图2 几种新型Cage A:复合材料Cage; B:零切迹Cage; C:多孔钛合金Cage; D:可吸收材料Cage

Fig.2 Several new types of cage A: combo cervical disc cage; B: zero-profile cage; C: porous Ti alloy cage; D: absorbable cage

固定板通过椎间隙直接插入相邻的椎体,不需要任何外部硬件。ROI-C Cage与钉板固定的临床效果比较尚无文献报道,但有文献报告1例多节段ACDF术中,ROI-C Cage置入后导致椎体骨折^[34]。

Fidji颈椎Cage(zimmer, Germer)由PEEK材料制成,解剖形状与椎体终板匹配,矢状切面呈楔形,可提供一定程度的颈椎前凸。在Cage中心设计有一枚可拆卸的自锁式钛合金鳍片,Cage置入椎间隙后鳍片可插入上下终板增加稳定性并防止Cage退出。内部两个中空的植骨窗可植入自体骨或人工植骨材料。Li和Huang等报道该新型Cage与普通PEEK Cage+钉板系统比较,临床效果、并发症率均无差异,但该新型Cage吞咽困难的发生率明显降低^[35-36]。

2.3 多孔结构合金 多孔结构合金的置入物能恢复骨形态,并促进损伤部位骨组织的再生。多孔结构椎间有以下特点:1)生物相容性;2)适于细胞黏附、增殖和分化的表面;3)具有用于细胞向内生长、运输营养物质和代谢废物的相互连接的孔网络的高度多孔;4)机械性能符合周围组织的要求,以减少或消除应力屏蔽,并满足解剖负荷要求,以避免机械故障。近年随着增材制造技术的发展,多孔结构金属内置物、个性化缺损修复器材的制造出现了革命性的进步。利用EBM技术可制造出内部具有相互联通的微孔结构的Ti6Al4V合金椎间融合器。内部网格状多孔结构的钛合金具有与骨组织相似的杨氏模量,同时具有良好的生物相容性、抗腐蚀性,且内部相通的多孔结构利于骨组织长入。多项体外研究通过细胞增殖等方法表明多孔Ti6Al4V合金具有良好的生物相容性^[37-38]。两项多孔Ti6Al4V合金的体外研究中,在置入物的整个表面和多孔结构内均观察到细胞扩散和增殖^[39-40],这表明在多孔结构上实现了增强的细胞接种和增殖。多孔Ti6Al4V(图2C)在动物模型中表现良好,因为在裸露和表面涂覆的多孔Ti6Al4V结构上实现了新骨生长和骨整合。

2.4 可吸收材料 自1966年聚乳酸首次将应用于临床以后,可吸收生物材料开始受到研究者的重视。这类材料有极佳的生物相容性,其本身置入体内一定时间后可以被人体降解为小分子物质排泄到体外,甚至可以参与体内物质代谢。Daentzer等^[41]将可吸收的镁聚合物融合器与骨移植体置入羊体内进行比较,发现尽管生物可吸收融合器的稳定性随时间增加,但骨移植体仍提供更高的融合率,因为镁聚合物融合器的一个主要缺陷是不能促进骨整合。Ren等^[42]将多氨基酸共聚物、纳米羟基磷灰石、硫酸钙(MAACP/n-HA/CS)三者的复合物制成的Cage与钛合金Cage、自体植骨块进行动物实验研究,发现MAACP/n-HA/CS材料组获得了更好的融合率。

最近的研究还探索了利用聚乳酸(PLLA)—聚乙醇酸(PGLA)共聚物和聚L-丙交酯-CoD, L-丙交酯材料的可吸收Cage(图2D)的发展,这些置入物表现出足够的刚性,可促进骨形成和固体关节固定。另外相比较金属和PEEK融合器,完整的术后吸收有利于融合效果的放射性评估。然而,这些益处仍然是理论上的,Brenke等^[43]对于置入

β -tricalcium phosphate和poly DL lactic acid复合Cage的33例病人进行研究显示未行钉板系统固定的可吸收Cage置入后有4例病人Cage严重脱出,需要翻修手术。

3 结语

椎间融合器的设计制造到成熟应用于临床是一个漫长而曲折的过程,不仅涉及临床医学、基础医学、材料学、力学等多个学科,而且往往需要数年时间与大量病例方可得到可靠的结果。当前,多孔材料、可吸收材料、零切迹方案仍是融合器研究的前沿,相信通过研究者的不懈努力,理想的椎间融合器在不远的未来终会问世。

参考文献

- 1 Fountas KN, Kapsalaki EZ, Nikolakakos LG, et al. Anterior cervical discectomy and fusion associated complications [J]. *Spine*, 2007, 32 (21): 2310-2317.
- 2 Anderson DG, Albert TJ. Bone grafting, implants, and plating options for anterior cervical fusions [J]. *Orthop Clin North Am*, 2002, 33 (2): 317-328.
- 3 Cloward RB. The anterior approach for removal of ruptured cervical disks [J]. *J Neurosurg*, 1958, 15 (6): 602-617.
- 4 Smith GW, Robinson RA. The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1958, 40-A (3): 607-624.
- 5 Hacker RJ. A randomized prospective study of an anterior cervical interbody fusion device with a minimum of 2 years of follow-up results [J]. *J Neurosurg*, 2000, 93 (2 Suppl): 222-226.
- 6 Wilke HJ, Kettler A, Claes L. Primary stabilizing effect of interbody fusion devices for the cervical spine: an in vitro comparison between three different cage types and bone cement [J]. *Eur Spine J*, 2000, 9 (5): 410-416.
- 7 Matg é G. Cervical cage fusion with 5 different implants: 250 cases [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2002, 144 (6): 539-549.
- 8 Kandziora F, Schollmeier G, Scholz M, et al. Influence of cage design on interbody fusion in a sheep cervical spine model [J]. *J Neurosurg*, 2002, 96 (3 Suppl): 321-332.
- 9 Kandziora F, Pflugmacher R, Schäfer J, et al. Biomechanical comparison of cervical spine interbody fusion cages [J]. *Spine*, 2001, 26 (17): 1850-1857.
- 10 Kettler A, Wilke HJ, Claes L. Effects of neck movements on stability and subsidence in cervical interbody fusion: an in vitro study [J]. *J Neurosurg*, 2001, 94 (1 Suppl): 97-107.
- 11 Wilke HJ, Kettler A, Goetz C, et al. Subsidence resulting from simulated postoperative neck movements: an in vitro investigation with a new cervical fusion cage [J]. *Spine*, 2000, 25 (21): 2762-2770.
- 12 Gödde S, Fritsch E, Dienst M, et al. Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion [J]. *Spine*, 2003, 28 (15): 1693-1699.
- 13 Bartels RH, Donk R, van Azn RD. Height of cervical foramina after anterior discectomy and implantation of a carbon fiber cage [J]. *J Neurosurg*, 2001, 95 (1 Suppl): 40-42.
- 14 Schmieder K, Wolzik-Grossmann M, Pechlivanis I, et al. Subsidence of the wing titanium cage after anterior cervical interbody fusion: 2-year follow-up study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 4 (6): 447-453.
- 15 Bartels RH, Donk RD, Feuth T. Subsidence of stand-alone cervical carbon fiber cages [J]. *Neurosurgery*, 2006, 58 (3): 502-508.
- 16 Vavruch L, Hedlund R, Javid D, et al. A prospective randomized comparison between the cloward procedure and a carbon fiber cage in the cervical spine: a clinical and radiologic study [J]. *Spine*, 2002, 27 (16): 1694-1701.

- 17 Gercek E, Arlet V, Delisle J, et al. Subsidence of stand-alone cervical cages in anterior interbody fusion : warning [J] . *European Spine Journal*, 2003, 12 (5) : 513-516.
- 18 Mobbs RJ, Chau AM, Durmush D. Biphasic calcium phosphate contained within a polyetheretherketone cage with and without plating for anterior cervical discectomy and fusion [J] . *Orthop Surg*, 2012, 4 (3) : 156-165.
- 19 Chen Y, Wang X, Lu X, et al. Comparison of titanium and polyetheretherketone (PEEK) cages in the surgical treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy : a prospective, randomized, control study with over 7-year follow-up [J] . *Eur Spine J*, 2013, 22 (7) : 1539-1546.
- 20 Orief T, Ramadan I, Seddik Z, et al. Comparative evaluation of bone-filled Polymethylmethacrylate implant, autograft fusion, and Polyetheretherketone cervical cage fusion for the treatment of single-level cervical disc disease [J] . *Asian J Neurosurg*, 2010, 5 (2) : 46-56.
- 21 Lingutla K, Gudipati S, Pollock R, et al. Radiological outcomes of Peek vs Titanium transforaminal lumbar interbody cages [J] . *The Spine Journal*, 2015, 15 (3) : S53.
- 22 Kim CH, Chung CK, Jahng TA, et al. Segmental kyphosis after cervical interbody fusion with stand-alone polyetheretherketone (PEEK) cages : a comparative study on 2 different PEEK cages [J] . *J Spinal Disord Tech*, 2015, 28 (1) : E17-E24.
- 23 Rao PJ, Pelletier MH, Walsh WR, et al. Spine interbody implants : material selection and modification, functionalization and bioactivation of surfaces to improve osseointegration [J] . *Orthop Surg*, 2014, 6 (2) : 81-89.
- 24 Rosa AL, Beloti MM. Effect of cpTi surface roughness on human bone marrow cell attachment, proliferation, and differentiation [J] . *Braz Dent J*, 2003, 14 (1) : 16-21.
- 25 Olivares-Navarrete R, Hyzy SL, Pan Q, et al. Osteoblast maturation on microtextured titanium involves paracrine regulation of bone morphogenetic protein signaling [J] . *J Biomed Mater Res A*, 2015, 103 (5) : 1721-1731.
- 26 Han CM, Lee EJ, Kim HE, et al. The electron beam deposition of titanium on polyetheretherketone (PEEK) and the resulting enhanced biological properties [J] . *Biomaterials*, 2010, 31 (13) : 3465-3470.
- 27 Scholz M, Reyes PM, Schleicher P, et al. A new stand-alone cervical anterior interbody fusion device : biomechanical comparison with established anterior cervical fixation devices [J] . *Spine*, 2009, 34 (2) : 156-160.
- 28 Qi M, Chen H, Liu Y, et al. The use of a zero-profile device compared with an anterior plate and cage in the treatment of patients with symptomatic cervical spondylosis : A preliminary clinical investigation [J] . *Bone Joint J*, 2013, 95-B (4) : 543-547.
- 29 Miao J, Shen Y, Kuang Y, et al. Early follow-up outcomes of a new zero-profile implant used in anterior cervical discectomy and fusion [J] . *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26 (5) : E193-E197.
- 30 Chang H, Baek DH, Choi BW. Efficacy of Zero-Profile Implant in Anterior Fusion to Treat Degenerative Cervical Spine Disease : Comparison with Techniques Using Bone Graft and Anterior Plating [J] . *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2015, 76 (4) : 268-273.
- 31 Scholz M, Schnake KJ, Pingel A, et al. A new zero-profile implant for stand-alone anterior cervical interbody fusion [J] . *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469 (3) : 666-673.
- 32 Xiao S, Liang Z, Wei W, et al. Zero-profile anchored cage reduces risk of postoperative dysphagia compared with cage with plate fixation after anterior cervical discectomy and fusion [J] . *Eur Spine J*, 2017, 26 (4) : 975-984.
- 33 Shao H, Chen J, Ru B, et al. Zero-profile implant versus conventional cage-plate implant in anterior cervical discectomy and fusion for the treatment of degenerative cervical spondylosis : a meta-analysis [J] . *J Orthop Surg Res*, 2015, 10 (1) .
- 34 Mattei TA, Teles AR, Dinh DH. Vertebral body fracture after anterior cervical discectomy and fusion with zero-profile anchored cages in adjacent levels : a cautionary tale [J] . *Eur Spine J*, 2016 : .
- 35 Li Z, Zhao Y, Tang J, et al. A comparison of a new zero-profile, stand-alone Fidji cervical cage and anterior cervical plate for single and multilevel ACDF : a minimum 2-year follow-up study [J] . *Eur Spine J*, 2017, 26 (4) : 1129-1139.
- 36 Huang SL, Yan HW, Wang KZ. Use of Fidji cervical cage in the treatment of cervical spinal cord injury without radiographic abnormality [J/OL] . <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/810172>.
- 37 Markwardt J, Friedrichs J, Werner C, et al. Experimental study on the behavior of primary human osteoblasts on laser-cused pure titanium surfaces [J] . *J Biomed Mater Res A*, 2014, 102 (5) : 1422-1430.
- 38 Chai YC, Kerckhofs G, Roberts SJ, et al. Ectopic bone formation by 3D porous calcium phosphate-Ti6Al4V hybrids produced by perfusion electrodeposition [J] . *Biomaterials*, 2012, 33 (16) : 4044-4058.
- 39 Van Bael S, Chai YC, Truscetto S, et al. The effect of pore geometry on the in vitro biological behavior of human periosteum-derived cells seeded on selective laser-melted Ti6Al4V bone scaffolds [J] . *Acta Biomater*, 2012, 8 (7) : 2824-2834.
- 40 Bandyopadhyay A, Espana F, Balla VK, et al. Influence of porosity on mechanical properties and in vivo response of Ti6Al4V implants [J] . *Acta Biomater*, 2010, 6 (4) : 1640-1648.
- 41 Daentzer D, Willbold E, Kalla K, et al. Bioabsorbable interbody magnesium-polymer cage : degradation kinetics, biomechanical stiffness, and histological findings from an ovine cervical spine fusion model [J] . *Spine*, 2014, 39 (20) : E1220-E1227.
- 42 Ren C, Song Y, Xue Y, et al. Evaluation of Bioabsorbable Multiamino Acid Copolymer/Nanohydroxyapatite/Calcium Sulfate Cage in a Goat Spine Model [J] . *World Neurosurg*, 2017, 103 : 341-347.
- 43 Brenke C, Kindling S, Scharf J, et al. Short-term experience with a new absorbable composite cage (β -tricalcium phosphate-poly(lactic acid)) in patients after stand-alone anterior cervical discectomy and fusion [J] . *Spine*, 2013, 38 (11) : E635-E640.

欢 迎 投 稿 欢 迎 订 阅