临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000895

n-HA/PA66椎间融合器在颈椎病前路椎间盘切除减压融合术的中期临床疗效

邓乾兴，欧云生，蒋电明，刘　渤，朱　勇，赵增辉
（重庆医科大学附属第一医院骨科，重庆　400016）

【摘　要】**目的**：探讨纳米羟基磷灰石/聚酰胺66椎间融合器（nano-hydroxyapatite/polyamide66 Cage，n-HA/PA66 Cage）在颈椎病前路单、双节段椎间盘切除减压椎间植骨融合内固定术的中期临床疗效。**方法**：回顾性分析2009年7月至2012年5月行手术治疗并完整随访的63例患者，均行颈前路减压、n-HA/PA66 Cage椎间植骨融合、钛钉板系统内固定术，颈椎单节段融合45例，双节段融合18例。记录手术时间、术中出血量、术中术后相关并发症。采用视觉模拟疼痛评分（visual analogue scale，VAS）、日本骨科学会评分（Japanese Orthopaedic Association Scores，JOA）、颈椎功能障碍指数（neek disability index，NDI）进行临床疗效评价；影像学评价包括手术节段椎间隙高度、前凸角、植骨融合情况等。**结果**：63例患者获得30~64个月随访，平均46.9个月。平均手术出血量55.08 ml，手术时间平均为116.98 min。术后11例患者出现短暂吞咽困难，2例患者出现颈部血肿，4例患者发生颈部轴性症状，2例患者并发C5神经根麻痹。单、双节段术后1周、末次随访时VAS评分、JOA评分均较术前改善（$P<0.05$）；单、双节段术后3个月、末次随访时NDI均较术前改善（$P<0.05$）。单、双节段术后1周、术后3个月、末次随访时融合节段椎间高度及前凸角均较术前改善（$P<0.05$）。其中2例单节段出现融合器下沉，1例双节段出现融合器下沉，融合器下沉率4.76%，96.83%患者术后6个月获得骨性融合。所有患者均无脊髓、硬膜囊、喉返神经、喉上神经等损伤，无感染、内固定失败等并发症。**结论**：n-HA/PA66椎间融合器可有效重建颈椎骨性结构、恢复颈椎曲度、维持颈椎间隙高度，获得良好的中期临床疗效，是一种理想的颈椎椎间植骨融合替代材料。

【关键词】纳米羟基磷灰石；聚酰胺66；椎间融合器；颈前路减压融合术；内固定
【中图分类号】R681.5+5　　【文献标志码】A　　【收稿日期】2015-01-06

Mid-term clinical efficacy of n-HA/PA66 cage in anterior cervical discectomy and fusion

Deng Qianxing, Ou Yunsheng, Jiang Dianming, Liu Bo, Zhu Yong, Zhao Zenghui
(*Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University*)

【Abstract】***Objective***: To explore the mid-term clinical efficacy of nano-hydroxyapatite/polyamide66 cage(n-HA/PA66 cage) in anterior single-level and double-level cervical discectomy, decompression and fusion. ***Methods***: A retrospective analysis was designed and conducted for 63 patients(45 cases were single-level, 18 cases were double-level) who had a surgery of anterior cervical discectomy, n-HA/PA66 cage intervertebral fusion, titanium nail plate system internal fixation and had complete follow-up from July 2009 to May 2012. The surgery time, blood loss and complications of the operation were recorded. visual analogue scale scores, Japanese Orthopaedic Association Scores, neek disability index were adopted to assess clinical outcomes, radiology results including the height of intervertebral space, the angle of fused cervical lordosis, the fusion rate, et al. ***Results***: All patients had 30-64 months' follow-up, an average of 46.9 months. The mean surgery time and blood loss of the operation was 55.08 ml and 116.98 min respectively. Eleven cases occurred temporary dysphagia, 2 cases happened neck hematoma, 4 cases (6.35%) with cervical axial symptoms, 2 cases (3.17%) with C5 palsy. The VAS scores and JOA scores in single-level and double-level were improved at one week after the operation and at final follow-up compared with those of pre-operation ($P<0.05$). The NDI in single-level and double-level was improved at three months after the operation and at final follow-up compared with those of pre-operation ($P<0.05$). The height of intervertebral space and the angle of fused

作者介绍：邓乾兴，Email：dengqianxing6@126.com，研究方向：脊柱外科。
通信作者：欧云生，Email：ouyunsheng2001@163.com。
基金项目：国家高新技术研究发展计划（863）资助项目（编号：2002AA326020）；重庆市科学技术委员会科技攻关资助项目（编号：csct2012gg-yyjs10018）；重庆医科大学自然科学基金资助项目（编号：2012横向课题）。
优先出版：http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20160318.1224.030.html（2016-03-18）

cervical lordosis in single-level and double-level were increased at one week, three months after the operation and at final follow-up compared with those of pre-operation ($P<0.05$). Three cases (2 in single-level and 1 in double-level) had subsidence of cage; the subsidence rate of cage was 4.76% at final follow-up. The fusion rate was 96.83% after operation. No other complication (such as tissue injury, infection, screw broken, et al) was observed after the operation. ***Conclusion***: n-HA/PA66 cage can effectively reconstruct the bony structure of cervical, restore the angle of cervical lordosis and can maintain the height of intervertebral space, with favorable clinical curative effects. It can be an ideal pedicle-substitute material for cervical discectomy and fusion.

【Key words】nano-hydroxyapatite; polyamide 66; interbody fusion cage; anterior cervical decompression and fusion; internal fixation

颈椎前路减压融合术（anterior cervical decompression and fusion, ACDF）为治疗神经根型、脊髓型、混合型颈椎病、颈椎间盘突出症、颈椎不稳等颈椎疾病的常用手术方式[1-3]，该手术中颈椎结构的重建及重建后颈椎稳定性的维持一直是脊柱外科医师十分关注的问题，椎体间最终的植骨融合是保证该手术成功的重要条件。自体髂骨植骨被认为是植骨融合术的“金标准”[4]，但存在取髂骨处疼痛、血肿、感染、延长手术时间等缺点[5-6]，应用逐渐减少。碳纤维、钛合金、聚醚醚酮等椎间融合器先后在临床得到应用，但亦有不少并发症[7-12]。纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 椎间融合器是新研发的重建与支撑材料，已应用于颈椎、腰椎的椎体间融合术中，证实其可有效重建解剖结构，提供有效的支撑，且可获得良好的植骨融合，初期临床疗效尚好，并发症少[13-14]。本文回顾性分析我院 2009 年 7 月至 2012 年 5 月因颈椎病行颈前路减压、n-HA/PA66 Cage 椎间植骨融合、钛钉板系统内固定术并完整随访的 63 例患者，平均随访 46.9 个月，取得良好的临床疗效，报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

2009 年 7 月至 2012 年 5 月因颈椎病接受前路椎间盘切除减压椎间植骨融合内固定术的患者。入选条件：确诊为颈椎病（神经根型、脊髓型、混合型）、颈椎间盘突出症、颈椎节段性不稳症，经非手术治疗无效；随访时间至少 30 个月并有完整随访资料者。排除标准：骨质疏松症、后纵韧带骨化症、颈椎管狭窄症、感染、手术节段≥3 个的患者。纳入研究患者 63 例，共 81 个椎间隙。考虑单、双节段椎间隙高度及节段性前凸角测量结果有较大差异，本研究将手术节段分为单节段、双节段分别进行结果分析。其中单节段融合的男性 21 例，女性 24 例，平均年龄 51.4 岁，$C_{3/4}$ 7 例，$C_{4/5}$ 15 例，$C_{5/6}$ 19 例，$C_{6/7}$ 4 例；双节段融合的男性 8 例，女性 10 例，平均年龄 57.6 岁，$C_{3/4,4/5}$ 7 例，$C_{4/5,5/6}$ 11 例。

1.2 n-HA/PA66 颈椎融合器

纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 椎间融合器为马蹄形，前后径 13 mm、左右径 16 mm，高度有 5、6、7、8 mm，四壁较厚，周边多个 2 mm 小孔，表面齿状结构，具有弧形外观（图 1）。



图 1 n-HA/PA66 颈椎椎间融合器

Fig.1 n-HA/PA66 cervical interbody cages

1.3 治疗方法

常规颈椎前路手术准备，以 $C_{4/5}$ 椎间盘切除减压、椎间植骨融合、内固定术为例。患者仰卧位，采用气管插管复合静脉麻醉。常规消毒铺巾，取右侧颈前横切口，依次切开皮肤、颈阔肌及筋膜，于颈动脉鞘与内脏鞘之间进入，显露椎体前方。C 形臂光机确定 $C_{4/5}$ 椎间隙，Caspar 撑开器撑开 $C_{4/5}$ 间隙，切除 $C_{4/5}$ 椎间盘组织至上下软骨终板，咬除 C_4、C_5 椎体后缘骨赘至后纵韧带，两侧至钩椎关节，切除后纵韧带，咬除 C_4 椎体后下缘、C_5 椎体后上缘骨赘，充分减压神经根或脊髓。选择规格合适的融合器，将咬除的自体松质骨碎骨粒填充于融合器中空部，于 $C_{4/5}$ 间隙植入椎间融合，透视确定融合器位置良好，将剩余松质骨骨粒植于融合器周边间隙，取出撑开器，安置前路钛钉板系统固定，确定无活动性出血后安置引流管及引流条，逐层缝合。

1.4 术后处理

术后 1~3 d 抗生素治疗，并予以脱水剂、小剂量激素等治疗。保持伤口敷料干燥、整洁，切口引流小于 20 ml/24 h 时拔出引流管，复查颈椎正侧位片。术后 3~5 d 可佩戴颈托下床活动，3 个月内颈托保护。术后 1 个月、3 个月、6 个月及末次随访时均拍摄颈椎正侧位及动力 X 线，术后 6 个月时加行颈椎 CT 及三维重建。

1.5 观察指标

1.5.1 手术相关指标 记录手术时间、术中出血量、手术相关并发症及术后并发症，手术相关并发症包括脊髓、喉返神经或喉上神经、食管等组织损伤。术后并发症包括切口血肿形成、感染、内固定情况等。

1.5.2 临床疗效评价 采用日本骨科学会评分(Japanese Orthopaedic Association Scores,JOA)、颈椎功能障碍指数(neek disability index,NDI)、视觉模拟疼痛评分(visual analogue scale,VAS)进行术前、术后各时间点临床疗效观察。

1.5.3 植骨融合评价 根据影像学资料,术后 6 个月时按照 Brantigan 法[15]5 级融合标准评价植骨融合情况,本研究定义 D、E 级融合为植骨融合。

1.5.4 融合节段椎间高度与前凸角 根据术前、术后 1 周、3 个月及末次随访时颈椎侧位 X 线测量融合节段椎间隙高度、融合节段前凸角,定义手术节段上位椎体下终板中点至下位椎体上终板中点间距为椎间隙高度,定义手术节段上位椎体上终板与下位椎体下终板角度为节段前凸角。

1.6 统计分析

采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据分析,计量资料数据采用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,观察指标各时间点用一般线性模型的重复测量过程采用重复测量资料的方差分析,检验水准α=0.05。

2 结 果

2.1 手术相关情况

本组 63 例患者手术顺利,平均手术时间(116.98 ± 24.64) min,术中平均出血量(55.08 ± 29.45) ml,术后 11 例患者出现短暂吞咽困难,经对症处理后好转,术后 2 例患者形成颈部表浅血肿,予以引流后未出现呼吸困难或需气管切开等严重并发症,所有患者手术切口一期愈合,4 例患者发生颈部轴性症状,2 例患者并发 C_5 神经根麻痹。无脊髓、硬膜囊、喉返神经、喉上神经损伤等,无感染、内固定失败等并发症(表1)。

2.2 植骨融合与融合器下沉情况

术后 6 个月时 61 例患者获得 D、E 级骨性融合,2 例患者融合等级为 C 级,融合率 96.83%;术后随访期间 3 例患者出现融合器下沉,但未导致内固定失败,最终达到骨性融合(表 1)。

2.3 临床疗效

经重复测量方差分析,术后各时间点单节段 VAS 评分、JOA 评分、NDI 均较术前改善(F 值分别为 262.81、522.21、323.36,P 值均为 0.000),双节段术后各时间点 VAS 评分、JOA 评分、NDI 均较术前明显改善(F 值分别为 79.06、291.26、107.37,P 值均为 0.000)。见表 2、3。

2.4 融合节段椎间高度与前凸角度

对患者影像学资料进行分析,经重复测量方差分析,单节段及双节段患者术后随访各时间点椎间高度均较术前明显改善(F 值分别为 391.23、372.42,P 值均为 0.000),单节段及双节段患者术后随访各时间点前凸角均较术前明显改善(F 值分别为 300.28、520.99,P 值均为 0.000)。81 个手术节段平均矫正椎间高度 2.88 mm,平均丢失 0.48 mm;单节段融合椎间高度、前凸角平均矫正 2.87 mm、5.38°,平均丢失 0.54 mm、1.56°,双节段融合平均矫正分别为 5.79 mm、10.61°,平均丢失分别为 0.83 mm、2.60°(表 2、表 3、图 2)。

表 1 63 例患者手术一般情况、植骨融合率及融合器下沉率

Tab.1 Relevant indexes of operation, fusion rate and subsidence rate for patients

	单节段(n=45)	双节段(n=18)	总和(n=63)
手术时间(min)	104.56 ± 14.41	148.06 ± 15.64	116.98 ± 24.64
手术出血量(ml)	44.89 ± 18.29	80.56 ± 36.54	55.08 ± 29.45
并发症(例)			
短暂吞咽困难	4	7	11
切口血肿	1	1	2
融合器下沉(≥3 mm[11])	2	1	3
轴性症状	2	2	4
C5 神经根麻痹	1	1	2
融合率(6 个月,%)	97.78	94.44	96.83
下沉率(末次随访,%)	4.44	5.56	4.76

表 2 单节段患者术前、术后各时间点 VAS 评分、JOA 评分、NDI 及影像学指标($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 VAS,JOA,NDI and radiology results of pre-operation and post-operation($\bar{x} \pm s$)

	VAS评分	JOA评分	NDI	融合节段椎间高度(mm)	融合节段前凸角(°)
术前	5.84 ± 1.33	10.07 ± 1.57	9.40 ± 2.94	4.67 ± 0.41	2.70 ± 2.45
术后 1 周	2.38 ± 1.03	15.49 ± 1.14	-	7.54 ± 0.21	8.08 ± 1.06
术后 3 月	-	-	3.96 ± 3.50	7.37 ± 0.17	7.44 ± 0.87
末次随访	1.76 ± 1.05	16.11 ± 0.91	3.22 ± 3.66	7.01 ± 0.80	6.52 ± 0.76
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

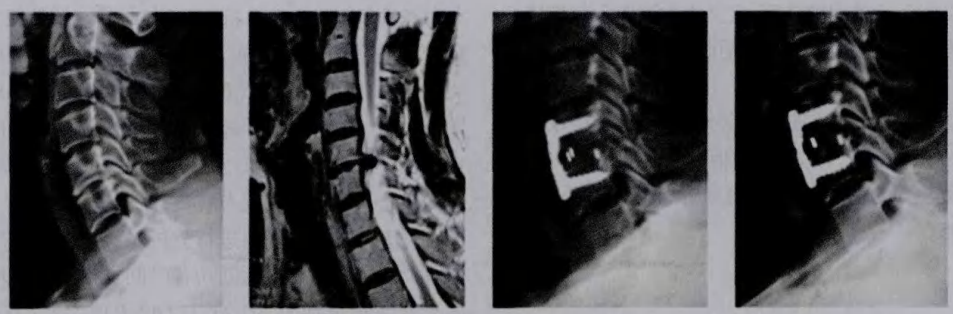
注:P 为术后各时间点与术前比较

表 3 双节段患者术前、术后各时间点 VAS 评分、JOA 评分、NDI 及影像学指标（$\bar{x} \pm s$）

Tab.3 VAS, JOA, NDI and radiology results of pre-operation and post-operation（$\bar{x} \pm s$）

	VAS评分	JOA评分	NDI	融合节段椎间高度（mm）	融合节段前凸角（°）
术前	5.61 ± 1.61	8.06 ± 1.73	10.94 ± 3.22	9.15 ± 0.81	7.20 ± 1.94
术后 1 周	1.94 ± 0.87	14.70 ± 1.07	-	14.95 ± 0.41	17.81 ± 1.16
术后 3 月	-	-	4.11 ± 3.77	14.62 ± 0.35	16.46 ± 0.92
末次随访	1.50 ± 1.29	15.50 ± 1.10	3.33 ± 4.23	14.11 ± 0.82	15.21 ± 0.93
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：*P* 为术后各时间点与术前比较



A. 术前侧位片　B. 术前 MRI　C. 术后 1 周侧位片　D. 术后 3 个月侧位片



E. 术后 6 个月矢状位 CT　F. 术后 6 个月冠状位 CT　G. 末次随访侧位片

图 2 女性，46 岁，诊断：颈椎病（$C_{5/6}$），行颈前路减压、n-HA/PA66 Cage 椎间植骨融合、钛钉板系统内固定术

Fig.2 Female, 46 year-old, cervical spondylosis（$C_{5/6}$）, with surgeries of anterior cervical discectomy, n-HA/PA66 cage intervertebral fusion, titanium-nail-plate system internal fixation

3 讨 论

颈椎前路减压术后椎体间结构与稳定性重建经历了单纯植骨块植骨重建、植骨块联合钛板内固定重建、单纯椎间融合器植骨重建、椎间融合器植骨联合钛板内固定重建、一体化椎间融合器重建及人工颈椎间盘置换重建几个时期。人工颈椎间盘置换术固然是理想的重建方式，由于其临床适应症狭窄，禁忌证较多，未能广泛应用[16-17]。无论采取何种手术重建方式，椎间盘切除后椎间隙的重建与颈椎稳定性的维持一直是关注的重点。

本组 63 例患者共 81 个椎间隙平均获得 46.9 个月随访，单节段或双节段术后 VAS 评分、JOA 评分均较术前明显改善，单节段或双节段术后 NDI 指数亦均较术前明显改善，术后临床疗效满意，本研究认为手术彻底的神经、脊髓减压是本组患者获得良好临床疗效的关键。颈前路减压融合术后可发生不同程度的颈椎轴性症状或 C_5 神经根麻痹并发症，学者们认为融合节段椎间隙高度、前凸角、椎管矢状径、椎间孔径、骨性融合情况等因素与其发生率相关[18-21]，椎间隙过度的撑开或撑开不足均可增加

其并发症，但目前亦无统一的椎间隙撑开标准，一般认为单个融合节段椎间隙高度恢复在 2~6 mm 较为合适[18]，椎间隙高度的恢复亦可增加椎间孔径，植骨融合后椎间高度的维持可减少神经根再次受压风险。本研究在排除颈椎管狭窄及后纵韧带骨化症的患者后，根据术后影像学资料分析，单节段、双节段椎间隙高度平均矫正 2.87 mm、5.79 mm，矫正满意，术后 3 个月、末次随访时融合节段椎间高度平均丢失 0.54 mm、0.83 mm，单节段、双节段术后融合节段前凸角平均矫正 5.38 °、10.61 °，颈前凸恢复良好，术后丢失角度 1.56 °、2.60 °，椎间高度及颈前凸丢失少，96.83%的患者术后 6 个月获得骨性融合，获得良好的影像学效果，与报道相近[13-14]。本组 4 例(6.35%)患者术后发生颈部轴性症状，2 例患者(3.17%)并发 C_5 神经根麻痹，发生率均较低。因此认为对椎间盘切除后颈椎结构的有效重建是维持良好临床疗效的重要条件，椎间隙高度的恢复、颈椎生理性前凸的矫正及椎间植骨的骨性融合尤为重要。研究显示颈椎曲度、年龄、钉板、融合器材料、融合节段数等是影响融合器下沉的主要因素[22-23]，年龄越大、融合节段数越多、颈椎曲度不良、内固定松动等将增加融合器下沉率，本组患者年龄相对较为年轻，融合节段少于 3 个，无骨质疏松存在，术后颈椎曲度及椎间隙高度恢复良好，融合器下沉率低，仅 2 例单节段患者出现融合器下沉，1 例双节段患者出现融合器下沉，总下沉率 4.76%，推测下沉原因可能为植骨后少部分骨质吸收，骨性融合较慢，导致融合器的下沉，经延长外固定时间，最终亦达到骨性融合。此外，融合器的表面特征、植骨床的充分准备、有效地内固定及早期颈托制动、植骨质量亦与融合器下沉有关，但目前缺少具体临床研究，是今后需解决的临床问题。

n-HA/PA66 椎间融合器具有良好的组织相容性、弹性模量、力学稳定性、安全性等，材料合适的孔径、孔隙率有利于生长因子及骨髓细胞等黏附，参与成骨过程，在颈椎、胸椎、腰椎椎体间作为植骨支撑具有较高的植骨融合率，植骨吸收、融合器下沉、移位等并发症少，是一种良好的植骨支撑材料[13-14,24-28]。除融合器材料自身所具有的特点外，总结出本研究使用的纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 椎间融合器的外形及表面特征等具有以下特点：①中空状，可填充减压切除的自体骨粒，避免二次取骨所致供骨区并发症；②马蹄形外观，前后径相对左右径较小可避免植入过程造成后方脊髓的压迫；③外周壁较厚，增加界面接触面积，利于应力分散，减少 Cage 塌陷，表面类齿状结构减少 Cage 移位或滑脱；④Cage 四面为弧形设计，避免在植入过程中损伤临近组织，尤其是神经、脊髓，使用相对安全；⑤Cage 周边的侧孔利于血管、骨组织长入，骨性融合更加良好；⑥透 X 线利于观察植骨融合情况，其内含金属标记丝，利于术中术后观察 Cage 位置；⑦Cage 合成材料来源广，价格相对便宜，可广泛应用；⑧规格齐全，并易于消毒、保存，使用方便。

结合临床实践经验，在应用中需注意以下问题：①术前评估患者影像学资料，拟定大小合适的椎间融合器；②术中应用椎间融合器试模，以最终选择规格相称的椎间融合器；③植骨床的充分准备，需清除相邻上下软骨终板，骨界面尽量平整；④Cage 位置不宜过深，以低于椎体前缘 1~2 mm 为宜；⑤Cage 位置宜居中，避免医源性脊柱力线不稳；⑥植骨量需足够，必要时取自体骨填充；⑦多余的自体骨粒置于前路钛板与 Cage 间，利于骨的爬行替代生长。

综上所述，本研究指出纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 生物活性椎间融合器作为颈椎前路支撑植骨材料可有效重建颈椎结构、恢复颈椎曲度、维持颈椎椎间高度、获得良好的骨性融合，中期临床疗效尚好，是一种理想的椎间植骨融合替代材料。由于仅基于单中心、回顾性研究，样本量较小，临床疗效需进一步观察与研究，尤其需要大样本、多中心、对照研究以评估其疗效。另外，其长期的临床疗效亦需进一步临床观察与研究。

参 考 文 献

[1] 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, 40A(3): 607-624.

[2] Jacobs W, Willems PC, Kruyt M, et al. Systematic review of anterior interbody fusion techniques for single-and double-level cervical degenerative disc disease[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(14): E950-960.

[3] Verhagen AP, Middelkoop MV, Rubinstein SM, et al. Effect of vari-

ous kinds of cervical spinal surgery on clinical outcomes:a systematic review and meta-analysis[J]. Pain,2013,154(11):2388-2396.

[4] Vaccaro AR,Chiba K,Heller JG,et al. Bone grafting alternatives in spinal surgery[J]. Spine J,2002,2(3):206-215.

[5] Pollock R,Alcelik I,Bhatia C,et al. Donor site morbidity following iliac crest bone harvesting for cervical fusion:a comparison between minimally invasive and open techniques[J]. Eur Spine J,2008,17(6):845-852.

[6] Merritt AL,Spinnicke A,Pettigrew K,et al. Gluteal-sparing approach for posterior iliac crest bone graft:description of a new technique and assessment of morbidity in ninety-two patients after spinal fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976),2010,35(14):1396-1400.

[7] Bartels RH,Donk RD,Feuth T. Subsidence of stand-alone cervical carbon fiber cages[J]. Neurosurgery,2006,58(3):502-508.

[8] Barsa P,Suchomel P. Factors affecting sagittal malalignment due to cage subsidence in standalone cage assisted anterior cervical fusion [J]. Eur Spine J,2007,16(9):1395-1400.

[9] Cabraja M,Oezdemir S,Koeppen D,et al. Anterior cervical discectomy and fusion:comparison of titanium and polyetheretherketone cages [J]. BMC Musculoskelet Disord,2012(13):172.

[10] Niu CC,Liao JC,Chen WJ,et al. Outcomes of interbody fusion cages used in 1 and 2-levels anterior cervical discectomy and fusion:titanium cages versus polyetheretherketone (PEEK) cages[J]. J Spinal Disord Tech,2010,23(5):310-316.

[11] Gercek E,Arlet V,Delisle J,et al. Subsidence of stand-alone cervical cages in anterior interbody fusion:warning[J]. Eur Spine J,2003,12(5):513-516.

[12] 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.

[13] Zhao Z,Jiang D,Ou Y,et al. A hollow cylindrical nano-hydroxyapatite/polyamide composite strut for cervical reconstruction after cervical corpectomy[J]. J Clin Neurosci,2012,19(4):536-540.

[14] Yang X,Song YM,Liu LM,et al. Anterior reconstruction with *nano-hydroxyapatite/polyamide-66 cage after thoracic and lumbar corpectomy*[J]. Orthopedics,2012,35(1):e66-e73.

[15] Brantigan JW,Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion:two-year clinical results in the first 26 patients[J]. Spine (Phila Pa 1976),1993, 18(14):2106-2107.

[16] Delamarter RB,Zigler J. Five-year reoperation rates,cervical total disc replacement versus fusion,results of a prospective randomized clinical trial[J]. Spine(Phila Pa 1976),2013,38(9):711-717.

[17] Hou Y,Liu Y,Yuan W,et al. Cervical kinematics and radiological changes after Discover artificial disc replacement versus fusion[J]. Spine J,2014,14(6):867-877.

[18] 李 华,丁文元,牛洪峰,等. 颈椎前路术后融合节段椎间隙高度变化与轴性症状的相关性研究[J]. 中国矫形外科杂志,2008,16(23):1774-1777.

[19] 曾 岩,党耕町,马庆军. 颈椎前路术后融合节段曲度变化与轴性症状和神经功能的相关性研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2004,14(9):520-523.

[20] 周非非,孙 宇,张凤山,等. 颈椎前路椎间盘切除、植骨融合内固定术治疗脊髓型颈椎病术后轴性症状的前瞻性研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2014,24(6):505-509.

[21] Lubelski D,Derakhshan A,Nowacki AS,et al. Predicting C5 palsy via the use of preoperative anatomic measurements[J]. Spine J,2014,14(9):1895-1901.

[22] Lee YS,Kim YB,Park SW. Risk factors for postoperative subsidence of single-level anterior cervical discectomy and fusion:the significance of the preoperative cervical alignment[J]. Spine (Phila Pa 1976),2014,39(16):1280-1287.

[23] Kao TH,Wu CH,Chou YC,et al. Risk factors for subsidence in anterior cervical fusion with stand-alone polyetheretherketone(PEEK) cages:a review of 82 cases and 182 levels[J]. Arch Orthop Trauma Surg,2014,134(10):1343-1351.

[24] 欧云生,蒋电明,权正学,等. n-HA/PA66 复合生物活性融合器在颈椎病前路减压融合术中的初步应用研究[J]. 生物医学工程学杂志,2010,27(2):324-327.

[25] 欧云生,蒋电明,权正学,等. 纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 复合生物活性人工椎体在胸腰椎骨折前路重建手术中的应用[J]. 中国修复重建外科杂志,2007,21(10):1084-1089.

[26] 刘显宏,欧云生,蒋电明,等. n-HA/PA66 与 PEEK cage 在颈前路椎间盘切除减压术后椎间隙重建的比较研究[J]. 中国临床解剖学杂志,2012,30(6):687-692.

[27] 张 荣,权正学,蒋电明,等.n-HA/PA66 人工椎体在颈椎病中的临床应用[J]. 重庆医科大学学报,2009,34(11):1562-1565.

[28] 张 健,欧云生,李开庭,等. 后路椎间植骨融合联合椎弓根钉内固定选择性治疗合并椎间盘损伤的胸腰椎骨折脱位[J]. 重庆医科大学学报,2013,38(11):1255-1259.

（责任编辑：冉明会）