

全椎间盘置换术治疗腰椎间盘突出性疾病的进展

赵艳明¹, 何帮剑², 毛强², 顾勇¹, 肖鲁伟²

(1. 浙江中医药大学第一临床医学院, 浙江 杭州 310053; 2. 浙江省中医院, 浙江 杭州 310006)

摘要 腰椎间盘突出性疾病临床较为常见, 传统治疗方法是腰椎融合术, 但远期疗效并不理想。与腰椎融合术相比, 全椎间盘置换术治疗腰椎间盘突出性疾病, 可以在减轻临床症状的同时改善椎体活动度, 远期并发症相对较少, 近年来临床应用增多。本文对腰椎全椎间盘置换术的适应证、假体类型、治疗优势、临床疗效、并发症及临床发展趋势进行了综述。

关键词 腰椎; 全椎间盘置换; 椎间盘退行性变; 腰痛; 综述

腰痛临床较为常见, 多由腰椎间盘突出性疾病引起, 严重时可导致腰椎活动受限, 不仅影响患者的工作和生活, 也给社会带来了沉重的医疗负担^[1-2]。腰椎间盘突出性疾病引起腰痛及神经根受压症状时, 传统的治疗方法是腰椎融合术, 目的是通过限制病变节段椎体的运动来减轻疼痛等症状^[3-4], 然而病变节段椎体的活动度降低可能会加速相邻节段椎体发生退行性改变^[5]。此外, 腰椎融合术的并发症相对较多, 远期疗效并不理想^[6]。全椎间盘置换术能够保留腰椎的运动功能, 近年来临床应用增多^[6-7]。本文对全椎间盘置换术治疗腰椎间盘突出性疾病的研究进展进行了综述。

1 腰椎全椎间盘置换术的适应证

腰椎全椎间盘置换术的适应证目前尚无相关指南, 临床多采用美国食品药品监督管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 等^[8-10]推荐的标准: 椎间盘源性腰痛, 非手术治疗 > 6 个月无效, 骨量正常 (骨密度 T 值 > -1.0), 腰椎间盘高度 > 4 mm, 无严重的腰椎不稳或关节突关节病变。

2 腰椎全椎间盘置换术的假体类型

人工椎间盘具有与人体椎间盘相似的解剖结构和生物力学特点, 能够替代退变的椎间盘, 从而减轻疼痛等症状^[11]。腰椎全椎间盘置换术的假体材料最初以不锈钢为主, 随着科学技术的发展, 人工椎间盘与人体椎间盘的构造及功能更加接近。目前, 已获得

FDA 批准且临床较为常用的腰椎全椎间盘置换术假体主要包括 Charité 系列、ProDisc 系列及 Activ-L 系列椎间盘假体。

2.1 Charité 系列腰椎间盘假体 Charité I [图 1(1)] 是首个腰椎全椎间盘置换术假体, 于 2004 年率先获得 FDA 批准^[12]。Charité I 主要由 2 块金属终板和聚乙烯滑动芯组成, 其特点是无约束的滑动芯和 2 块终板之间几乎无摩擦的运动可以模拟纤维环内髓核的运动^[13]。由于假体终板与椎体终板之间的接触面积较小, Charité I 植入后容易出现假体下沉; 为了解决这一问题, 研发者扩大了 Charité II 的终板, 使其与椎体终板之间有更大的接触面积, 以防止假体下沉^[14]。然而, Charité II 植入后仍会出现假体下沉, 且假体侧翼突起处容易断裂^[15]; Regan^[16]认为, 这是因为假体材料 (非锻造不锈钢) 与椎体终板之间缺乏相容性。Charité III 的假体材质及终板设计均有改进, 其终板由钴铬钼合金材料制成, 具有凸面, 可以更好地匹配椎体终板的凹面。Charité III 的终板通过 3 个前固定齿和 3 个后固定齿固定, 每个固定齿的高度为 2.5 mm^[14,16]。Charité III 的型号相对较多, 适用范围更为广泛^[16], 但是远期容易出现假体下沉、关节突关节退变等并发症, 因此于 2012 年退出全球市场^[12,17]。

2.2 ProDisc 系列腰椎间盘假体 ProDisc I 由钴铬钼材料制成的上下终板和聚乙烯材料制成的滑动芯 3 个部分组成^[18]; 滑动芯可嵌入卡扣并锁定于下终板, 滑动芯的下凸轴承表面可以与附着在上椎骨的终板表面铰接在一起, 允许椎体进行 13°前屈、7°后伸、10°侧弯和 3°轴向旋转; 2 块终板中央的龙骨与上下椎体相互交叉, 可以提高椎体的稳定性^[19]。Tropiano 等^[20]对 64 名采用 ProDisc I 进行腰椎全椎间盘置换

基金项目: 国家自然科学基金项目 (81603639); 浙江省自然科学基金项目 (LQ16H270007); 浙江省中医药科学研究基金项目 (2020ZA050)

通讯作者: 肖鲁伟 E-mail: xlw@139.com

术的患者进行了 1 年的随访,发现 75% 的患者假体完好无损、腰椎功能正常,且随访期间未出现假体移除或翻修。与 Charité 系列假体可自由滑动的内芯不同,ProDisc 系列假体的下终板上有一个固定滑动芯的卡扣,可以起到约束作用^[21]。ProDisc 系列假体主要包括 ProDisc II 和 ProDisc - L[图 1(2)],它们也由钴铬钼材料制成的上下终板和聚乙烯材料制成的滑动芯组成,并于 2006 年获得 FDA 的批准^[22]。

2.3 Activ - L 系列腰椎间盘假体 Activ - L[图 1(3)]是新一代腰椎全椎间盘置换术假体,于 2015 年获得 FDA 的批准^[23]。与上一代腰椎全椎间盘置换术假体相比,Activ - L 的设计有了较大改进,可实现更精确的解剖匹配,能够更好地模拟健康椎体的运动范围^[13]。Activ - L 的型号更多,医生可根据患者的解剖特征灵活选择。Activ - L 由 2 块钴铬材料制成的上下终板和聚乙烯材料制成的嵌体组成;终板有 4 种尺寸,其中上终板有 6° 和 11° 的脊柱前凸角度、下终板有 0° 和 5° 的脊柱前凸角度^[13];嵌体有 4 种高度,每个嵌体可容纳于任何可用的终板^[12];终板的袋状设计可防止嵌体向前脱出。Activ - L 是目前唯一设计有 8.5 mm 高度的腰椎间盘假体,临床适用范围更加广泛^[12]。Activ - L 的嵌体不仅含有 1 个可用于射线标记的集成钮,而且还可在下终板的前后方向平移 2 mm^[12,24-25]。自 2012 年停止使用 Charité 系列腰椎间盘假体以来,Activ - L 是除 ProDisc 外唯一经 FDA 批准的腰椎全椎间盘置换术假体^[25]。Zigler 等^[26]以疼痛、残疾和生活质量为衡量标准,对多种腰椎间盘置换术假体的相关数据进行了 Meta 分析,发现 Activ - L 假体置换最有可能成为治疗腰椎间盘退变性疾病的最佳选择。

3 全椎间盘置换术治疗腰椎间盘退变性疾病的优势

腰椎融合术是治疗腰椎间盘退变性疾病的常用方法^[27-28],与非手术治疗相比,腰椎融合术在减轻疼痛和减少残疾方面的效果更好,但手术本身却对脊柱的生物力学功能有不良影响^[29]。全椎间盘置换术治疗腰椎间盘退变性疾病,主要通过人工椎间盘替换病变椎间盘,可以在减轻疼痛等临床症状的同时维持椎间盘高度、提高脊柱稳定性、恢复脊柱运动功能^[30]。与腰椎融合术相比,腰椎全椎间盘置换术的优势是:维持椎间盘高度;避免脊柱融合后假关节形成;不影响病变节段椎体的活动功能;减轻相邻节段椎体的退变;降低二次手术概率^[30-31]。近年来,有关非融合术治疗合并轻度腰椎不稳的腰椎间盘退变性疾病的文献报道逐渐增多,该疗法的效果得到临床肯定,但在改善腰椎活动度方面,腰椎全椎间盘置换术更有优势^[32-34]。

Zigler 等^[35-37]通过 Meta 分析发现,腰椎全椎间盘置换术与腰椎融合术相比,两者术中失血量无明显差异,但腰椎全椎间盘置换术患者的 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、满意度、手术成功率、手术及住院时间、术后并发症等指标均优于腰椎融合术。关于腰椎全椎间盘置换术与腰椎融合术的再手术率问题,目前尚存在争议。Bai 等^[36]研究发现,腰椎全椎间盘置换术的再手术率低于腰椎融合术。Li 等^[37]研究发现,腰椎全椎间盘置换术与腰椎融合术的再手术率无明显差异。Kitzen 等^[38]通过一项长达 19 年的随访研究发现,再次手术多发生于腰椎全椎间盘置换术后前 10 年。Zigler 等^[39-40]对分别

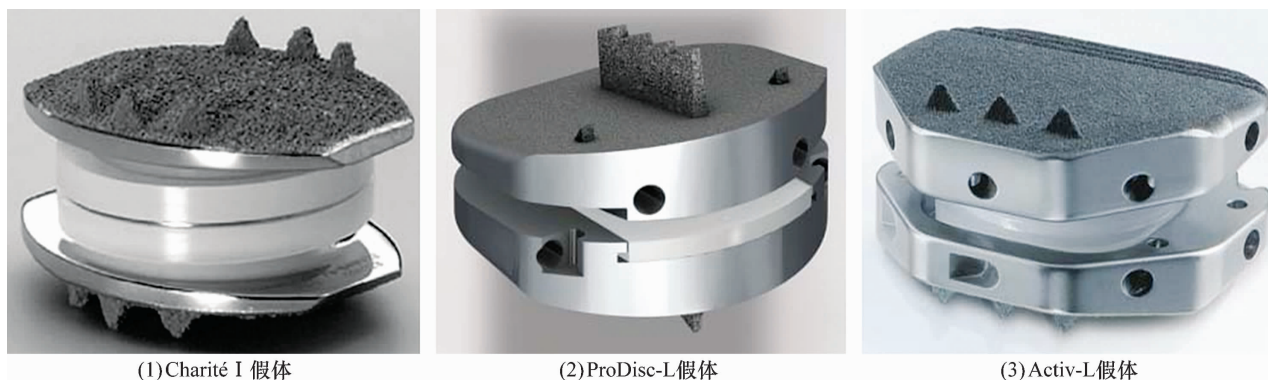


图 1 腰椎全椎间盘置换术假体图片^[25]

采用腰椎全椎间盘置换术与腰椎融合术治疗的腰椎间盘退变患者进行了 5 年的随访,发现腰椎全椎间盘置换组患者的相邻节段椎体退变率低于腰椎融合组。保留手术节段椎体的活动度,有利于延缓相邻节段椎体的退变^[41]。与腰椎融合术相比,全椎间盘置换术治疗腰椎间盘退变性疾病,可以在减轻临床症状的同时改善椎体的活动度,远期并发症相对较少。

4 全椎间盘置换术治疗腰椎间盘退变性疾病的临床疗效

Pimenta 等^[42]对 15 例接受全椎间盘置换术的腰椎间盘退变性疾病患者进行了约 7 年的随访,发现临床效果良好。Laugesen 等^[43]对 57 例接受腰椎全椎间盘置换术治疗的患者进行了 10 年的随访,发现所有患者的疼痛症状均得到改善,19 例患者进行了翻修手术,初次手术至翻修手术的时间约为 4 年。Furunes 等^[3]研究发现,腰椎全椎间盘置换术的短期和长期效果均较好。Lu 等^[44]对 35 例接受腰椎全椎间盘置换术的患者进行了约 15 年的随访,其中 2 例进行了二次手术,其余患者至末次随访时均未出现椎间盘假体破裂或脱位;通过对腰痛 VAS 评分、ODI、椎间盘高度、椎体运动范围、腰椎曲度及并发症等的评价,得出腰椎全椎间盘置换术远期效果良好这一结论;认为术前严格把握手术适应证,有利于提高腰椎间盘假体的存活率。

5 全椎间盘置换术治疗腰椎间盘退变性疾病的并发症

随着腰椎全椎间盘置换术的增多,手术并发症也逐渐引起临床重视,但有关手术并发症类型及发生率的报道却并不一致^[29]。异位骨化、假体下沉、假体磨损及相邻节段椎体退变,是腰椎全椎间盘置换术的常见并发症。

5.1 异位骨化 腰椎全椎间盘置换术后最常见的并发症是异位骨化,文献报道其发生率为 1.4% ~ 83%^[45]。Lu 等^[46]对 32 例接受腰椎全椎间盘置换术的患者进行了 11 年的随访,发现术后异位骨化的发生率为 71.4%。Park 等^[47-48]研究发现,腰椎全椎间盘置换术后 1 年最容易出现异位骨化,术后 5 年异位骨化的发生率相对较低;异位骨化可限制椎体的屈伸运动,但不影响综合疗效。腰椎全椎间盘置换术后异位骨化的位置不同,对人体的影响也不同,如异位骨化出现在椎间隙附近会影响椎体活动范围、出现在神

经根或血管周围会引起相应临床症状^[49]。

5.2 假体下沉 腰椎全椎间盘置换术后假体下沉的原因较多,与椎间盘假体尺寸不合适、椎体骨量下降等有关^[50]。椎间盘假体的置入位置不合适或形状与椎体不匹配,容易引起假体下沉,从而影响临床效果^[51]。Lu 等^[44]研究发现,35 例接受腰椎全椎间盘置换术的患者中,4 例出现假体下沉,下沉节段为 L₄ 及 L₅,下沉深度为 2.4 ~ 9.0 mm;4 例假体下沉患者中,仅 1 例为女性,提示重体力劳动者更容易出现假体下沉。

5.3 假体磨损 腰椎全椎间盘置换术后假体磨损可引起假体无菌性松动,导致手术失败^[9]。与髋关节和膝关节置换一样,腰椎全椎间盘置换也存在假体磨损的问题,有关假体磨损颗粒诱导的生物学反应,已在髋关节和膝关节置换假体中进行了广泛研究,但在椎间盘置换假体中的研究相对少见^[52]。Guyer 等^[53]对 32 例接受腰椎间盘置换术的患者进行了 5 年的随访,发现患者血清中钴铬离子水平未超出正常参考范围。

5.4 相邻节段椎体退变 腰椎全椎间盘置换术可以保留椎体的运动功能,已被临床证实,但这是否能够减少相邻节段椎体退变,仍待进一步深入研究。目前,有关腰椎全椎间盘置换术后相邻节段椎体退变发生率的报道较为少见。Zigler 等^[39]对 175 例接受单节段腰椎全椎间盘置换术的患者进行了 5 年的随访,通过对比手术前后的影像学资料发现,相邻节段椎体退变的发生率为 2.3%。

5.5 其他 Ryu 等^[54]报道 1 例腰椎全椎间盘置换术后 1 d 出现脑脊液漏,脊髓造影显示左侧腰大肌附近有大量积液、L₅S₁ 椎间盘假体后方有脑脊液渗漏;取出原椎间盘假体,更换为不同材质的椎间盘假体,局部进行常规修补缝合等治疗,最终效果良好;出现脑脊液漏的原因可能是椎间盘假体的置入位置不合适,导致滑动芯与硬脊膜在患者运动时出现轻微摩擦。虽然腰椎全椎间盘置换术后切口感染的发生率明显低于腰椎融合术^[31],但看似罕见的感染,也可导致手术失败^[55],应引起临床重视。

6 腰椎全椎间盘置换术的临床发展趋势

虽然有证据表明腰椎全椎间盘置换术的临床疗效良好、安全性较高,但 2005 ~ 2013 年,美国的腰椎全椎间盘置换手术量降低了 86%^[56];手术量降低的原因较多,主要包括手术适应证更加严格、手术技术

要求更高、可供选择的手术设备相对较少及远期翻修手术的医疗报销问题^[57], 其中最主要的原因是医疗报销问题^[56, 58-60]。最近, FDA 批准了新的腰椎全椎间盘置换手术设备, 并提高了该项手术的报销额度, 这些措施可能会扭转腰椎全椎间盘置换手术量降低的局面^[60]。我们以“lumbar total disc replacement”为关键词在 PubMed 数据库中进行检索, 发现有关腰椎全椎间盘置换术的文献报道, 从 2005 年开始增加、2012 年达到高峰、2020 年后开始减少。我们认为, 随着新型手术设备的出现以及医疗报销额度的提高, 腰椎全椎间盘置换术的临床应用和文献报道会逐渐增多。

7 小 结

与腰椎融合术相比, 腰椎全椎间盘置换术的远期效果及安全性更令人满意, 未来腰椎全椎间盘置换术可能会成为治疗腰椎间盘退变性疾病的最佳方法。对于腰椎全椎间盘置换术, 我们仍需进行大样本量、高质量的临床研究, 在证明其有效性的同时, 深入研究其具体作用机制。此外, 对腰椎间盘假体进行优化, 使其更加匹配亚洲人的腰椎解剖结构, 是目前亟待解决的问题。

参考文献

- [1] WU A, MARCH L, ZHENG X, et al. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(6): 299.
- [2] WILLIAMS A L, MURTAGH F R, ROTHMAN S L, et al. Lumbar disc nomenclature; version 2. 0 [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35(11): 2029.
- [3] FURUNES H, STORHEIM K, BROX J I, et al. Total disc replacement versus multidisciplinary rehabilitation in patients with chronic low back pain and degenerative discs; 8-year follow-up of a randomized controlled multicenter trial[J]. Spine J, 2017, 17(10): 1480-1488.
- [4] BEATTY S. We need to talk about lumbar total disc replacement[J]. Int J Spine Surg, 2018, 12(2): 201-240.
- [5] BONNHEIM N B, KEAVENY T M. Load-transfer in the human vertebral body following lumbar total disc arthroplasty: effects of implant size and stiffness in axial compression and forward flexion[J]. JOR Spine, 2020, 3(1): e1078.
- [6] FORMICA M, DIVANO S, CAVAGNARO L, et al. Lumbar total disc arthroplasty: outdated surgery or here to stay procedure? A systematic review of current literature[J]. J Orthop Traumatol, 2017, 18(3): 197-215.
- [7] SCHÄTZ C, RITTER - LANG K, GÖSSEL L, et al. Comparison of single-level and multiple-level outcomes of total disc arthroplasty: 24-month results[J]. Int J Spine Surg, 2015, 9: 14.
- [8] BÜTTNER - JANZ K, GUYER R D, OHNMEISS D D. Indications for lumbar total disc replacement: selecting the right patient with the right indication for the right total disc[J]. Int J Spine Surg, 2014, 8: 12.
- [9] OTHMAN Y A, VERMA R, QURESHI S A. Artificial disc replacement in spine surgery[J]. Ann Transl Med, 2019, 7(Suppl 5): S170.
- [10] FORMICA C, ZANIRATO A, DIVANO S, et al. Total disc replacement for lumbar degenerative disc disease: single centre 20 years experience[J]. Eur Spine J, 2020, 29(7): 1518-1526.
- [11] ABI - HANNA D, KERFERD J, PHAN K, et al. Lumbar disk arthroplasty for degenerative disk disease: literature review[J]. World Neurosurg, 2018, 109: 188-196.
- [12] YUE J J, GARCIA R Jr, MILLER L E, et al. The activL(®) artificial disc: a next-generation motion-preserving implant for chronic lumbar discogenic pain[J]. Med Devices (Auckl), 2016, 9: 75-84.
- [13] BONO C M, GARFIN S R. History and evolution of disc replacement[J]. Spine J, 2004, 4(6 Suppl): S145-S150.
- [14] LINK H D. History, design and biomechanics of the LINK SB Charité artificial disc[J]. Eur Spine J, 2002, 11(Suppl 2): S98-S105.
- [15] 孙祥耀, 鲁世保, 孔超. 人工腰椎间盘置换术的发展历史及研究现状[J]. 中国骨与关节杂志, 2018, 7(7): 518-525.
- [16] REGAN J J. Clinical results of charité lumbar total disc replacement[J]. Orthop Clin North Am, 2005, 36(3): 323-340.
- [17] CHOI J I, KIM S H, LIM D J, et al. Biomechanical changes in disc pressure and facet strain after lumbar spinal arthroplasty with charité(TM) in the human cadaveric spine under physiologic compressive follower preload[J]. Turk Neurosurg, 2017, 27(2): 252-258.
- [18] ARYAN H E, ACOSTA F L Jr, AMES C P. The ProDisc artificial disc: insertion technique[J]. Neurosurg Clin N Am, 2005, 16(4): 651-656.
- [19] DELAMARTER R B, FRIBOURG D M, KANIM L E, et al. ProDisc artificial total lumbar disc replacement: introduction and early results from the United States clinical trial[J].

- Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(20): S167 – S175.
- [20] TROPIANO P, HUANG R C, GIRARDI F P, et al. Lumbar disc replacement: preliminary results with ProDisc II after a minimum follow – up period of 1 year[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16(4): 362 – 368.
 - [21] HUANG R C, GIRARDI F P, CAMMISA F P Jr, et al. The implications of constraint in lumbar total disc replacement[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16(4): 412 – 417.
 - [22] ZIGLER J, DELAMARTER R, SPIVAK J M, et al. Results of the prospective, randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc – L total disc replacement versus circumferential fusion for the treatment of 1 – level degenerative disc disease[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(11): 1155 – 1162.
 - [23] MATTEI T A, BEER J, TELES A R, et al. Clinical outcomes of total disc replacement versus anterior lumbar interbody fusion for surgical treatment of lumbar degenerative disc disease[J]. Global Spine J, 2017, 7(5): 452 – 459.
 - [24] SHEIN D, SHUE J, GIRARDI F. Evaluation of Aesculap Implant Systems activl artificial disc for the treatment of degenerative disc disease[J]. Expert Rev Med Devices, 2016, 13(12): 1069 – 1072.
 - [25] SANDHU F A, DOWLATI E, GARICA R. Lumbar arthroplasty: past, present, and future [J]. Neurosurgery, 2020, 86(2): 155 – 169.
 - [26] ZIGLER J, FERKO N, CAMERON C, et al. Comparison of therapies in lumbar degenerative disc disease: a network meta – analysis of randomized controlled trials[J]. J Comp Eff Res, 2018, 7(3): 233 – 246.
 - [27] ZHANG Y, SHAN J L, LIU X M, et al. Comparison of the dynesys dynamic stabilization system and posterior lumbar interbody fusion for lumbar degenerative disease [J]. PloS One, 2016, 11(1): e0148071.
 - [28] WU H, PANG Q, JIANG G. Medium – term effects of dynesys dynamic stabilization versus posterior lumbar interbody fusion for treatment of multisegmental lumbar degenerative disease[J]. J Int Med Res, 2017, 45(5): 1562 – 1573.
 - [29] GIBSON J N, WADDELL G. Surgery for degenerative lumbar spondylosis [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2005, 2005(4): CD001352.
 - [30] LIN E L, WANG J C. Total disk arthroplasty [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2006, 14(13): 705 – 714.
 - [31] ELIASBERG C D, KELLY M P, AJIBOYE R M, et al. Complications and rates of subsequent lumbar surgery following lumbar total disc arthroplasty and lumbar fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(2): 173 – 181.
 - [32] 李利, 史亚民, 王华东, 等. Dynesys 系统不同应用方式治疗椎间盘退变性疾病临床疗效[J]. 中国骨与关节杂志, 2013, 2(6): 303 – 307.
 - [33] HUANG W, CHANG Z, SONG R, et al. Non – fusion procedure using PEEK rod systems for lumbar degenerative diseases: clinical experience with a 2 – year follow – up [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2016, 17: 53.
 - [34] MO Z, LI D, ZHANG R, et al. Comparative effectiveness and safety of posterior lumbar interbody fusion, Coflex, Wallis, and X – stop for lumbar degenerative diseases: a systematic review and network meta – analysis [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2018, 172: 74 – 81.
 - [35] ZIGLER J, GORNET M F, FERKO N, et al. Comparison of lumbar total disc replacement with surgical spinal fusion for the treatment of single – level degenerative disc disease: a meta – analysis of 5 – year outcomes from randomized controlled trials [J]. Global Spine J, 2018, 8(4): 413 – 423.
 - [36] BAI D Y, LIANG L, ZHANG B B, et al. Total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative diseases – a meta – analysis of randomized controlled trials [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(29): e16460.
 - [37] LI Y Z, SUN P, CHEN D, et al. Artificial total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: an update systematic review and meta – analysis [J]. Turk Neurosurg, 2020, 30(1): 1 – 10.
 - [38] KITZEN J, SCHOTANUS M G M, VAN KUIJK S M J, et al. Long – term clinical outcome of the Charité III total lumbar disc replacement [J]. Eur Spine J, 2020, 29(7): 1527 – 1535.
 - [39] ZIGLER J E, BLUMENTHAL S L, GUYER R D, et al. Progression of adjacent – level degeneration after lumbar total disc replacement: results of a post – hoc analysis of patients with available radiographs from a prospective study with 5 – year follow – up [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(20): 1395 – 1400.
 - [40] ZIGLER J E, GLENN J, DELAMARTER R B. Five-year adjacent-level degenerative changes in patients with single-level disease treated using lumbar total disc replacement with ProDisc – L versus circumferential fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 17(6): 504 – 511.
 - [41] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组, 中华医学会骨科学分会骨科康复学组. 腰椎间盘突出症诊疗指南 [J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 477 – 487.

- [42] PIMENTA L, MARCHI L, OLIVEIRA L, et al. Elastomeric lumbar total disc replacement: clinical and radiological results with minimum 84 months follow - up [J]. Int J Spine Surg, 2018, 12(1): 49 - 57.
- [43] LAUGESSEN L A, PAULSEN R T, CARREON L, et al. Patient-reported outcomes and revision rates at a mean follow-up of 10 years after lumbar total disc replacement [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2017, 42(21): 1657 - 1663.
- [44] LU S, SUN S, KONG C, et al. Long - term clinical results following Charite III lumbar total disc replacement [J]. Spine J, 2018, 18(6): 917 - 925.
- [45] JACKSON K L, HIRE J M, JACOBS J M, et al. Heterotopic ossification causing radiculopathy after lumbar total disc arthroplasty [J]. Asian spine journal, 2015, 9(3): 456 - 460.
- [46] LU S B, HAI Y, KONG C, et al. An 11 - year minimum follow-up of the Charite III lumbar disc replacement for the treatment of symptomatic degenerative disc disease [J]. Eur Spine J, 2015, 24(9): 2056 - 2064.
- [47] PARK S J, KANG K J, SHIN S K, et al. Heterotopic ossification following lumbar total disc replacement [J]. Int Orthop, 2011, 35(8): 1197 - 1201.
- [48] PARK H J, LEE C S, CHUNG S S, et al. Radiological and clinical long - term results of heterotopic ossification following lumbar total disc replacement [J]. Spine J, 2018, 18(5): 762 - 768.
- [49] RANGANATHAN K, LODER S, AGARWAL S, et al. Heterotopic ossification: basic - science principles and clinical correlates [J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(13): 1101 - 1111.
- [50] PUNT I, VAN RIJSBERGEN M, VAN RIETBERGEN B, et al. Subsidence of SB Charité total disc replacement and the role of undersizing [J]. Eur Spine J, 2013, 22(10): 2264 - 2270.
- [51] KITZEN J, VERBIEST V, BUIL I, et al. Subsidence after total lumbar disc replacement is predictable and related to clinical outcome [J]. Eur Spine J, 2020, 29(7): 1544 - 1552.
- [52] WRIGHT T M. CORR insights (®): periprosthetic UHM-WPE wear debris induces inflammation, vascularization, and innervation after total disc replacement in the lumbar spine [J]. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475(5): 1382 - 1385.
- [53] GUYER R D, PETTINE K, ROH J S, et al. Five - year follow - up of a prospective, randomized trial comparing two lumbar total disc replacements [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(1): 3 - 8.
- [54] RYU R, DO A, CHAN J, et al. Postoperative cerebrospinal fluid leak after lumbar total disc replacement: a diagnostic and management challenge [J]. World Neurosurg, 2020, 137: 119 - 125.
- [55] HOFFMANN C H, CASTEIN J, KANDZIORA F. Staged surgical treatment for infection of total disc arthroplasty: three cases and a narrative review of the literature [J]. Eur Spine J, 2020, 29(7): 1467 - 1473.
- [56] SAIFI C, CAZZULINO A, PARK C, et al. National trends for primary and revision lumbar disc arthroplasty throughout the United States [J]. Global Spine J, 2018, 8(2): 172 - 177.
- [57] SALZMANN S N, PLAIS N, SHUE J, et al. Lumbar disc replacement surgery - successes and obstacles to widespread adoption [J]. Curr Rev Musculoskelet Med, 2017, 10(2): 153 - 159.
- [58] HEIDER F C, MAYER H M, SIEPE C J. Lumbar disc replacement: update [J]. J Neurosurg Sci, 2015, 59(2): 169 - 180.
- [59] SANDHU F, BLUMENTHAL S, GRUNCH B, et al. Barriers to and budget impact of lumbar total disc replacement utilization [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2017, 42(Suppl 24): S112 - S114.
- [60] GORNET M F, BURKUS J K, DRYER R F, et al. Lumbar disc arthroplasty versus anterior lumbar interbody fusion: 5-year outcomes for patients in the Maverick disc investigational device exemption study [J]. J Neurosurg Spine, 2019, 31(3): 347 - 356.

(收稿日期: 2020 - 11 - 19 本文编辑: 郭毅曼)