

【综述】

通信作者:徐海斌(1963-),男,河南新乡人,学士,主任医师,教授,硕士研究生导师,研究方向:脊柱与关节学。

段和小关节退变及晚期相邻椎间盘退行性变^[11],其形成机制尚未明确。

ADR 因其材料等因素也限制了其在应力较大的腰椎中的应用。与棘突间非融合、椎弓根动力非融合系统比较,ADR 的不足之处较多,早期不锈钢材料带来的最大不足是抗腐蚀性、生物相容性和机械性能差。钛合金的应用有着可磁共振成像、生物相容性高、弹性模量低等显著优点,但其耐磨性差、易氧化和硬度低等也限制了其进一步发展。钴铬钼合金目前被认为是较理想的 ADR 材料,其具有高强度、延展性好、易塑型、抗疲劳、耐腐蚀及良好的生物相容性等综合优势。钴铬钼合金的弹性模量较其他材料均高,其有植入后假体塌陷的危险。对于后期改进中应用较广泛的金属-聚合物(钴铬钼合金-超高分子量聚乙烯)交联材料,在可能的二次翻修手术中脱落的磨损颗粒具有诱导巨噬细胞产生炎症因子的能力,其炎症反应较强,具有一定的生物毒性作用^[12],这一报道使较多学者担心其应用后的安全问题。

目前临床应用较多的 ADR 假体主要为德国的 Link SB Charit 和美国的 Prodisc 椎间盘假体,其均由上下金属盖板和中间的聚乙烯核组成,2 种假体区别为盖板与核的固定方式不同。对于其适应证,大多数学者认为适用于经系统保守治疗无效的腰椎退行性单节段或多节段受累、无病变椎体感染和滑脱、无关节突关节病变和椎管狭窄的患者^[13]。ADR 置换对于缓解因椎间盘病变产生的腰部疼痛等不适具有显著的术后效果,不仅可以保留椎体间高度,还可以最大程度地保留脊柱自身的生物学、物理学特性。理论上 ADR 假体在其适应证范围内被认为是一种治疗椎间盘病变的较佳治疗方法。

1.2 人工髓核应用 人工髓核是模拟应用分散椎间盘的负荷应力,使其来自椎间盘的压力均匀传导,以重塑椎间盘的功能。目前对于髓核置换的适应证国内外学者均有共识,主要为年满 18 岁,存在退行性单节段椎间盘疾病产生的慢性椎间盘源性腰痛,椎间隙高度 > 5 mm,椎体终板无许莫结节^[14]和骨折者。其公认禁忌证为有严重症状的中央型椎管狭窄、椎间孔或侧隐窝狭窄、腰椎滑脱超过 I 度或峡部裂、严重骨质疏松、椎间盘纤维环消失、病变部位的椎管肿物、脊髓畸形等^[15-16]。理论上小关节退变明显的骨性关节炎视为椎间盘假体置换、髓核置换的相对禁忌证^[17]。

Ray^[18]和 Shim 等^[19]从椎体稳定性、疼痛缓解度、椎间隙高度改变及术后随访复查人工髓核在影像学中的改变、位置、配合椎体的活动度等方面均获

得满意结果,此类研究为治疗退行性椎间盘疾病提供了更多的选择。

2 经椎弓根固定的动力稳定系统

2.1 Graf 韧带系统应用 Graf 系统 20 世纪 90 年代被提出应用,其主要是以关节突关节为基点固定具有腰背肌力量且腰椎小关节退变不显著的年轻患者。其高聚乙烯生物带可以替代病变椎体区韧带拉伸、固定脊柱,使 Graf 韧带固定位时保持一定张力,防止脊柱小关节突关节间旋转应力,从而起到减轻疼痛的效果。Kanayama 等^[20]对比观察了 Graf 韧带固定与后外侧腰椎融合(L4/5)术后 5 a 的临床效果,发现 Graf 韧带可以使脊柱保持一定的生理性前凸及屈曲活动度,对于中长期疗效也较满意,但术后随访影像学显示,有相邻椎间盘退变的症状多出现于相邻椎体出现融合现象后一段时间。研究表明,Graf 韧带有降低临近节段椎间盘的退变可能,但其拉伸固定后加大了后侧纤维环的负荷,致使有侧隐窝狭窄和黄韧带肥厚的患者不能得到满意的术后疗效^[21]。

2.2 杠杆辅助的软固定系统应用(fulcrum assisted soft stabilization system, FASS) FASS 目前普遍认为是 Graf 韧带的改进。在椎弓根钉和聚酯带之间置入一高密聚乙烯弹性支撑棒,使韧带拉紧时将后方的压力转变至前方,形成一个侧应力。Sengupta 等^[22]在脊柱模型研究中发现,通过联合使用韧带和杠杆,可以达到减压椎间盘、控制异常活动、维持脊柱的生理性前凸等作用。FASS 可以最大限度地降低椎间盘的压力,限制腰椎的过度活动,使其在进行性活动中维持椎体于矢状面的平衡。这一生物力学上的特性决定了在临床上将会有更好的应用前景,其临床效果还有待进一步观察。

2.3 动态中和固定系统应用(dynamic neutralization system, DYNESYS) DYNESYS 1991 年由 Dubois 发明。经 Stoll 等^[23]在原有基础上改良,其相比 Graf 韧带系统增加一个硬度较大的纤维套管,由钛合金椎弓根钉、高聚乙烯管芯及碳纤维套管 3 部分组合而成,使椎弓根钉固定在椎体上,并应用相连的套管和管芯的维拉活动,不仅可以提高固定节段的稳定性,还可以使整个组合对抗屈曲活动的折弯力、剪切力,从而预防固定节段的异常活动及保留一定范围内的活动度。Cakir 等^[24]及 Marco 等^[25]报道老年腰椎管狭窄患者 DYNESYS 内固定术后均未改变固定的相邻节段腰椎活动度,但相比融合固定整个腰椎及固定节段的活动度无明显减小。Schnake 等^[26]和 Putzier 等^[27]对腰椎管狭窄、单节段

椎间盘退变性腰背痛、退行性腰椎侧弯导致的椎管狭窄、椎间盘摘除后的腰椎不稳等适应证的术后效果从不同方面给予积极的肯定。但 Nockels^[28]报道 DYNESYS 术后并发症中有椎弓根螺钉松动、断裂及加速相邻椎体腰椎间盘退行性的可能。DYNE-SYS 是目前临床使用最多的后路动态稳定非融合系统之一,对于其长期应用中的不足及并发症因缺乏相关文献报道,需进一步进行临床观察。

2.4 类似 DYNESYS 应用 Twinflex、Isobar、Bioflex、K-rod 均具有类似 DYNESYS 系统的各自特点。Twinflex 不仅适合退行性椎管狭窄症,还可以应用于其他需融合固定的腰椎退行性疾病;Isobar 是一种基于椎弓根螺钉的半坚强后路动态钉棒固定系统,其应用主要在于动态棒含有一个可纵向、屈伸、侧屈三维活动的微控关节;K-rod 系统由 PEEK 材料包绕钛缆构成,但其存在更进装配困难、X 光下不显影等因材料特殊引起的问题;Bioflex 与 DYNE-SYS 基本类似,其最大特点是起坚固椎体、阻挡其后移的功效,但其缺陷为限制了椎体间活动度,旋转时作用于椎间盘的应力负荷增加。

3 棘突间撑开固定系统

3.1 Wallis 系统应用 Wallis 系统是临床应用最早的棘突间撑开内固定系统。Wallis 系统共经历了 2 次较大革新。第 1 代为钛合金属性衬垫,在棘突间利用涤纶弹力带撑开棘突,可置于单个棘突节段或多个节段,类似在棘突间形成“漂浮”效应^[29],用于增强植入后的退变节段腰椎的稳定。现在普遍认为第 2 代 Wallis 系统较第 1 代革新为 PEEK 生物性材料,降低棘突与病变节段相邻椎体刚性连接后发生的松动意外,同时可以限制椎体的过度屈伸运动,减少椎间盘及小关节突的应力负荷^[30]。其可以保留椎体间一定屈伸活动度,使椎间部分压力负荷反转至椎体自身,限制椎体的异常活动,理论上不增加临近节段退变的压力负荷,保持腰椎的稳定性^[31]。同时其生物力学研究还表明,Wallis 系统可以限制 35% 的椎间运动,提高 1.5 倍固定节段的强度^[32]。由于这一生物学特性,很多学者认为其为临床应用较广泛的后路椎间盘病变治疗方法之一。对于 Wallis 系统治疗椎间盘疾病的适应证目前尚无统一的观点,根据众多文献报道普遍认为法国学者 S  n  gas 等^[33]提出的 Wallis 系统的适应证较为合理:(1)巨大的椎间盘突出切除术后导致椎间盘物质丢失;(2)椎间盘突出术后复发;(3)单纯椎管狭窄;(4)融合部位相邻节段的椎间盘退变性疾病;(5)单纯的 Modic I 型终板退变导致的慢性下腰

痛。Floman 等^[34]通过随访报道术后患者腰腿部疼痛症状明显缓解,但不能降低因椎间盘突出而进行的 2 次手术的可能性。刘斌等^[35]从下腰椎日本骨科学会 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评分、Oswestry 残疾指数、视觉模拟 (visual analogue scale, VAS) 疼痛评分对比 CoflexTM 和 Wallis 棘突间非融合固定治疗腰椎退行性疾病的术后效果得出 Wallis 在手术时间、手术出血量、术后患者症状缓解等方面的优势不如 CoflexTM 的结论。有研究认为,术中对于棘突的过分咬除可能是 Wallis 优势减退的一个重要因素。杨述华等^[36]通过对 36 例患者术后 1 a 的体征及影像学随访,显示其在改变退行性椎间盘突出压迫脊髓型病变中效果较满意,不仅可以改变临床症状,还可以显著恢复椎体高度,短期效果未显示出对临近节段的退行性改变。整合文献报道,Wallis 系统的短期效果得到国内外一致肯定,但中长期如何预防临近节段退行性病变及改善椎体活动度等方面需进一步更新治疗方法。

3.2 Coflex 系统应用 Coflex 固定系统由法国学者 Jacques Samani 发明,其应用钛合金创新椎体间骨性融合为动态生物性非融合理念,棘突间 U 型装置可以嵌合固定椎体间的棘突,使其可以在多节段椎体中持续应用。与 Wallis 系统比较,其具有手术时间短、术中出血量少、术式简便创伤小、正常骨切除范围可控制、重塑椎体生理性高度等优点。Kong 等^[37]对腰椎管狭窄患者通过实施应用 Coflex 固定与腰椎后路椎体间融合固定术后比较得出,前者较后者术后满意度更高,不仅缓解了临床症状,还通过影像学及临床观察显示出创伤小、术后恢复速度快、对相邻节段椎体活动度负荷低等优点。Arrotegui^[38]研究认为,Coflex 固定有延缓脊柱退行性变的可能,可最大程度地维持手术节段的稳定性。Park 等^[39]通过回顾性研究认为,存在严重骨质疏松患者应用此系统后,棘突根部与衬垫接触面出现“小凹型”骨质破坏,可能原因为相互间应力摩擦所致。Barbaggio 等^[40]报道与应用 X-STOP 固定术后比较,Coflex 固定术 23 个月后出现假体松动及假体脱位的危险,认为是由于撑开后骶 1 棘突,生理特性不能完全承受其分散的应力导致。目前文献普遍认为其禁忌证范围为重度骨质疏松、免疫性腰背痛、腰 5 骶 1 椎间盘型 (骶椎腰椎化除外)、已存在严重腰椎滑脱者^[41]。

3.3 X-STOP 系统应用 X-STOP 系统也是棘突间撑开固定的一种,其自身设计时即可使植入椎体后保持脊柱一定的生理性屈曲度,设计的两翼可以在 X-STOP 系统移入棘上韧带和黄韧带后防止其前后

的异常活动,同时也防止椎体的异常运动,撑起棘突间后可以使椎管扩大、椎管后面积增加,以此来消除临床症状,并可以一定程度改善相邻椎体间的退行性改变。国外相关文献认为,其主要适应证为腰椎管狭窄的患者。Zueherman 等^[42-43]报道术后 1、2 a 的随访结果显示,其对于众多伴有间歇性跛行的腰椎管狭窄患者(含相当部分老年患者)术后效果较满意。X-STOP 系统应用后约 98% 的术后影像学显示,椎体间撑起正常,且无塌陷、椎体不稳。Lee 等^[44]认为该手术最大特点是术式简便、费用低廉、对身体创伤小,局麻环境下即可完成,且不影响患者以后腰部再次手术。目前仅有 Verhoof 等^[45]报道 X-STOP 有较高的翻修率,且对于继发性退行性脊柱滑脱的椎管狭窄症无明显疗效。

4 经椎弓根固定的半坚固系统

经椎弓根固定的半坚固系统为新提出的一种动态非融合技术,其代表为 DSS 系统(dynamic stabilization system)。其目前主要为金属钛环类,设计应用均需椎弓根钉连接椎体固定,其主要结构钛环具有较高的弹性及强度,以便恢复椎体间高度、维持椎体的轻度前屈、分散椎间盘负荷压力。其设计认为既可以保持椎体的生理曲度又可维持椎体的稳定性。目前文献报道有 2 类:DSS-1 由椎弓根钉及其后方 3 mm 的“C”型弹性钛棒构成,DSS-2 系统由椎弓根钉及其后方 4 mm 的弹性钛线圈构成。此 2 种目前设计均为减轻椎间盘的负荷压力,DSS-1 为最大限度地降低椎间盘的负荷而限制脊柱屈曲时相对运动,DSS-2 在矢状位提高其瞬时活动灵活度,以降低对椎间盘的负荷作用时间,但目前无论 DSS-1 或 DSS-2 均无临床实例报道,其具体应用效果及长期疗效还需进一步探索。

目前,对于众多应用非融合性固定在治疗早期、中期腰椎退行性疾病、腰椎间盘性疾病方面的疗效已经得到一致肯定。无论应用哪一种固定方式首先应解决症状、椎体稳定性等问题,同时严格掌握其临床适应证^[46]。脊柱非融合技术作为脊柱融合技术的一种后续改革补充,应着眼实事求是的研究报道,且结合目前国内治疗椎间盘疾病的实际情况,不宜过多夸大脊柱非融合技术。临床上椎间盘病变后脊柱融合仍作为治疗脊柱疾病相对的“金标准”。但对于非融合应用后翻修、二次临床症状的出现、固定松动、退变性新疾病的产生等需再次手术治疗的临床应对措施及相关文献报道均非常有限。对于成熟的临床应用治疗方案,其远期效果更具有说服力,临床实用性更能为其带来长远的发展可能。期待非融合的各

种应用系统有更进一步的临床报道。

参考文献:

- [1] Shono Y, Kaneda K, Abumi K, et al. Stability of posterior spinal instrumentation and its effects on adjacent motion segments in the lumbosacral spine [J]. *Spine*, 1998, 23 (14): 1550-1558.
- [2] Lee C K. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion [J]. *Spine*, 1988, 13 (3): 375-377.
- [3] Park P, Garton H J, Gala V, et al. Adjacent segment disease after lumbar lumbosacral fusion: review of the literature [J]. *Spine*, 2004, 29 (17): 1938-1944.
- [4] Mulholland R C, Sengupta D K. Rationale, principles and experimental evaluation of the concept of soft stabilization [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11 (Suppl 2): 198-205.
- [5] Siepe C J, Mayer H M, Wiechert K, et al. Clinical results of total lumbar disc replacement with ProDisc II: three-year results for different indications [J]. *Spine*, 2006, 31 (17): 1923-1932.
- [6] Yajun W, Yue Z, Xiuxin H, et al. A meta-analysis of artificial total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19 (8): 1250-1261.
- [7] 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]. *Spinal Disord Tech*, 2003, 16 (4): 362-368.
- [8] David T. Long-term results of one-level lumbar arthroplasty: minimum 10-year follow-up of the CHARITE artificial disc in 106 patients [J]. *Spine*, 2007, 32 (6): 661-666.
- [9] Lemaire J P, Carrier H, Sairi el-H, et al. Clinical and radiological outcomes with the Charite artificial disc: a 10-year minimum follow-up [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18 (4): 353-359.
- [10] 戚绍飞. 腰椎棘间韧带退行性病变的磁共振成像分级研究 [J]. 新乡医学院学报, 2012, 29 (2): 131-133.
- [11] Siepe C J, Zelenkov P, Sauri-Barraza J C, et al. The fate of facet joint and adjacent level disc degeneration following total lumbar disc replacement: a prospective clinical, X-ray, and magnetic resonance imaging investigation [J]. *Spine*, 2010, 35 (22): 1991-2003.
- [12] Bernard L, Vaudaux P, Huggler E, et al. Inactivation of a subpopulation of human neutrophils by exposure to ultrahigh-molecular-weight polyethylene wear debris [J]. *FEMS Immunol Med Microbiol*, 2007, 49 (3): 425-432.
- [13] Tropiano P, Huang R C, Girardi F P, et al. Lumbar total disc replacement. Seven to eleven-year follow-up [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87 (3): 490-496.
- [14] 江华, 邱勇. Schmorl 结节与椎间盘退变和腰痛相关性的研究进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23 (3): 279-281.
- [15] Jin D, Qu D, Zhao L, et al. Prosthetic disc nucleus (PDN) replacement for lumbar disc herniation: preliminary report with six months follow-up [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16 (4): 331-337.
- [16] Andersson G B, Mekhail N A, Block J E. Treatment of intractable discogenic low back pain. A systematic review of spinal fusion and intradiscal electrothermal therapy (IDET) [J]. *Pain Physician*, 2006, 9 (3): 237-248.

- [17] Leary S P, Regan J J, Lanman T H, *et al.* Revision and explantation strategies involving the CHARITE lumbar artificial disc replacement [J]. *Spine*, 2007, 32 (9): 1001-1011.
- [18] Ray C D. The PDN prosthetic disc-nucleus device [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11 (Suppl 2): 137-142.
- [19] Shim C S, Lee S H, Park C W. Partial disc replacement with the PDN prosthetic disc nucleus device; early clinical results [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16 (4): 324-330.
- [20] Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, *et al.* Non-fusion surgery for degenerative spondylolisthesis using artificial ligament stabilization: surgical indication and clinical results [J]. *Spine*, 2005, 30 (5): 588-592.
- [21] Rigby M C, Selmon G P, Foy M A, *et al.* Graf ligament stabilisation; mid- to long-term follow-up [J]. *Eur Spine J*, 2001, 10 (3): 234-236.
- [22] Sengupta D K, Mulholland R C. Fulcrum assisted soft stabilization system: a new concept in the surgical treatment of degenerative low back pain [J]. *Spine*, 2005, 30 (9): 1019-1029.
- [23] Stoll T M, Dubois G, Schwarzenbach O. The dynamic neutralization system for the spine: a multi-center study of a novel nonfusion system [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11 (Suppl 2): 170-178.
- [24] Cakir B, Carazzo C, Schmidt R, *et al.* Adjacent segment mobility after rigid and semirigid instrumentation of the lumbar spine [J]. *Spine*, 2009, 34 (12): 1287-1291.
- [25] Marco R A, Meyer B C, Kushwaha V P, *et al.* Thoracolumbar burst fractures treated with posterior decompression and pedicle screw instrumentation supplemented with balloon-assisted vertebroplasty and calcium phosphate reconstruction. Surgical technique [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92 (Suppl 1 Pt 1): 67-76.
- [26] Schnake K J, Schaeren S, Jeanneret B. Dynamic stabilization in addition to decompression for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis [J]. *Spine*, 2006, 31 (4): 442-449.
- [27] Putzier M, Schneider S V, Funk J F. The surgical treatment of the lumbar disc prolapse: nucleotomy with additional transpedicular dynamic stabilization versus nucleotomy alone [J]. *Spine*, 2005, 30 (5): 109-114.
- [28] Nockels R P. Dynamic stabilization in the surgical management of painful lumbar spinal disorders [J]. *Spine*, 2005, 30 (Suppl 16): 68-72.
- [29] Senegas J, Etchevers J P, Vital J M, *et al.* Recalibration of the lumbar canal, an alternative to laminectomy in the treatment of lumbar canal stenosis [J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1988, 74 (1): 15-22.
- [30] Wiseman C M, Lindsey D P, Fredrick A D, *et al.* The effect of an interspinous process implant on facet loading during extension [J]. *Spine*, 2005, 30 (8): 903-907.
- [31] Lafage V, Gangnet N, S  n  gas J, *et al.* New interspinous implant evaluation using an *in vitro* biomechanical study combined with a finite-element analysis [J]. *Spine*, 2007, 32 (16): 1706-1713.
- [32] Minns R J, Walsh W K. Preliminary design and experimental studies of a novel soft implant for correcting sagittal plane instability in the lumbar spine [J]. *Spine*, 1997, 22 (16): 1819-1825.
- [33] S  n  gas J, Vital J M, Pointillart V, *et al.* Long-term actuarial survivorship analysis of an interspinous stabilization system [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16 (8): 1279-1287.
- [34] Floman Y, Millgram M A, Smorgick Y, *et al.* Failure of the Wallis interspinous implant to lower the incidence of recurrent lumbar disc herniations in patients undergoing primary disc excision [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20 (5): 337-341.
- [35] 刘斌, 尹东, 王巧民, 等. 腰椎棘突间非融合技术: CoflexTM 与 Wallis 临床比较 [J]. 南方医科大学学报, 2010, 30 (11): 2455-2458.
- [36] 杨述华, 许伟华, 叶树楠, 等. Wallis 棘突间动态固定防治腰椎退变的短期效果 [J]. 中华骨科杂志, 2009, 29 (1): 12-16.
- [37] Kong D S, Kim E S, Eoh W. One-year outcome evaluation after interspinous implantation for degenerative spinal stenosis with segmental instability [J]. *J Korean Med Sci*, 2007, 22 (2): 330-335.
- [38] Arrotegui I. Coflex interspinous spacer. Use in degenerative lumbar disc herniation [J]. *Acta Ortop Mex*, 2010, 24 (3): 187-190.
- [39] Park S C, Yoon S H, Hong Y P, *et al.* Minimum 2-year follow-up result of degenerative spinal stenosis treated with interspinous u (coflex) [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2009, 46 (4): 292-299.
- [40] Barbagallo G M, Olindo G, Corbino L, *et al.* Analysis of complications in patients treated with the X-Stop Interspinous Process Decompression System: proposal for a novel anatomic scoring system for patient selection and review of the literature [J]. *Neurosurgery*, 2009, 65 (1): 111-120.
- [41] Komvessis P, Repantis T, Zacharatos S, *et al.* Does Wallis implant reduce adjacent segment degeneration above lumbosacral instrumented fusion [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18 (6): 830-840.
- [42] Zucherman J F, Hsu K Y, Hartjen C A, *et al.* A prospective randomized multi-center study for the treatment of lumbar spinal stenosis with the X STOP interspinous implant: 1-year results [J]. *Eur Spine J*, 2004, 13 (1): 22-31.
- [43] Zucherman J F, Hsu K Y, Hartjen C A, *et al.* A multicenter, prospective, randomized trial evaluating the X STOP interspinous process decompression system for the treatment of neurogenic intermittent claudication: two-year follow-up results [J]. *Spine*, 2005, 30 (12): 1351-1358.
- [44] Lee J, Hida K, Toshitaka S, *et al.* An interspinous process distractor (X STOP) for lumbar spinal stenosis in elderly patients: preliminary experiences in 10 consecutive cases [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2004, 17 (1): 72-77.
- [45] Verhoof O J, Bron J L, Wapstra F H, *et al.* High failure rate of the interspinous distraction device (X-Stop) for the treatment of lumbar spinal stenosis caused by degenerative spondylolisthesis [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17 (2): 188-192.
- [46] 迟大明, 朱悦. 非融合固定在退行性腰椎疾病中的应用 [J]. 中华骨科杂志, 2005, 25 (10): 622-625.

(本文编辑: 王 燕)