

综述

休门氏病矫形术后交界性后凸的危险因素及预防进展

刘学光, 邱 勇

(南京大学附属南京鼓楼医院脊柱外科 210008 江苏省南京市)

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2011.04.18

中图分类号: R682.3, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-04-0338-04

休门氏病(Scheuermann's disease)又称休门氏后凸畸形,是由于椎体楔形变导致的脊柱后凸畸形,也是青少年结构性胸椎/胸腰椎后凸畸形最常见的病因^[1]。多在10岁左右发病,男性多于女性,随着青春期生长发育的加快而逐渐出现典型的临床表现^[2-4],常由于老师、家长的忽视或认识不足而延误治疗。其诊断标准还存在争议,目前主要沿用Sorensen提出的诊断原则:在全脊柱矢状位X线片上,胸段脊柱至少有3个相邻椎体有5°或5°以上的楔形变。对于进展性后凸、保守治疗无效;明显的后凸畸形(>75°),患者对外观不满意;伴有顽固性背部疼痛;伴有神经功能障碍等患者,手术是唯一有效的治疗手段^[7-9]。手术方式包括前后路联合手术、后路截骨矫形术以及单纯后路矫形融合术。前后路联合手术曾被认为是手术治疗休门氏病的金标准。然而,随着后路截骨矫形手术方式的成熟及内固定器械的改进,后路手术以其手术时间短,出血少,并发症发生率低,手术疗效肯定等优势,逐渐成为首选手术方式,目前仅对僵硬性及严重的后凸患者才采取前后路联合手术^[10]。随着手术方法及内固定器械的改进,休门氏病手术治疗取得了令人满意的效果,同时,一种常见的手术并发症——术后交界性后凸也逐渐受到重视^[11,12]。现就该并发症的发生率、产生机制及危险因素的研究进展进行综述。

1 术后交界性后凸的界定及发生率

术后交界性后凸包括近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)和远端交界性后凸(distal junctional kyphosis, DJK)。PJK是指上融合椎以上两个椎间隙的后凸Cobb角,而DJK是指下融合椎以下一个椎间隙的后凸Cobb角。多数学者测量PJK的方法为从上融合椎下终板到其上第二个椎体上终板,测量DJK的方法为下融合椎上终板到其下一个椎体的下终板^[13,14];也有学者采用从上融合椎的上终板到其上第二个椎体的上终板测量PJK,从下融合椎的下终板至其下一个椎体的下终板测量DJK^[15]。Glattes等^[13]认为同时满足以下两个条件即为术后发生了交界性后凸:(1)术后交界区的后凸Cobb角度≥10°;(2)同术前相同节段相比,术后交界区Cobb角至少增

加10°。这一原则已被众多学者所采纳^[10,13,14]。

由于病例数及随访年限的差异,文献报道使用不同内固定器械及不同手术方式治疗休门氏病术后交界性后凸的发生率不尽相同。Lowe等^[16]首次对休门氏病术后发生交界性后凸进行了报道,认为使用Luque内固定器械会增加交界性后凸的发生。Coscia等^[17]报道使用Luque内固定器械治疗的休门氏病患者,术后5年以上交界性后凸的发生率高达68%。随后,Reinhardt等^[18]报道了14例使用Luque内固定器械矫形的休门氏病患者,平均随访2.8年,PJK及DJK的发生率分别为7%和36%。Sturm等^[19]报道30例使用Harrington棒矫形的休门氏病患者,平均随访71.8个月,PJK的发生率为7%,无DJK发生。

随着内固定器械的改进,三维矫形技术逐步应用于休门氏病的治疗。然而,其并未能有效防止交界性后凸的发生。Lowe等^[20]对32例使用CD内固定器械矫形的休门氏病患者的研究发现,在平均42个月的随访中,PJK和DJK的发生率分别为31%和28%。Lim等^[21]对23例休门氏病手术患者中20例行前后路联合手术的患者进行平均了38个月的随访,发现PJK的发生率为6%,无DJK发生,但作者未对两种手术方式的PJK发生率单独比较。Hosman等^[22]报道的16例后路手术和17例前后路联合手术的休门氏病后凸畸形患者中,仅1例前后路联合手术患者发生PJK。Denis等^[15]对67例单纯后路手术的休门氏病患者5年以上的随访研究发现,PJK的发生率为30%,DJK的发生率为12%。Lonner等^[23]对78例休门氏病后凸畸形患者进行2年以上的随访研究发现,PJK、DJK的发生率分别为32.1%、5.1%。

2 术后交界性后凸的发生机制及危险因素

尽管休门氏病患者矫形术后交界性后凸的发生率较高,但对其发生机制及其危险因素的研究尚不深入。关于交界性后凸的发生机制,最初研究认为使用Luque技术所导致的交界性后凸主要是由于后路手术及椎板下钢丝对脊柱后方肌肉及韧带组织的破坏。交界性后凸畸形多发于神经肌源性疾病患者是该观点的一个有力佐证,其原因可能与其原发疾病导致脊柱后方的张力减弱有关^[24]。然而,随着新型内固定器械的应用,术后交界性后凸的发生未能避免,因此,一些学者又试图从其他方面寻求解释。Arlet等^[25]认为远端椎体固定不充分,如单独使用椎板钩、椎弓

根螺钉过短或缺少有力的前柱支撑,都将使得固定节段的末端椎体出现轻度后凸,进而导致交界性后凸的发生。Peterson^[29]认为坚固的后路内固定融合会导致后路的应力集中于融合区域的两端,从而加速局部椎间盘的退变导致椎间隙张开产生后凸畸形。

休门氏病手术上下端融合水平选择不当是公认的导致术后交界性后凸最主要的因素之一,融合节段的选择也一直是学者们争论的焦点。目前公认融合节段过短会增加交界性后凸发生的风险。Lowe 等^[10]认为后凸畸形的过度矫正(矫正率大于术前后凸 Cobb 角的 50%)是导致术后 PJK 的一个重要危险因素。Hosman 等^[23]也认为,为了防止 PJK 发生,休门氏病患者矫形术后胸椎后凸应该维持在正常值的上限(40°~50°)为佳。然而,Lonner 等^[23]的观点却与此相反,他们认为后凸矫正不充分,术后较小的矫正率及残余较大的后凸角度都将导致 PJK 的发生率增高,且 PJK 角度的大小与骨盆投射角呈线性相关。Lim 等^[21]报道的 3 例发生 PJK 的患者,其后凸畸形的矫正率均未超过 50%,因此他们也认为过度矫正不是增加 PJK 发生的危险因素。

上端融合节段过短,未能包括整个后凸的上端椎是 Lowe 认为导致 PJK 的发生及鹅颈状外观的另一个主要因素^[10]。目前对于休门氏病患者上融合椎的选择已无争议,多数学者认为应选择后凸畸形的上端椎作为上融合椎。Lim 等^[21]认为为避免交界性后凸的发生上端应融合到 T2。

为了研究 PJK 与上端固定节段及矫正率之间的关系,Denis 等^[15]将 20 例休门氏病矫形术后发生 PJK 的患者按上融合椎分为上端融合至上端椎和未融合至上端椎两组,研究结果表明,融合至上端椎组 PJK 的发生率为 8% (3/40 例),而未融合至上端椎组 PJK 的发生率为 63% (17/27 例),同时他们注意到这 20 例发生 PJK 的患者中有 5 例交界区的黄韧带被切断。因此他们认为 PJK 的发生主要与上融合椎的选择不当和术中对上端交界区的韧带破坏过多有关。除外这两个危险因素,Denis 等认为 PJK 的发生与术前后凸的角度及后凸的过度矫正均不相关。而目前上端融合椎选择不当的主要原因是在侧位片上上端椎显露不清。为了避免此种情况发生,降低 PJK 的发生率,Denis 建议使用 Takayuchi 等^[26]推荐的沿椎体前缘作“最佳曲线”(best fit line)的方法来确定上端椎;沿上胸椎各椎体前缘作一条平滑曲线即最佳曲线,作这条线的垂线,最倾斜的垂线所处位置即被认为是上端椎所在处。

Lowe 等^[10]认为导致 DJK 的主要原因是下端融合节段过短,例如下端未融合到首个前凸椎间盘。许多学者认为休门氏病矫形术后 DJK 的发生与远端融合水平选择不当有关,但目前对下融合椎的选择仍没有一个公认的标准。Bradford 等^[27]通过回顾性研究发现远端交界区的矫正丢失可能与远端融合水平没有涵盖下端椎有关。Ascani 等^[28]建议将下融合椎延长到中立椎的下一个椎体。Wenger 等^[29]则认为对胸椎后凸患者,后路手术需要融合的范围为 T3~L2,而对于胸腰椎后凸的休门氏病患者,远端融合范围可

能需要延长至 L3。在 Lowe 报道的 9 例术后发生于腰段的交界性后凸患者中,有 8 例患者远端融合水平高于首个前凸椎间盘,因此他们认为 DJK 的发生与远端未融合到首个前凸椎间盘有关^[20]。Denis 等^[15]报道的 8 例休门氏病矫形术后发生 DJK 的患者中,7 例患者仅融合到中立椎椎间盘而未到首个前凸椎间盘。而 Poolman 等^[30]则主张远端融合水平应涵盖后凸畸形远端的第二个前凸椎间盘,而不是第一个。Lim 等^[21]也认为下端融合范围应超过首个前凸椎间盘,通常融合到 L2 或 L3。与此观点相似,Arlet 等^[11]认为对后凸内固定融合需综合考虑顶椎上下两侧的平衡,应该使 C7 铅垂线通过下融合椎的中心,对于顶椎位于 T8 水平的休门氏病患者,融合范围应为 T2 至 L1 甚至 L2。

然而,能否将融合到首个前凸椎间盘作为休门氏病患者远端融合水平的选择标准呢? King 等^[31]为了达到脊柱的平衡与稳定,引进了稳定椎的概念,他们认为特发性胸椎侧凸患者远端应固定到稳定椎。根据这一理论,Cho 等^[32]于 2009 年提出矢状面稳定椎的概念,并将其定义为沿骶骨后上角作垂线所接触的最近端椎体,在其相关研究中,将 31 例休门氏病患者分为远端融合至矢状面稳定椎组(24 例)和未融合至矢状面稳定椎组(7 例),结果发现,在远端融合至矢状面稳定椎组仅 1 例患者远端螺钉拔出而无 DJK 发生,而在未融合至矢状面稳定椎组,内固定远端相关并发症发生率为 71% (5 例),其中 DJK 的发生率为 38%。因此他们认为为了减少 DJK 的发生,远端应该融合至矢状面稳定椎,当然这可能需多融合一个节段。朱泽章等^[33]通过比较休门氏病患者下端椎、首个前凸椎与矢状面稳定椎的相互关系后认为,将休门氏病患者远端融合水平延长至矢状面稳定椎与固定到首个前凸椎体相比,绝大多数情况下并不增加融合节段或仅增加 1 个节段。而且,远端融合水平如果包含矢状面稳定椎,术后矢状面上融合块可维持在骶骨中央,有助于维持矢状面平衡,减少远端交界区 DJK 的发生。

3 术后交界性后凸的预防与处理

虽然交界性后凸是休门氏病患者矫形术后高发的并发症,但这常常只是一种影像学表现,患者一般无明显的症状,因此大多数学者没对其处理措施展开讨论。矫形术后交界性后凸的发生目前尚无有效的预防措施,主要根据术者的经验及对交界性后凸发生危险因素的认识,合理选择上下端融合椎。此外,Arlet 等^[11]认为下融合椎应尽可能使用直径大的椎弓根螺钉,同时,内固定远端联合使用椎板钩可以有效防止椎弓根螺钉拔出,有利于预防 DJK 的发生,术后还应适当使用支具保护。与 PJK 相比,DJK 因可能导致患者出现腰背痛、椎体不稳、邻近节段应力增加进而引起邻近节段退变性椎间盘病变而受到更多的关注^[34]。在 Lonner 的随访病例中,分别有 1 例发生 PJK 和 2 例发生 DJK 的患者因融合节段过短,同时出现交界性后凸的影像学表现及临床症状,需要二次手术延长融合节段^[23]。

综上所述, 休门氏病患者行脊柱矫形术后交界性后凸发生率较高, 危险因素尚不明确, 其具体发生机制还有待于进一步研究。交界性后凸作为休门氏病患者矫形手术最常见的一种并发症, 主要体现在影像学表现上, 仅少部分患者会出现相应的临床症状, 如局部疼痛、外观畸形等, 但通常不会对患者的生活质量造成影响。鉴于矢状面平衡是评估患者术后远期疗效的重要指标之一, 脊柱外科医生在制定矫形手术方案时应该充分考虑到发生交界性后凸的相关危险因素, 对于融合节段的选择应综合考虑, 尽可能避免术后交界性后凸的发生。

4 参考文献

- Axenovich TI, Zaidman AM, Zorkoltseva IV, et al. Segregation analysis of Scheuermann disease in ninety families from Siberia[J]. *Am J Med Genet*, 2001, 100(4): 275-279.
- Dziewulski M, Szymanik W. Epidemiology of Scheuermann's disease in children and adolescents [J]. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2002, 4(6): 752-757.
- Arun R, Mehdi SM, Freeman BJ, et al. Do anterior interbody cages have a potential value in comparison to autogenous rib graft in the surgical management of Scheuermann's kyphosis [J]. *Spine J*, 2006, 6(4): 413-420.
- Tayyab NA, Samartzis D, Altiok H, et al. The reliability and diagnostic value of radiographic criteria in sagittal spine deformities: comparison of the vertebral wedge ratio to the segmental Cobb angle[J]. *Spine*, 2007, 32(16): E451-E459.
- Puisto V, Rissanen H, Heliövaara M, et al. Mortality in the presence of a vertebral fracture, scoliosis, or Scheuermann's disease in the thoracic spine [J]. *Ann Epidemiol*, 2008, 18(8): 595-601.
- Fotiadis E, Kenanidis E, Samoladas E, et al. Scheuermann's disease: focus on weight and height role [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(5): 673-678.
- Lamartina C. Posterior surgery in Scheuermann's kyphosis[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(3): 515-516.
- Lowe TG. Scheuermann's kyphosis[J]. *Neuro surg Clin N Am*, 2007, 18(2): 305-315.
- Arlet V, Schlenszka D. Scheuermann's kyphosis: surgical management[J]. *Eur Spine J*, 2005, 14(9): 817-827.
- Geck MJ, Macagno A, Ponte A, et al. The Ponte procedure - posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(8): 586-593.
- Papagelopoulos PJ, Klassen RA, Peterson HA, et al. Surgical treatment of Scheuermann's disease with segmental compression instrumentation [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 386: 139-149.
- Lee SS, Lenke LG, Kuklo TR, et al. Comparison of Scheuermann kyphosis correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation versus combined anterior/posterior fusion [J]. *Spine*, 2006, 31(20): 2316-2321.
- Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis[J]. *Spine*, 2005, 30(14): 1643-1649.
- Lowe TG, Lenke L, Betz R, et al. Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention[J]. *Spine*, 2006, 31(3): 299-302.
- Denis F, Sun EC, Winter RB, et al. Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum five-year follow-up[J]. *Spine*, 2009, 34(20): 729-734.
- Lowe TG. Double L-rod instrumentation in the treatment of severe kyphosis secondary to Scheuermann's disease[J]. *Spine*, 1987, 12(4): 336-341.
- Coscia MF, Ogilvie JW. Scheuermann's kyphosis results in 19 cases treated by spinal arthrodesis and Luque instrumentation[J]. *Orthop Trans*, 1988, 12: 255.
- Reinhardt P, Bassett GS. Short segmental kyphosis following fusion for Scheuermann's disease [J]. *J Spinal Disord*, 1990, 3(2): 162-168.
- Sturm PF, Dobson JC, Armstrong GWD. The surgical management of Scheuermann's disease[J]. *Spine*, 1993, 18(6): 685-691.
- Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: a review of 32 patients [J]. *Spine*, 1994, 19(15): 1680-1685.
- Lim M, Green DW, Billingshurst JE, et al. Scheuermann kyphosis: safe and effective surgical treatment using multisegmental instrumentation[J]. *Spine*, 2004, 29(16): 1789-1794.
- Hosman AJ, Langeloo DD, de Kleuver M, et al. Analysis of the sagittal plane after surgical management for Scheuermann's disease: a view on overcorrection and the use of an anterior release[J]. *Spine*, 2002, 27(2): 167-175.
- Lonner BS, Newton P, Betz R, et al. Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique [J]. *Spine*, 2007, 32(24): 2644-2652.
- Kahn E, Brown J, Swank S, et al. Postoperative thoracic kyphosis following Luque instrumentation[J]. *Orthop Trans*, 1987, 11: 88.
- Peterson H. Iatrogenic Spinal Deformity. In: Weinstein SL, ed. *The Pediatric Spine: Principles and Practice* [M]. New York: Raven Press, 1994. 651-664.
- Takayuchi F, Denis F. Scheuermann's kyphosis[C]. Minneapolis, MN: Twin Cities Spine Center. 2003.
- Bradford DS, Ahmed KB, Moe JH, et al. The surgical management of patients with Scheuermann disease: a review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1980, 62(5): 705-712.
- Ascani E, La Rosa G. Scheuermann's Kyphosis. In: Weinstein SL, ed. *The Pediatric Spine: Principles and Practice* [M]. New

- York: Raven Press, 1994. 557-584.
29. Wenger DR, Frick SL. Scheuermann kyphosis[J]. Spine, 1999, 24(24): 2630-2639.
 30. Poolman RW, Been HD, Ubags LH, et al. Clinical outcome and radiographic results after operative treatment of Scheuermann disease[J]. Eur Spine J, 2002, 11(6): 561-569.
 31. King HA, Moe JH, Bradford DS, et al. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis [J]. J Bone Joint Surg Am, 1983, 65(9): 1302-1313.
 32. Cho KJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: the sagittal stable vertebra concept[J]. Spine, 2009, 34(8): 765-770.
 33. 朱泽章, 邱勇, 王斌, 等. 休门氏病后凸畸形下端椎、首个前凸椎与矢状面稳定椎的相互关系分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(3): 239-242.
 34. Herndon WA, Emans JB, Micheli LJ, et al. Combined anterior and posterior fusion for Scheuermann kyphosis [J]. Spine, 1981, 6(2): 125-130.
- (收稿日期: 2010-10-13 修回日期: 2010-11-22)
(本文编辑 卢庆霞)

(上接第 337 页)

成功的抢救还离不开早期正确的处理。一旦发现有血管损伤, 应立即以纱布填塞关闭切口, 根据病情选择合适的辅助检查甚至剖腹探查以明确诊断; 同时, 积极输血、输液保持血流动力学稳定。明确有血管损伤后可选择合适的修复技术, 常用的技术包括: 血管修补、血管吻合、血管移植、血管内栓塞及支架植入等。本例患者术中出现术野搏动性出血后立即予以快速输血、补液, 并迅速关闭切口行剖腹探查, 证实为左髂总动脉损伤, 直接行血管缝合, 但由于血管壁有缺损, 并且血管发生痉挛, 导致远端血管充盈不佳, 改行人工血管移植。因此, 笔者认为如果血管没有明显缺损, 可直接缝合, 观察远端血流情况; 而对有明显缺损的血管壁损伤可行补片血管成形术或血管移植术。

L4/5 是椎间盘突出最常发生的部位, 而左右髂总动脉和髂静脉的分叉正好位于 L4/5 椎间盘前方, 两者之间仅有前纵韧带相隔, 因此损伤常常发生在 L4/5 间隙。健康成年男性 L4、L5 椎体矢状径为 30.94mm 和 31.88mm, 女性略小, 因此在进行椎间操作时要警惕髓核钳损伤, 当摘除残余椎间盘时, 髓核钳突破前纵韧带可导致腹部血管的损伤。在椎间盘摘除术中, 对破碎椎间盘组织应予彻底切除, 不遗留任何病变椎间盘病变碎片, 以避免复发, 但椎间盘的非破碎部分不应过多切除, 不宜彻底清除深部的髓核组织, 以免增加大血管损伤的发生几率, 而在清除深部髓核组织时, 可将髓核钳的尖端抵在椎体的上终板或下终板, 以确保髓核钳不离开椎体范围^[10]。椎间盘手术常规采用的体位是俯卧位, 腹部的压力将腹腔内脏器推向脊柱, 导致腹膜后的血管位置相对固定, 增加了髓核钳损伤的几率; 慢性椎间盘退变疾病使得前纵韧带变薄, 腹部手术史可能导致局部粘连或引起前纵韧带和血管解剖位置的改变, 加大了损伤的可能性。Padoulas 等^[10]认为, 即使对于经验丰富的外科医生, 也可能因此而发生血管损伤。本例患者大血管损伤的原因考虑: (1) 老年患者, 病史较长, 局部的韧带组织薄弱; (2) 椎间盘病变发生在 L4/5, 为易损伤部位; (3) 过多地追求对深部椎间盘组织的清除; (4) 操作者动作粗暴也是原因之一。

腹部大血管损伤为腰椎后路手术的严重并发症, 应

该尽量避免, 一旦发生, 正确的处理是成功抢救的关键。我们的经验是: (1) 早期发现; (2) 迅速关闭切口, 作剖腹探查; (3) 充分的暴露是进行后续操作的必要条件; (4) 迅速截断血流, 减少继续出血; (5) 快速、大量的补充血容量, 维持循环系统对组织器官特别是脑组织的血供; (6) 对损伤血管进行正确处理, 尤其是经验丰富的血管外科医师的参与是成功抢救的关键。

参考文献

1. Linton RR, White PD. Rteriovenous fistula between the right common iliac artery and the inferior vena cava [J]. Arch Surg, 1945, 50(3): 6-13.
2. DeSaussure RL. Vascular injury coincident to disc surgery[J]. J Neurosurg, 1959, 16(2): 222-228.
3. Seeley SF, Hughes CW, Jr Jahnke EJ, et al. Major vessel damage in lumbar disc operation[J]. Surgery, 1954, 35(3): 421-429.
4. Skippage P, Raja J, Mcfarland R, et al. Endovascular repair of iliac artery injury complicating lumbar disc surgery [J]. Eur Spine J, 2008, 17(2): 228-231.
5. Karwacki Z, Witkowska M, Lasinska-Kowara M, et al. Iliac artery injury during lumbar microdiscectomy [J]. Anestezjol Intens Ter, 2010, 42(1): 24-26.
6. Nam TK, Park SW, Shim HJ, et al. Endovascular treatment for common iliac artery injury complicating lumbar disc surgery: limited usefulness of temporary balloon occlusion [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2009, 46(3): 261-264.
7. Mack JR. Major vascular injuries incident to intervertebral disk surgery[J]. Am Surg, 1956, 22(8): 752-763.
8. Szolar DH, Preidler KW, Steiner H, et al. Vascular complications in lumbar disk surgery: report of four cases[J]. Neuroradiology, 1996, 38(6): 521-525.
9. Chen IC, Lin FC, Chern MS, et al. Diagnosis of postlam-inectomy arteriovenous fistula using color Doppler flow mapping[J]. Am Heart J, 1991, 121(1): 217-219.
10. Papadoulas S, Konatantinou D, Kourea HP, et al. Vascular injury complicating lumbar disc surgery: a systematic review[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2002, 24(3): 189-195.

(收稿日期: 2010-12-13 修回日期: 2011-01-17)

(本文编辑 彭向峰)