

胸腰椎骨折前路内固定研究进展

韩雷, 全仁夫, 胡云根, 方伟利, 金波, 许世超

(浙江中医药大学附属江南医院, 杭州市萧山中医院骨科, 浙江 杭州 311201)

【摘要】 胸腰椎骨折是常见而较为严重的创伤, 前路手术可直视下保证椎管得到彻底减压, 同时前柱承载着脊柱主要的载荷分布, 而前路手术能实现前柱的骨性融合并重建脊柱前柱的高度, 故前路手术仍是胸腰椎骨折治疗中的重要方法。随着脊柱钉棒系统的应用, 临床上大多采用后路开放手术治疗, 但前路内固定因具有独到的优势, 单纯后路并非能取代。本文综述总结前路手术治疗胸腰椎骨折的生物力学特点、手术适应证选择、前路内固定器械、植骨方法及技术要点, 以期为临床治疗胸腰椎骨折提供更佳确切的证据。

【关键词】 脊柱骨折; 外科手术; 前路

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.07.018

Advanced progress on the treatment of anterior approach to the thoracolumbar vertebral fractures HAN Lei, QUAN Ren-fu, HU Yun-gen, FANG Wei-li, JIN Bo, and XU Shi-chao. Department of Orthopaedics, Traditional Chinese Medical Hospital of Xiaoshan, Hangzhou 311201, Zhejiang, China

ABSTRACT Thoracolumbar fractures are common and severe traumas. Anterior approaches can achieve adirect spinal cord decompression and reconstruct anterior column height what load bearing the major load distribution of the spine. Therefore, anterior approach is an important method in the treatment of thoracolumbar fractures. With the application of pedicle screw, most of the patients were treated with posterior approaches. Because of the unique advantages of anterior approach, the posterior approach can not be replaced it. The review summarizes the biomechanical characteristics, indications, fixation devices, bone grafting method and technique of the anterior approach and in order to provide better evidence for clinical treatment of thoracolumbar fractures.

KEYWORDS Spinal fractures; Sugical procedures, operative; Anterior approach

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(7): 679-683 www.zgsgzz.com

脊柱骨折中胸腰椎骨折占 50% 左右^[1], 其中 10%~20% 为爆裂性骨折^[2], 致伤原因多为高处坠落或车祸伤^[3]。手术治疗的目的在于恢复或重建脊柱稳定, 防止畸形进展, 解除神经压迫等^[4]。手术方案通常采用后路手术、前路手术或前后路联合手术^[5]。后路手术虽然可以矫正较大的后凸角度, 但手术中容易损伤神经, 且存在脊髓急性短缩后带来的并发症; 同时后路手术通常需要使用长节段的钉棒系统内固定, 增加了邻近节段退变的风险。此外后路手术不能有效重建前中柱, 应力无法有效传导, 后期易出现椎体塌陷、后凸角度丢失。前后路联合手术虽然可以进行彻底地减压和较大脊柱后凸角度的矫正, 但是由于其较高的围手术期并发症(32%), 目前主要

限于翻修或假关节形成的病例^[6]。前路手术可直视下保证椎管得到彻底减压, 有效重建前柱稳定性。目前对于脊柱载荷评分 (load sharing classification, LSC) > 6 分, 推荐前路治疗^[7]。

1 胸腰椎骨折前路固定的生物力学特点

胸腰段脊柱处于整个脊柱的力学“关键点”, 其上为相对固定的胸廓, 其下为相对活动的骨盆, 无疑是生物力学上的“接点”。其稳定性直接影响整个脊柱和躯干的生物力学平衡和相应的神经结构和功能^[4]。对于胸腰椎三柱不稳定骨折, 前后路联合手术是最为稳定牢固的, 这已经得到生物力学试验的证实^[8]; 胸腰段压力带位于脊柱的前中柱, 张力带则位于相反的脊柱后方。根据骨折 Wolf 定律, 在压力带植骨特别是结构植骨, 易于骨的愈合或融合, 而在脊柱后方的张力带区植骨, 不易于骨的愈合或融合^[9]。对于椎体前中柱骨折的 Denis B 型胸腰段骨折, 后路手术主要是通过椎体后柱, 即脊柱张力带区间接增加前中柱的稳定性, 大部分骨折脱位虽可通过后入路达到减压、复位和稳定脊柱的目的^[10]。但许多文献

基金项目: 杭州市医药卫生科技计划(编号: 2014B25); 杭州市萧山区重大科技攻关项目(编号: 2014208)

Fund program: Hangzhou Foundation for Medical Research (No. 2014B25)

通讯作者: 韩雷 E-mail: hallen505@163.com

Corresponding author: HAN Lei E-mail: hallen505@163.com

报道后路短节段内固定后, 伤椎前中柱的机械力学性能未完全恢复, 同时后路减压内固定术对后路椎管减压会破坏脊柱的中柱力学结构, 导致椎体支撑力不够^[11]。研究^[12]显示前中柱承载脊柱约 70% 的压力载荷, 如未行可靠的前方有效支撑和植骨融合, 椎体间往往仍处于微动状态, 易导致应力集中, 内固定失败率高达 5%~94%^[13]。单纯椎弓根螺钉系统固定不能恢复其原来生物力学性能, 前中柱重建是减少后路内固定器械承载的关键^[14]。而前路手术直接固定于前中柱, 即脊柱压力带区和脊柱的运动“核心”, 与脊柱的生物学力线一致, 能够有效地承载负荷^[15]。甚至有学者认为, 即使在单纯前路手术中, 脊柱中柱切除减压后使用直径足够大的内置物, 可以得到前后路联合手术的内固定效果^[16]。

上述研究表明前路固定可保留更多有效运动节段, 减少相邻节段的退变概率, 且植骨融合率高, 脊柱生物力学稳定性更佳, 因此目前仍是胸腰椎骨折治疗中重要方法之一。

2 胸腰椎骨折前路内固定手术指征的选择

如何选择适宜的手术入路治疗胸腰椎骨折目前仍存在争议。Kirkpatrick^[17]认为椎管内占位>30%, 特别是合并有神经功能障碍者, 或后凸畸形(但是<35°的陈旧性后凸畸形除外), 或伤椎高度丢失>1/3 以上, 选择和实施单纯前路手术, 其临床效果满意。McCormack 等^[18]综合椎体粉碎程度、畸形程度和骨块移位程度制定了 LSC 评分, 认为≤6 分可采用后路手术, >7 分采用前路手术。但该评分未考虑后方韧带复合体损伤这一重要影响脊柱稳定性的因素, 而 AO 分型则考虑了后方韧带损伤因素。目前根据文献^[10]资料显示需综合 AO 骨折分型和 LSC 评分来决定采用手术入路: AO A3.2 型、A3.3 型骨折无论 LSC 评分为多少, 可行前路手术; B、C 型骨折如 LSC 评分>7 可行前后联合入路手术, 如<7 分可行后路手术。Machino 等^[19]认为, 胸腰椎骨折符合下列条件者应考虑前路手术: (1) 胸腰椎陈旧性骨折, 脊髓前方受压; 严重骨折脱位椎管侵占>50%, 椎体高度丢失>70%, 后凸>20°。(2) 后路内固定复位不满意, 脊髓前方压迫未解除。(3) 后路内固定失败, 脊髓重新受压。(4) 陈旧性胸腰椎骨折后凸畸形并发迟发性截瘫。确定行前路手术时, 应了解后柱损伤的程度, CT 可较细致地分析骨组织损伤程度, MRI 对了解软组织损伤情况有独到之处, 如有明显的后部结构损伤, 应联合应用后路器械固定^[20]。在 L₂ 平面以下应避免单独行前路融合术, 因腰段生理性前凸, 不利于植骨愈合, 术后假关节发生率较高, 特别是 L₄ 平面, 前路器械的放置会增加大血管损伤的概率^[21]。然而

前路手术需要的支撑条件及对医师、医院的综合实力要求高, 相应医疗费用也相对高, 因此临床要求前路手术应掌握严格的适应证, 但因其具有合理性及明确肯定的疗效, 已获得部分越来越多学者提倡。

3 胸腰椎骨折前路内固定器械的研究

Dunn^[22]最先报道胸腰椎骨折前路器械固定技术, 但在使用中导致周围动脉摩擦形成迟发性主动脉破裂, 并产生致命性腹膜后血肿, 因此该内固定器目前已不再使用。此后前路内固定器械相继出现, 包括 Kaneda、Z-plate 等。这些器械在临床上收到了较好的治疗效果、促进了前路手术的发展。现临床上常用前路内固定可主要分钉棒系统及钉板系统。

3.1 钉-棒系统

Kaneda 前路器械固定在椎体的侧方, 避免了器械与腹主动脉的磨损, 使用比较安全。但该器械对胸腰椎骨折复位能力差, 难以完全恢复伤椎椎体高度和脊柱的生理弯曲, 同时缺乏锁定效应导致其存在一定的假关节发生率^[23]。该系统操作中撑开和加压需通过不断拧动螺帽来完成, 由于前路手术部位深, 术野有限, 加之椎体的各种解剖突起、膈肌阻挡等因素, 使手术操作困难, 手术时间及出血量增加。TSRH (texas scottish rite hospital instrumentation) 三维矫形器械最初设计是长节段固定器, 主要用来矫正脊柱畸形, 即可用于前路矫形, 也可用于后路固定。其操作技术比 Kaneda 简单, 但其稳定性较差。文献报道术后有钩的松动、假关节形成、椎板骨折等内固定并发症^[24]。Ventrofix 内固定系统包括固定卡、连接棒及自攻带锁螺钉, 连接棒在固定卡中可伸缩移动以调节长度来适应不同的椎体高度。它可以撑开椎间隙以矫正后凸和恢复脊柱矢状序列, 同时对椎间植骨可以加压。其设计较简单, 组装容易, 有利于缩短手术时间, 减少出血量。该系统不足之处在于螺钉的植入方向受到严格的限制, 手术体位不当也会影响进钉角度及深度, 导致脊髓、神经根及对侧大血管损伤。

3.2 钉-板系统

Z-plate 具有低侧面、光滑、结构简便、安置方便、节省时间等优点, 该器械仅限制侧屈运动, 在行椎间植骨融合时有较好的稳定作用。但 Z-plate 板形设计决定其不能适应于椎体形状较不规则的患者, 板与椎体侧面很少能够完全贴合, 往往留有空隙, 这可导致应力集中于螺钉与棒锁定处, 容易造成内固定失效, 晚期患者后凸畸形增加。锁定钢板系统如 ATLP (anterior thoracolumbar locking plate)、TSLP (thoracolumbar spine locking plate) 稳定性明显增强, 但锁定设计往往还同时存在不易撑开和加压、不易调整锁定螺钉方向等缺陷^[25]。Anterior tension

brand(ATB)plate 在屈伸、侧屈活动固定效果略差,但在限制脊柱旋转运动方面有优势,可以有效增强腰椎前路椎间融合的生物力学稳定性。An 等^[26]测试了 Kaneda、TSRH、Z-plate、University-plate 4 种装置的生物力学稳定性,如无椎间植骨,Kaneda 系统限制脊柱各方向运动的能力最好;University-plate 可限制前屈、后伸、侧屈方向的运动;TSRH 可限制前屈、侧屈运动;Z-plate 仅限制侧屈运动。

上述研究表明钉-板系统在构造上相对简单,手术操作时容易安装,手术时间也相对缩短,但生物力学稳定性不如钉-棒系统。

4 胸腰椎骨折前路支撑植骨的研究

由于骨折破坏及前路减压所需,胸腰椎骨折前路手术需要采用支撑植骨的方式重建脊柱前中柱稳定性。目前最常采用自体髂骨、同种异体骨和钛网(人工椎体)来完成前路支撑植骨。自体三面皮质骨髂骨供移植融合在疗效上是“金标准”^[27]。尽管其他部位自体骨移植与自体髂骨植骨融合率无明显差异^[28],但其骨的传导和骨诱导作用较自体髂骨植骨弱^[29],后期因支撑力不够,术后后凸畸形的发生率较高^[30]。然而自体髂骨供区术后常存在多种并发症,其中最常见的并发症是术后慢性疼痛^[31]。Dai 等^[32]比较了前路钢板固定联合自体骨植骨与钛质融合器治疗胸腰椎爆裂骨折疗效,临床和影像学结果显示均无明显差异,但在随访结束时自体骨植骨组 32 例患者中 26 例诉供骨部位仍有一定程度的疼痛。因此临床上亦有不少患者不愿再接受有创的取髂骨手术。

同种异体骨不具有自身成骨的能力,主要是通过骨传导及骨诱导作用来促进移植后的骨愈合^[33]。目前已成为临床上应用最广泛的骨移植材料。异体皮质骨具有坚硬的支撑作用,在以往的应用中,异体腓骨主要用作自体植骨材料量与强度不够时的增补或替代材料,主要用于脊柱多节段融合患者。异体管状骨过多的皮质骨结构不容易被降解替代,导致了达到骨性愈合的时间比自体骨延长,但长期随访结果与自体骨无明显差异^[27]。但目前学术界对同种异体骨移植后的愈合机制和免疫应答尚不清楚,且在如何保护骨组织、降低免疫原性来加速植入后的骨愈合等方面亦存在争议。

钛网具有剪裁方便、支撑作用强大、可利用减压操作获得伤椎松质骨填充植骨、不容易松动移位等优势。Cardenas 等^[34]比较了腓骨及两种不同的钛网在 L₄ 次全切除的尸体模型中的即刻力学稳定性,认为钛网与腓骨的即刻支撑强度没有显著差异。但临床上也经常观察到由于钛网-椎体界面的应力集中等因素导致钛网下沉和矫正丢失^[35]。人工椎体具有

良好主动撑开性能,其作为前路支撑物来治疗胸腰段陈旧性骨折后凸畸形取得良好的临床疗效。人工椎体接触界面大,可有效地避免假体的切割与下沉,并且因其可以进行主动大力量的撑开,辅以前路钉板(棒)系统可获得牢靠的固定,通过单个节段即可进行较大的脊柱后凸角度的矫形,并且人工椎体宽大的假体-骨界面使椎体间融合更容易。但国外文献已经有的人工椎体置入导致相邻椎体劈裂骨折的报道^[36]。同时对于人工椎体的使用仍需要后期的生物力学试验深入研究及进一步的病例积累和长期随访。

上述研究表明目前尚未找到一种理想的支撑植骨材料来完全替代自体骨。随着生物合成技术及生物力学研究的发展,寻求适合临床应用的植骨材料将成为脊柱组织工程学研究方向之一。

5 胸腰椎骨折前路内固定的技术要点

5.1 手术入路

手术切口选择左侧或者右侧应该根据术前骨折块的位置,骨折块突向右侧则从右侧入路,反之亦然,骨折块突向中央则一般从左侧入路即可^[5]。一般认为左侧入路较右侧入路安全,但也有学者认为右侧入路相对简单。切口选择要准确,否则暴露不佳,螺钉方向受切口边缘阻碍,导致倾斜钻钉、平行失衡,将影响器械固定效果。此外识别椎体前纵韧带和神经根孔是前路手术要点,在两者之间的区域进行手术操作是安全的,超出此区域的操作将可能损伤前方的重要血管和后方椎管内的神经。

5.2 固定技术

术中正确使用腰桥以撑开或者闭合伤椎的间隙,不可出现矫枉过正现象。准确置入椎体螺钉,确保椎体螺钉与椎体终板平行。避免异常应力引起的上下椎体呈“张口状”或“张口不良”样表现,即脊柱侧凸矫正过度或不力,这是造成脊柱侧凸最重要的原因^[37]。有学者建议如术中确实存在螺钉位置不佳且无法调整时,可以通过轻度弯棒来进行调整,但这一作用是比较有限的。

5.3 关于支撑植骨

选择合适长度钛网,尽量避免为追求钛网即刻稳定性而选择过长钛网,术中可以通过钉棒系统轻度压缩椎间隙来达到稳定钛网目的。为了防止钛网下沉的可能性,可将钛网安放于上下椎体的偏一侧,即有意桥接于椎体侧方和前方皮质骨的区域,而非中心性地放置于上下椎体中央松质骨的区域。同时,在钛网的对侧留有充足的空间便于充填植骨。如选用人工椎体,则需根据患者的情况,选择合适大小与角度的人工椎体,使人工椎体与椎体终板有良好地接触。在人工椎体进行撑开前,必须再次 X 线透视

确认人工椎体与上下终板接触良好, 以免撑开过程中由于终板受力不均而导致相邻椎体的劈裂骨折。

前路手术的创伤与技术难点限制了其广泛应用, 前路手术需要对解剖更为熟悉。扎实的胸腹腔解剖知识和手术技术是前路手术的基础, 学习曲线较长, 在具有使用腔镜经验的单位, 可以使用腔镜辅助实施手术, 减少对软组织的损伤^[38]。

6 展望

胸腰椎前路内固定手术具有其独到的优势, 单纯后路手术不能完全取代。但胸腰椎前路手术也存在创伤大、出血多、手术时间长等缺点。目前的前路内固定器械在结构上已日趋合理, 内植物并发症大大减少。但先进的内植物产品并不意味着必能获得良好的临床效果, 只有准确地把握手术适应证, 合理选择内固定器械和完善的操作技术, 才是减少并发症和获得满意疗效的关键。相信随着生物学、材料学及手术学的研究深入, 前路内固定治疗胸腰椎骨折的前景会更加广阔。

参考文献

[1] Justin KS, Bakhsheshian J, Fakurnejad S, et al. Evidence-based medicine of traumatic thoracolumbar burst fractures: A systematic review of operative management across 20 years [J]. *Global Spine J*, 2015, 5(1): 73-82.

[2] Xu GJ, Li ZJ, Ma JX, et al. Anterior versus posterior approach for treatment of thoracolumbar burst fractures: a meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(10): 2176-2183.

[3] Doud AN, Weaver AA, Talton JW, et al. Has the incidence of thoracolumbar spine injuries increased in the United States from 1998 to 2011 [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(1): 297-304.

[4] 郑超, 伍骥, 黄蓉蓉, 等. 前路手术治疗成人胸腰段 Denis B 型爆裂性骨折 [J]. *中华创伤杂志*, 2014, 30(7): 669-674. ZHENG C, WU J, HUANG RR, et al. Anterior approach surgery for Denis type B thoracolumbar burst fractures in adults [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2014, 30(7): 669-674. Chinese.

[5] Cahueque M, Cobar A, Zuniga C, et al. Management of burst fractures in the thoracolumbar spine [J]. *J Orthop*, 2016, 13(4): 278-281.

[6] Berven SH, Deviren V, Smith JA, et al. Management of fixed sagittal plane deformity: outcome of combined anterior and posterior surgery [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(15): 1710-1716.

[7] Sharma S, Singh D, Singh M, et al. Single screw - rod anterior instrumentation for thoracolumbar burst fractures with incomplete neurological deficit [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2013, 21(1): 71-76.

[8] Acosta FL, Buckiey JM, Xu Z, et al. Biomechanical comparison of three fixation techniques for unstable thoracolumbar burst fractures. Laboratory investigation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 8(4): 341-346.

[9] 赵定麟, 刘大伟. 骨科生物力学基本概念 [M]. 第 3 版. 北京科学出版社, 2004: 380-382. ZHAO DL, LIU DW. *Basic Concepts of Biomechanics in Orthopedics* [M]. 3rd Edition. Science Publish House of Beijing, 2004: 380-382. Chinese.

[10] 朱劲松, 杨民, 徐祝军, 等. 后路经椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折治疗失败原因分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(3): 253-256. ZHU JS, YANG M, XU ZJ, et al. Causes for failed posterior pedicle screw instrumentation for thoracolumbar fractures [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2016, 18(3): 253-256. Chinese.

[11] 曾义高, 方丁, 贺志强. 前路与后路减压内固定治疗胸腰椎爆裂骨折并脊髓损伤的比较 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2016, 31(1): 73-74. ZENG YG, FANG D, HE ZQ. Comparison of anterior and posterior approach instrumentation in management of burst thoracic and thoracolumbar fractures with spinal cord injury [J]. *Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi*, 2016, 31(1): 73-74. Chinese.

[12] 邢金明, 彭文明, 施初云, 等. 后路短节段内固定治疗胸腰椎骨折失败的原因分析和前路翻修 [J]. *中国骨伤*, 2013, 26(3): 186-189. XING JM, PENG WM, SHI CY, et al. Analysis of reason and strategy for the failure of posterior pedicle screw short-segment internal fixation on thoracolumbar fractures [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2013, 26(3): 186-189. Chinese with abstract in English.

[13] Kim HS, Lee SY, Nanda A, et al. Comparison of surgical outcomes in thoracolumbar fractures operated with posterior constructs having varying fixation length with selective anterior fusion [J]. *Yonsei Med J*, 2009, 50(4): 546-554.

[14] 陈昊, 王根林, 林俊, 等. 严重胸腰椎爆裂性骨折手术入路的有限元研究 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2014, 16(9): 798-802. CHEN H, WANG GL, LIN J, et al. Finite element analysis of three surgical treatments of severe thoracolumbar burst fractures [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2014, 16(9): 798-802. Chinese.

[15] 杨曦, 宋跃明, 刘立岷, 等. 应用纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 椎体支撑重建脊柱前柱的中期效果 [J]. *中华外科杂志*, 2014, 52(1): 20-24. YANG X, SONG YM, LIU LM, et al. Effectiveness of nano-hydroxyapatite/polyamide 66 cage in anterior spinal reconstruction: a midterm study [J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2014, 52(1): 20-24. Chinese.

[16] Zahra B, Jodoin A, Maurais G, et al. Treatment of thoracolumbar burst fractures by means of anterior fusion and cage [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(1): 30-37.

[17] Kirkpatrick JS. Thoracolumbar fracture management: anterior approach [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2003, 11(5): 355-363.

[18] McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1994, 19(15): 1741-1744.

[19] Machino M, Yukawa Y, Ito K, et al. Posterior ligamentous complex injuries are related to fracture severity and neurological damage in patients with acute thoracic and lumbar burst fractures [J]. *Yonsei Med J*, 2013, 54(4): 1020-1025.

[20] Charles YP, Walter A, Schuller S, et al. Temporary percutaneous instrumentation and selective anterior fusion for thoracolumbar fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 42(9): E523-531.

[21] Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, et al. Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits [J]. *J Bone Joint*

- Surg Am, 1997, 79(1):69-83.
- [22] Dunn HK. Anterior stabilization of thoracolumbar injuries[J]. Clin Orthop, 1984, (189):116-124.
- [23] Higashino K, Katnh S, Salvo K, et al. Pseudoaneurysm of the thoracoabdominal aorta caused by a severe migration of an anterior spinal device[J]. Spine J, 2008, 8(4):696-699.
- [24] 刘列华, 兰阳军, 周强. 腰椎前路内固定器械的历史与进展[J]. 中国骨与关节杂志, 2014, 3(1):63-66.
LIU LH, LAN YJ, ZHOU Q. History and progress of anterior lumbar internal fixation instruments[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Za Zhi, 2014, 3(1):63-66. Chinese.
- [25] 丁真奇, 胡生庭, 康两期, 等. 新型胸腰椎前路内固定系统的设计与生物力学研究[J]. 中华生物医学工程杂志, 2013, 19(1):28-31.
DING ZQ, HU ST, KANG LQ, et al. Design and biomechanical study of a new system for anterior thoracolumbar internal fixation [J]. Zhonghua Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Za Zhi, 2013, 19(1):28-31. Chinese.
- [26] An HS, Lim TH, You JW, et al. Biomechanical evaluation of anterior thoracolumbar spinal instrumentation [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1995, 20(18):1979-1983.
- [27] Tuchman A, Brodke DS, Youssef JA, et al. Iliac crest bone graft versus local autograft or allograft for lumbar spinal fusion: A systematic review[J]. Global Spine J, 2016, 6(6):592-606.
- [28] Ito Z, Imagama S, Kanemura T, et al. Bone union rate with autologous iliac bone versus local bone graft in posterior lumbar interbody fusion (PLIF): a multicenter study [J]. Eur Spine J, 2013, 22(5):1158-1163.
- [29] Campana V, Milano G, Pagano E, et al. Bone substitutes in orthopaedic surgery: from basic science to clinical practice [J]. J Mater Sci Mater Med, 2014, 25(10):2445-2461.
- [30] 罗飞, 侯天勇, 张泽华, 等. 前路同种异体髂骨支撑植骨治疗胸腰段骨折的长期临床观察[J]. 中华创伤杂志, 2012, 28(6):509-512.
LUO F, HOU TY, ZHANG ZH, et al. Long-term clinical observation of anterior allogenic iliac graft in treatment of thoracolumbar fractures [J]. Zhonghua Chuang Shang Za Zhi, 2012, 28(6):509-512. Chinese.
- [31] Ropars M, Zadem A, Morandi X, et al. How can we optimize anterior iliac crest bone harvesting? An anatomical and radiological study [J]. Eur Spine J, 2014, 23(5):1150-1155.
- [32] Dai LY, Jiang LS, Jiang SD. Anterior-only stabilization using plating with bone structural autograft versus titanium mesh cages for two- or three-column thoracolumbar burst fractures: a prospective randomized study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(14):1429-1435.
- [33] Kinaci A, Neuhaus V, Ring DC. Trends in bone graft use in the United States [J]. Orthopedics, 2014, 37(9):e783-788.
- [34] Cardenas RJ, Javalkar V, Patil S, et al. Comparison of allograft bone and titanium cages for vertebral body replacement in the thoracolumbar spine: a biomechanical study [J]. Neurosurgery, 2010, 66(6):314-318.
- [35] Zahra B, Jodoin A, Maurais G, et al. Treatment of thoracolumbar burst fractures by means of anterior fusion and cage [J]. J Spinal Disord Tech, 2012, 25(1):30-37.
- [36] Chou D, Lu DC, Weinstein P, et al. Adjacent-level vertebral body fractures after expandable cage reconstruction [J]. J Neurosurg Spine, 2008, 8(6):584-588.
- [37] 卢海川, 卢照应, 黄春辉, 等. 胸腰段骨折前路与后路手术对侧方成角的影响[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24(2):124-127.
LU HC, LU ZY, HUANG CH, et al. Effect of anterior versus posterior procedures on lateral angulation in thoracolumbar fracture [J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2016, 24(2):124-127. Chinese.
- [38] 彭明, 曹新峰, 彭国栋, 等. 胸腔镜辅助小切口手术与传统脊柱前路手术治疗胸腰椎骨折的病例回顾分析[J]. 中国骨伤, 2012, 25(9):747-750.
PENG M, CAO XF, PENG GD, et al. Retrospective study on treating thoracolumbar fractures with video-assisted thoracoscopic surgery and traditional anterior approach surgery [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(9):747-750. Chinese with abstract in English.

(收稿日期:2017-03-28 本文编辑:李宜)