

骶髂关节损伤的治疗进展

张森, 肖玉周, 陈笑天

(蚌埠医学院第一附属医院骨科, 安徽 蚌埠 233000)

摘要:随着现代交通领域的快速发展, 高能量的损伤越来越多, 高能量损伤中累及骶髂关节复合体损伤的发生率逐步增加。骶髂关节复合体是躯干与下肢负荷传递的枢纽, 在维持骨盆环的稳定性方面起着决定性作用, 因此累及骶髂关节的不稳定性骨盆骨折应尽可能的复位固定。目前临床上对骶髂关节损伤的手术治疗方法报道较多, 各种内固定临床疗效不同。该文就骶髂关节损伤的诊疗进展进行综述。

关键词:骶髂关节; 骨折; 脱位

doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2018.01.006

Progress in the treatment of sacroiliac joint damage

ZHANG Miao, XIAO Yuzhou, CHEN Xiaotian

(Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Bengbu

Medical College, Bengbu, Anhui 233000, China)

Abstract: With the rapid development of modern traffic areas, high energy damage is increasing, and the incidence of high energy injury involving the injury of the complex of the sacral iliac joint has gradually increased. The complex of the sacral joint is the pivot of the trunk and lower limbs load transfer, which plays a decisive role in maintaining the stability of the pelvic ring. At present, the surgical treatment of sacroiliac joint damage has often been reported, and the different internal fixation methods have achieved different clinical effects. This article reviews the progress in the diagnosis and treatment of the injury of the sacral iliac joint.

Keywords: sacral joint; fracture; dislocation

随着交通的进步和建筑相关工业的发展, 相应不良事故的发生随之增加。高能量损伤是由如高处坠下、重物砸伤、车祸等巨大暴力直接或间接造成的, 其发病率较以前明显增加。高能量意外损伤中, 所有骨折中骨盆骨折约占总数的 3%^[1]。涉及骶髂关节损伤的骨盆骨折多属于不稳定性骨折。骶髂关节周围毗邻腰骶丛、泌尿系统、肠道及盆腔血管等重要结构, 易引起动、静脉大出血、出血性休克、凝血功能障碍、血栓及脂肪栓塞、全身炎症反应、感染、多器官功能衰竭等, 严重威胁患者的生命安全, 其致死率约达 30%。

骨盆后环的骶髂关节是人体直立行走活动时主要的承重关节, 是人体承载与负重的应力传导途径, 因此涉及骶髂关节损伤得到及时复位固定是必要的, 这关系到患者预后及生活质量。骶髂关节骨折脱位若没得到相应合理的治疗, 并发症会随之出现: 包括骨折不愈合或延迟愈合、局部的慢性疼痛、

双下肢距离不等及腰骶部神经功能损害等相关并发症^[2]。由于卧床等保守治疗预后较差, 目前人们逐渐倾向手术治疗, 手术治疗能恢复骨盆后环的垂直及旋转稳定性。不稳定骨盆损伤的手术固定有利于骨折复位、早期负重与活动、降低病死率、缩短住院时间以及获得较好的功能。

1 骶髂关节复合体的解剖

骨盆后环是由双侧髂骨、骶骨、骶髂前后韧带等组成的骶髂关节韧带复合体, 骨盆后环旋转及垂直方向的稳定主要是依靠骶髂复合体完整支撑维持的。骶髂关节呈向后内方, 关节表面有不规则的凹陷和突起, 髂骨面稍微突出, 骶面略为凹陷, 两者有互锁作用, 借以稳定关节。骶髂关节是在 6 个自由度上的耦合运动, 存在一定的活动空间, 属于微动关节。骶骨与髂骨间没有内在的稳定性, 骶髂关节周围韧带协同作用才是维持骨盆后环稳定性的关键。骨盆前环对于维持整个骨盆环的稳定约占 40%, 而后环对骨盆环稳定作用占 60%, 因此后环的稳定作用极其重要^[3]。即使骨盆前环因占位被切除或先天缺损, 只要骨盆后环的结构完整, 仍能

通信作者: 肖玉周, 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 创伤骨科、周围神经损伤基础与临床应用研究, E-mail: xiaoyuzhou1@aliyun.com

勉强维持整个骨盆环的稳定性。

2 骶髂关节骨折脱位的急诊相关处理

骶髂关节骨折脱位属于骨盆骨折中不稳定骨折,骨折端容易损伤血管及合并其他内脏器官损伤,造成血流动力学不稳定,最常见的并发症是休克^[4]。患者早期合并休克的必须对症处理,长时间休克可能引起死亡, Kim 等^[5]报道称患者骨盆骨折合并休克病死率达 54%。首先予以清除口腔内呕吐物、血凝块及面罩吸氧保持呼吸道通畅,低血压、脉率细速考虑血容量不足,应予以输液及输血积极抗休克治疗从而维持循环系统的稳定;其次由于骶髂关节骨折脱位,骨折端及静脉丛出血,应通过外固定架临时固定复位,减少骨折端移位导致的出血及疼痛。Calafi 等^[6]认为,对于血流动力学不稳定者,应在积极抗休克同时行髂内动脉栓塞治疗,还应予以患侧下肢牵引,维持力线,为后期手术治疗奠定基础。

骨盆外固定架是一种相对安全、微创、有效的骨盆外固定技术^[7]。骨盆外固定装置使约 55% 循环不稳定的患者转为稳定,为进一步救治赢得时间。急诊时可使用外固定架固定抢救生命,待生命体征稳定后再行骨盆后环固定治疗^[8]。急诊骨盆损伤病人使用外固定架固定有很多优点:(1)操作方便、固定牢靠、创伤较小、减轻患者疼痛、术后护理方便,可在病床早期活动,减少卧床相关并发症发生(如血栓等);(2)防止骨折端移位引起泌尿系统等损伤,造成二次损伤延误手术时机,为后续的及时治疗提供安全的机体条件,减少致残率。骨盆外固定不仅可稳定盆腔内压、限制盆腔容积、复位骨折减少出血,也可避免脂肪栓塞及继发器官衰竭等发生,从而降低病死率^[9]。总之在处理急诊时,若遇到全身多发伤合并不稳定性骨盆骨折的患者,外固定架可以作为急救计划的抢救措施。

3 骶髂关节骨折脱位手术治疗方法

骶髂关节骨折脱位的手术目的在于稳定骨折端,重获骨盆后环的稳定及重建正常的解剖结构,改善术前神经症状。过去由于手术技术的限制,多选择保守治疗,但现大多支持积极、早期手术治疗,尤其是骨盆后环不稳定性的患者,不论是否存在神经症状,在生命体征正常的前提下,均应早期考虑手术治疗^[10]。保守治疗要求下肢长时间制动,卧床并发症发生率高(如血栓、肺炎等),且预后效果不肯定;而手术治疗有并发症较低、可早期功能锻炼、

预后效果肯定等优点,因此目前手术恢复骨盆环的结构已成为治疗骨盆骨折的治疗手段,被广大医患所接受。盖景颖等^[11]报道不稳定性骶骨骨折伴有神经症状的患者,大部分患者术后神经功能能完全恢复。

3.1 骶髂关节前路钢板固定 前路双重建板固定是骶髂关节损伤目前常用的治疗方法,具体操作如下:气静复合麻醉后患者取仰卧位,患者臀部稍垫起,手术切口自髂前上嵴向后至髂后上嵴,暴露完全后用骨科器械复位骶髂关节,用 2 块 3 或 4 孔重建板呈 60°~90°放置骨折端前方固定,尽量放置在骨质密度致密区域;骶骨侧暴露时应精细操作,直视下植入 1 枚与骶髂关节方向平行的螺钉。前路重建钢板^[12]内固定植入材料主要包括 3 或 4 孔钢板、“T”形板等。从生物力学方面分析前方重建板仅起到横向连接作用,抗旋转力及剪切力作用差,骨折端容易再次移位。柯顺忠等^[13]报道采用前路双重建钢板固定治疗难复性 Tile C 型骶髂关节骨折脱位 39 例患者,所有患者术后未出现神经、血管副损伤;3 例合并术前骶丛不完全损伤者,在 3~4 个月内完全恢复;39 例骶髂关节在解剖位融合或功能位融合,无骶髂关节再脱位,13 例分别于术后 12 个月取出内固定钢板螺钉,骶髂关节获得骨性融合,部分骨痂跨越钢板表面。Choy 等^[14]报道了采用前路钢板结合后路骶髂螺钉治疗垂直不稳定骨盆骨折 32 例,术后预后效果 16 例优,10 例良,4 例可,2 例无明显改善。

前入路骶髂关节暴露范围与前路钢板内固定复位安全性紧密相关,因盆腔内有许多重要的血管、神经走行其中,术中操作精准,只要不过度牵拉,一般不会损伤。但骶 1 椎体与骶髂关节间有 L4、5 神经根走行,操作不当时,损伤的风险大。经前路钢板固定的优点有:(1)若合并骨盆前环骨折,术中暴露骶髂关节时可以同时显露前方骨盆环骨折,使一个切口可同时复位固定多处骨折,减少手术创伤,且前环固定后使后环复位固定变得相对容易;(2)直视下可将嵌顿的软组织及血肿刮除,并通过植骨促进骶髂关节融合,同时可保护 L5 神经根,若 L5 神经卡压可进行减压;(3)可避免内固定松动断裂,因为固定在不同平面的 2 块钢板避免了应力集中;(4)可避免损伤骨盆后方韧带等组织。前路钢板固定方法缺点:(1)双重建钢板的骶骨侧仅能置入 1 枚螺钉,力学稳定上存在一定的不足,特别

是骶骨侧存在骨折时影响螺钉置入;(2)术中操作不当易损伤 L4、5 椎体神经前支和腰骶干神经;感染风险高是开放手术不可避免的难题^[15];(3)骶髂关节在解剖位或功能位融合,是否造成邻近关节如对侧骶髂关节、耻骨联合、腰骶关节以及髋关节等应力集中,进而加重邻近关节退变,以及是否会对妊娠及顺产产生影响等,这些都是未知的,有待于进一步随访研究。

3.2 后路骶骨棒固定 在国外骶骨棒起初使用于骶骨骨折,骶骨棒是临床上一种用于稳定骨盆后环的固定方式。具体操作如下:气静复合麻醉后患者取俯卧位,分别在两侧髂后上棘处作约 4 cm 的切口,逐层暴露,直至显露到坐骨大切迹和骶骨后孔,骨折解剖复位后,两侧向内加压通过骶骨棒连接进而使骨折固定,但手术操作时应注意侧方压力不能过大,防止引起神经损伤。

在国外骶骨棒已被广泛使用,包括骶骨骨折(1~3区)及骶髂关节损伤,但国内很少有人使用此方法固定。向内横向压缩加压是其固定原理,但骶骨、骶孔过度压缩易使骶神经受压产生相应症状,因此对累及骶孔及中央骶管区的骨折固定要慎重。骶骨棒主要适用于双侧髂骨翼完整无损伤者,禁用于双侧骶髂关节脱位者。

3.3 经皮后路锁定钢板固定 经皮后路锁定钢板固定是一种跨越骶骨后方的桥接固定,具有创伤小、固定牢靠等优点。具体操作:全身麻醉后,患者取俯卧位,于两侧髂后上棘外侧沿髂嵴作约 3~5 cm 的弧形切口,逐层暴露直至显露髂骨外板,将预先塑性的钢板自患侧经皮下隧道送至对侧,透视下观察复位情况,若复位满意,最后两侧用螺钉将钢板固定牢靠。

后路钢板是两侧髂骨通过锁定钢板及螺钉固定,形成稳定内固定支架,固定牢固可靠,符合生物力学固定。虽其力学强度不及骶髂螺钉固定,但后路锁定钢板固定应力分布与正常骨盆相似,足以使其稳定^[16]。有报道^[17]认为后路锁定钢板更能够减少内固定松动及骨折再次移位的发生。由于经皮锁定钢板固定对骶管和骶孔无加压作用,且可以单皮质螺钉固定,故造成血管神经的损伤概率远低于其他固定方式。对于合并神经症状的患者是后路锁定钢板固定的禁忌证,应考虑行开放手术的同时予以神经减压^[18]。余建等^[17]报道了后路经皮锁定钢板治疗 21 例不稳定骨盆后环骨折,术后患者获

得良好的临床疗效。总之,随着新的技术发展,后路钢板固定在治疗骨盆后环骨折仍有一定的适用范围。

3.4 脊柱骨盆固定系统 近年来脊柱骨盆固定系统是治疗不稳定骶髂关节骨折的一种有效的方法。具体操作如下:全麻后患者取俯卧位,作腰骶部后正中切口显露骶髂关节,于 L5 或 S1 椎体置入椎弓根钉,自髂后上棘向髂臼置入髂骨钉,术中对卡压的神经进行减压,清理骨折端的软组织,在骶髂关节处植骨,然后用复位钳恢复骶髂关节的旋转及垂直移位,连接预弯钉棒。术中应反复透视,观察髂骨螺钉位置是否穿透坐骨内侧或外侧骨质^[19]。

随着研究的深入,髂腰固定的效果得到很多学者的认同及肯定^[20]。脊柱骨盆内固定治疗的适应证包括:H 形骶骨骨折、单侧或双侧 Tile C 型骶髂关节脱位。髂骨后棘粉碎性骨折是其固定的禁忌证,因为髂骨钉无法坚强固定,把持力差。其他的骶髂关节骨折固定仅为平面固定,不能保证脊柱骨盆的纵向稳定性,脊柱骨盆固定能够对骨盆后环进行三维互锁固定,抗剪切强度显著增强,骨折再移位和固定失效的发生率明显减少。刘江涛等^[21]报道脊柱骨盆内固定治疗 12 例骨盆后环骨折患者,大部分术后复位满意及恢复疗效良好,内固定牢固可靠,可以早起活动。王治成^[22]报道脊柱钉棒固定力学稳定性及治疗效果明显优于骶髂螺钉固定。

3.5 骶髂螺钉固定 经皮骶髂螺钉固定是骶髂关节骨折脱位目前最普遍应用的内固定方法,该技术操作相对简单,固定强度可靠。操作步骤如下:气静复合麻醉后取俯卧位,软枕将腰骶部垫起,手术开始前用 C 臂机行骨盆正侧位、出入口位透视定位,观察骨折复位情况。若骨折复位满意,在患侧髂后上棘外约 3 cm 处作 1 cm 切口,逐层分离暴露达髂骨面,导针向上倾斜 10°向前倾斜 20°缓慢通过髂骨、骶髂关节及到达骶 1 椎体,此过程反复透视观察导针位置,若观察导针位置良好,则沿导针方向拧入加压螺钉,然后再次透视确认螺钉的位置与方向。若 1 根螺钉固定不牢靠,可以在其前下方位置反复透视下以同样的操作植入第 2 枚螺钉,最后拍摄 X 线确定植入螺钉方向与位置。相关生物力学研究报道经皮骶髂螺钉固定能得到最大的稳定性^[23]。龚旭等^[24]报道经皮骶髂螺钉治疗骶髂关节骨折脱位的 18 例患者治疗效果均满意。

应用骶髂螺钉固定具有创伤较小、生物力学稳

定等优点,可广泛应用临床中。以往有很多围绕骶髂关节解剖及生物力学的研究^[25-27],由于骶髂关节毗邻盆腔大血管、腰骶神经丛等重要结构,且手术技巧要求较高,经皮植入骶髂螺钉有损伤神经、血管、脏器的风险,螺钉误植及导致的神经根(L5为主)损伤是其主要并发症^[28-29]。相关文章报道经皮置钉手术神经血管误伤的发生率为2%~15%^[30]。骶髂关节良好复位和螺钉正确的植入且不伴有神经损伤是具有挑战性的。若术者通过周密的术前计划及螺钉植入技术熟练掌握,可避免开放手术带来的诸多缺点,如术中损伤血管致大出血,医源性神经损伤,增加了患者软组织损伤和发生感染的风险^[31]。临床经验总结得出经皮螺钉植入要注意以下几项:(1)术者应熟悉手术部位重要血管神经肌肉的解剖结构,重视术前阅片,如骨盆平片和CT三维重建及冠状面矢状面横断面的断层平扫,了解个体差异;(2)术前应通过牵引尽量使骶髂关节完全复位,这使骶髂关节螺钉的准确植入概率大大增加;(3)术前应禁食、行灌肠排空肠气及粪便,防止术中透视干扰,影响植钉。

尽管骶髂螺钉存在有损伤神经、血管、脏器的风险。但随着现代科技及科学水平的发展,很多经皮螺钉导向器及图像定位制导机器等辅助设备已应用临床手术,如计算机三维CT导航^[32]等,通过术前对螺钉钉道准确的预计和判断,准确测出所需螺钉实际的长度和直径,手术植入螺钉的安全性明显的提升,相关并发症明显降低。ISO-C3D导航的使用显著提高了螺钉植入的准确性及安全性^[33-34]。Peng等^[35]报道了使用CT联合螺钉导向器辅助下经皮螺钉置入的患者中,螺钉植入精确度显著提高,手术时间明显降低。Kim等^[36]发现在三维CT引导下经皮置钉可减少神经损伤。

4 总结

随着人们物质生活水平的提高,对外伤的预后要求较高,骨盆骨折涉及骶髂关节损伤基本都要求手术治疗。目前各种手术方式都有各自的优缺点。前路钢板内固定可以直视下复位,对于骨折出现神经卡压及髂骨钉点、粉碎性骨折,能起到良好的治疗效果^[37],但手术创伤大,可能损伤神经根;髂骨棒固定后能很好对抗旋转及垂直方向的暴力,双侧髂骨翼完整是行髂骨棒手术的必备条件,但术中侧方加压过度易损伤骶神经。经皮后路锁定钢板固定固定可靠,出现血管、神经损伤概率低,但要求术前

骨折脱位复位良好,对伴随神经症状的患者不适用。脊柱骨盆固定系统是三维空间固定,螺钉抗拔力及抗剪切能力强,但有髂骨后方损伤的患者,不能用此方法固定。经皮骶髂螺钉固定力学稳定性好,对组织损伤小,但要求术前对骨折脱位精确复位,因手术难度大,对术者技术要求高。相关文献报道^[38],经皮骶髂关节螺钉固定骨盆后环固定效果牢靠,能提供最佳生物力学稳定性。在临床工作中应结合患者年龄、身体条件、骨折脱位类型及骨折复位情况等,以及术者的擅长领域和医院所具备的硬性条件,综合分析判断,遵循医学原则和实际情况,依据患者的整体状况和骨折脱位损伤的类型来制定最适合患者的个体化治疗方案,选择相对安全、创伤较小、固定牢靠的手术方法,必要时还要考虑患者的经济状况,但最终目的就是恢复患者骨盆结构及稳定性且尽量减少后遗症的出现,取得最佳的治疗效果。

参考文献

- [1] IORIO JA, JAKOI AM, REHMAN S. Percutaneous sacroiliac screw fixation of the posterior pelvic ring[J]. Orthop Clin North Am, 2015, 46(4):511-521.
- [2] DAVARINOS N, ELLANTI P, MORRIS S, et al. Epidemiology of pelvic and acetabular trauma in a Dublin tertiary hospital: a 10-year experience[J]. Ir J Med Sci, 2012, 181(2):243-246.
- [3] SOISSON O, LUBE J, GERMANO A, et al. Pelvic belt effects on pelvic morphometry, muscle activity and body balance in patients with sacroiliac joint dysfunction [J]. PLoS One, 2015, 10(3):e0116739.
- [4] 葛振新, 王奔, 张东正, 等. 影响Tile C型骨盆损伤髂腰固定术后疗效的相关因素分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2012, 26(11):1285-1290.
- [5] KIM JT, RUDOLF LM, GLASER JA. Outcome of percutaneous sacroiliac joint fixation with porous plasma-coated triangular titanium implants: an independent review [J]. Open Orthop J, 2013, 7: 51-56.
- [6] CALAFI LA, ROUTT ML JR. Posterior iliac crescent fracture-dislocation: what morphological variations are amenable to iliosacral screw fixation[J]. Injury, 2013, 44(2):194-198.
- [7] BOUGUENNEC N, GOUIN F, PIÉTU G. Isolated anterior unilateral sacroiliac dislocation without pubic arch disjunction[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2012, 98(3):359-362.
- [8] STOVER MD, SIMS S, MATT AJ. What is the infection rate of the posterior approach to type C pelvic injuries[J]. Clin Orthop Relat Res, 2012, 470(8):2142-2147.
- [9] ABRASSART S, STERN R, PETER R. Unstable pelvic ring injury with hemodynamic instability: what seems the best procedure

- choice and sequence in the initial management[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(2):175-182.
- [10] 刘佳渝, 郭书权. 骨盆后环骨折治疗现状[J]. 检验医学与临床, 2016, 13(16):2390-2392.
- [11] 盖景颖, 何飞平, 李如求. 髂腰重建术治疗不稳定性骶骨骨折并神经损伤的临床疗效[J]. 中国现代手术学杂志, 2016, 20(2):102-106.
- [12] SOULTANIS K, KARALIOTAS GI, MASTROKALO SD, et al. Lumbopelvic fracture-dislocation combined with unstable pelvic ring injury: one stage stabilisation with spinal instrumentation[J]. Injury, 2011, 42(10):1179-1183.
- [13] 柯顺忠, 林焱斌, 严康宁, 等. 前路双重建钢板固定结合植骨治疗难复性 Tile C 型骶髂关节骨折脱位[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 29(3):260-262.
- [14] CHOY WS, KIM KJ, LEE SK, et al. Anteriorpelvic plating and sacroiliac joint fixation in unstable pelvic ring injuries[J]. Yonsei Medical Journal, 2012, 53(2):422.
- [15] ACKLIN YP, GERMAN NM, SOMMER C. Erratum to: double locking plate fixation of sacral fractures in unstable pelvic ring C-type injuries[J]. Oper Orthop Traumatol, 2015, 27(1):34.
- [16] BODZAY T, SZITA J, MANÓ S, et al. Biomechanical comparison of two stabilization techniques for unstable sacral fractures[J]. J Orthop Sci, 2012, 17(5):574-579.
- [17] 余建, 梁文清, 谢明华. 经皮锁定重建钢板内固定治疗骨盆骨折后环不稳定[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2015, 30(2):191-192.
- [18] RUATTI S, KERSCHBAUMER G, GAY E, et al. Technique for reduction and percutaneous fixation of U- and H-shaped sacral fractures[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(5):625-629.
- [19] SCHILDHAUER TA. Lumbopelvic fixation in posterior pelvic ring fractures and lumbosacral instability[J]. Unfallchirurg, 2013, 116(11):970-971.
- [20] DUDDA M, HOFFMANN M, SCHILDHAUER TA. Sacrum fractures and lumbopelvic instabilities in pelvic ring injuries: classification and biomechanical aspects[J]. Unfallchirurg, 2013, 116(11):972-978.
- [21] 刘江涛, 王永贵, 段祎, 等. 脊柱骨盆内固定治疗骨盆后环骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(1):23-24.
- [22] 王治成. 后路单钉棒系统治疗骶髂关节骨折脱位的生物力学及临床效果研究[J]. 中国当代医药, 2014, 21(4):30-32, 35.
- [23] MENDEL T, KUHN P, WOHLRAB D, et al. Minimally invasive fixation of a sacral bilateral fracture with lumbopelvic dissociation[J]. Unfallchirurg, 2009, 112(6):590-595.
- [24] 龚旭, 潘剑成. 经皮骶髂关节螺钉固定治疗骶髂关节骨折脱位的临床分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(16):1687-1688.
- [25] KARACHALIOS T, ZIBIS AH, ZINTZARAS E, et al. An anatomical update on the morphologic variations of S1 and S2[J]. Orthopedics, 2010, 33(10):733.
- [26] ZHAO Y, ZHANG S, SUN T, et al. Mechanical comparison between lengthened and short sacroiliac screws in sacral fracture fixation: a finite element analysis[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(5):601-606.
- [27] MENDEL T, RADETZKI F, WOHLRAB D, et al. CT-based 3-D visualisation of secure bone corridors and optimal trajectories for sacroiliac screws[J]. Injury, 2013, 44(7):957-963.
- [28] MEHLING I, HESSMANN MH, ROMMENS PM. Stabilization of fatigue fractures of the dorsal pelvis with a trans-sacral bar. Operative technique and outcome[J]. Injury, 2012, 43(4):446-451.
- [29] ZWINGMANN J, HAUSCHILD O, BODE G, et al. Malposition and revision rates of different imaging modalities for percutaneous iliosacral screw fixation following pelvic fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(9):1257-1265.
- [30] BOUDISSA M, RUATTI S, MAISSE N, et al. Bilateral testicular dislocation with pelvic ring fracture: a case report and literature review[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(4):485-487.
- [31] OSTERHOFF G, OSSENDORF C, WANNER GA, et al. Posterior screw fixation in rotationally unstable pelvic ring injuries[J]. Injury, 2011, 42(10):992-996.
- [32] TAKAO M, NISHII T, SAKAI T, et al. Iliosacral screw insertion using CT-3D-fluoroscopy matching navigation[J]. Injury, 2014, 45(6):988-994.
- [33] MATITYAHU A, KAHLER D, KRETTEK C, et al. Three-dimensional navigation is more accurate than two-dimensional navigation or conventional fluoroscopy for percutaneous sacroiliac screw fixation in the dysmorphicsacrum: a randomized multicenter study[J]. J Orthop Trauma, 2014, 28(12):707-710.
- [34] EL-DESOUKY II, MOHAMED MM, KANDIL AE. Percutaneous iliosacral screw fixation in vertically unstable pelvic injuries, a refined conventional method[J]. Acta Orthop Belg, 2016, 82(1):52-59.
- [35] PENG KT, LI YY, HSU WH, et al. Intraoperative computed tomography with integrated navigation in percutaneous iliosacral screwing[J]. Injury, 2013, 44(2):203-208.
- [36] KIM JW, OH CW, OH JK, et al. Percutaneous iliosacral screwing in pelvic ring injury using three-dimensional fluoroscopy[J]. J Orthop Sci, 2013, 18(1):87-92.
- [37] ZWINGMANN J, SÜDKAMP NP, KÖNIG B, et al. Intra- and post-operative complications of navigated and conventional techniques in percutaneous iliosacral screw fixation after pelvic fractures: Results from the German pelvic trauma registry[J]. Injury, 2013, 44(12):1765-1772.
- [38] 张元智, 王军强, 路全立, 等. 经皮横向骶髂关节螺钉固定骶骨纵形骨折的数字化分析与临床应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2014, 16(5):377-380.

(收稿日期:2016-11-17, 修回日期:2016-12-06)