

微创治疗骨盆新月形骨折脱位的研究进展

裴璇^{1,2} 汪国栋¹ 刘曦明¹

【摘要】 骨盆新月形骨折脱位(CFDP)是骨盆骨折的一种特殊类型,是由侧方挤压引起的一种不稳定的外伤性骨盆后环损伤。近些年CFDP的内固定方式不段发生变化,从最初的以钢板内固定为主要方式逐渐发展为闭合复位经皮螺钉内固定,微创手术已然成为CFDP手术治疗的趋势和方向。这些年,CFDP微创治疗已得到快速发展,但微创治疗的闭合复位、精准置钉及手术适应证仍是骨科医师工作中遇到的常见难题。本文主要对CFDP的致伤原因、损伤机制、分型、诊断及微创治疗作一综述。

【关键词】 骨盆; 骨折; 微创治疗; 损伤机制

Research progress in minimally invasive treatment of crescent fracture dislocation of pelvis Pei Xuan^{1,2}, Wang Guodong¹, Liu Ximing¹. ¹Department of Orthopedics, Central theater Command General Hospital of the PLA, Wuhan 430070, China; ²School Of Medicine, Wuhan University of science and technology, Wuhan 430081, China

Corresponding author: Liu Ximing, Email: gklxm@163.com

【Abstract】 Crescent fracture dislocation of pelvis (CFDP) is a special type of pelvic fracture. It is an unstable traumatic posterior pelvic ring injury caused by lateral compression. In recent years, the internal fixation of CFDP has changed from the initial plate internal fixation to closed reduction and percutaneous screw internal fixation. Minimally invasive surgery has become the trend and direction of CFDP surgical treatment. In recent years, the minimally invasive treatment of CFDP has developed rapidly, but closed reduction, accurate screw placement and surgical indications of minimally invasive treatment are still common problems encountered by orthopedic physician. This paper reviews the causes, mechanism, classification, diagnosis and minimally invasive treatment of CFDP.

【Key words】 Pelvis; Fractures; Minimally invasive treatment; Injury mechanism

骨盆新月形骨折脱位(crescent fracture dislocation of pelvis, CFDP)是骨盆侧方挤压损伤的一个子集,占骨盆损伤的12%。其特点是骶髂关节处发生髂骨骨折,骨折线向外上方延伸至髂骨翼形成新月形骨折块,同时伴有骶髂关节后脱位^[1]。1987年,Young和Burgess将骨盆骨折的损伤机制(暴力方向)和影像学联系起来,将骨盆骨折分为:前后压缩(anteroposterior compression, APC)、侧方压缩(lateral compression, LC)、垂直剪切(vertical shear, VS)和复合暴力不稳定型(combined mechanical, CM)^[2]。而CFDP在Young-Burgess分型中属于LC-Ⅱ、LC-Ⅲ型骨折, AO/OTA骨折脱位中属于B2.2或B2.3型^[3]。CFDP前环的损伤常伴有耻骨支骨折或耻骨联合分离,而髂骨翼的新月形部分仍然可通过后韧带复合体的完整部分附着在骶骨上,因此CFDP被认为是旋转不稳定而垂直稳定^[1]。近些年来CFDP的内固定方式不断发生变化,从最初的以钢板内固定为主要方式逐渐发展为闭合复位

经皮螺钉内固定,微创手术已然成为手术治疗的趋势和方向。因此本文主要就CFDP的微创治疗作此综述,以期CFDP的微创治疗提供一定的参考。

一、致伤原因和损伤机制

CFDP通常是由交通事故、挤压伤或高空坠落伤等高能量创伤造成的,多数伴有其他部位损伤^[1]。Sheta等^[4]在2000年4月至2015年12月期间治疗了66例侧方挤压型CFDP,所有患者均遭受高能量创伤,机动车事故49例,汽车相撞26例,高处坠落伤11例,重物碾压2例,爆炸1例,摩托车事故1例。Calafi等^[5]回顾性分析了100名CFDP的患者,致伤原因包括机动车事故(59%)、行人与机动车事故(21%)、高处坠落(13%)和马车事故(7%);其中约6%的Ⅰ型和2%的Ⅱ型骨折伴有神经和血管损伤,17%的Ⅱ型和5%的Ⅲ型骨折伴有泌尿系统损伤,42%的患者发现骶骨骨折。随着社会逐渐步入老年化以及骨质疏松症患者的增加,低能量损伤引起的CFDP也时有发生。O'Neill描述了一例57岁女性患者,摔倒时右髋关节弯曲90°,左髋关节伸展90°,由于跌倒产生的扭矩力和本身伴有骨质疏松的原因,导致了一种独特的不稳定双侧新月形骨折和骨盆前环损伤^[6]。

Day及Burgess认为CFDP由侧方压缩伤所致^[1,7]。但随

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2022.06.010

基金项目: 卫勤保障能力创新与生成专项(20WQ034)

作者单位: 430070 中国人民解放军中部战区总医院骨科¹; 430081 武汉科技大学医学院²

通信作者: 刘曦明, Email: gklxm@163.com

着对CFDP研究和认识的进一步加深,其他损伤类型导致的CFDP也有文献报道。Gehlert等^[8]报道了30例CFDP患者资料,以评估其损伤的机制,发现67%的CFDP是由LC造成的,27%是由APC造成的,10%是由VS造成的,并指出不同损伤类型决定了需采用不同的内固定方式。Park等^[9]报告一例不典型CFDP患者,术中发现同侧骨折的耻骨支存在上下移动,而对侧骨折的耻骨支稳定,同时伴有骶髂关节脱位,作者认为这类损伤类型是由垂直剪切引起。这表明CFDP不仅见于LC型,其它类型也可能发生。我们可以认为APC、LC、VS这三种损伤机制均可导致CFDP。CFDP的损伤机制较为复杂,需要进行更深入的研究。

二、诊断和分型

CFDP患者一般有高能创伤的病史,可通过患者的病史、症状、体征可以对患者进行一个初步的诊断,然后通过影像学检查,包括骨盆正位片、双斜位片、出入口位片、骨盆的CT平扫及三维重建等影像学技术明确诊断及分型。骨盆平片可显示髂骨翼骨折、耻骨骨折或耻骨联合的移位;入口位片可清晰判断骶髂关节的前后方向脱位及有无旋转移位;出口位片可显示骶髂关节在垂直方向上有无明显移位;CT平扫及三维重建可证实是否存在关节内骨折,并能明确骨折块的大小、累及关节的程度^[10]。

分型的目的是通过骨折的分型来评估患者的病情,了解患者的损伤程度,而最终通过分型选择合适的手术内固定方式,指导CFDP的治疗。Young和Burgess^[2]将损伤机制(暴力方向)和影像学的骨折类型联系起来,将骨盆骨折分为:APC、LC、VS和CM。LC又分为三型:LC I型暴力作用点偏后,引起同侧的骶骨压缩骨折和同侧耻骨支水平骨折;LC II型暴力作用点偏前,引起同侧的耻骨支水平骨折、前骶骨压缩、后骶髂关节破裂或通过髂骨翼骨折(同侧髂骨翼新月形骨折);LC III型暴力作用点偏前方,继续发展,引起同侧 I 型或 II 型骨折,伴有对侧骨盆的外侧旋转,导致后方的骶髂关节张开,骶结节韧带和骶棘韧带断裂(对侧翻书损伤)。Day的新月形骨折分型目前在临床上使用最为普遍(图1~3)。Day和他的同事们根据新月形碎片的大小和脱位的程度将新月形骨块分为3种类型。I型的特点是一个巨大的新月形碎片和脱位不超过三分之一的骶髂关节,骨折线远端靠近前S₂神经根孔。II型骨折伴有中等大小的新月形骨折,脱位占骶髂关节的三分之一到三分之二,骨折线进入前S₁和S₂神经根孔之间的关节。III型骨折与一个新月形的小碎片有关,其中脱位包括大部分关节,不是所有关节,骨折线进入关节后上方的前S₁神经根孔^[1]。Day分型对骨盆新月形骨折的诊治有一定的指导意义,但临床工作中我们发现其无法解释所有的CFDP,同时对其提出的内固定方式提出了质疑^[5-11-13]。Menon^[12]认为Day分型可能不适用于三分之一的CFDP患者。近些年很多学者对CFDP进行了深入、细致的研究,发现并报道了一些Day分型不能解释的新月形骨折。O'Neill描述了一例独特骨折模式,患者由于摔倒导致一侧髋关节屈曲,而对侧髋关节伸直,由于跌倒产生的扭矩力和患者骨密度降低的原因,导致了一种独特的不稳定双侧CFDP^[6]。Calafi等^[9]描述了

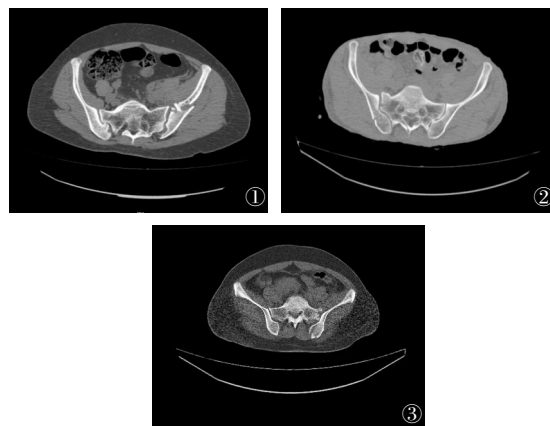


图1~3 CT轴位显示骨盆新月形骨折Day分型。图1 Day I型骨折线累及骶髂关节前三分之一 图2 Day II型骨折累及骶髂关节的中间三分之一 图3 Day III型骨折累及骶髂关节后三分之一

100例CFDP的病例, I型16例, II型47例, III型37例。其中12名受伤者不符Day分型,在这些变体中,轴向CT图像上的主要骨折线基本上平行于SI关节。出现这些未被描述的骨折类型的原因是Day分型未纳入一些特殊类型的骨折(如双侧CFDP、骨折线平行骶髂关节等情况),且未提及在骶髂关节轴位CT的那个断层进行观察并分型。通常骨折线是倾斜的,这就导致在不同的断层累及骶髂关节的位置不同,分型自然也就不同。

三、急诊处理

一些学者认为CFDP不伴有血流动力学障碍,一般不需要紧急应用骨盆外固定器进行加压,对于伴有泌尿生殖道和血管损伤的骨折可加重患者的病情,应加以重视^[11-13]。然而Zong等^[14]描述了31例CFDP,其中出现了6例伴有血流动力学障碍,其中4例属于垂直不稳定骨折,2例属于旋转不稳定型,均需要积极的抗休克治疗。骨盆骨折患者常规行数字减影血管造影和CT检查,如果发现动脉分支出血,大多数情况下会进行经动脉导管栓塞以控制动脉出血,必要时进行外固定架以减少不稳定骨折碎片的出血^[15]。对伴有血流动力学障碍的患者,我们基于损伤控制复苏理念,进行限制性液体复苏、止血治疗及损伤控制手术,术后持续复苏治疗,择期行手术治疗^[16]。

四、骨盆新月形骨折的微创治疗

Day等的研究被认为是一项开创性的工作,其中涉及到CFDP的分类和外科治疗指南。由于CFDP可同时存在髂骨翼骨折及骶髂关节脱位,通常还伴有骨盆前环损伤,存在旋转不稳定^[1](有学者报道存在垂直不稳定的情况^[9]),且骶髂关节被认为是负重关节^[17],目前多主张手术治疗。Menon^[11]认为手术治疗骶髂关节损伤的目的在于恢复解剖复位,并实现稳定的固定,以减少疼痛、畸形愈合和缩短。Calafi等^[5]提出大多数CFDP可接受闭合复位和经皮髂骶螺钉固定。微创治疗的手术方式主要有3种:(1)经皮单纯LC-II螺钉或髂骨螺钉(闭合或辅助小切口)复位内固定;(2)经皮交叉螺钉(闭

合或辅助小切口)复位固定;(3)经皮骶髂螺钉(闭合或辅助小切口)复位固定。微创治疗必然就离不开闭合复位。闭合复位有如下方法:(1)对因侧方压缩力常导致髂骨内旋,术者可通过操纵髂骨嵴向外推动髂骨或用嵌入髂骨内的5 mm schanz钉作为手柄外旋髂骨,这样可减少骨盆损伤侧的内旋移位。(2)对存在垂直移位的患者,术前负重(10~20 kg)进行牵引,术中助手纵向牵引下肢以减少垂直的脱位。如果效果不佳,术中可在骨折脱位处做一个5 mm的切口,用触针将髂骨近端脱位部分推向远端,辅以下肢纵向牵引^[1]。(3)对存在髂骨翼的侧向移位也可以通过经皮放置球钉或螺丝刀施加压力来纠正移位^[3]。(4)我们还可以通过经股骨髁牵引闭合复位治疗垂直不稳定骨盆环断裂^[18]。复位过程中没有准确方向的判断,因此复位存在盲目性。闭合复位骨折是微创治疗的前提,目前如何达到满意的复位仍然是一个难点,我们需要根据骨折损伤的机制及影像学检查,选择合理的闭合复位方式,达到满意的复位效果。

Day I型骨折累及不到三分之一的骶髂关节,导致较大且稳定的新月形骨折块,伴有骶髂关节脱位。韧带复合体的上部完整在前三分之一处并进入骶髂关节,而骶髂韧带复合体的下半部分可能受到损伤,但I型骨折引起的韧带损伤在三种类型中最少^[1]。我们可以选择LC-II螺钉或髂骨螺钉固定I型CFDP。了解髂骨的解剖结构是避免经皮螺钉错位的关键,在骶髂关节处,髂骨相对平坦,可以很容易地将空心螺钉置入髂骨下部^[19]。而且解剖学和影像学研究也表明,髂后上棘的髂骨比髂前下棘厚,可容纳1至2个6至8 mm螺钉^[20]。2015年Shui等^[12]提出闭合复位和经皮螺钉固定治疗不同类型CFDP。采用闭合复位经皮髂骨螺钉固定治疗了16例Day I型骨折,置钉选择用1到2个髂骨螺钉从髂前下棘(anterior inferior iliac spine, AIIS)到髂后上棘(posterior superior iliac spine, PSIS)(顺行螺钉)或从PSIS到AIIS(逆行螺钉)进行经皮固定。Starr^[3]选择从AIIS到髂后下棘(posterior inferior iliac spine, PIIS)的螺钉(逆行螺钉)或者顺行螺钉,可以用固定CFDP的髂骨翼骨折,即LC-II螺钉。对存在髂骨骨折或骶髂关节脱位的患者,可放置经皮骶髂螺钉。Starr等^[3]采用闭合复位后经皮LC-II螺钉固定治疗25例CFDP。25例患者骨折均闭合复位至1 cm以内,然后采用空心螺钉固定。并发症包括1例耻骨上支螺钉移位,1例沿髂翼内侧皮质被螺钉部分切除。2016年李明等^[21]提出髌白横向双柱螺钉治疗骨盆新月形骨折,采用AIIS至PSIS置钉(逆行螺钉)或者PSIS至AIIS(顺行螺钉),术中采用仰卧位,垫高患者臀部,便于术中触摸髂后上棘引导进针。LC-II螺钉作为一种微创内固定方式较传统固定方式优势明显。但也存在不足,目前国内外尚无统一的置钉标准,如后方置钉点(PSIS或PIIS)及置钉方向的选择。PSIS上有更明显的标志物且周围没有重要的神经血管,而且由于骨折块位于后上方,因此后入路的螺钉长度比前后入路短,减少刺穿髂骨皮质的可能性。因此,我们选择PSIS作为后方的置钉点并采用顺行置钉。

Day II型骨折涉及中间三分之一的骶髂关节,形成中等大小的碎片。相对于Day I型骨折骶髂后韧带复合体损伤

更广泛,而新月形碎块大小适中^[1]。Day II型骨折的微创治疗的固定方式有3种选择:(1)经皮LC-II螺钉或髂骨螺钉(呈八字型,闭合或辅助小切口)复位内固定;(2)经皮交叉螺钉固定;(3)单纯骶髂螺钉固定。2015年Shui等^[12]提出采用(闭合或辅助小切口)复位经皮交叉螺钉固定治疗Day II型骨折,即1~2枚髂骨螺钉联合1~2枚骶髂螺钉交叉固定。2018年袁毅等^[22]提出采用经皮两枚髂骨后方螺钉固定治疗Day II型CFDP,并取得满意疗效。2019年Cai等^[23]研究比较5种内固定方式用于Day II型CFDP的生物力学稳定性。5种不同内固定方式分别为:(1)前方双钢板固定模型;(2)后方1块钢板加1枚髂骨螺钉固定模型;(3)1枚骶髂螺钉固定模型;(4)后方1枚髂骨螺钉加1枚骶髂螺钉交叉固定模型;(5)后方2枚髂骨螺钉加1枚骶髂螺钉交叉固定模型。研究发现经皮交叉螺钉内固定具有足够的生物力学稳定性,值得推广应用。2016年李明等^[21]提出髌白横向双柱螺钉治疗Day II型CFDP。Calafi和Sheta提出了经闭合复位经皮单纯骶髂螺钉固定治疗Day II型CFDP,其手术的适应证为:髂骨后外侧皮质需保持完整^[4-5]。经皮单纯LC-II螺钉及单纯骶髂螺钉固定治疗Day II型骨折缺少生物力学支持及临床疗效研究^[24],不考虑作为首先的治疗方式。因此笔者建议根据髂骨骨折线的走形方向,采用骶髂螺钉联合LC-II型螺钉或两枚髂骨后方螺钉(呈八字形)治疗Day II型CFDP。

Day III型骨折涉及后三分之一的骶髂关节,形成小的新月形骨块,这类骨折涉及更广泛的骶髂韧带复合体断裂,与单纯的骶髂关节脱位不同,此类骨折始终是侧向挤压损伤,垂直移位的程度有限^[1]。对于Day III型骨折,多数学者首选骶髂关节螺钉固定^[1,5,12]。螺钉置入前提是螺钉的入口点保持完整,其大小足以允许放置螺钉和垫圈^[4]。Giráldez-Sánchez等^[25]通过生物力学实验得出,骶髂螺钉固定治疗伴有旋转不稳定的骨盆环损伤能恢复骶髂关节的稳定性。Shui等^[12]也报道了采用骶髂螺钉固定治疗Day III型新月形骨折,可使用多枚骶髂螺钉固定骶髂关节以增加其稳定性。骶髂关节螺钉治疗Day III型骨折已是共识,但对于存在的髂骨骨折患者,选择螺钉的长度及直径未曾说明,且缺少生物力学方面的研究。

我们可以选择在辅助技术下提高骶髂螺钉置入的安全性和精准性。Cai等^[26]提出基于3D打印的微创空心钉治疗不稳定骨盆骨折,通过利用三维模型作为1:1比例的物理参考,有利于模拟螺钉植入,减少手术时间和透视次数,实现微创治疗,有效提高手术安全性。导航辅助下置钉治疗骨盆骨折,已成为成熟的骨科手术技术。王小阵等^[27]回顾分析30例骶髂关节复合体损伤患者的病例资料,其中27例均采用导航辅助下骶髂关节螺钉治疗。末次随访时,根据Majeed评分标准评定功能:优17例,良8例,可4例,差1例,优良为83.3%,无延迟愈合等并发症。3D导航技术下辅助置钉是一种精准微创、安全有效的置钉方法,减少了置钉时间^[27-28]。

对Morel-Lavalley损伤患者,切开复位内固定增加了手术风险。我们认为这些损伤可通过经皮骶髂螺钉固定得到更好的治疗,减少术后感染的可能性。Schweitzer等^[29]报告闭合复位经皮骶髂螺钉内固定治疗不稳定骨盆环骨折的临

床结果。报告的感染率在0%~1%之间,与螺钉有关的神经损伤在0%~8%之间,螺钉错位在2%~12%之间。

骶髂螺钉固定手术适应证为术中经闭合或微创小切口复位能达到或接近解剖复位,以及骶髂螺钉进针点处皮质无破裂者。手术技巧:通过骨盆CT平扫及三维重建,明确髂骨骨折线的走行方向,进针点避开骨折线并于骨折线前方固定骶髂关节^[12];因髂骨骨折线的存在,置钉空间较常规骶髂螺钉小,可在导航辅助下置钉,减少置钉风险。术中同时固定骶髂关节与髂骨,在无法同时完成的情况下,可先固定骶髂关节,再固定骨折的髂骨^[12]。

多位学者总结了微创螺钉治疗CFDP的优缺点^[24,30-31]。优点:(1)与传统钢板固定相比,该技术具有更好的抗侧移和抗侧剪应力能力。(2)螺钉对邻近骨折的软组织和骨骼造成的损伤要小得多,减少了对该区域重要神经、血管和血液供应的干扰。(3)与骨盆重建钢板固定相比,避免了术中塑形,减少了手术时间、出血量、麻醉剂量和术中C臂透视时间,明显降低了感染的风险,术后疼痛轻,恢复快。(4)这项技术可以降低手术的风险,以及学习曲线相对较短是一种安全有效的微创手术技术^[30]。(5)只要固定牢固,就能大大减少并发症的发生。缺点:(1)经皮固定骶髂关节无法对关节面直视,所以无法直接确定复位质量。(2)置入螺钉的位置和规格要通过影像学的检查确定,术中X射线辐射较大,患者不可避免地遭受二次损伤。且对于闭合复位不满意或骶髂螺钉进针点刚好位于髂骨骨折线上的患者不能采用^[22]。(3)LC-II螺钉路径临近的重要结构包括坐骨神经、臀上血管和臀上神经。如果螺钉穿透骨皮质,可能侵入这些结构。(4)螺钉帽可能突出到皮下,让患者感到不适。(5)经皮骶髂螺钉内固定术创伤小,但相关的手术技术较难掌握。一旦技术不到位,手术可能损伤患者的神经和血管。

五、骨盆新月形骨折前环的固定

Day指出骨盆后环损伤常伴有耻骨支骨折或联合分离,导致旋转不稳定,在固定骨盆后环之后,有必要对骨盆前环损伤进行固定。1995年Roult等^[32]提出闭合复位经皮逆行或顺行耻骨上支螺钉治疗骨盆前环骨折,适用前环移位不明显的患者,相对顺行螺钉,逆行螺钉的置入更稳定,也更方便。对伴耻骨联合分离的患者可选择耻骨联合螺钉固定^[33]。

六、术后功能康复

骨盆患者术后的康复训练方法很多,我们可以根据患者的具体损伤情况及内固定方式选择合适的方式指导患者功能锻炼,必要时患者可以选择去康复科继续治疗。目前多数学者的康复治疗意见基本一致:患者术后整体情况稳定后(1w以后),可以进行康复训练,包括健侧肢体的活动及轻微翻身,防止褥疮的形成。6~8w可以扶拐下地部分负重活动,3个月后逐渐完全负重下地活动^[5,12,30,34]。

七、问题与展望

微创手术已然成为CFDP手术治疗的趋势和方向。微创螺钉治疗CFDP必然就离开闭合复位及安全置钉,如何达到满意的复位及精准置钉是我们接下来研究中的重中之重。螺钉固定的生物力学稳定性研究也需进一步完善。临

床工作及文献中发现很多Day分型不能解释的CFDP,其有待于完善。Day分型对经皮螺钉治疗CFDP有一定的指导意义,但仍存在不足之处,我们需要根据临床中的经验及阅读更多的文献,提出适合指导微创经皮螺钉治疗CFDP的分型方式。随着人们对CFDP深入研究,以及科研技术水平的发展,个体化医疗、精准医疗的兴起,如CT及三维重建、3D打印技术、机器人技术、3D导航技术及AI智能技术的普及应用,骨科医生对CFDP会有一个更加清晰的认识,这无疑对进一步明确手术指征,完成术前评估,制定手术方案提供巨大的帮助,为经皮螺钉治疗CFDP、智能机器人的闭合复位,3D导航下辅助置钉提供了可能性,减少了手术时间、术中出血量以及术后并发症的发生。相信未来人们无需对CFDP的过高的手术风险、致死率而感到害怕,患者的术后生活质量也会得到有效保证。

参 考 文 献

- Day AC, Kinmont C, Bircher MD, et al. Crescent fracture-dislocation of the sacroiliac joint: a functional classification [J]. J Bone Joint Surg Br, 2007, 89(5): 651-658.
- Young JW, Burgess AR, Brumback RJ, et al. Pelvic fractures: value of plain radiography in early assessment and management [J]. Radiology, 1986, 160(2): 445-451.
- Starr AJ, Walter JC, Harris RW, et al. Percutaneous screw fixation of fractures of the iliac wing and fracture-dislocations of the sacroiliac joint (OTA Types 61-B2.2 and 61-B2.3, or Young-Burgess "lateral compression type II" pelvic fractures) [J]. J Orthop Trauma, 2002, 16(2): 116-123.
- Sheta R. Crescent fracture-dislocation of the sacroiliac joint use of iliosacral screws [J]. The Medical journal of Cairo University, 2018, 85: 5.
- Calafi LA, Routt MJ. Posterior iliac crescent fracture-dislocation: what morphological variations are amenable to iliosacral screw fixation? [J]. Injury, 2013, 44(2): 194-198.
- O'Neill F, Leonard M, Morris S. A bilateral crescent and anterior ring pelvic fracture sustained by inadvertently performing the 'splits' [J]. J Surg Case Rep, 2012 (9): 11.
- Burgess AR, Eastridge BJ, Young JW, et al. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols [J]. J Trauma, 1990, 30(7): 848-856.
- Gehlert RJ, Xing Z, Decoster TA. Pelvic crescent fractures: variations in injury mechanism and radiographic pattern [J]. J Surg Orthop Adv, 2014, 23(2): 75-82.
- Park SE, Lee SW, Kim WY, et al. Atypical pelvic crescent fracture caused by vertical shear force [J]. Hip Pelvis, 2014, 26(3): 194-197.
- 蓝云, 张建政, 孙天胜. 骨盆新月形骨折脱位的研究进展 [J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(4): 372-376.
- Menon KV, Suresh SS, Kalyanasundaram S, et al. Crescent fractures of the pelvis treated by open reduction and internal fixation: a critique of Day's guidelines [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2017, 27(8): 1089-1095.
- Shui XL, Ying XZ, Mao CW, et al. Percutaneous screw fixation of crescent Fracture-Dislocation of the sacroiliac joint [J]. Orthopedics, 2015, 38(11): E976-E982.

- 13 Borrelli JJ, Koval KJ, Helfet DL. The crescent fracture: a posterior fracture dislocation of the sacroiliac joint [J]. *J Orthop Trauma*, 1996, 10(3): 165-170.
- 14 Zong Z, Chen S, Jia M, et al. Posterior iliac crescent fracture-dislocation: is it only rotationally unstable? [J]. *Orthopedics*, 2014, 37(5): e435-e440.
- 15 Cullinane DC, Schiller HJ, Zielinski MD, et al. Eastern association for the surgery of trauma practice management guidelines for hemorrhage in pelvic fracture--update and systematic review [J]. *J Trauma*, 2011, 71(6): 1850-1868.
- 16 周东生. 基层医院骨盆骨折的急救策略 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(6): 549-552.
- 17 Simonian PT, Chip routt M L. Biomechanics of pelvic fixation [J]. *Orthop Clin North Am*, 1997, 28(3): 351-367.
- 18 Thaumat M, Laude F, Paillard P, et al. Transcondylar traction as a closed reduction technique in vertically unstable pelvic ring disruption [J]. *Int Orthop*, 2008, 32(1): 7-12.
- 19 Scherer J, Guy P, Lefavre KA, et al. Guide wire insertion for percutaneous LC2 screws in acetabular and pelvic ring fixation using a transpedicular working cannula [J]. *Injury*, 2017, 48(10): 2360-2364.
- 20 Schildhauer TA, Mcculloch P, Chapman JR, et al. Anatomic and radiographic considerations for placement of transiliac screws in lumbopelvic fixations [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2002, 15(3): 199-205; discussion 205.
- 21 李明, 陈剑明, 姜耀国, 等. 骶白横向双柱螺钉内固定治疗骨盆新月形骨折 [J]. *中华创伤杂志*, 2016, 32(8): 688-694.
- 22 袁毅, 王涛, 袁俊, 等. 经皮空心螺钉内固定术治疗 Day II 型骨盆新月形骨折 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(02): 139-144.
- 23 Cai L, Zhang Y, Zheng W, et al. A novel percutaneous crossed screws fixation in treatment of Day type II crescent fracture-dislocation: A finite element analysis [J]. *J Orthop Translat*, 2020, 20: 37-46.
- 24 Bansal H, Gupta A, Mittal S, et al. Concerns regarding biomechanical stability of different fixations models in crescent fracture dislocation [J]. *J Orthop Translat*, 2021, 26: 181-182.
- 25 Giráldez-Sánchez MA, Lázaro-González Á, Martínez-Reina J, et al. Percutaneous iliosacral fixation in external rotational pelvic fractures. A biomechanical analysis [J]. *Injury*, 2015, 46(2): 327-332.
- 26 Cai L, Zhang Y, Chen C, et al. 3D printing-based minimally invasive cannulated screw treatment of unstable pelvic fracture [J]. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13(1): 71.
- 27 王小阵, 孟鹏飞, 汪国栋, 等. 3D 导航技术下经皮骶髂关节螺钉内固定治疗骶髂关节复合体损伤 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(11): 921-926.
- 28 Chui KH, Chan CC, Ip KC, et al. Three-dimensional navigation-guided percutaneous screw fixation for nondisplaced and displaced pelvi-acetabular fractures in a major trauma centre [J]. *Int Orthop*, 2018, 42(6): 1387-1395.
- 29 Schweitzer D, Zylberberg A, Córdova M, et al. Closed reduction and iliosacral percutaneous fixation of unstable pelvic ring fractures [J]. *Injury*, 2008, 39(8): 869-874.
- 30 Li M, Huang D, Yan H, et al. Cannulated iliac screw fixation combined with Reconstruction plate fixation for Day type II crescent pelvic fractures [J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(1): 300060519896120.
- 31 Avilucea FR, Whiting PS, Mir H. Posterior fixation of APC-2 pelvic ring injuries decreases rates of anterior plate failure and malunion [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98(11): 944-951.
- 32 Routt MC, Simonian PT, Grujic L. The retrograde medullary superior pubic ramus screw for the treatment of anterior pelvic ring disruptions: a new technique [J]. *J Orthop Trauma*, 1995, 9(1): 35-44.
- 33 石成弟, 郭晓山, 胡炜, 等. 经皮空心钉固定治疗创伤性耻骨联合分离 [J]. *中华骨科杂志*, 2011, 31(11): 1218-1222.
- 34 Jatoi A, Sahito B, Kumar D, et al. Fixation of crescent pelvic fracture in a tertiary care hospital: a steep learning curve [J]. *Cureus*, 2019, 11(9): e5614.

(收稿日期: 2022-03-01)

(本文编辑: 吕红芝)

裴璇, 汪国栋, 刘曦明. 微创治疗骨盆新月形骨折脱位的研究进展 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2022, 8(6): 380-384.