

骨质疏松性骶髂关节复合体损伤诊疗的研究进展

郑益钊 曾令祺 高志鹏 吴忻 吴靖 陈俊泽

【摘要】 骶髂关节复合体作为骨盆后环的主要结构,对骨盆的稳定性有决定性意义。随着老龄化社会的进程加速,骨质疏松性骨盆骨折将日益增多,而如何处理好骨质疏松性骶髂关节复合体损伤对患者术后功能的恢复至关重要。关于骨质疏松性骶髂关节复合体损伤的诊断和治疗方法,在临床研究中有了新的发现和成果。本文主要对骨质疏松性骶髂关节复合体损伤的诊断和治疗进展作一综述。

【关键词】 骶髂关节; 骨质疏松; 内固定; 老年人

Progress in diagnosis and treatment of osteoporotic sacroiliac joint complex injury Zheng Yifan, Zeng Lingqi, Gao Zhipeng, Wu Xin, Wu Jing, Chen Junze. Department of Orthopedics, Nanfang Hospital Baiyun Branch, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China
Corresponding author: Chen Junze, Email: gkzyf@qq.com

【Abstract】 As the main structure of the posterior ring of the pelvis, the sacroiliac joint complex plays a decisive role in the stability of the pelvis. With the acceleration of the aging society, osteoporotic pelvic fractures will gradually increase, and how to deal with the osteoporotic sacroiliac joint complex injury is very important to the recovery of postoperative function. New findings and achievements have been made in clinical research on the diagnosis and treatment of osteoporotic sacroiliac joint complex injury. This article mainly reviews the progress in the diagnosis and treatment of osteoporotic sacroiliac joint complex injury.

【Key words】 Sacroiliac joint; Osteoporosis; Internal fixation; Aged

随着生活质量的提高和医疗水平的进步,人口的预期寿命逐渐增长,老龄化社会进程正在加速迈进。我国自21世纪初步入老龄化社会以来,60岁及以上老年人口数目突增。据文献^[1]预测:该数目比例将于2030年左右突破25%,2051年左右突破35%。由于老年人骨矿物质含量的流失,常常面临着骨质疏松性骨折的严重问题。骨质疏松性骨折也称脆性骨折(fractures of the pelvis, FFP),指患者因骨量减少、骨组织微结构退化引起脆性增加,受到轻微外伤甚至在日常活动中即可发生的骨折,髌部、椎体和桡骨远端是典型的脆性骨折部位^[2]。随着骨质疏松性骨盆骨折发病率的提高^[3],尤其是老年人骶髂关节复合体的损伤日益受到重视。骨量下降是老年人治疗上的一大挑战,因此处理好不利因素,修复骶髂关节复合体的生物力学稳定性,对患者的功能恢复和改善生活质量至关重要。

一、骶髂关节复合体解剖特点

骶髂关节复合体是组成骨盆后环的主要结构,由骶骨、双侧髂骨、骶髂关节及骶髂周围韧带、骶结节韧带、骶棘韧带和盆底肌肉组成。其周围毗邻重要的神经血管,解剖结构的复杂性加大了治疗难度。在骶孔与骶髂关节之间的骶骨翼

区域,是骨质疏松患者骶骨骨量最低的位置,有时候在 S_1 和 S_2 之间或 S_2 和 S_3 之间的椎体间隙的骨密度也显著降低,老年人骶骨中这种特殊的骨量模式解释了骶骨脆性骨折的一致类型^[4]。

二、骨质疏松性骶髂关节复合体损伤分类

老年人骶髂关节复合体损伤往往由低能量创伤引起,如发生于走路时的跌倒,这与年轻人的高能量创伤机制明显不同。基于受伤机制的不同,骨折的模式也会发生改变。目前还没有关于骨质疏松性骶髂关节复合体损伤的单独分类系统,不过Rommens等^[5]在2013年发表的脆性骨盆骨折(FFP)的分型系统,对理解骶髂关节复合体损伤和治疗有指导意义。该分类系统分为4种骨折类型:FFP I型为单纯前环损伤;FFP II型为无移位的前环损伤;FFP III型为移位的前环损伤;FFP IV型为移位的双侧前环损伤,此型有个明显的特征即:脊柱和骨盆环之间完全分离。每种类型又分为若干子类型。具体分型如下: I a型:单侧耻骨坐骨支骨折, I b型:双侧耻骨坐骨支骨折; II a型:无移位的双侧骶骨骨折,不伴有前环的损伤, II b型:无移位骶骨翼压缩性骨折伴前环损伤, II c型:无移位的骶骨、骶髂关节或髂骨骨折伴前环损伤; III a型:单侧移位的髂骨骨折伴前环损伤, III b型:单侧移位的骶髂关节骨折伴前环损伤, III c型:单侧移位的骶骨骨折伴前环损伤; IV a型:双侧髂骨或骶髂关节骨折伴前环损伤, IV b型:双侧骶骨骨折伴前环损伤,骶骨呈U型或H型骨折, IV c型:骨盆后环不同稳定形式的组合伴前环损伤。

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2024.03.010

基金项目:南方医科大学南方医院白云分院院长基金(BYYZ24016)

作者单位:510515 广州,南方医科大学南方医院白云分院骨科

通信作者:陈俊泽, Email: gkzyf@qq.com

三、诊断

大多数患者都有侧身摔倒或向后摔倒的低能量创伤病史,表现为耻骨区和腰骶部的疼痛,应该要特别注意那些无明显受伤史而出现腰骶部疼痛的患者。体格检查非常重要,骶髂关节复合体损伤时有腰骶部的压痛、骨盆挤压分离试验阳性以及“4”字试验阳性,其在诊断上甚至与CT检查具有同等效力^[6]。在熟悉病史和体格检查了解病情之后,可以更好地对影像学资料进行判读。鉴于老年人骨质疏松以及低能量的受伤机制,使得骨质损伤在影像学表现上有所差异。如何运用好辅助诊断,对患者病情做出正确的诊断影响到治疗方式的选择。骨质疏松性骶髂关节复合体损伤的主要影像学检查方法如下:

1.X线检查: X线作为骨盆损伤的常规检查,通过摄取骨盆正位片、入口位片和出口位片来初步判断骨盆的骨折情况。骨盆正位片可以直观的了解骨盆的整体形态,可以发现后环较大的骨折块。骨盆入口位片可清晰显示骶骨前皮质和骨折线的形态变化。骨盆出口位片可获取有关骨盆后环、骶骨、骶孔和骶髂关节的形状和对称性变化的信息,应特别注意骶骨翼部的骨质变化由于骨质疏松性骶髂关节复合体损伤大多数移位不明显,X线检查并不能起到很好的作用。另外由于肠道和膀胱内容物的干扰,骨质稀疏引起骨质结构连续性的中断不易被察觉,造成传统X线检查诊断困难,单独使用易导致后环损伤的遗漏,从而低估了骨盆的不稳定程度^[7-9]。

2.CT检查: 如果已诊断出骨盆前环骨折或患者诉有局部腰骶部疼痛时,需进一步完善骨盆CT检查。CT图像不受组织重叠的干扰,分辨率高,能够显示X线片上难以发现的骶翼裂隙和非移位的骨折,尤其是在冠状平面上。在横断面上可以了解骶骨、骶髂关节损伤移位程度,评估安全钉道。CT检查虽然能够发现大部分X线所遗漏的骨折^[10],并对骨折情况有较全面的了解,然而也有其局限性,因为有时候骶骨脆性骨折表现为骨质压缩和骨质水肿而不是骨皮质破裂^[11]。

3.MRI检查: 在老年人的骨盆后环脆性骨折中,MRI检查能够弥补CT检查的不足,发现隐匿性骨折^[12]。其能够清晰显示骶髂关节复合体及其周围组织结构的变化,显示骨髓骨髓有无水肿,明确是否有骨质挫伤,并能够区分是否有肿瘤性病变或骶髂关节炎。由于资源有限,费用高,MRI不太可能成为骨盆骨折初步诊断的金标准。然而,在有骨质疏松症和骨盆后环压痛且CT检查未能发现异常的患者中,是有必要行MRI检查的,以避免出现更严重的结果。

4.双能CT检查: 双能CT被认为是检查骨质疏松性骨盆骨折的一把利器,它同时结合了MRI显示骨髓水肿和CT显示骨结构的优点,所受辐射量不大于CT,检查速度快,费用较低,且全天24小时可用^[13]。有研究表明在诊断老年骨盆环损伤方面,双能CT对发现骶骨病变的敏感度较CT明显提高,其诊断效能与MRI相同^[14]。双能CT主要的缺点是不能区分水肿性骨髓和造血骨髓,导致在年轻人中会出现骨损伤的假阳性可能,老年人由于骨髓脂肪增多,是应用双能CT的

理想条件^[14]。由于双能CT有望代替MRI和CT的组合应用,在骨质疏松性骨折中具有广泛的应用前景。

四、治疗

老年骨盆骨折患者的预后比高能量损伤的年轻患者的预后更差^[15],骶髂关节复合体的完整性对骨盆环的稳定性有决定性意义^[16]。因此,老年人骶髂关节复合体损伤的正确治疗对患者的美好预后意义重大。无论是非手术治疗还是手术治疗,治疗的主要目标都应是快速恢复患者的活动性,保持老年人的活动能力,以防止长期制动的副作用,如褥疮、肺部感染、肌肉萎缩或血栓栓塞事件等^[17-18]。

(一)非手术治疗

非手术治疗适用于骨折类型较稳定的患者,即无移位的骶髂关节复合体损伤(FFPII型)。治疗措施主要包括镇痛、活动训练和抗骨质疏松。患者入院后应行骨密度测定,如果存在骨质疏松症,则应进行抗骨质疏松药物治疗。药物包括钙片、维生素D、抗骨吸收药物(如双磷酸盐)和促进骨合成药物(如特立帕肽)^[2]。镇痛是个关键且易被忽视的话题,镇痛不充分将延长患者卧床时间,药物有非甾体类抗炎药和阿片类药物,应注意药物的副作用结合患者自身进行个体化治疗。非手术治疗成功的患者一般在2周内缓解疼痛,并在6周内恢复活动^[19]。活动训练应在患者疼痛可耐受的情况下进行,疼痛时间的延长与骨折进展有关^[20],因此在患者活动训练过程中,应该进行放射学随访,以排除继发性脱位或骨折^[9]。如果非手术治疗不能有效缓解疼痛和恢复活动能力,应考虑手术治疗。虽然Schmitz等^[21]的研究指出非手术治疗在短期内与手术治疗相比并发症较少,两年生存率与手术治疗相比没有显著差异。但一系列研究^[22-23]已经报道了非手术治疗后带来的高死亡率、使患者丧失自主活动性的严重后果。因此,应视患者整体情况,积极给与手术干预,尽早恢复骶髂关节复合体的稳定性及患者的活动能力。

(二)手术治疗

手术适用于不稳定的骨折类型(FFPIII、IV型),此时骨折移位明显,还可能伴有神经的损伤,必须通过手术治疗才能获得良好的功能结果。在骨质疏松性骶髂关节复合体中,由于韧带结构较骨性结构坚固,所以骨折时韧带往往没有断裂,仍然附着在骨折碎片上,骨折移位小,大都可以采用经皮或有限切开进行内固定手术^[24],符合老年人微创治疗的理念。现将有关骨质疏松性骶髂关节复合体损伤的手术方法介绍如下:

1.经皮骶髂关节螺钉与骨水泥强化术: 经皮骶髂关节螺钉内固定这项技术因其具有微创性、术中出血少、感染风险低、术后恢复快等优点,已成为治疗骶髂关节复合体损伤的首选方法^[25]。传统X线透视辅助下置钉存在置钉错误率高、X线暴露时间长、置钉长度短等缺点,现在3D导航辅助下置钉使得手术效果更令人满意^[26]。此手术方法适用于无明显移位的骶髂关节骨折脱位和骶骨纵型骨折患者,骨折移位经术前牵引能够达到良好复位,伴有腰骶神经损伤经术前处理能够缓解或无加重趋势。手术中可在S1椎体内置入一枚

或两枚全螺纹或部分螺纹的空心螺钉,也可在S2椎体内放置第二枚螺钉,使用两枚螺钉的稳定性要比只使用1枚螺钉的稳定性高得多^[27]。建议每个螺钉都使用垫圈,以避免意外侵入髂骨皮质。然而老年人由于骶骨椎体骨量的减少,面临着螺钉松动内固定失败的风险挑战^[11,28]。选用跨对侧骶髂关节的加长型骶髂关节螺钉是一种有效的方法。Michael等^[29]认为贯穿螺钉可以更好地分配所受到的负荷、能够增加螺纹与骨质的接触面积和远端可固定于对侧骨质致密的髂骨皮质,从而增加螺钉的抗拔出力。也有学者在长螺钉的远端加上螺母进行锁定,同样有利于低骨量骨折的固定^[30]。此外,也可以采用骨水泥强化的骶髂关节螺钉,生物力学研究指出骨水泥可以显著加强低骨量中螺钉的抗拔出力^[31]。关于骨水泥的填充方法,相较于先将骨水泥注入后再拧入骶髂关节螺钉,Dirk等^[32]提出了一种新方法:使用的是尖端设置有孔洞的螺钉,可以在置入螺钉之后再注入骨水泥。该技术有望减少与骨水泥相关的并发症,由于注入骨水泥是最后一个步骤,所以还可以使用更高粘度的水泥。据研究报道这两种固定技术的生物力学稳定性相当^[31]。球囊引导下骶髂螺钉骨水泥增强术作为一种新方法在临床上已经取得了良好的初步研究成果^[33]。骨水泥渗漏是该项技术最主要的并发症。Höch等^[34]在一项34例患者随访1年的前瞻性观察研究中,有2例骨水泥渗入小静脉和1例从骶骨腹侧渗出,但均未见相关并发症发生。应当注意的是当骨折累及骶孔或骶管时,要谨慎使用骨水泥,以避免引起神经损伤的潜在风险。

2. 骶骨成形术: 骶骨成形术是将骨水泥经皮注入于骶骨骨折处,不插入植入物,通过骨水泥的强化以提供生物稳定性,减少了骨折处的微动,从而缓解患者的疼痛和功能障碍。此项术式在临床上开展早且应用广泛,适用于骶骨Denis I区的骨折,在II、III区操作会因骨水泥的渗漏而引起神经损伤^[35]。临床研究证实行骶骨成形术后可以显著减轻患者疼痛,患者术后即可早期进行活动^[36]。由于其为微创操作,更有利于老年人术后的康复。然而,关于骶骨成形术有三个值得关注的问题:第一是骨水泥渗漏问题。临床上已经有骨水泥渗入骶孔、骶管、骶髂关节和骶骨前间隙的报道^[37],但大多数并没有引起相关临床症状。术中在X线或CT引导下骨折线能够清晰地辨认、骨针的精确经皮放置以及骨水泥散布的精确监控都有助于减少骨水泥泄露事件的发生。使用球囊辅助的骶骨成形术能够在注射更多的骨水泥同时降低骨水泥渗漏的风险^[38];第二,PMMA骨水泥因其不可吸收性而阻碍骨折愈合。可吸收磷酸钙骨水泥在骨折愈合过程中能够被人体骨细胞所取代且不会释放热效应损伤神经血管,在临床上有着很大的应用价值^[39];第三,单纯使用骨水泥不足以抵抗垂直剪切应力。据研究^[39],骶髂关节螺钉可以为剪切应力提供保护性的稳定力,因此,结合使用这两种技术有着相得益彰的结果。

3. 骶骨棒固定术: 骶骨棒固定术作为一种微创手术,在透视引导下经髂骨-骶骨-髂骨路径置入骶骨棒,棒的两端行螺母锁定。术后可以显著减轻患者的疼痛并能够早期进行

负重训练,在老年人中具有应用价值^[40,41]。该方法可用于单侧或双侧骶骨骨折和骶髂关节骨折脱位^[41]。由于S₁椎体通道安全区小且因人而异,术前规划骶骨棒的路径是非常重要的,以避免穿破骶孔、骶管损伤神经。与骶髂关节螺钉不同的是,骶骨棒固定术的稳定性并不依赖于骶骨松质骨的强度,而是依赖于髂骨外侧皮质的强度。棒的两端都有螺母锁定,不会有松动风险。通过拧紧两端螺母可以使骨折端加压,促进骨质愈合,然而对于Denis II、III型骨折,过度加压将会引起骶神经的损伤。骶骨棒固定术在临床上的应用有一定的限制,一是因为严重骨质疏松患者往往使得骶骨解剖标志难以辨认,术者无法获得清晰的影像进行精确操作。再者,骶骨形态学分析显示在12%的人群中不具有采用骶骨棒固定术的合适植入通道^[42]。因此,需经术前确认有合适的植入通道,并且应由经验丰富的医生来完成手术。

4. 经髂骨螺钉内固定术(TIFI): TIFI最先由Füchtmeier等人于2004年提出,临床研究证实TIFI微创治疗骶髂关节脱位和骶骨骨折的疗效满意^[43]。该技术只需要在髂后上棘取两个小切口,将2枚椎弓根螺钉固定于髂后上棘上并用横棒连接双侧椎弓根螺钉,其主要适用于单侧骶骨骨折或骶髂关节脱位的桥接^[43],不会在骨折部位产生压力作用,尤其适用于经骶孔和骶椎中央的骨折。生物力学研究证明,TIFI与2枚骶髂关节螺钉固定或2块骶髂关节腹侧钢板固定具有相似的生物力学稳定性^[44]。Schmitz等^[45]报道了用骨水泥强化型TIFI治疗骨质疏松性骶髂关节复合体损伤,在术中使用更长的Schanz螺钉替代椎弓根螺钉,并从髂后上棘向髂前下棘方向(髂臼上骨道)置入Schanz螺钉,他们认为Schanz钉棒内固定系统具有三个优势:1. Schanz螺钉本身较长,可以在髂骨内深入置钉以获得更大的把持力;2. 骨水泥强化可以增加内固定物的稳定性;3. 内固定物的角度稳定性增强了固定强度。Schanz螺钉的应用虽然在很大程度上增加了螺钉的置入深度,然而也加大了其穿透髂骨皮质,切入骶髂关节的危险性。术中把握好置钉的深度和位置是手术取得成功的关键。

5. 髂腰固定术: 髂腰固定术通过在患侧的L₄或L₅插入一根椎弓根螺钉,再于髂后上棘插入一根椎弓根螺钉,两者之间通过连接棒相连接,由此可将来自腰椎的负荷直接传递到髂骨,减少了骶骨的负荷,可以起到很好的抗剪切力作用。在骶髂关节复合体明显脱位和垂直不稳定的情况下尤其适用,FFP III型或IV型的骶骨纵型骨折和骶髂关节脱位,主要用于脊柱骨盆分离的患者。髂腰固定技术与骶髂关节螺钉合用,可同时起到抗垂直剪切力和水平旋转力的多平面固定作用,这种被称为三角固定的技术,具有出色的生物力学稳定性^[46],对于严重不稳定的骨折可以起到坚强固定的作用。微创方法的开展将使得髂腰固定术拥有广泛的临床应用价值^[47,48],在老年人中的应用有了更大的前景。虽然该技术具有坚强固定的特点,能够让患者在术后早期活动,但Decker等^[49]的研究中,有一名患者因骨质疏松而出现内固定物松动,因此,在骨质较差的患者中,复位内固定时应更加注意,可以适当的延迟负

重训练的时间。

6.后方张力钢板固定术:后方张力钢板固定术只需在双侧髂骨后部取2个小切口,于髂骨后方软组织深处建立通道,插入预弯的钢板,在双侧髂骨后部置入螺钉。其适用于单侧或双侧的不稳定髂骨纵型骨折和单纯髂髌关节脱位。临床实践证明,微创钢板螺钉内固定和髂髌关节螺钉内固定两种方法治疗骨盆后环骨折疗效相当,术中出血量、手术时间及并发症发生率的差异无统计学意义^[50]。锁定钢板在治疗骨质疏松患者中可能具有优势,未来还需要进一步探究其在骨质疏松患者中的固定作用。解剖复位成功率低、反复预弯造成钢板固定强度下降和患者仰卧体位时的不适,这些都是决策手术方法时要考虑的问题,这对骨量低下和需要长期卧床的老年患者影响较大。Acklin等^[51]在低骨量型尸体骨盆的生物力学研究中得出髂骨后方张力钢板固定术的性能不优于髂髌关节螺钉内固定术,对抵抗变形的能力较差。

7.前方钢板固定术:前方入路手术可以直接显露髂髌关节,适用于髂髌关节骨折脱位和髂骨后方骨折的治疗。但是切口大,软组织范围剥离广,手术创伤大,对老年患者来说是一大挑战,且术后不利于病情恢复,因此老年患者应避免选用此类术式。

五、总结与展望

骨质疏松性髂髌关节复合体损伤在老龄化社会里将逐渐引起人们的重视,其损伤大多数是由低能量创伤引起的,对其作出正确的诊断不仅需要对影像学表现进行认真解读,体格检查不容忽视,有时候还需要经过MRI检查才能作出判断。治疗以早期恢复患者的活动能力为主要目标。对于相对稳定的骨折类型,可以考虑选择非手术治疗,但要注意制动过程中并发症的发生及活动导致骨折进一步加重的可能。手术治疗应尽量减少对患者的侵入性,经皮髂髌关节螺钉具有微创、术后并发症少和术后恢复快等优点,是目前最为常用的手术方法。选取的手术方法还要视病人的情况、医院资源和术者经验而定,总之应避免选用对患者创伤大的术式。目前关于骨质疏松性髂髌关节复合体损伤的研究报道较少,骨水泥技术还没得到广泛开展,未来需要更多的临床研究和生物力学试验来探索更好的手术方法。

参 考 文 献

- 1 翟振武 陈佳鞠 李龙. 2015~2100年中国人口与老龄化变动趋势[J]. 人口研究, 2017, 41(4): 60-71.
- 2 Mears SC, Kates SL. A guide to improving the care of patients with fragility fractures, edition 2 [J]. Geriatr Orthop Surg Rehabil, 2015, 6(2): 58-120.
- 3 Kannus P, Palvanen M, Niemi S, et al. Epidemiology of osteoporotic pelvic fractures in elderly People in Finland: sharp increase in 1970-1997 and alarming projections for the new millennium [J]. Osteoporosis International, 2000, 11(5): 443-448.
- 4 Wagner D, Kamer L, Sawaguchi T, et al. Sacral bone mass distribution assessed by averaged Three- Dimensional CT models: implications for pathogenesis and treatment of fragility fractures of the sacrum [J]. J Bone Joint Surg Am, 2016, 98(7): 584-590.
- 5 Rommens PM, Hofmann A. Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: Recommendations for surgical treatment [J]. Injury, 2013, 44(12): 1733-1744.
- 6 Nüchtern JV, Hartel MJ, Henes FO, et al. Significance of clinical examination, CT and MRI scan in the diagnosis of posterior pelvic ring fractures [J]. Injury, 2015, 46(2): 315-319.
- 7 Rommens PM, Wagner D, Hofmann A. Surgical management of osteoporotic pelvic fractures: a new challenge [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2012, 38(5): 499-509.
- 8 Rommens PM, Wagner D, Hofmann A. Osteoporotic fractures of the pelvic ring [J]. Z Orthop Unfall, 2012, 150(3): e107-e118.
- 9 Lau TW, Leung F. Occult posterior pelvic ring fractures in elderly patients with osteoporotic pubic rami fractures [J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2010, 18(2): 153-157.
- 10 Schicho A, Schmidt SA, Seebler K, et al. Pelvic X-ray misses out on detecting sacral fractures in the elderly - Importance of CT imaging in blunt pelvic trauma [J]. Injury, 2016, 47(3): 707-710.
- 11 Wagner D, Ossendorf C, Gruszka D, et al. Fragility fractures of the sacrum: how to identify and when to treat surgically? [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2015, 41(4): 349-362.
- 12 Henes FO, Nüchtern JV, Groth M, et al. Comparison of diagnostic accuracy of Magnetic Resonance Imaging and Multidetector Computed Tomography in the detection of pelvic fractures [J]. Eur J Radiol, 2012, 81(9): 2337-2342.
- 13 Hackenbroch C, Hans-Joachim R, Lang P, et al. Dual energy CT - a novel technique for diagnostic testing of fragility fractures of the pelvis [J]. Z Orthop Unfall, 2017, 155(1): 27-34.
- 14 Hans-Georg P, Patricia L, Hackenbroch C, et al. Dual-energy CT as an innovative method for diagnosing fragility fractures of the pelvic ring: a retrospective comparison with MRI as the Gold standard [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2020, 140(4): 473-480.
- 15 Sharon MH, Andrew NP, Jones AL, et al. Pelvic fracture in geriatric patients: a distinct clinical entity [J]. J Trauma, 2002, 53(1): 15-20.
- 16 Tile M. Acute pelvic fractures: I. causation and classification [J]. J Am Acad Orthop Surg, 1996, 4(3): 143-151.
- 17 Michael PL, Baumgaertner MR. Osteoporotic pelvic ring injuries [J]. Orthop Clin North Am, 2013, 44(2): 217-224.
- 18 Barbara L, Julia EM, Ummukulthum A, et al. Outcomes of mobilisation of vulnerable elders in Ontario (MOVE ON): a multisite interrupted time series evaluation of an implementation intervention to increase patient mobilisation [J]. Age Ageing, 2018, 47(1): 112-119.
- 19 Oberkircher L, Steffen R, Rommens PM, et al. Osteoporotic pelvic fractures [J]. Dtsch Arztebl Int, 2018, 115(5): 70-80.
- 20 Ueda Y, Inui T, Kurata Y, et al. Prolonged pain in patients with fragility fractures of the pelvis May be due to fracture progression [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2019: Online ahead of print.
- 21 Schmitz P, Stephan L, Baumann F, et al. Patient-related quality of Life after pelvic ring fractures in elderly [J]. Int Orthop, 2019, 43(2): 261-267.
- 22 Taillandier J, Fabrice L, Alemanni M, et al. Mortality and functional outcomes of pelvic insufficiency fractures in older patients [J]. Joint Bone Spine, 2003, 70(4): 287-289.
- 23 Maier GS, Kolbow K, Lazovic DA, et al. Risk factors for pelvic insufficiency fractures and outcome after conservative therapy [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2016, 67(期缺失): 80-85.
- 24 Rommens P, Arand C, Hofmann A, et al. When and how to operate

- fragility fractures of the pelvis? [J]. *Indian J Orthop*, 2019, 53(1): 128.
- 25 Tidwell J, Cho R, Reid JS, et al. Percutaneous sacroiliac screw technique [J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(Suppl 2): S19-S20.
- 26 王小阵, 汪国栋, 孟乘飞, 等. 三维图像导航与C型臂X线机透视下经皮螺钉内固定治疗骶髂关节复合体损伤的比较研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25(12): 1062-1066.
- 27 Van ZC, Van Den Bosch EW, Snijders CJ, et al. Biomechanical comparison of sacroiliac screw techniques for unstable pelvic ring fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2004, 18(9): 589-595.
- 28 Reuther G, Röhner U, Will T, et al. CT-Guided screw fixation of vertical sacral fractures in local anaesthesia using a standard CT [J]. *Rofo*, 2014, 186(12): 1134-1139.
- 29 Michael JG, Routt MC. Transiliac - transsacral screws for posterior pelvic stabilization [J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25(6): 378-384.
- 30 Berton RM, Whiting DR. Locked transsacral screw fixation of bilateral injuries of the posterior pelvic ring: initial clinical series [J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24(10): 616-621.
- 31 Ludwig O, Adrian M, Christopher B, et al. Primary stability of three different iliosacral screw fixation techniques in osteoporotic cadaver specimens—a biomechanical investigation [J]. *Spine J*, 2016, 16(2): 226-232.
- 32 Dirk W, Michale JR, Thomas F. Cement augmentation of the navigated iliosacral screw in the treatment of insufficiency fractures of the sacrum. A new method using modified implants [J]. *Int Orthop*, 2013, 37(6): 1147-1150.
- 33 Sandmann GH, Stockle U, Freude T, et al. Balloon guided cement augmentation of iliosacral screws in the treatment of insufficiency fractures of the Sacrum-Description of a new method and preliminary results [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2018, 85(2): 85-88.
- 34 Höch A, Philipp P, Henkelmann R, et al. In-screw polymethylmethacrylate-augmented sacroiliac screw for the treatment of fragility fractures of the pelvis: a prospective, observational study with 1-year follow-up [J]. *BMC Surg*, 2017, 17(1): 132.
- 35 Michael EF, Michael JD, David XC, et al. Percutaneous sacroplasty for osteoporotic sacral insufficiency fractures: a prospective, multicenter, observational pilot study [J]. *Spine J*, 2008, 8(2): 367-373.
- 36 Heo DH. Percutaneous sacroplasty for non-neoplastic osteoporotic sacral insufficiency fractures [J]. *Pain Physician*, 2017, 2(20;2): 89-94.
- 37 Mahmood B, Pasternack J, Razi A, et al. Safety and efficacy of percutaneous sacroplasty for treatment of sacral insufficiency fractures: a systematic review [J]. *J Spine Surg*, 2019, 5(3): 365-371.
- 38 Shih-Chieh Y, Tsung-Ting T, Hung-Shu C, et al. Comparison of sacroplasty with or without balloon assistance for the treatment of sacral insufficiency fractures [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2018, 26(2): 230949901878257.
- 39 Collinge CA, Brett DC. Combined percutaneous iliosacral screw fixation with sacroplasty using resorbable Calcium phosphate cement for osteoporotic pelvic fractures requiring surgery [J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(6): e217-e222.
- 40 Vanderschot P, Kupperts M, Sermon A, et al. Trans-iliac-sacral-iliac-bar procedure to treat insufficiency fractures of the sacrum [J]. *Indian J Orthop*, 2009, 43(3): 245.
- 41 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.
- 42 Florian G, Hillmann S, Rausch S, et al. Biomorphometric analysis of ilio-sacro-iliac corridors for an intra-osseous implant to fix posterior pelvic ring fractures [J]. *J Orthop Res*, 2015, 33(2): 254-260.
- 43 Fuchtmeyer B, Maghsudi M, Neumann C, et al. The minimally invasive stabilization of the dorsal pelvic ring with the transiliac internal fixator(TIFI)--surgical technique and first clinical findings [J]. *Unfallchirurg*, 2004, 107(12): 1142-1151.
- 44 Dienstknecht T, Berner A, Lenich A, et al. Biomechanical analysis of a transiliac internal fixator [J]. *Int Orthop*, 2011, 35(12): 1863-1868.
- 45 Schmitz P, Baumann F, Stephan G, et al. The cement-augmented transiliac internal fixator (caTIFI): an innovative surgical technique for stabilization of fragility fractures of the pelvis [J]. *Injury*, 2015, 46: S114-S120.
- 46 Lu YT, He YQ, Li WT, et al. Comparison of biomechanical performance of five different treatment approaches for fixing posterior pelvic ring injury [J]. *J Health Eng*, 2020: 1-11.
- 47 Williams SK, Quinnan SM. Percutaneous lumbopelvic fixation for reduction and stabilization of sacral fractures with spinopelvic dissociation patterns [J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(9): e318-e324.
- 48 Darshan SS, Bates T, Fowler J, et al. Minimally invasive lumbopelvic fixation for unstable U-Type sacral fractures [J]. *Cureus*, 2019, 11(9): e5621.
- 49 Decker S, Herden J, Krettek C, et al. A new minimally invasive U-shaped lumbopelvic stabilization technique [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2019, 29(6): 1223-1230.
- 50 Li SG, Meng XX, Li WL, et al. Effects of minimally invasive plate-screw internal fixation in the treatment of posterior pelvic ring fracture [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16(5): 4150-4154.
- 51 Acklin YP, Zderic I, Richards RG, et al. Biomechanical investigation of four different fixation techniques in sacrum Denis type II fracture with low bone mineral density [J]. *J Orthop Res*, 2018, 36(6): 1624-1629.

(收稿日期:2023-03-15)

(本文编辑:吕红芝)

郑益钊, 曾令祺, 高志鹏, 等. 骨质疏松性骶髂关节复合体损伤诊疗的研究进展 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2024, 10(3): 184-188.