

骨盆机能不全骨折的诊治

沈二栋¹ 庄岩² 周凤金² 雷金来² 张堃²

【摘要】 骨盆机能不全骨折是正常应力或轻微外伤作用在骨质弱化的骨盆上,而引起的非特异性的腰骶部和/或臀部疼痛并影响活动功能,且影像学变化较为细微的一类特殊的骨盆骨折。随着老龄社会加剧,骨盆机能不全骨折的发生率越来越高。常见的病因有骨质疏松症、局部放疗、长期服用皮质类固醇等。但往往因起病隐匿、疼痛部位难以确定而诊断困难。骨盆X线检查多用于筛查及随访,而CT及MRI检查能明确诊断,并有助于治疗方案的选择。早期可采取镇痛、卧床休息、理疗及支具等保守治疗。若效果不佳、疼痛加剧,可用手术治疗干预,如经皮骶髂螺钉固定、骶骨成形术等。本文就近年来有关骨盆机能不全骨折的文献进行系统综述,以期为临床医生诊治骨盆机能不全骨折提供参考。

【关键词】 骨盆; 机能不全骨折; 骨质疏松; 骶髂螺钉; 骶骨成形术

Diagnosis and treatment of pelvic insufficiency fractures Shen Erdong¹, Zhuang Yan², Zhou Fengjin², Lei Jinlai², Zhang Kun². ¹Xi'an Medical University, Xi'an 710068, China; ²Department of Orthopaedic Trauma, Honghui Hospital, Affiliated to Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, China
Corresponding author: Zhang Kun, Email: hhyzk@126.com

【Abstract】 Pelvic insufficiency fractures (PIF) are a special category of pelvic fractures with normal stress or minor trauma acting on the weakened pelvis, whereas those that cause nonspecific lumbar and/or groin pain, and interfere with ambulation with subtle radiographic imaging changes. With the aggravation of the aging society, the incidence of PIF is increasing. PIF commonly results from osteoporosis, and may also occur due to radiation and chronic steroid usage. PIF is often misdiagnosed because of its insidious onset without special clinical symptoms. Pelvic X-ray is mostly used for screening and follow-up, whereas CT and MRI can confirm the diagnosis and is helpful to therapy. The conservative treatment of PIF includes analgesics, bed rest, physical therapy and orthoses. Patients who are unresponsive to this management and who have intractable pain are candidates for percutaneous iliosacral screw fixation or sacroplasty. We reviewed the literature on PIF in recent years, in order to provide reference for clinicians in the diagnosis and treatment of PIF.

【Key words】 Pelvis; Insufficiency fractures; Osteoporosis; Iliosacral screw; Sacroplasty

Lourie^[1]于1982年首次描述了骨盆机能不全骨折(pelvic insufficiency fractures, PIF),其临床特点为严重的腰背、臀部和腿部疼痛,影响其负重功能。随着人口老龄化不断加剧,PIF的发病率越来越高,严重威胁老年健康,目前国内尚无相关文献报道。笔者从PIF的概念、流行病学特点、病因、诊断和治疗等方面对近年来的文献作一综述。

一、PIF的概念及流行病学

关于PIF的概念到目前为止仍未统一。有学者认为,PIF可能是在轻微外伤后出现的腰痛或腹股沟疼痛等临床症状^[2],还有学者认为是由正常的生理应力施加在弹性抵抗

力不足的骨骼上引起的^[3]。但更多学者倾向于认为,PIF是正常应力或轻微外伤作用在骨质弱化的骨盆上,而引起的非特异性的腰骶部和/或臀部疼痛并影响活动功能,且影像学变化较为细微的一类特殊的骨盆骨折^[4]。

虽然PIF本身很少危及生命,但这类骨折常导致老年人丧失独立性,长期卧床可导致全身机能衰竭。有西方发达国家的研究表明,随着平均寿命的不断增加,与跌倒有关的低能量损伤导致的骨折占所有骨折的90%,在65岁以上的人群中占68%,85岁时达到高峰^[5,6]。相比于其他国家,德国的PIF发病率更高^[7]。Sterneder等^[8]研究发现,随着人口老龄化,PIF的数量正在逐渐增加且女性患者占大多数。目前国内尚无此类数据报道。

二、PIF的病因

从概念上可以看出,任何能导致骨盆骨质弱化的因素均可能导致PIF,最常见的病因是原发性骨质疏松症,在少数情况下可能与一过性骨质疏松的妊娠相关^[9]。Breuil等^[10]

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2025.04.009

基金项目:陕西省科技攻关计划(2019SF-170);陕西省重点研发计划一般项目-社会发展领域(2024SF-YBXM-359)

作者单位:710068 西安医学院¹;710054 西安交通大学医学院附属红会医院创伤骨科²

通信作者:张堃,Email: hhyzk@126.com

研究发现,53.8%的PIF患者先前被诊断为骨质疏松症,其报道能够耐受双能X线检查(dual energy X-Ray absorptiometry, DEXA)的19名住院患者中有12名患有骨质疏松症。而据芬兰的一项研究报道称,大多数PIF患者与骨质疏松症有关^[11]。总体而言,女性占PIF病例的大多数,其中55岁以上的绝经后女性是最常见的人群^[9,12]。近年来,维生素D缺乏与骨质疏松症之间的关联越来越受到关注。研究发现,维生素D血清水平可作为PIF的风险指标,并且已证明补充维生素D可降低跌倒和PIF的发生率^[13]。

骨盆周围恶性肿瘤的局部放疗是发生PIF的又一个病因。Kurrumeli等^[14]调查了几项放疗后的PIF发生率,发现其发生率差异很大,波动在1.7%至89%之间。Sakaguchi等^[15]也报道,对前列腺癌、直肠癌或宫颈癌等恶性肿瘤进行局部放射治疗会增加PIF的风险。这可能是由于放疗后骨的微血管闭塞,引起骨坏死和成骨细胞功能改变,并最终导致骨脆性增加,从而增加PIF的发生风险。特别是癌症老年妇女患者易患骨质疏松症,这种风险会更大。而放疗导致PIF发生的预计时间在治疗后2周至15年,但并非所有放疗患者都发生PIF^[16]。

骨软化症也是导致PIF的病因,但大多数病例被忽视或被误诊为骨质疏松症。骨软化症是一种全身性骨骼疾病,其特征是矿化功能受损,导致骨骼中未矿化的骨质或类骨质堆积^[17]。这种疾病主要影响老年妇女,而引起骨软化症的常见原因是肠道吸收不良,以及由于缺乏阳光照射和乳制品摄入不足而导致的维生素D缺乏^[18]。Gleich等^[19]在近期的一项队列研究中提出,年轻的PIF患者患骨软化症的概率较低,而随着年龄的增长,维生素D营养性缺乏导致骨软化症加剧,进而使PIF的患病率增加,且实验室显示所有女性患者的碱性磷酸酶水平升高,占有患者的45.4%,这表明PIF存在潜在或共存的骨软化症。

长期服用皮质类固醇也会引起PIF。Yoder等^[12]统计了12例长期服用皮质类固醇的患者,12例患者全部患有PIF。而行腰椎融合术的患者也可导致PIF,这可能是由于融合后缺乏外部力量的刺激而引起骨质的大量丢失,进而使骶骨的骨质发生改变^[20]。此外,也有文献报道,髋关节置换、类风湿性关节炎等也与PIF有关^[21-22]。

大多专家认为,脆性骨盆骨折包括骨盆骨质疏松性骨折和骨盆机能不全性骨折^[23-24],但目前用词尚不统一,且三者之间的逻辑关系尚不明确。

三、PIF的诊断

诊断PIF需要详细了解病史、临床症状、体格检查以及相关的影像学检查。

患者通常起病比较隐匿,主诉臀部或髋部疼痛,但也会因骶骨骨折而描述臀部或下腰部疼痛。其可能是由于跌倒等低能量损伤导致的,也可以在没有任何特定外伤的情况下发生^[25]。由于没有或仅在轻微外伤后出现非特异性的髋部周围疼痛,缺乏特征性的临床表现,PIF的诊断通常会延迟。此外,下腰痛或臀部疼痛常会被误诊为继发于骨关节炎、类风湿性关节炎、转子滑囊炎、椎管狭窄或腰椎间盘突出症^[26]。

临床体征上,可有腹股沟区及耻骨联合部压痛或触痛,骶骨区常有压痛及叩击痛,骨盆分离挤压实验也可表现为阳性或仅有轻微疼痛^[27]。早期患侧髋关节屈曲困难,可受肢体内旋和外旋的影响或通过足跟施加的轴向负荷而诱发疼痛,此时应对下肢进行全面的神经系统检查,包括肌力、感觉及反射^[28]。大多数PIF患者神经功能完好,但任何有神经损害征象都应该引起关注。

影像学检查对PIF的诊断十分重要。X线片被认为是一种快速、廉价且常用的诊断方法,可用于筛查及PIF的跟踪随访。对于疑似PIF的初步影像学应先从正位的X线片评估,若发现骨盆环损伤,则应获取出口及入口的X线片^[29]。但常因肠和膀胱内容物叠加而难以辨认,加上PIF的骨盆骨折通常无明显移位,因此常导致延误诊断,对骨盆后环骨折检出率更低,但仍建议行腰椎正侧位及骨盆三位片检查作为PIF的筛查手段^[30]。

大多数关于PIF的文献报道都采用计算机断层扫描(computed tomography, CT)和/或磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)作为检查方法^[31-32]。对于仅表现为皮质不连续的骨折,CT检查明显优于X线片。Beelen等^[33]研究发现,CT检查在合并骨盆后环骨折的PIF诊断较为可靠,其阳性检测率为75%。据Lapina等^[34]报道,CT诊断PIF的敏感性和特异性分别为74.6%和89.7%,对于PIF的延迟诊断,其主要原因是X线和CT的检测率敏感性不高,而相比之下,MRI的敏感性和特异性分别为100%和95.3%。

MRI是评估骨髓腔水肿变化最敏感方法,可同时用于排除骶骨区疼痛的其他原因,对软组织肿块也能早期发现。采用对水肿敏感的T2WI序列与T1WI序列相结合,可以明确诊断骨髓水肿和隐匿性骨折。对于表现为腰痛和臀部疼痛PIF患者,一般首选腰椎的MRI^[35],但多数腰椎MRI检查都没有将双侧骶骨翼包含在内,因此在实际工作中往往很难对PIF做出早期及时诊断。Zhong等^[36]研究发现,冠状面FS-T2WI比T1WI或增强T1WI对检测骨髓水肿和骨折线更敏感,PIF的MRI表现为T1低信号、T2骨髓水肿高信号。然而,MRI检查常受到容量问题、扫描时间长、患者依从性较差以及绝对或相对禁忌证(例如心脏起搏器/ICD)等问题的限制,此外,MRI也比其他检查更昂贵^[37]。

骨扫描也是诊断PIF的一种检查方法,尤其在涉及单侧或双侧骶骨骨折时,其灵敏度最高^[38]。当双侧骶骨翼及骶骨体水平部分都有骨折时,一般在损伤6-72小时后会形成经典的“H”形或“蝶”形的放射性浓聚区。但因其无法鉴别骨折或骨转移,且随着MRI的广泛应用,骨扫描不再作为诊断PIF的常规检查方法^[39]。

PIF的主要病理表现是松质骨的反复微骨折和再修复,使葡萄糖摄取增加,正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography, PET)可以灵敏地检测到这种变化。同时,CT可以显示骨病变的密度和形态特征,因此,PET/CT是诊断PIF的有效检查方法^[40],但费用昂贵。与PET/CT相比,PET/MRI具有减少辐射暴露的优势,Azumi等^[41]研究发现,PET/MRI可以在患者出现症状的早期检测到PIF,但

同样相比其他检查价格更昂贵,普及率低。

四、PIF的治疗

(一)治疗原则

治疗PIF应根据患者的期望值、伤前活动能力、并发症、疼痛时间和骨折类型采用个体化治疗。其目的是尽快缓解疼痛,并以侵入性最小的有效治疗方式使患者恢复到伤前活动水平^[42]。

(二)保守治疗

Küper等^[43]报道,对仅涉及前环骨折的患者建议保守治疗,而当涉及后环骨折和骶骨时则需要考虑手术治疗。在早期,卧床休息是保守治疗的主要手段,然而最近的一些文献表明,早期活动可能会改善结果并减少并发症,但有些PIF患者骨折愈合延迟,不能早期进行负重活动,而长期卧床又有较高的并发症,如深静脉血栓形成风险增加、肌肉力量下降、心肺功能减退、褥疮、肺炎等^[44]。因此,单纯前环骨折且后环完整而稳定的患者,可以在完全负重下早期活动^[45],若保守治疗失败或骨折再移位的患者,应使尽快手术干预缓解疼痛,利于早期活动。

(三)手术治疗

由于骨盆后环承载较大比例的应力载荷,因此多数学者更关注骨盆后环骨折的处理,对骨盆前环骨折报道较少,但必须要将前环骨折纳入治疗方案的评估之内,对前环骨折移位明显者,若仅固定后环可能会导致植入物松动且继发移位。

1.腰骶固定:腰骶固定是一种单侧或双侧骨折均可使用的稳定技术,可以减少骶骨应力并卸载腰骶连接处的力传递。腰骶固定的最佳适应证是“U”形或“H”形骶骨骨折^[46]。若患者身体状况允许,在双侧植入双髂骨螺钉可进一步消减受伤骶骨的力传递,以获得骨的早期稳定^[47]。腰骶融合术后出现的PIF是另一个手术指征,可将腰骶固定作为其补救的一种方法^[48]。在PIF患者中进行微创腰骶固定,通过一次手术提供最大的稳定性,以确保患者可以充分活动并防止再次受伤而进行二次手术^[49]。对于长期卧床导致并发症增加的老年患者,该方法可以使其在短期内开始活动。然而,即使是微创入路,但对高龄患者来说手术创伤仍较大,且可能发生近端相邻节段后凸畸形及内固定松动风险,尽管尚未有相关文献报道。然而,Sagi等^[50]进行了1年的临床随访发现,腰骶固定可能会导致矢状面失衡,这种畸形会使对侧L5/S1小关节超负荷并引起慢性腰痛。

2.后方锁定加压钢板:后方锁定加压钢板作为骨盆骨折的单独治疗方法,最先被应用于多发性创伤患者,同时也适用于PIF的老年患者^[51]。此类钢板具有很强的稳定性,它的四个角稳定螺钉将锁定钢板固定在双侧髂骨上,“C”形环抱骶骨的后外侧,具有较高的三维稳定性^[52],且操作相对安全简单,尤其对骶骨形态变异(影响骶髂螺钉置入)或双侧骶骨损伤的老年患者,后方锁定加压钢板是一种较好的治疗选择^[53-54]。特别是骶骨畸形患者,此钢板容易放置且较高的稳定,相比于其他方法照射次数更少。然而,在安放钢板前需根据骨盆后环不规则的皮质形态对钢板进行预弯,而反复的钢板塑形

会降低其强度甚至损坏螺孔的螺纹,且在软组织剥离时仍存在血管和神经损伤的潜在风险^[55],此外,它的另一个不足是复位能力有限^[56]。

3.经皮骶骨成形术:经皮骶骨成形术已成为老年人群PIF越来越普遍的治疗方式,它是一种安全、微创的骶骨强化技术,可用于解决PIF引起的严重疼痛,具体做法:将骨水泥注射到骶骨骨折部位,骶骨成形术通常会立即缓解疼痛,并改善患者的早期活动能力^[22]。首个骶骨骨水泥填充术被称为骨水泥成形术,随后被称为骶骨成形术^[57]。有限元分析表明^[58],经皮骶骨成形术可减轻骨折部位的机械应力并减少骨折间隙间的微动。多项研究报告表明,经皮骶骨成形术可以成为PIF保守治疗的有效替代方法,在术后疼痛VAS评分降低,功能恢复且疼痛缓解^[59-60]。Urits等^[61]报道了一组15例行骶骨成形术的PIF患者,术后主观疼痛都得到缓解,且无并发症。Lee等^[62]研究表明行经皮骶骨成形术后患者的疼痛几乎完全缓解,活动能力得到改善,短期疗效良好。经皮骶骨成形术适用于I区不全性骨折,若在II区或III区骨折中使用骶骨成形术可能会导致骨水泥渗漏到骶前间隙、椎管和骶孔,而骨水泥渗漏可能通过直接压迫或热坏死引起神经损伤^[63]。因此需要在密切监测下推注骨水泥以避免骨水泥渗漏。

尽管经皮骶骨成形术是安全有效的,但有学者担心骨水泥注入骶骨不能恢复骶骨的生物力学强度。虽然丙烯酸骨水泥在抵抗腰椎的压缩载荷是优异的,且广泛应用在椎体成形术中,用于治疗脊柱骨质疏松压缩性骨折,然而,丙烯酸骨水泥在抵抗骶骨所产生的剪切载荷应力上较差^[63]。一项骨质疏松骨盆强度的生物力学研究表明^[64],经皮骶骨成形术不能将强度恢复到基线水平。

4.骶髂螺钉(sacroiliac screws, SI螺钉):经皮SI螺钉已被广泛应用在骨盆后环骨折或骶髂关节损伤。Frey等^[65]研究发现,大直径的SI螺钉能够抵抗垂直剪切力,提供较强的稳定性。生物力学研究表明^[66-67]放置两枚SI螺钉比放置一枚能够取得更高的力学稳定性,而长的螺钉比短的螺钉具有更高的稳定性。Gardner等^[68]描述了加长骶髂螺钉的优点和理论基础。首先,加长骶髂螺钉可以使更多的螺纹与骨组织结合,这可能会增加稳固能力;其次在皮质骨中能提供锚固,增加骶髂螺钉维持复位的作用。由于骶骨体部的骨密度高于骶骨翼,因此螺钉的尾端应达到中线。临床上可根据骶骨的个体解剖特点,在S1平面置入两枚螺钉,也可在S1和S2各置入一枚螺钉^[69]。SI螺钉的另一个优点就是可以在透视下进行经皮置入,手术创伤小,出血少,恢复快,在治疗PIF的高龄患者上具有明显优势。然而,该方法对手术者的技术要求较高,在传统透视辅助下SI螺钉置入具有较高的血管和神经损伤发生率,且反复调整置入导针的位置会降低螺钉固定的强度。使用3D打印的导航模板可以提高置钉的准确性^[70]。随着3D导航技术的逐渐推广,SI螺钉可以高精度置入,螺钉失误的发生率明显降低^[71]。Schuetze等^[72]研究表明,使用3D导航辅助置钉,可以增加SI螺钉的稳定性,并可降低螺钉松动率。然而,由于骶髂关节存在微动,单独

使用SI螺钉治疗骨质疏松患者,容易出现固定强度不足,在术后康复过程中易发生螺钉松动。Kim等^[73]报道采用SI螺钉固定骨盆脆性骨折110例,有19例(17.3%)术后出现螺钉松动。Gansslen^[74]的研究也表明,在合并骨质疏松的骶骨骨折患者中,SI螺钉松动的情况并不少见,且可导致继发性移位或畸形愈合。

5. 经皮骶髂螺钉+经皮骶骨成形术:为了解决SI螺钉松动问题,在置钉的同时,额外增加的骨水泥可以避免继发性移位,因为骨水泥可以通过有效增加螺钉的直径,并将螺钉与松质骨之间形成交联,大大提高螺钉的把持力^[75]。就稳定性而言,无论是先置入骶髂螺钉后施加骨水泥还是先施加骨水泥再置入骶髂螺钉,效果都是一样的^[76]。有研究发现^[77],骨水泥强化会显著提高螺钉的抗拔出出力,可达到甚至超过皮质骨强度的水平,提高螺钉的结构稳定性,减少了骨折移位并可明显减轻疼痛。Collinge等^[78]研究发现,联合经皮SI螺钉固定和骶骨成形术治疗PIF,具有协同作用,术后活动能力和骨折愈合方面均取得良好的效果,几乎没有并发症。

6. 外固定架:外固定架多用于不稳定型骨盆创伤的急救及高能量创伤后骨盆前环不稳定的患者,同样也适用于PIF^[79]。其优点是手术时间短、创伤小,技术相对简单^[80]。临床上常用的外固定架有经髂嵴(iliac crest, IC)和经髂前下棘(anterior inferior iliac spine, AIIS)置入Schanz钉的外固定架,相比于AIIS外固定架,IC外固定架学习曲线短、安装简单、应用广泛,且IC外固定架离髋关节较远,因此更利于髋关节及下肢的功能锻炼及康复,但由于老年人骨量丢失更明显、髂骨翼骨质比较薄,Schanz钉的螺纹部分有时难以完全置入骨内而导致其失效的风险增高,并且因容易与腹部皮肤接触以及影响后续内固定术中视野等因素的影响,临床上更倾向于选择AIIS外固定架^[81]。但是AIIS外固定架安装相对困难,在置钉过程中可能会损伤大腿的股外侧皮神经,因此操作要格外小心。

6. 髂骨成形术:对骨盆后环无明显移位的髂骨骨折,可以采用经皮髂骨成形术,将骨水泥注入骨折处以稳定和加强骨质^[15]。但目前仅仅少量的个案报道,缺乏大样本的文献报道。

(四)病因治疗

除以上治疗外,病因治疗对于PIF也至关重要。文献报道^[82],PIF和放疗是骨质疏松进一步加重的危险因素,因此建议这些患者接受抗骨质疏松药物治疗,可选择抗骨吸收药物(如:双膦酸盐)或者骨合成药物(如:特立帕肽),其次还有钙剂和维生素D等。在日常生活中,还应增加光照时间并且适度运动。此外,应尽可能避免长期服用皮质类固醇以及腰椎融合或减少融合节段。

五、小结与展望

随着我国老龄社会加剧,西方发达国家的社会老龄化经历正在我国复制,PIF的发病率不断增加,并可导致老年患者相当程度的残疾和功能障碍。由于PIF缺乏特异性的临床症状且体征不多,往往较难得到及时诊断,临床多需用CT、MRI来确诊。早期治疗多可采取保守治疗,一旦疼痛无法得到缓解,外科干预则十分必要,因此微创手术成为首

选。确切的稳定术是治疗的有效方式,如何提高即刻稳定,利于患者早期全负重活动,是外科治疗探讨的方向和目标。

参 考 文 献

- 1 Lourie H. Spontaneous osteoporotic fracture of the sacrum. An unrecognized syndrome of the elderly [J]. JAMA, 1982, 248(6): 715-717.
- 2 Zhang JZ, Zhang LC, Li CB, et al. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of fragility fractures of the pelvis [J]. Orthop Surg, 2023, 15(9): 2195-2212.
- 3 张建政, 何红英, 王浩, 等. 骨质疏松性骨盆骨折的诊断与微创治疗研究进展 [J]. 中华创伤骨科杂志 cn115530-2021, 2021, 23(6): 0406-00178.
- 4 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 国家骨科与运动康复临床研究中心, 等. 老年脆性骨盆骨折临床诊疗指南 [J]. 中华骨科杂志, 2022, 42(18): 1175-1190.
- 5 Court-Brown CM, Clement ND, Duckworth AD, et al. The changing epidemiology of fall-related fractures in adults [J]. Injury, 2017, 48(4): 819-824.
- 6 Hirsch JA, Barr JD, Zoarski GH. Sacroplasty: beyond the beginning [J]. J Neurointerv Surg, 2013, 5(5): 395.
- 7 Andrich S, Haastert B, Neuhaus E, et al. Excess mortality after pelvic fractures among older People [J]. J Bone Miner Res, 2017, 32(9): 1789-1801.
- 8 Sterneder M, Lang P, Riesner HJ, et al. Insufficiency fractures vs. Low-Energy pelvic ring Fractures- Epidemiological, diagnostic and therapeutic characteristics of fragility fractures of the pelvic ring [J]. Z Orthop Unfall, 2022, 160(5): 497-506.
- 9 Spiegl UJA, Schnake KJ, Ullrich B, et al. Current minimally invasive surgical concepts for sacral insufficiency fractures [J]. Z Orthop Unfall, 2023, 161(2): 143-153.
- 10 Breuil V, Roux CH, Testa J, et al. Outcome of osteoporotic pelvic fractures: an underestimated severity. Survey of 60 cases [J]. Joint Bone Spine, 2008, 75(5): 585-588.
- 11 Petryla G, Uvarovas V, Bobina R, et al. The one-year mortality rate in elderly patients with osteoporotic fractures of the pelvis [J]. Arch Osteoporos, 2020, 15(1): 15.
- 12 Yoder K, Bartsokas J, Averell K, et al. Risk factors associated with sacral stress fractures: a systematic review [J]. J Man Manip Ther, 2015, 23(2): 84-92.
- 13 Nuti R, Martini G, Valenti R, et al. Vitamin D status and bone turnover in women with acute hip fracture [J]. Clin Orthop Relat Res, 2004 (422): 208-213.
- 14 Kurrumeli D, Oechsner M, Weidenbacher B, et al. An easy way to determine bone mineral density and predict pelvic insufficiency fractures in patients treated with radiotherapy for cervical cancer [J]. Strahlenther Onkol, 2021, 197(6): 487-493.
- 15 Sakaguchi MSK, Maebayashi T, Aizawa TKA, et al. Risk factors for sacral insufficiency fractures in cervical cancer after whole pelvic radiation therapy [J]. Anticancer Res, 2019, 39(1): 361-367.
- 16 Ugurluer G, Akbas T, Arpacı T, et al. Bone complications after pelvic radiation therapy: evaluation with MRI [J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2014, 58(3): 334-340.
- 17 Cianferotti L. Osteomalacia is not a single disease [J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(23): 14896.

- 18 Jannin A, Kerlan V, Desaillood R. Endocrinology of bone mineralization: An update [J]. *Ann Endocrinol (Paris)*, 2022, 83(1): 46-53.
- 19 Gleich J, Kußmaul AC, Steiner E, et al. High prevalence of missed information related on bone health in orthogeriatric patients with fragility fractures of the pelvis- an institutional register-based analysis [J]. *Osteoporos Int*, 2022, 33(4): 901-907.
- 20 Seo JY, Ha KY, Kim YH, et al. Analysis of fracture patterns and characteristics in sacral insufficiency fracture: do sacral fractures occur in patients who had previous lumbosacral fusion insufficiency fractures or stress fractures? [J]. *Asian Spine J*, 2021, 15(6): 769-777.
- 21 Nishi M, Yoshikawa YSH, Kaji YST, et al. Multi-Site insufficiency pelvic fracture following total hip arthroplasty [J]. *Am J Case Rep*, 2020, 21(期缺失): e927776.
- 22 Gibbs WN, Doshi A. Sacral fractures and sacroplasty [J]. *Neuroimaging Clin N Am*, 2019, 29(4): 515-527.
- 23 Pfeufer D, Becker CA, Faust L, et al. Load-Bearing detection with Insole-Force sensors provides new treatment insights in fragility fractures of the pelvis [J]. *J Clin Med*, 2020, 9(8): 2551.
- 24 中华医学会骨科学分会骨质疏松学组. 骨质疏松性骨折诊疗指南 [J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37(1): 1-10.
- 25 Rickert MM, Windmueller RA, Ortega CA, et al. Sacral insufficiency fractures [J]. *JBJS Rev*, 2022, 10(7): 00005.
- 26 Babayev M, Lachmann E, Nagler W. The controversy surrounding sacral insufficiency fractures: to ambulate or not to ambulate? [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2000, 79(4): 404-409.
- 27 Humphrey CA, Maceroli MA. Fragility fractures requiring special consideration: pelvic insufficiency fractures [J]. *Clin Geriatr Med*, 2014, 30(2): 373-386.
- 28 Rommens PM, Arand C, Thomeczyk S, et al. [Fragility fractures of the pelvis] [J]. *Unfallchirurg*, 2019, 122(6): 469-482.
- 29 Cantrell CK, Butler BA. A review on management of insufficiency fractures of the pelvis and acetabulum [J]. *Orthop Clin North Am*, 2022, 53(4): 431-443.
- 30 Spiegl UJA, Schnake KJ, Osterhoff G, et al. Imaging of sacral stress and insufficiency fractures [J]. *Z Orthop Unfall*, 2019, 157(2): 144-153.
- 31 Ramlov A, Pedersen EM, Røhl L, et al. Risk factors for pelvic insufficiency fractures in locally advanced cervical cancer following intensity modulated radiation therapy [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2017, 97(5): 1032-1039.
- 32 Bazire L, Xu HP, Foy JP, et al. Pelvic insufficiency fracture (PIF) incidence in patients treated with intensity-modulated radiation therapy (IMRT) for gynaecological or anal cancer: single-institution experience and review of the literature [J]. *Br J Radiol*, 2017, 90(1073): 20160885.
- 33 Beelen GWCM, Loggers SAI, de Wit BWK, et al. Additional clinical value of routine CT imaging in fragility fractures of the pelvis: a prospective cohort study (ARTIFACT) [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022, 48(6): 4713-4718.
- 34 Lapina O, Tiškevičius S. Sacral insufficiency fracture after pelvic radiotherapy: a diagnostic challenge for a radiologist [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2014, 50(4): 249-254.
- 35 Graul I, Vogt S, Strube P, et al. Significance of lumbar MRI in diagnosis of sacral insufficiency fracture [J]. *Global Spine J*, 2021, 11(8): 1197-1201.
- 36 Zhong X, Zhang LQ, Dong TF, et al. Clinical and MRI features of sacral insufficiency fractures after radiotherapy in patients with cervical cancer [J]. *BMC Womens Health*, 2022, 22(1): 166.
- 37 Hackenbroch C, Riesner HJ, 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.
- 38 Lyders EM, Whitlow CT, Baker MD, et al. Imaging and treatment of sacral insufficiency fractures [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(2): 201-210.
- 39 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.
- 40 Ji Y, Shao CC, Cui Y, et al. Sacral insufficiency fracture after radiotherapy for cervical cancer: appearance and dynamic changes on 18F-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography [J]. *Contrast Media Mol Imaging*, 2021, 2021: 5863530.
- 41 Azumi M, Matsumoto M, Suzuki K, et al. PET/MRI is useful for early detection of pelvic insufficiency fractures after radiotherapy for cervical cancer [J]. *Oncol Lett*, 2021, 22(5): 776.
- 42 王浩, 何红英, 吕东东, 等. 微创手术治疗老年人脆性骨盆骨折 [J]. *中华老年医学杂志*, 2022, 41(10): 1178-1182.
- 43 Küper MA, Trulson A, Stuby FM, et al. Pelvic ring fractures in the elderly [J]. *EFORT Open Rev*, 2019, 4(6): 313-320.
- 44 何红英, 王浩, 韩文兴, 等. 老年脆性骨盆骨折的特征与治疗选择研究 [J]. *中华创伤骨科杂志* cn115530-2021, 2021, 23(12): 0724-00350.
- 45 Rommens PM, Arand C, Hofmann A, et al. When and how to operate fragility fractures of the pelvis? [J]. *Indian J Orthop*, 2019, 53(1): 128-137.
- 46 Jones CB, Sietsma DL, Hoffmann MF. Can lumbopelvic fixation salvage unstable complex sacral fractures? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470(8): 2132-2141.
- 47 Bourghli A, Boissiere L, Obeid I. Dual iliac screws in spinopelvic fixation: a systematic review [J]. *European Spine Journal*, 2019, 28(9): 2053-2059.
- 48 Buell TJ, Yener U, Wang TR, et al. Sacral insufficiency fractures after lumbosacral arthrodesis: salvage lumbopelvic fixation and a proposed management algorithm [J]. *J Neurosurg Spine*, 2020: 1-12.
- 49 Obid P, Conta A, Drees P, et al. Minimally invasive lumbopelvic stabilization of sacral fragility fractures in immobilized geriatric patients: feasibility and early return to mobility [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2021, 141(8): 1319-1324.
- 50 Sagi HC, Militano U, Caron T, et al. A comprehensive analysis with minimum 1-year follow-up of vertically unstable transforaminal sacral fractures treated with triangular osteosynthesis [J]. *J Orthop Trauma*, 2009, 23(5): 313-319; discussion 319-21.
- 51 Kobbe P, Hockertz I, Sellei RM, et al. Minimally invasive stabilisation of posterior pelvic-ring instabilities with a transiliac locked compression plate [J]. *Int Orthop*, 2012, 36(1): 159-164.
- 52 Hu P, Wu T, Wang HZ, et al. Biomechanical comparison of three internal fixation techniques for stabilizing posterior pelvic ring disruption: a 3D finite element analysis [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(2): 195-203.
- 53 Teo AQA, Yik JH, Jin Keat SN, et al. Accuracy of sacroiliac screw placement with and without intraoperative navigation and clinical application of the sacral dysmorphism score [J]. *Injury*, 2018, 49(7): 1302-1306.
- 54 Wagner D, Kamer L, Sawaguchi TKH, et al. Critical dimensions of trans-sacral corridors assessed by 3D CT models: Relevance for implant positioning in fractures of the sacrum [J]. *J Orthop Res*, 2017,

- 35(11): 2577-2584.
- 55 Halawi MJ. Pelvic ring injuries: Surgical management and long-term outcomes [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2016, 7(1): 1-6.
- 56 Bi C, Wang QG, Nagelli C, et al. Treatment of unstable posterior pelvic ring fracture with pedicle Screw-Rod fixator versus locking compression plate: a comparative study [J]. *Med Sci Monit*, 2016, 22: 3764-3770.
- 57 Dehdashti AR, Martin JB, Jean B, et al. PMMA cementoplasty in symptomatic metastatic lesions of the S1 vertebral body [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2000, 23(3): 235-237.
- 58 Richards AM, Mears SC, Knight TA, et al. Biomechanical analysis of sacroplasty: does volume or location of cement matter? [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(2): 315-317.
- 59 Sag AA, Zuchowski A, Ronald J, et al. Augmented reality overlay fluoroscopic guidance versus CT- fluoroscopic guidance for sacroplasty [J]. *Clin Imaging*, 2022, 85: 14-21.
- 60 Kao FC, Hsu YC, Chen TS, et al. Combination of long- and short-axis alar sacroplasty techniques under fluoroscopic guidance for osteoporotic sacral insufficiency fracture [J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 269.
- 61 Urits I, Orhurhu V, Callan J, et al. Sacral insufficiency fractures: a review of risk factors, clinical presentation, and management [J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2020, 24(3): 10.
- 62 Lee J, Lee E, Lee JW, et al. Percutaneous sacroplasty : effectiveness and Long- Term outcome predictors [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2020, 63(6): 747-756.
- 63 O'Connor TJ, Cole PA. Pelvic insufficiency fractures [J]. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 2014, 5(4): 178-190.
- 64 Waites MD, Mears SC, Richards AM, et al. A biomechanical comparison of lateral and posterior approaches to sacroplasty [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(20): E735-E738.
- 65 Frey ME, Depalma MJ, Cifu DX, et al. Percutaneous sacroplasty for osteoporotic sacral insufficiency fractures: a prospective, multicenter, observational pilot study [J]. *Spine J*, 2008, 8(2): 367-373.
- 66 Suero EM, Greiner A, Becker CA, et al. Biomechanical stability of sacroiliac screw osteosynthesis with and without cement augmentation [J]. *Injury*, 2021, 52(10): 2707-2711.
- 67 Zhao Y, Li JM, Wang D, et al. Comparison of stability of two kinds of sacro-iliac screws in the fixation of bilateral sacral fractures in a finite element model [J]. *Injury*, 2012, 43(4): 490-494.
- 68 Gardner MJ, Routt MLCJ. Transiliac-transsacral screws for posterior pelvic stabilization [J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25(6): 378-384.
- 69 Rommens PM. Is there a role for percutaneous pelvic and acetabular Reconstruction? [J]. *Injury*, 2007, 38(4): 463-477.
- 70 Wu C, Deng JY, Li T, et al. Combined 3D printed template to guide iliosacral screw insertion for sacral fracture and dislocation: a retrospective analysis [J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(1): 241-247.
- 71 Chen X, Zheng F, Zhang G, et al. An experimental study on the safe placement of sacroiliac screws using a 3D printing navigation module [J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(22): 10.
- 72 Schuetze K, Eickhoff A, Dehner C, et al. Short-term outcome of fragility fractures of the pelvis in the elderly treated with screw osteosynthesis and external fixator [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022, 48(3): 2413-2420.
- 73 Kim JW, Oh CW, Oh JK, et al. The incidence of and factors affecting iliosacral screw loosening in pelvic ring injury [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2016, 136(7): 921-927.
- 74 Gansslen A. Biomechanical principles for treatment of osteoporotic fractures of the pelvis [J]. *Unfallchirurg*, 2010, 113(4): 272-80.
- 75 König A, Oberkircher L, Beeres FJP, et al. Cement augmentation of sacroiliac screws in fragility fractures of the pelvic ring-A synopsis and systematic review of the current literature [J]. *Injury*, 2019, 50(8): 1411-1417.
- 76 Oberkircher L, Masacli A, Bliemel C, et al. Primary stability of three different iliosacral screw fixation techniques in osteoporotic cadaver specimens- a biomechanical investigation [J]. *The Spine Journal*, 2015, 16(2): 226-232.
- 77 Lodde MF, Katthagen JC, Schopper CO, et al. Does cement augmentation of the sacroiliac screw Lead to superior biomechanical results for fixation of the posterior pelvic ring? a biomechanical study [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(12): 1368.
- 78 Collinge CA, Crist BD. 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.
- 79 Gänsslen A, Hildebrand F, Krettek C. Supraacetabular external fixation for pain control in geriatric type B pelvic injuries [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2013, 80(2): 101-105.
- 80 Tiziani S, Dienstknecht T, Osterhoff G, et al. Standards for external fixation application: National survey under the auspices of the German Trauma Society [J]. *Int Orthop*, 2019, 43(8): 1779-1785.
- 81 Stewart RG, Hammer N, Kieser DC. External fixation of unstable pelvic fractures: a systematic review and meta-analysis [J]. *ANZ J Surg*, 2019, 89(9): 1022-1027.
- 82 Peichl P, Holzer LA, Maier R, et al. Parathyroid hormone 1-84 accelerates fracture-healing in pubic bones of elderly osteoporotic women [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(17): 1583-1587.

(收稿日期: 2023-05-18)

(本文编辑: 吕红芝)

沈二栋, 庄岩, 周凤金, 等. 骨盆机能不全骨折的诊治 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2025, 11(4): 251-256.