

骨盆骨折的智能化精准化诊断 与治疗指南(2025)

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
中华医学会创伤学分会 中国医师协会骨科医师分会外固定学组 中国医师协会创伤
外科医师分会骨与关节损伤学组

通信作者:唐佩福,解放军总医院骨科医学部,北京 100048, Email: pftang301@126.com;吴新宝,首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科,北京 100035, Email: wuxinbao_jst@126.com;余斌,南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科,广州 510515, Email: yubinol@163.com

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2025CN1102)

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFC2504300,2022YFC2504305)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20250807-00306

Clinical practice guidelines for intelligent and accurate diagnosis and management of pelvic fractures (2025)

Traumatic Orthopedics Group, Society of Orthopedics, Chinese Medical Association; Group of External Fixation and Limb Reconstruction, Society of Orthopedics, Chinese Medical Association; Society of Traumatology, Chinese Medical Association; External Fixation Group, Society of Orthopaedists, Association of Chinese Doctors; Bone and Joint Injury Group, Society of Traumatic Surgeons, Association of Chinese Doctors

Corresponding authors: Tang Peifu, Senior Department of Orthopaedics, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100048, China, Email: pftang301@126.com; Wu Xinbao, Department of Orthopaedics and Traumatology, Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100035, China, Email: wuxinbao_jst@126.com; Yu Bin, Division of Orthopaedics and Traumatology, Department of Orthopaedics, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China, Email: yubinol@163.com

Practice Guideline Registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2025CN1102)

Fund programs: National Key Research and Development Program of China (2022YFC2504300,2022YFC2504305)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20250807-00306

一、背景介绍

骨盆骨折是临床常见且最为复杂的损伤之一,常伴有多种合并症。骨盆由骶骨、尾骨、髌骨、坐骨和耻骨(后三者统称为“髌骨”)组成,包括骶髂关节和耻骨联合等多个重要的骨解剖结构,其损伤不仅涉及骨骼本身,而且还常伴随邻近的腹、盆腔脏器(泌尿、生殖器官等)和血管/神经结构损伤,导致出血、感染、运动和感觉障碍、大小便功能异常等严重问题。全球疾病负担研究显示,2019 年全球骨盆骨折新发约 600 万例^[1]。由于不稳定型骨盆骨折手术创伤大、出血量多、骨折固定易失效,为骨盆骨折治疗效果欠佳的重要原因。2021 年,由解放军总医院、河北医科大学第三医院、南方医科大学南方医院及华中科技大学附属同济医院共同牵头制订了国内首部“中国骨盆

骨折微创手术治疗指南(2021 版)”,指南中提出了骨盆骨折的治疗原则和微创手术的手术方式,明确了手术适应证及禁忌证,为我国骨盆骨折的微创治疗提供了理论依据,形成了骨盆骨折微创治疗的“中国方案”。

近年来,随着以人工智能(artificial intelligence, AI)及增材制造等为代表的医学技术的快速发展,骨盆骨折的诊断与治疗水平稳步提升。骨盆手术机器人作为一种新兴的智能辅助设备,主要用于提高手术精度、减少操作误差、缩短手术时间、减轻医生的工作强度,并且有助于提高手术效果,降低患者术后并发症的发生率,可为患者提供更加安全、精准和个性化的治疗选择。目前,骨盆手术机器人已在临床上得到广泛应用。



指南制订的目的:在我国推进骨盆骨折的智能化、精准化诊断与治疗,进一步优化我国各级别医院骨盆骨折的诊疗流程。希望通过推动骨盆骨折的智能化、精准化诊疗,降低手术风险及致残、致死率,改善患者预后及生活质量。

指南的目标人群:成年骨盆骨折患者(年龄 ≥ 14 岁,青少年骨盆骨折的处理与成年患者治疗原则一致,本指南也适用于年龄为 14~18 岁的青少年)。

特别考虑的亚组人群:复杂骨盆骨折患者(Tile C 型骨折或 AO 分型 61-C 型骨折)。

指南的使用者:主要为从事创伤诊疗工作的骨科医生,其他潜在使用人员包括康复医生、麻醉医生、内科医生、护理人员、医院管理者和公共卫生专家等。

指南的应用环境:各级别医疗卫生机构。

本指南作为学术性指导意见,主要基于国内外相关文献及指南、结合我国实际情况而制订,具体实施需根据医疗机构及患者实际情况而定,不是医疗决策的唯一准则。这些建议可能会根据具体临床需求和限制而被采纳、修改或拒绝,并不旨在取代当地的政策。指南中的建议并不是标准或绝对要求,在使用本指南过程中要充分考虑目标人群的意愿和家庭经济条件,以及经治医院的接诊条件。同时,指南的内容会根据医学知识、技术和实践的发展进行修订。此外,本指南不应被用作惩戒医师的法规依据,也不赋予医患双方依据本指南提供的医疗建议所引发的使用者与患者或使用者与任何其他他人构成医患法律纠纷处理的法律地位。

二、指南的制订过程及方法

本指南参照《中国制订/修订临床诊疗指南的指导原则(2022 版)》指南制订的程序和方法制订。2024 年 5 月 21 日,依托国家创伤(区域)医疗中心,本指南的制订在广东省创伤骨科研究所正式启动,成立指南工作

组,成员包括骨科医生、循证医学专家及杂志社编辑等。同时,成立利益冲突管理委员会,所有参与指南制订的成员均签署利益冲突声明。指南在国际指南注册与透明化平台(<https://www.guidelines-registry.cn>)完成注册,注册号:PREPARE-2025CN1102。

临床问题的形成:本指南旨在系统阐述骨盆骨折智能化、精准化诊断与治疗过程中的关键性问题,相关内容源于多位一线临床专家的实践总结与专项调研成果。鉴于目前可供参考的高质量文献尚显不足,本指南所提出的部分见解与建议可能存在一定局限性。后续版本将依据循证医学进展及专家共识,结合临床实践反馈,对本指南内容进行持续修订与完善。

证据的检索与评价:指南工作组对该临床问题进行广泛检索,检索的数据库包括 Pubmed、Embase、The Cochrane Library、NICE、中国知网(CNKI)、万方数据库、维普数据库等。纳入的研究对象包括所有与该指南主题相关的骨盆骨折患者,研究类型包括临床研究、系统综述或 Meta 分析、专家共识与指南,检索时间范围从建库至 2025 年 6 月。采用证据评价与推荐意见分级、制定和评价(grade of recommendations assessment, development evaluation, GRADE)及良好实践声明(good practice statement, GPS)对证据的质量及推荐强度进行评价(表 1)。

推荐意见的形成:执笔者对各个临床问题的证据进行整合,并按照 GRADE 工作组制订的“证据到决策”标准产生推荐意见初稿。将每个临床问题的证据材料按照证据质量、利弊权衡分析、患者价值观和意愿及成本 4 个要素进行归纳、总结,连同初步推荐意见提供给推荐意见共识组所有成员,以共识组推荐强度一致率 $\geq 70\%$ 为标准,最终形成了推荐意见。

外审:将推荐意见共识组通过的指南初稿提交 3

表 1 GRADE 证据质量分级、推荐强度分级与 GPS 推荐

推荐类型与级别	含义解释
GRADE	
证据质量分级	
高(A)	非常确信真实的效应值接近效应估计值,并认为进一步研究不太可能改变现有的结果
中(B)	对效应估计值有中等程度的信心:真实值可能接近估计值,但认为进一步研究仍有可能改变现有的结果
低(C)	对效应估计值的信心较低:认为进一步研究很可能得出真实值与现有大不相同的结果
极低(D)	对效应估计值几乎没有信心
推荐强度等级	
强推荐(1)	明确利大于弊,所有人或几乎所有人都会选择某种干预措施
条件推荐(2)	利弊不确定,有些患者应该接受推荐的干预,这取决于诸多背景因素,如可行性、可接受性、成本高等问题,表明参与共同制定决策过程非常重要
GPS	
基于非直接证据、专家意见与经验形成的推荐	

注:GRADE 为证据评价与推荐意见分级、制定和评价,GPS 为良好实践声明



位外审专家审议,对修改意见进行讨论修改,并最终获得批准后发布。

传播:指南通过《中华创伤骨科杂志》出版发表,并依托杂志微信公众号、国家骨科与运动康复临床医学研究中心微信公众号等新媒体进行解读和推广。

更新与修订:根据骨盆骨折的智能化、精准化诊断与治疗研究进展,新证据的出现及学科发展需要,制订对本指南更新与修订计划,拟定指南更新与修订的周期为 5 年。

三、指南推荐意见

(一)骨盆骨折的流行病学

1. 病因及诱因:骨盆骨折可分为高能量损伤和低能量损伤两类,高能量损伤常见于交通事故伤、高处坠落伤、挤压伤(矿难、地震)等^[2-5],运动相关骨盆骨折(如滑雪、骑马)近年来不断增多。低能量损伤主要发生于老年患者轻微跌倒(如髌部着地),常导致耻骨支或骶骨骨折,骨质疏松是核心诱因,女性绝经后骨折风险骤增^[5]。

2. 发病率与流行趋势:骨盆骨折占全身骨折的 3%~8%,在严重创伤患者中占比更高,达到 10%~20%^[6-7]。骨盆骨折的发病率受多种因素影响。

(1)地域差异:发达国家骨盆骨折主要发生在老年女性人群,以低能量损伤为主;而发展中国家则多见于青壮年男性,主要由高能量损伤(尤其是交通事故伤)所致^[3-4,8]。

(2)年龄分布:儿童骨盆骨折较为罕见,仅占 0.04%~4.60%,且多发生于 8~10 岁儿童^[9]。与成人相比,儿童患者创伤评分较低,稳定型骨折居多^[10]。成年(尤其是 20~60 岁年龄段)骨盆骨折患者以男性居多,多与交通事故、高处坠落等高能量创伤有关,且往往合并多脏器损伤^[2,10-11]。随着人口老龄化的加剧,老年患者的发病率逐渐上升^[12-13]。老年骨盆骨折常与骨质疏松相关,主要由平地跌倒或微小外力导致。

3. 并发症:①急性期并发症:大出血(病死率为 21%~66%)^[14]、神经系统损伤^[15]、泌尿生殖系统损伤^[18]。②长期并发症:持续的慢性疼痛(包括骨盆区钝痛、腿部牵拉痛或神经痛等),永久性的麻木、无力或运动功能障碍,性功能及大小便功能障碍等^[15-16]。

(二)骨盆骨折的定义、分型及诊断

1. 定义:骨盆骨折是指由于外力作用导致骨盆环(由髌骨、骶骨和尾骨构成的骨性结构)或其附属部位的连续性中断。

2. 分型:临床常用的分型包括 Tile 分型、Young-Burgess 分型, AO-OTA 分型^[17-18]。老年骨盆骨折的 FFP (fragility fractures of the pelvis)分型是一种专门针对老

年骨质疏松性骨盆骨折提出的分类系统,由 Rommens 教授于 2013 年首次提出,目前广泛应用于临床,以指导治疗决策^[19]。

3. 诊断:X 线片检查仍是骨盆骨折的首选筛查工具,可通过正位、入口位、出口位、闭孔斜位及髂骨斜位 X 线片观察骨折线、耻骨联合分离及骶髂关节脱位。然而,其诊断准确性存在局限。Benjamin 等^[20]在美国 LAC + USC 创伤中心的研究显示,骨盆 X 线片对骨折的总体灵敏度为 88.4%,特异度为 96.9%,但在坐骨、髌骨、骶骨和髌臼骨折中的灵敏度均不足 50%,仅对耻骨联合分离的检出率较高(89.8%)。另一项针对老年患者的研究表明,骨盆 X 线片总体灵敏度仅为 48%,特异度为 93%,其中骶骨骨折和坐骨骨折的灵敏度仅分别为 20%和 17%^[21]。因此,尽管 X 线片在急诊初步筛查中具有重要价值,但在复杂骨折和老年患者中的诊断效能明显不足,CT 应作为确诊和分型的“金标准”^[22],并作为常规检查开展。对于血流动力学不稳定的患者,应行 CT 血管造影检查,以评估盆腔血管损伤情况。

(三)传统治疗

骨盆骨折的治疗需根据骨折类型、骨折及血流动力学稳定性、患者全身状况及合并损伤制订个性化方案。合理的治疗可显著降低病死率(尤其是失血性休克)和致残率(如慢性疼痛、步态异常等)。

1. 非手术治疗:适用于稳定型骨折(Tile A 型)或存在手术禁忌的患者(如高龄、合并严重基础疾病),稳定型骨折主要包括单纯前环耻骨支、坐骨支骨折,骶骨、髌骨裂隙骨折及单纯撕脱骨折。主要措施包括:①卧床休息,急性期(伤后 2~4 周)避免负重,以减轻患者疼痛,降低骨折移位的发生风险。②骨盆固定带固定:通过加压减少骨盆容积、控制休克。③镇痛与康复:可使用非甾体类抗炎药+阿片类药物进行镇痛。4~6 周后开始康复训练,预防肌肉萎缩。根据血流动力学的稳定情况,选用物理和(或)药物抗凝。

2. 手术治疗:适用于不稳定型骨折(Tile B 或 C 型)或保守治疗失败患者,目标是恢复骨盆环的稳定性,避免患者长期功能障碍。当合并慢性阻塞性肺疾病、心功能不全、肾功能不全、凝血功能异常及无法控制的感染等情况时,需详细评估手术风险,并根据评估结果决定是否采用手术治疗。

(1)耻骨联合分离:当耻骨联合分离影响骨盆稳定性时可考虑手术治疗,标准的方法是用 4~6 孔 4.5 mm 钢板进行固定。对于身材较矮小的患者,也可以改用 3.5 mm 钢板或重建钢板固定。如果同时伴有骨盆后环不稳定,耻骨联合分离可以考虑采用双钢



板固定。

(2)耻骨支、坐骨支骨折:单纯的耻骨支、坐骨支骨折较常见,一般不需要手术治疗。当合并髌白前柱骨折或耻骨联合分离时,耻骨支骨折可采用耻骨支螺钉固定。

(3)骶髂关节脱位或骶骨骨折:Tile C 型或 Young-Burgess 分型 VS 型或 APC-Ⅲ型损伤、骨盆后环完全不稳定、出现进行性神经损害(尤其是 Denis Ⅱ、Ⅲ区骶骨骨折;伴有腰骶丛神经根、丛或主要分支损伤,造成一个或以上大关节运动肌力 <3 级;伴有下肢持续性疼痛的神经损伤;伴有大小便完全障碍的神经损伤)、合并血管损伤或持续出血、非手术治疗无法维持复位的患者,需行手术治疗。对于骶髂关节脱位,可以采用骶髂关节螺钉固定(金标准)及前路钢板固定。对于骶骨骨折,可采用通道螺钉或腰髂固定系统固定^[7, 23]。

(4)髂骨翼骨折:对于有明显移位的髂骨翼骨折,应采用手术治疗。

(5)对于血流动力学不稳定、盆内大血管损伤、合并脏器损伤及开放性的骨盆骨折,应行急诊手术治疗。

(四)骨盆骨折的智能化、精准化诊断与治疗

复杂骨盆骨折作为骨科领域最具挑战性的创伤之一,其治疗经历了从传统开放手术到微创手术,再到当前智能化、精准化诊疗的革命性转变^[24-25]。随着 AI、手术机器人、三维导航和数字医疗技术的快速发展,复杂骨盆骨折的治疗模式将由传统依赖医生经验和手感的手术转变为数据驱动、机器辅助的精准医疗过程^[26-28]。近年来,多种国产和进口骨科手术机器人系统已成功应用于骨盆骨折的微创治疗,展现出显著的技术优势和临床价值^[29]。

与传统开放手术相比,机器人辅助骨盆骨折微创治疗展现出多方面的优势^[30-31]。在手术创伤方面,机器人手术切口小(仅需 3~5 个 1 cm 左右长的切口)、出血量少(20~50 mL,而传统手术出血量可达 400 mL 以上)、组织损伤轻。在手术精度方面,机器人系统可实现亚毫米级的复位精度,术后骨折端最大移位仅为 3.41 mm,远优于传统徒手复位 10.00 mm 以内的“优良”标准。在辐射防护方面,机器人手术可大幅减少术中透视次数,降低了医患双方的辐射暴露(表 2)。

1. 术前规划模块(复杂骨盆骨折精准化诊断及智能规划系统):术前规划是骨盆骨折精准化诊断与治疗的关键,决定后续复位与内固定的路径设计及精准度。现代智能术前规划系统深度融合医学影像、计算机视觉与 AI 技术,全面提升诊断、分型及方案制订的

效率与精准度,尤其在骨盆骨折等高度复杂骨折的处理方面展现出独特优势。

(1)AI 辅助下的三维建模(2B):基于患者 CT 影像,利用深度学习模型(如卷积神经网络、三维卷积神经网络)自动识别骨折线、分割骨折块,构建高精度三维骨盆模型^[32-33]。临床实践表明,该技术能够直观呈现骨折形态及解剖结构,为术前规划提供坚实的基础。与此同时,采用镜像配准技术,可将健侧骨盆自动匹配至患侧,构建“理想解剖模板”,为骨折复位提供对照依据^[34]。因此,建议对骨盆骨折进行 AI 辅助下的三维建模,以为后续力学仿真与路径优化奠定基础。

(2)AI 辅助下骨折精准化诊断及分型(2B):基于大数据训练的 AI 分型系统,能够自动识别骨盆骨折常见的 Tile 分型、Young-Burgess 分型、AO 分型等,结合临床经验数据库,智能推荐手术路径、内固定方式并给出相关风险提示^[35-36]。在骨盆骨折的诊治中,AI 系统能准确识别骨折分型,辅助制订个性化的治疗方案,可提升决策效率和准确性。因此,建议在基层医院及年轻医生群体中开展 AI 辅助下的骨盆骨折精准化分型,以提高诊疗的标准化水平,降低误判风险。

(3)智能化螺钉通道规划与生物力学评估(2B):传统术前规划依赖于经验与空间想象,难以精准预测螺钉路径与置入风险。AI 系统融合大规模临床数据和个体解剖特征,自动生成螺钉置入路径,规避关键神经、血管,保障通道安全与固定稳定。临床研究显示,智能化螺钉通道规划与生物力学仿真通过对局部应力分布及骨密度进行分析,可筛选出最佳置钉区域并推荐置钉通道,显著提高长期安全性及稳定性^[37-39]。因此,建议对骨盆骨折进行智能化螺钉通道规划与生物力学评估,明确最佳置钉区域及通道,降低术后内固定失效的发生风险。

2. 术中执行模块(三维导航与实时可视化技术):精准且高效的术中执行技术是术前智能规划向术中精准执行的关键。借助三维导航与实时可视化系统,术者能够实时感知骨折复位状态与器械空间位置,实现骨折复位与内固定的“可视化”、“量化”与“智能化”^[25, 40]。

(1)基于追踪技术的三维可视化导航(2B):术中配准是导航系统的核心环节,传统方法多依赖于人工

表 2 机器人辅助与传统骨盆骨折手术关键指标的对比

关键指标	机器人辅助手术	传统开放手术	机器人辅助手术的优势
手术切口长度	1 cm	15~20 cm	创伤减少 90% 以上
术中出血量	20~50 mL	400 mL 以上	出血量减少 98%
手术时间	1~2 h	3~5 h	时间缩短约 50%
复位精度	≤3.41 mm	≤10.00 mm(优良标准)	精度提升 3 倍
住院时间	7~10 d	14~21 d	时间缩短约 50%



标定,存在耗时长且精度有限的问题。现代三维导航系统主要依托光学或电磁追踪技术,实时捕捉骨骼及手术器械的空间坐标,并与术前三维模型精准配准,完成虚拟规划与现实解剖的深度融合^[32-33]。相关研究表明,上述技术可构建术中高精度动态三维导航视图,实时展示骨折块位置、复位角度及螺钉走向^[41-42],有效提升微创操作的安全性与成功率^[43],极大地缩短术前准备时间^[44-45]。因此,建议在骨盆骨折中运用三维可视化导航技术,以缩短手术时间,保障整体复位和固定的稳定性。

(2)智能手持/机械臂置钉一体化系统(2B,当前证据有限,建议在多中心研究中进一步验证):该系统集成了路径规划、高精度定位与力控协同技术,可实现从复位到固定的全流程精准操作。智能手持/机械臂置钉一体化系统依托 AI 进行术前通道自动规划与术中实时路径校正,结合光学追踪与深度学习持续优化定位精度与自适应能力^[46]。在复位环节,系统通过力反馈与智能控制算法模拟医师手法,完成复杂骨折的闭环复位;置钉操作则基于三维导航与自动引导,实现复位-固定的无缝衔接,大幅提升治疗效率与稳定性^[47-49]。同时,以增强现实与实时可视化导航为代表的人机协同系统,通过动态跟踪骨折块及器械位置,为术者提供融合智能感知与灵活操作的手术环境^[41-43, 50]。因此,建议在骨盆骨折患者、特别是高龄患者和 Tile C 型骨折患者中运用智能手持/机械臂置钉一体化系统,以提高置钉的精准性,保障手术的可控性与安全性。

3. 术后管理模块(面向全周期康复的智能闭环管理系统):术后管理是复杂骨折智能化诊疗体系的关键环节,依托 AI、大数据与物联网技术,实现从传统经验模式向数字化、智能化闭环管理的转型^[25-26, 51-52]。通过构建多模块协同系统,可提升康复效率、降低并发症的发生风险,并为患者长期功能重建提供保障。

(1)院内个性化康复方案(GPS):利用术中操作参数(复位精度、置入稳定性等)及术后影像数据,结合 AI 预测模型与康复数据库,制定个性化康复方案。方案应涵盖卧床管理、功能锻炼频次及负重控制等关键内容,并应根据患者的个体特征(病种分型、年龄等)进行动态调整。与此同时,利用 AI 算法建立动态风险模型,针对感染、血栓形成等常见术后并发症,提供标准化处理建议(复查方案、抗感染调整等),确保进行精准化的术后干预。因此,建议在骨盆骨折患者院内管理中建立个性化康复方案,以达到术后精准康复。

(2)院外远程随访(GPS):利用集成惯性传感器、力压传感垫等可穿戴设备,实时监测患者运动状态、

步态参数等指标。通过动态绘制恢复趋势曲线,可客观评估康复进度,并在检测到异常(如负重过度、术区发热)时触发预警。临床实践表明,该技术可提前预测并发症(如螺钉松动),降低不良事件的发生率。建立自动化随访系统,定期推送评估问卷及复查提醒。建立医患远程互动与影像对比分析系统,实现骨折愈合程度与功能评分(如髋关节 Harris 评分)的量化评估。然而,鉴于设备成本、患者依从性及医疗数据隐私安全等问题,院外远程随访的难度及成本较高。因此,建议仅在有条件时,将骨盆骨折出院患者纳入院外远程随访体系,从而实现骨盆骨折患者的长期精准化随访。

四、小结与展望

骨盆骨折机器人辅助治疗主要适用于复杂不稳定型骨盆骨折的精准、微创手术,尤其在高难度复位及内固定物置入中具有较大优势。该系统特别适合 Tile C 型或 Young-Burgess 垂直不稳定型骨折、骶髂关节分离及骶骨骨折等复杂骨折类型,通过三维导航实现亚毫米级精度,避免损伤骶神经及血管结构。对于合并骨质疏松的粉碎性骨折,机械臂能精确控制钻速和力度,有效防止螺钉切出。此外,在微创经皮骨盆环固定术(如 LC-II 螺钉、骶髂关节螺钉固定)中,机器人技术可大幅减少术中透视次数,同时通过术前 CT 建模与术中实时配准,完成多平面交叉螺钉固定等传统术式难以实现的操作,降低术中出血风险并提高内固定的稳定性。机器人技术可提升复杂骨盆骨折诊疗的精准性和效率,从而提升手术安全性、精确性和整体疗效。

在智能医疗体系加速发展的背景下,复杂骨盆骨折的诊疗模式正日益向数据驱动与智能化转型。然而,大部分基层医院由于政策、经济等多种原因无法对骨盆骨折进行智能化、精准化诊断及治疗。因此,为推进智能骨科手术系统在基层医院的有效应用,应建立以区域医疗中心为核心、基层医院广泛参与的“中心-基层”协同机制。区域中心承担核心培训任务,通过线下专家带教、手术实操模拟和并发症处理演练,帮助基层医师系统掌握智能设备操作、路径规划和应急处理技能。同时,利用 5G 和云平台构建 AI 辅助培训系统,为基层提供实时手术观摩、三维解剖演示和虚拟操作考核,持续提升实际操作的规范性与可靠性,以期最终实现骨盆骨折智能化、精准化诊断与治疗的安全、高效推广。

执笔者:刘冠桥(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、张伟(北京大学航天临床医学院)

参与指南制订专家(按姓氏拼音排序)

安维军(宁夏医科大学总医院骨科)、白祥军(华中科技大学同



济医学院附属同济医院创伤外科)、白雪东(解放军总医院骨科医学部)、毕郑刚(哈尔滨医科大学附属第一医院骨科)、曹奇勇(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、曹学成(解放军第九六〇中心医院骨科)、曹志强(青海大学附属医院骨科)、陈爱民(同济大学附属上海市第四人民医院骨科)、陈大庆(温州医科大学附属第二医院急诊医学科)、陈华(解放军总医院骨科医学部)、陈顺有(福州市第二总医院小儿骨科)、陈雁西(复旦大学附属中山医院骨科)、陈允震(山东大学齐鲁医院骨科)、陈中伟(宁夏医科大学总医院急诊外科)、陈仲(云南省第二人民医院创伤中心)、程建文(广西医科大学第一附属医院创伤骨科)、戴冠东(深圳市坪山区人民医院骨科)、党晓谦(西安交通大学第二附属医院骨外科)、邓银栓(甘肃省中心医院骨科)、丁真奇(解放军联勤保障部队第九〇九医院骨科)、东靖明(天津医院创伤骨科)、都定元(重庆市急救医疗中心创伤外科)、樊仕才(南方医科大学第三附属医院骨科中心)、方加虎(南京医科大学第一附属医院骨科)、方诗元(中国科学技术大学附属第一医院创伤骨科)、冯卫(内蒙古医科大学第二附属医院环骨盆外科)、符勇(南华大学附属第二医院创伤中心)、付中国(北京大学人民医院创伤骨科)、傅德皓(上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科)、高鹏(北京协和医院骨科)、高曦(福州市第二总医院创伤骨科)、公茂琪(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、宫玉锁(甘肃省中医药大学附一院创伤骨科)、巩守平(西安交通大学第二附属医院外科)、顾海伦(中国医科大学附属盛京医院创伤骨科)、顾立强(中山大学附属第一医院显微创伤骨科)、顾鹏程(浙江大学附属第一医院骨科)、韩娜(北京大学人民医院骨科)、郝海虎(山西白求恩医院骨科)、何升华(深圳市中医院骨科)、何武兵(福州大学附属省立医院创伤救治中心)、侯志勇(河北医科大学第三医院创伤急救中心)、胡居正(柳州市工人医院骨外科)、扈延龄(青岛大学附属医院创伤外科)、花奇凯(广西医科大学第一附属医院骨科)、黄雷(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、纪方(上海交通大学医学院附属第九人民医院骨科)、贾燕飞(内蒙古医科大学第二附属医院骨科)、姜保国(北京大学人民医院创伤骨科)、姜晓幸(复旦大学附属中山医院骨科)、姜高恒(南部战区总医院骨科)、蒋协远(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、焦绍锋(国家康复辅具研究中心附属康复医院骨一科)、荆钰华(安徽医科大学第二附属医院骨科)、康庆林(上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科)、孔荣(安徽省立医院骨科)、寇玉辉(北京大学人民医院创伤骨科)、李刚(石河子大学医学院第一附属医院创伤骨科)、李军(北京大学第一医院骨科)、李开南(成都大学附属医院骨科)、李昆(贵州医科大学附属医院创伤骨科)、李伟翔(浙江大学医学院附属第二医院骨科)、李志杰(温州医科大学附属第二医院创面修复外科)、李智勇(河北医科大学第三医院骨四科)、李忠(西安交通大学医学院附属红会医院创伤骨科)、连鸿凯(郑州市中心医院骨科)、梁加利(中国香港大学深圳医院骨科)、廖琦(南昌大学第二附属医院骨科)、林凤飞(福州市第二总医院骨科)、林朋(北京中日友好医院骨科)、林庆荣(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、林涨源(中南大学湘雅医院骨科)、刘璠(南通大学附属医院骨科)、刘凤祥(上海交通大学医学院附属第九人民医院骨科)、刘福尧(北京

积水潭医院贵州医院创伤骨科)、刘光耀(吉林大学中日联谊医院骨科)、刘国辉(华中科技大学同济医学院附属协和医院骨科)、刘建敏(陕西省人民医院急诊创伤医学中心)、刘京升(兰州大学第二医院骨科)、刘雷(中山大学附属第八医院骨科)、刘利民(首都医科大学附属宣武医院骨科)、刘林(甘肃省人民医院骨科)、刘鹏(陆军军医大学陆军特色医学中心骨科)、刘曦明(解放军中部战区总医院骨科)、刘长剑(大连医科大学附属第一医院骨科)、娄志远(大连医科大学附属第一医院创伤骨科)、罗从凤(上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科)、罗令(中南大学湘雅三医院创伤骨科)、吕传柱(四川省医学科学院、四川省人民医院骨科)、吕德成(大连医科大学附属第一医院骨科)、吕夫新(山东大学齐鲁医院创伤骨科)、吕刚(新疆维吾尔自治区中医医院骨科)、吕厚辰(解放军总医院骨科医学部)、吕智(山西医科大学第二医院骨科)、马献忠(河南省骨科医院)、马昕(上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科)、马信龙(天津市天津医院骨科)、梅晰凡(锦州医科大学附属第三医院骨科)、莫忆南(沈阳医学院附属中心医院骨科)、倪卫东(重庆医科大学附属第一医院骨科)、潘晓华(深圳大学第二附属医院创伤骨科)、潘振宇(武汉大学中南医院创伤与显微骨科)、彭阿钦(河北医科大学第三医院创伤急救中心)、戚剑(中山大学附属第一医院骨科)、钱红波(解放军东部战区总医院骨科)、覃承河(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、任鹏(新疆医科大学第一附属医院骨科中心创伤骨科)、任义军(武汉大学人民医院东院骨2科)、芮碧宇(上海交通大学医学院附属第六人民医院创伤骨科)、芮永军(无锡市第九人民医院骨科)、桑锡光(山东大学齐鲁医院骨科)、尚剑(深圳大学总医院关节创伤外科)、邵林(哈尔滨医科大学附属第二医院骨科)、沈锋(南昌市第一医院骨科)、石健(解放军联勤保障部队第九二〇医院骨科)、舒衡生(天津医院创伤骨科)、舒文(广西医科大学附属柳州市人民医院创伤骨科)、宋朝晖(河北医科大学第三医院创伤急救中心)、宋德业(中南大学湘雅二医院创伤骨科)、宋锦旗(深圳市龙华区中心医院创伤骨科)、宋涛(西安交通大学医学院附属红会医院骨科)、宋文超(郑州大学第一附属医院骨科)、苏伟(广西医科大学附属第一医院骨科)、孙大辉(吉林大学白求恩第一医院创伤骨科)、孙学成(潍坊市人民医院创伤骨科)、孙旭(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、孙玉强(上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科)、汤欣(大连医科大学附属第一医院骨科)、唐坚(上海交通大学医学院附属第九人民医院骨科)、唐缪田(北京大学人民医院骨科)、唐佩福(解放军总医院骨科医学部)、田耘(北京大学第三医院骨科)、佟大可(上海交通大学医学院附属第九人民医院骨科)、王爱国(郑州市骨科医院)、王宝军(首都医科大学附属北京友谊医院骨科)、王博炜(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、王东(山西医科大学第二医院骨科)、王钢(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、王光林(四川大学华西医院骨科)、王俊文(武汉市第四医院骨科)、王蕾(上海交通大学医学院附属瑞金医院骨科)、王鹏程(河北医科大学第三医院创伤急救中心)、王秋根(上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院骨科)、王天兵(北京大学人民医院创伤骨科)、王永会(山东省立医院创伤骨科)、王远政(贵州省人民医院骨科)、王跃(四川省人民医院骨



科)、王正安(嘉兴市第一医院骨科)、王志强(华北理工大学附属医院骨科)、魏星(西安交通大学医学院附属红会医院创伤骨科)、文良元(北京医院骨科)、吴丹凯(吉林大学白求恩第二医院骨科)、吴克俭(解放军总医院第四医学中心骨科)、吴新宝(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、吴永伟(无锡市第九人民医院创伤骨科)、相大勇(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、项毅(解放军联勤保障部队第九八五医院骨科)、谢增如(新疆医科大学第一附属医院骨科)、谢肇(陆军军医大学附属西南医院骨科)、熊军(海南省人民医院创伤骨科)、徐峰(苏州大学附属第一医院、苏州市第一人民医院急诊医学科)、徐海林(北京大学人民医院骨科)、徐明(苏州大学附属第一医院骨科)、徐玮(中国科技大学附属第一医院骨科)、徐卫国(天津医院骨科)、徐永清(解放军联勤保障部队第九二〇医院骨科)、许长鹏(广东省第二人民医院关节骨科)、严立(武汉市第四医院手外科)、杨海波(宁夏医科大学总医院骨科)、杨华清(首都医科大学附属北京康复医院骨科)、杨军(中国医科大学附属第一医院骨科)、杨明辉(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、杨胜松(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、姚琦(首都医科大学附属北京世纪坛医院骨科)、叶发刚(青岛大学附属医院骨科)、叶君健(福建医科大学附属第一医院创伤骨科)、易成腊(华中科技大学同济医学院附属同济医院创伤中心)、易智(陕西省人民医院骨科)、余斌(南方医科大学南方医院骨科-创伤骨科)、禹宝庆(上海市浦东医院骨科)、于大鹏(山东省文登整骨医院骨科)、袁志(空军军医大学西京医院骨科)、曾灵(陆军军医大学野战外科研究所)、张保中(北京协和医院骨科)、张丹(重庆医科大学附属第一医院创伤危重症科)、张殿英(北京大学人民医院创伤骨科)、张建政(解放军总医院骨科医学部显微外科)、张金利(天津医院创伤骨科)、张镨(滨州医学院附属医院创伤骨科)、张堃(西安交通大学医学院附属红会医院创伤骨科)、张雷(上海市第十人民医院骨科)、张里程(解放军总医院骨科医学部)、张立海(解放军总医院骨科医学部)、张连阳(陆军军医大学大坪医院外科)、张群(解放军总医院骨科医学部)、张树明(火箭军总医院骨科)、张云飞(空军军医大学附属唐都医院骨科)、张巍(解放军总医院骨科医学部)、张亚奎(首都医科大学附属北京潞河医院骨科)、张一(贵州省人民医院急诊外科)、张英泽(河北医科大学第三医院创伤急救中心)、张永红(山西医科大学第二医院骨科)、张长青(上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科)、章莹(和祐医院骨科)、赵斌(山西医科大学第二医院脊柱外科)、赵劲民(广西医科大学第一附属医院骨科)、赵文(北京航天总医院骨科)、赵喆(北京清华长庚医院骨科与运动医学中心)、郑进昌(深圳市宝安中心医院创伤骨科)、郑龙坡(上海市第十人民医院骨科)、郑占乐(河北医科大学第三医院骨科)、钟红发(江西省赣州市人民医院创伤急救中心)、周东生(山东省立医院骨科)、周方(北京大学第三医院骨科)、周继红(陆军军医大学陆军特色医学中心野战外科)、周君琳(首都医科大学附属北京朝阳医院骨科)、周武(华中科技大学同济医学院附属协和医院创伤骨科)、朱仕文(首都医科大学附属北京积水潭医院创伤骨科)、朱勇(中南大学湘雅医院骨科)、朱跃良(浙江大学医学院附属第二医院骨科)、祝少博

(武汉大学中南医院创伤与显微骨科)、庄岩(西安交通大学医学院附属红会医院创伤骨科)、庄澄宇(上海交通大学医学院附属瑞金医院运动医学中心)、庄云强(宁波市第六医院骨科)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] Hu S, Guo J, Zhu B, et al. Epidemiology and burden of pelvic fractures: results from the global burden of disease study 2019[J]. Injury, 2023, 54(2): 589-597. DOI: 10.1016/j.injury.2022.12.007.
- [2] Cuthbert R, Walters S, Ferguson D, et al. Epidemiology of pelvic and acetabular fractures across 12-mo at a level-1 trauma centre[J]. World J Orthop, 2022, 13(8): 744-752. DOI: 10.5312/wjo.v13.i8.744.
- [3] Dai J, He J, Ying Y, et al. Clinical and epidemiological characteristics of 369 patients with pelvic fractures in Eastern Zhejiang Province of China: a retrospective study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2023, 24(1): 495. DOI: 10.1186/s12891-023-06632-2.
- [4] Lundin N, Huttunen TT, Berg HE, et al. Increasing incidence of pelvic and acetabular fractures. A nationwide study of 87,308 fractures over a 16-year period in Sweden[J]. Injury, 2021, 52(6): 1410-1417. DOI: 10.1016/j.injury.2021.03.013.
- [5] Clement ND, Court-Brown CM. Elderly pelvic fractures: the incidence is increasing and patient demographics can be used to predict the outcome[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24(8): 1431-1437. DOI: 10.1007/s00590-014-1439-7.
- [6] Zong ZW, Chen SX, Qin H, et al. Chinese expert consensus on echelons treatment of pelvic fractures in modern war[J]. Mil Med Res, 2018, 5(1): 21. DOI: 10.1186/s40779-018-0168-3.
- [7] Wu S, Chen J, Yang Y, et al. Minimally invasive internal fixation for unstable pelvic ring fractures: a retrospective study of 27 cases[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 350. DOI: 10.1186/s13018-021-02387-5.
- [8] Hossain A, Islam S, Haque Qasem MF, et al. Epidemiology of pelvic fractures in adult: our experience at two tertiary care hospital in Dhaka, Bangladesh[J]. J Clin Orthop Trauma, 2020, 11(6): 1162-1167. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.10.040.
- [9] Nguyen ATM, Drynan DP, Holland AJA. Paediatric pelvic fractures - an updated literature review[J]. ANZ J Surg, 2022, 92(12): 3182-3194. DOI: 10.1111/ans.17890.
- [10] Hermans E, Cornelisse ST, Biert J, et al. Paediatric pelvic fractures: how do they differ from adults? [J]. J Child Orthop, 2017, 11(1): 49-56. DOI: 10.1302/1863-2548-11-160138.
- [11] Buller LT, Best MJ, Quinlan SM. A nationwide analysis of pelvic ring fractures: incidence and trends in treatment, length of stay, and mortality[J]. Geriatr Orthop Surg Rehabil, 2016, 7(1): 9-17. DOI: 10.1177/2151458515616250.
- [12] Chen Q, Li T, Ding H, et al. Age-period-cohort analysis of epidemiological trends in pelvic fracture in China from 1992 to 2021 and forecasts for 2046[J]. Front Public Health, 2024, 12: 1428068. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1428068.
- [13] Gao L, Xing B. Bone cement reinforcement improves the therapeutic effects of screws in elderly patients with pelvic fragility fractures[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 191. DOI: 10.1186/s13018-024-04666-3.



- [14] Fonseca VC, Menegozzo CAM, Cardoso JMDF, et al. Predictive factors of mortality in patients with pelvic fracture and shock submitted to extraperitoneal pelvic packing[J]. *Rev Col Bras Cir*, 2022, 49: e20223259. DOI: 10.1590/0100-6991e-20223259-en.
- [15] Yu YH, Hsu YH, Chou YC, et al. Three-year functional outcome after open pelvic fracture treatment: a retrospective case series from a level I trauma center[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023, 33(4): 937-945. DOI: 10.1007/s00590-022-03234-x.
- [16] Odotula AA, Sabri O, Halliday R, et al. High rates of sexual and urinary dysfunction after surgically treated displaced pelvic ring injuries[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470(8): 2173-2184. DOI: 10.1007/s11999-012-2257-z.
- [17] Lindahl J, Gänsslen A, Madsen JE, et al. Comparison of the AO/OTA 1996/2007 and 2018 pelvic ring fracture classifications[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2024, 144(10): 4587-4593. DOI: 10.1007/s00402-024-05557-2.
- [18] Rommens PM, Hofmann A. Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: recommendations for surgical treatment[J]. *Injury*, 2013, 44(12): 1733-1744. DOI: 10.1016/j.injury.2013.06.023.
- [19] Rommens PM, Dietz SO, Ossendorf C, et al. Fragility fractures of the pelvis: should they be fixed? [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2015, 82(2): 101-112.
- [20] Benjamin ER, Jakob DA, Myers L, et al. The trauma pelvic X-ray: not all pelvic fractures are created equally[J]. *Am J Surg*, 2022, 224(1 Pt B): 489-493. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2022.01.009.
- [21] Ma Y, Mandell JC, Rocha T, et al. Diagnostic accuracy of pelvic radiographs for the detection of traumatic pelvic fractures in the elderly[J]. *Emerg Radiol*, 2022, 29(6): 1009-1018. DOI: 10.1007/s10140-022-02090-w.
- [22] Cerva DS Jr, Mirvis SE, Shanmuganathan K, et al. Detection of bleeding in patients with major pelvic fractures: value of contrast-enhanced CT[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1996, 166(1): 131-135. DOI: 10.2214/ajr.166.1.8571861.
- [23] 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. DOI: 10.1186/s13018-018-0778-1.
- [24] 中华医学会骨科学分会创伤骨科组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 中华医学会创伤学分会, 等. 中国骨盆骨折微创手术治疗指南(2021)[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23(1): 4-14. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20200918-00610. Traumatic Orthopedic Group, Society of Orthopedics Chinese Medical Association; Group of External Fixation and Limb Reconstruction, Society of Orthopedics Chinese Medical Association; Society of Traumatology Chinese, Medical Association; et al. Guidelines for minimally invasive surgical treatment of pelvic fracture in China(2021)[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2021, 23(1): 4-14. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20200918-00610.
- [25] 唐佩福. 数智化革命推动智慧骨科提质增效[J]. *科学新生活*, 2025, 28(6): 14. Tang PF. The digitalization revolution promotes the improvement of quality and efficiency of intelligent orthopedics[J]. *Scientific Life*, 2025, 28(6): 14.
- [26] 唐佩福. 骨盆骨折手术机器人研究的现状、挑战与展望[J]. *中华骨科杂志*, 2023, 43(19): 1257-1260. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230919-00185. Tang PF. Current status, research challenge and prospects of pelvic fracture operation robot[J]. *Chin J Orthop*, 2023, 43(19): 1257-1260. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230919-00185.
- [27] 郑长万, 陈义国, 匡绍龙, 等. 骨科手术机器人的发展现状分析[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2021, 14(10): 872-877. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.10.12. Zheng CW, Chen YG, Kuang SL, et al. Analysis of current development status of orthopedic robot[J]. *Chin J Bone Joint Surg*, 2021, 14(10): 872-877. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.10.12.
- [28] 田伟, 范明星, 张琦, 等. 中国骨科手术机器人的发展[J]. *应用力学学报*, 2023, 40(1): 1-6. DOI: 10.11776/j.issn.1000-4939.2023.01.001. Tian W, Fan MX, Zhang Q, et al. Development of orthopaedic surgical robots in China[J]. *Chinese Journal of Applied Mechanics*, 2023, 40(1): 1-6. DOI: 10.11776/j.issn.1000-4939.2023.01.001.
- [29] 李明, 李强, 段方方. 骨科手术机器人在骨盆骨折手术中的应用[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2024, 5(5): 771-776. DOI: 10.12180/j.issn.2096-7721.2024.05.003. Li M, Li Q, Duan FF. Application of orthopaedic surgical robot in pelvic fracture[J]. *Chinese Journal of Robotic Surgery*, 2024, 5(5): 771-776. DOI: 10.12180/j.issn.2096-7721.2024.05.003.
- [30] Bang H, Lee HJ, Lee SJ, et al. Clinical usability and efficacy of a robotic bone fracture reduction system: a pilot animal study[J]. *Med Eng Phys*, 2024, 133: 104242. DOI: 10.1016/j.medengphy.2024.104242.
- [31] Zhang X, Wang J, Chen L, et al. Global trends and hotspots in the learning curves of robotic-assisted surgery: a bibliometric and visualization analysis[J]. *J Robot Surg*, 2025, 19(1): 223. DOI: 10.1007/s11701-025-02391-5.
- [32] Thakkar SC, Thakkar RS, Sirisreetreerux N, et al. 2D versus 3D fluoroscopy-based navigation in posterior pelvic fixation: review of the literature on current technology[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2017, 12(1): 69-76. DOI: 10.1007/s11548-016-1465-5.
- [33] Liu P, Han H, Du Y, et al. Deep learning to segment pelvic bones: large-scale CT datasets and baseline models[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2021, 16(5): 749-756. DOI: 10.1007/s11548-021-02363-8.
- [34] Han R, Uneri A, Vijayan RC, et al. Fracture reduction planning and guidance in orthopaedic trauma surgery via multi-body image registration[J]. *Med Image Anal*, 2021, 68: 101917. DOI: 10.1016/j.media.2020.101917.
- [35] Park JY, Lee SH, Kim YJ, et al. Machine learning model based on radiomics features for AO/OTA classification of pelvic fractures on pelvic radiographs[J]. *PLoS One*, 2024, 19(5): e0304350. DOI: 10.1371/journal.pone.0304350.
- [36] Lee C, Jang J, Lee S, et al. Classification of femur fracture in pelvic X-ray images using meta-learned deep neural network[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 13694. DOI: 10.1038/s41598-020-70660-4.
- [37] 李嘉琦, 陈华, 张伟, 等. 非透视下三维可视化技术与二维透视在不稳定型骨盆骨折复位中的应用效果比较[J]. *中国修复重建外科杂*



- 志, 2023, 37(2): 129-135. DOI: 10.7507/1002-1892.202210073.
- Li JQ, Chen H, Zhang W, et al. Effectiveness of three-dimensional visible technique without fluoroscopy versus twodimensional fluoroscopy in reduction of unstable pelvic fractures[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2023, 37(2): 129-135. DOI: 10.7507/1002-1892.202210073.
- [38] 曹文豪, 朱正国, 齐红哲, 等. 计算机导航系统辅助骶髂贯穿螺钉植入治疗骨盆后环损伤的早期临床研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37(9): 1049-1054. DOI: 10.7507/1002-1892.202306092.
- Cao WH, Zhu ZG, Qi HZ, et al. Early effectiveness of computer navigation system-assisted transiliac-transsacral screws placement for posterior pelvic ring injuries[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2023, 37(9): 1049-1054. DOI: 10.7507/1002-1892.202306092.
- [39] 曹文豪, 王中鹤, 李嘉琦, 等. HoloSight 创伤骨科手术机器人辅助二窗螺钉植入治疗髌臼骨折的临床研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2024, 38(6): 696-702. DOI: 10.7507/1002-1892.202404045.
- Cao WH, Wang ZH, Li JQ, et al. A clinical study of HoloSight Orthopaedic Trauma Surgery Robot-assisted infraacetabular screw placement for acetabular fractures[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2024, 38(6): 696-702. DOI: 10.7507/1002-1892.202404045.
- [40] Zhao C, Wang Y, Wu X, et al. Design and evaluation of an intelligent reduction robot system for the minimally invasive reduction in pelvic fractures[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 205. DOI: 10.1186/s13018-022-03089-2.
- [41] 陈华, 蒋斌, 张群, 等. 智能监视系统辅助闭合复位治疗复杂骨盆骨折一例[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(7): 874-877. DOI: 10.7507/1002-1892.202001035.
- Chen H, Jiang B, Zhang Q, et al. Intelligent monitoring system assisted pelvic fracture closed reduction for treating one case with complex pelvic fracture[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2020, 34(7): 874-877. DOI: 10.7507/1002-1892.202001035.
- [42] 许喆. Tile C 型骨盆骨折智能可视化系统辅助治疗和新型内固定器械的有限元分析[D]. 湖北: 华中科技大学, 2024.
- Xu Z. Tile C pelvic fracture with intelligent visualizationsystem-assisted treatment and finite element analysis of a new internal fixation device[D]. Hubei: Huazhong University of Science and Technology, 2024.
- [43] 何立, 陈华, 易成腊. 骨盆解锁复位架联合智能可视化系统辅助复位与固定治疗 Tile C1 型骨盆骨折[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(19): 1308-1315. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230413-00233.
- He L, Chen H, Yi CL. Pelvic unlocking closed reduction technique combined with HoloSight system in reducing and fixating Tile C1 pelvic fractures[J]. Chin J Orthop, 2023, 43(19): 1308-1315. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230413-00233.
- [44] 席智杰, 舒文, 李捷, 等. 智能可视化系统辅助经皮骶髂螺钉内固定治疗 Tile C1 型骨盆骨折[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(19): 1316-1323. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230405-00204.
- Xi ZJ, Shu W, Li J, et al. 3D navigation-assisted percutaneous sacroiliac screw fixation for Tile C1 pelvic fractures[J]. Chin J Orthop, 2023, 43(19): 1316-1323. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230405-00204.
- [45] Li J, Qi L, Liu N, et al. A new technology using mixed reality surgical navigation with the unlocking closed reduction technique frame to assist pelvic fracture reduction and fixation: technical note[J]. Orthop Surg, 2023, 15(12): 3317-3325. DOI: 10.1111/os.13874.
- [46] Kou W, Zhou P, Lin J, et al. Technologies evolution in robot-assisted fracture reduction systems: a comprehensive review[J]. Front Robot AI, 2023, 10: 1315250. DOI: 10.3389/frobt.2023.1315250.
- [47] 代永鸿, 曾焰辉, 吴征杰, 等. 智能骨盆骨折复位机器人联合天玑机器人治疗不稳定型骨盆骨折的临床疗效[J]. 首都医科大学学报, 2024, 45(5): 763-772. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2024.05.004.
- Dai YH, Zeng YH, Wu ZJ, et al. Clinical efficacy of intelligent pelvic fracture reduction robot combined with TiRobot in treating unstable pelvic fractures[J]. Journal of Capital Medical University, 2024, 45(5): 763-772. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2024.05.004.
- [48] Wu Z, Dai Y, Zeng Y. Intelligent robot-assisted fracture reduction system for the treatment of unstable pelvic fractures[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 271. DOI: 10.1186/s13018-024-04761-5.
- [49] 廖江波, 代永鸿, 吴征杰, 等. 复位机器人联合导航机器人辅助微创治疗 Tile B 型骨盆骨折疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2024, 38(8): 954-960. DOI: 10.7507/1002-1892.202404049.
- Liao JB, Dai YH, Wu ZJ, et al. Effectiveness of reduction robot combined with navigation robot-assisted minimally invasive treatment for Tile type B pelvic fractures[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2024, 38(8): 954-960. DOI: 10.7507/1002-1892.202404049.
- [50] Chen H, Zhang Q, Wu Y, et al. Achieve closed reduction of irreducible, unilateral vertically displaced pelvic ring disruption with an unlocking closed reduction technique[J]. Orthop Surg, 2021, 13(3): 942-948. DOI: 10.1111/os.12958.
- [51] 林红, 赫子懿, 李冬松, 等. 应用机器人手术在骨盆骨折患者术后康复中的优势[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(9): 1860-1863. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.09.022.
- Lin H, Hao ZY, Li DS, et al. The advantages of using robotic surgery in postoperative rehabilitation of pelvic fracture patients[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2021, 41(9): 1860-1863. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.09.022.
- [52] 代永鸿, 杨匡洋, 曾焰辉, 等. 5G 远程机器人手术在骨盆骨折中的应用疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2025, 39(4): 391-398. DOI: 10.7507/1002-1892.202501052.
- Dai YH, Yang KY, Zeng YH, et al. Effectiveness analysis of 5G remote robotic surgery in pelvic fracture treatment[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2025, 39(4): 391-398. DOI: 10.7507/1002-1892.202501052.

(收稿日期:2025-08-07)

(本文编辑:聂兰英)

