

· 综述 ·

3D 打印在骨盆骨折的应用进展

张 赫, 张泽林, 蔡振存*

(沈阳医学院附属中心医院, 辽宁沈阳 110075)

摘要: 骨盆骨折的诊治是创伤骨科中较为复杂的领域, 其解剖结构复杂, 并发症严重, 不同的骨盆骨折类型治疗方法也不尽相同, 且治疗难度较大。通过 3D 打印技术生成的可视化实物模型能够清晰直观地显示骨盆骨折的类型及移位情况, 这不仅在骨盆骨折的术前诊断和术前规划中起到重要作用, 也为骨盆骨折内置物的个性化设计以及术中导航模板应用提供了新的思路与方法。目前 3D 打印技术在骨盆骨折中的诊断和治疗应用中迅速发展, 骨盆骨折的治疗方案也有很大改进。本文主要对骨盆骨折的诊治和 3D 打印技术的应用进展作一综述。

关键词: 骨盆骨折, 3D 打印, 导航模板, 个性化钢板

中图分类号: R683.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 06-0520-05

Progress on 3D printing used in surgical treatment of pelvic fractures // ZHANG He, ZHANG Ze-lin, CAI Zhen-cun. Central Hospital, Shenyang Medical College, Shenyang 110024, China

Abstract: Due to complex anatomical structure of the pelvis and serious complications, the management of pelvic fracture is a complicated issue in orthopaedic practice. Different types of pelvic fractures have different treatment methods with considerable difficulty. The 3D printed real model might reveal the type and displacement of pelvic fractures clearly, which not only plays an important role in preoperative diagnosis and surgical planning of pelvic fractures, but also provides new ideas and methods for the personalized design of pelvic implants and the application of intraoperative navigation template. With the rapid development of 3D printing technology, the treatment of pelvic fractures has been improved to a great extent. In this review, we mainly summarize the progress on 3D printing use in the diagnosis and treatment of pelvic fractures.

Key words: pelvic fracture, 3D printing, navigation template, personalized plate

骨盆骨折一般是由高能量创伤所致, 多为不稳定性骨折, 伤害机制以道路交通事故为主; 骨质疏松患者低能量创伤也会引起骨盆骨折, 如老年患者摔伤^[1, 2]。骨盆骨折类型复杂, 其治疗具有挑战性, 有明确的学习曲线, 即使技术熟练的高年资医师, 也要充分考虑如何选择合适的术入路及恰当的复位方式, 才能降低术中风险, 提高手术成功率^[3-6]。近年来, 3D 打印技术逐渐成熟, 骨科医师常应用 3D 打印技术, 通过术前 CT 获取的数据建立三维数字化模型, 进而打印成可视化立体模型, 指导诊断和治疗。通过 3D 打印技术还可以进行模拟手术以及内固定物的个性化定制设计, 有助于提升手术疗效, 降低创伤及术后并发症等^[7, 8]。骨盆骨折的诊治方法近年来有了较大变化, 现本文对骨盆骨折和 3D 打印技术在

骨盆骨折的应用作一综述。

1 骨盆骨折的诊治

骨盆骨折在临床上通常采用 X 线或 CT 进行诊断与具体的分型。Benjamin 等^[9]通过分析 285 例骨盆骨折患者的 X 线和 CT 检查, 发现应用 X 线检查诊断骨盆骨折缺乏足够的灵敏度, 故对于怀疑骨盆骨折的患者, 更推荐应用 CT 进行检查, 但骨盆 X 线片对于耻骨联合分离的诊断仍具有一定意义。骨盆骨折的患者采用 CT 检查的同时辅以 MRI, 能为手术治疗提供更多的信息与帮助。Graul 等^[10]对 754 例骨盆损伤的患者进行了回顾性研究, 发现辅加的 MRI 检查, 可以提高对不同类型骨盆损伤的确诊率, 进而明确外

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.08

△基金项目: 沈阳市科技计划项目(编号:22-321-32-13); 国家骨科与运动康复临床医学研究中心创新基金项目(编号:2021-NCRC-CXJJ-PY-02)

作者简介: 张赫, 在读研究生, 研究方向: 骨关节与骨创伤外科, (电话)16648555222, (电子信箱)zhanghe9610@163.com

* 通信作者: 蔡振存, (电话)024-85715373, (电子信箱)caizhencun@126.com

科手术的适应证，最终提高治疗效果。“复位、固定、康复治疗”是骨盆骨折治疗过程中所遵循的基本原则，临床上针对不同的骨盆骨折类型和患者自身的身体状况，选择不同的治疗方案，大体分为保守治疗和手术治疗。保守治疗主要应用于 Tile A 型骨盆骨折，具体包括卧床、骨盆悬吊、手法复位、牵引、石膏固定、中药外敷等。在保守治疗的过程中，应注意褥疮、坠积性肺炎、失用性肌萎缩等并发症的发生。Nuber 等^[11] 在一项前瞻性队列研究中，基于 CT 扫描分析了 154 例脆性骨盆骨折患者 (FFP)，将不同的骨盆骨折类型进行分级分类，指导标准化的手术治疗或保守治疗，发现行手术治疗的患者死亡率明显更低，并鼓励将保守治疗失败的患者尽早切换到手术治疗。随着骨盆骨折的外科手术技术的不断提高，目前骨盆骨折的治疗方式主要有外固定术、内固定术等方法，两种方法联合应用亦有效。骨盆外固定架固定通常用于骨盆骨折急性期治疗，能够提供骨盆的临时稳定性，也可以作为一些患者的最终固定方式或作为内固定的辅助。骨盆前环不稳定者常选择骨盆外固定架固定，手术操作简便，切口较小，但长期应用外固定架易出现针道感染、钢针断裂、固定物松动等并发症^[12]。骨盆骨折切开复位内固定术能够充分复位骨盆环，最大程度恢复骨盆环的解剖结构，利于早期功能锻炼，并减少远期并发症，降低致残率。目前微创手术对于复杂严重的骨盆骨折还不宜应用，并有可能因为术中反复及大量透视而带来损害，尤其是对于体表标志不明显不利于定位的肥胖患者，更易影响微创治疗的操作，故在临床中切开复位内固定术仍是主流的手术治疗方式。然而骨盆骨折切开复位内固定存在术中损伤大、出血量多、血管神经破坏、伤口不愈合、感染等并发症发生率高等问题^[13]。

2 3D 打印技术在骨盆骨折治疗中的临床应用

2.1 3D 打印技术基本原理

3D 打印技术是基于离散-堆积原理，利用三维图像将各种特定材料通过“逐层打印，层层叠加”的方法，制造出三维实体模型的技术方法^[14]。3D 打印技术由以下 3 个步骤组成：图像采集、图像后处理和 3D 打印^[15]。图像采集工作主要是通过 CT 三维重建、MRI 等医疗技术手段，将收集的数据信息以通用的 DICOM（医学数字成像和通信）格式进行存储，运用图像后处理工具的专用高性能工作站处理 DICOM 图像，将需要的区域通过计算转换为 3D 三角

形网格^[16]，执行三维分割和可视化，运用 CAD（computer-aided design）软件进一步处理网格数据信息，再通过 STL（surface tessellation language）文档格式发送到 3D 打印机中，最终制造出可视化物理模型^[17, 18]。在骨科领域相关的成形方法主要有：SLS（选择性激光烧结）、FDM（熔融沉积成形）、SLA（光固化成形）等。不同的 3D 打印成形技术各有优势，可根据实际需要进行选择。SLS 的打印材料以金属材料为主，可用于打印假体、内固定材料等，该技术具有制作时间短，材料广泛、利用率高等优点，但 SLS 维护成本较高，制作的模型表面易受到粉末的影响^[19]。SLA 常使用光面树脂作为打印材料，优点是表面平滑、防水，且制作精度高，可快速打印，但是该技术在 3D 打印领域的市场占有率却相对较少，主要原因是该方法所制造出来的材料性能较差，并且具有毒性，故大多只能作为临时材料使用^[20]。FDM 的打印材料主要为聚碳酸酯、蜡等，其主要优点是毒性很低，强度高，但不足之处是打印速度较慢，在术前模型中常使用该方法，也可以应用于生物活性分子的支架上，但在实际应用中，由于无法确定正确恰当的热塑性材料，阻碍了其在支架制造方面的通用性和应用范围^[21]。

2.2 术前诊断与术前规划

骨盆骨折的解剖结构复杂，X 线和 CT 等影像技术即使可以帮助外科医师诊断骨折，但对骨折类型及其形态的理解仍然很困难，运用 3D 打印的可视化模型能让外科医师最大程度地了解骨折的具体部位和骨折的分型，这有助于术前制定个体化诊治方案^[3]。Bagaria 等^[22] 在一项多中心研究中，利用 3D 打印技术为 50 例手术患者制作实体生物模型，所有外科医师均认为通过 3D 打印制造的实体模型能够提供更多的信息，与以往常规影像学资料相比加深了对复杂病理解剖的认识，对疾病的正确诊断起到了重要的作用，有利于做好术前计划、术前置入物选择等。但 Rengier 等^[15] 却指出，目前 3D 打印技术在外科手术中的术前规划与个性化置入物设计中的广泛应用似乎并不合理，因为标准规划程序和标准化置入物就已经足够，且制作 3D 打印模型所需要的时间较长，无法适用于急诊患者。但作者通过临床实践发现，骨盆解剖形态复杂、不规则，而利用 3D 打印技术所制作的骨盆骨折模型，能让医师对骨折部位及类型有清晰的认识。此外，作者利用 3D 打印技术建立骨盆骨折复位后的模型，在该模型上可以预先设计出钢板的形状和固定位置，预弯钢板，可极大节省手术的时间。

Upex 等^[23]也报道利用3D打印技术进行术前设计可明显提高骨折复位、固定的质量。但也有学者认为3D打印技术意义不大, Hung 等^[3]回顾性分析30例骨盆前环骨折患者, 比较了常规锁定钢板内固定与通过3D打印技术术前预成型锁定钢板内固定之间的差异, 发现通过3D打印辅助治疗组内固定时间、手术时间及出血量均少于传统手术组, 两组术后的影像学结果无显著性差异。由此可见, 3D打印技术在临床的广泛应用还需要进一步证实。尽管许多医师相信它可以有助于对骨盆骨折做出明确诊断, 有效防止误诊, 并且可以较为全面完整地制定手术方案与规划, 但其是否显著缩短手术时间, 减少术中出血量, 降低损伤重要血管神经概率等还需要进一步观察。

2.3 内置物的个性化设计

骨盆骨折患者因病变损伤位置不同, 解剖结构也较为复杂, 存在着较大差异, 因此常规标准化置入物并不能真正满足骨盆骨折在手术治疗过程中的需求, 处于人群正态分布两端的患者更是如此, 手术难度也随之增加, 影响术后康复。Hung 等^[24]应用3D打印技术对1例双侧耻骨上、下支骨折合并耻骨联合分离的患者进行了治疗, 通过计算机模拟骨折块复位, 根据打印出的3D模型预弯钢板并选择合适型号螺钉, 消毒后备用, 术中钢板及螺钉贴附良好, 术后实现了解剖复位。现如今3D打印技术可以在骨盆骨折生物模型的基础上, 应用Mimics 计算软件根据不同的骨折部位及类型, 私人定制出完美匹配的个体化内固定物, 不需要术前模拟预弯钢板, 进一步实现了手术治疗的个性化定制。黄淦等^[25]将骨盆骨折的三维图像通过UG NX 7.0软件设定钢板的理想外形和长度、钢板的开孔位置以及螺钉的置钉方向, 定制出术中要置入的钢板, 术中术后均获得了良好的效果。Angelini 等^[26]回顾性分析41例经过骨肿瘤切除术或复杂的翻修手术出现大量骨缺损, 而无法使用模块化假体的患者, 均通过定制化3D打印假体, 对大量骨缺损的部位进行了重建, 术中操作顺利、假体匹配良好, 术后随访生存率89%。骨盆骨折有时也伴随骨缺损, 往往还需要植骨。传统的自体骨移植与同种异体骨移植都具有很多弊端, 如供区发病高、供体短缺、免疫反应影响愈合等缺点, 有研究发现通过3D打印技术将多种生物材料组合起来制作成骨相关组织支架, 可以更加有效地促进骨质愈合^[27]。近年来, 作者通过3D打印技术联合定制化钢板治疗复杂的创伤骨折成效显著, 将复杂的创伤骨折通过软件术前模拟复位, 并联合内置物工程师设计定制出个体化钢板, 术中发现钢

板完美贴合于预先规划的骨折部, 降低了手术的难度, 有利于预后。

2.4 在术中导航模板的应用

随着微创治疗技术的发展, 骨盆骨折的治疗也逐步向微创手术治疗的方式演进, 微创内固定技术主要包括钉棒系统固定技术、微创钢板固定技术、经皮微创通道螺钉固定技术等, 具有手术创伤小、感染率低等优点。微创内固定技术也是目前治疗骨盆骨折的主要趋势和方向, 但存在学习曲线长、技术要求较高、易造成重要血管及神经损伤等缺点。近年来随着3D打印在临床工作中的引进, 骨盆骨折的微创手术技术也得到了新的发展与突破。外科医师可以通过模型对骨折进行复位及螺钉置入, 设计出相应的个体化3D打印导航模板, 增加了螺钉置入的精确度, 缩短了手术时间, 实现骨盆骨折的微创化手术治疗^[28, 29]。Zhou 等^[30]利用3D打印技术设计并打印出骶髂螺钉模板, 与传统X线透视引导下的骶髂螺钉置入方法相比较, 3D打印模板在辅助骶髂螺钉置入过程中更为精确和安全, 从而减少了术中透视次数。利用骨盆、股骨截骨可以改善发育性髋关节脱位 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 患儿的畸形, 其原理是通过截骨改善了髋臼和股骨头之间的相对位置, 以恢复髋关节的正常运动功能^[18, 31]。利用计算机辅助手术技术, 术者可结合3D打印导板有助于在术中精准地进行截骨操作。朱宇等^[32]回顾性分析43例接受骨盆Salter截骨术的DDH患者, 其中18例采用计算机辅助联合3D打印导板进行截骨, 与常规骨盆截骨术组相比可以达到更精准的影像学矫正, 且两者术中出血量并无统计学差异。作者临床实践发现, 3D打印导板可控制螺钉方向, 实现手术精准化, 但对导板放置的位置及与骨骼的贴附性要求较高, 有时需要将放置导板的骨骼处进行更广泛的剥离。同时, 导板的应用对患者体位及术者的操作要求较高, 否则导板有时难以贴附。

3 小结与展望

3D打印技术的发展, 为骨盆骨折的术前诊断、术前规划设计、内置物及钢板的定制、术中导航定位等方面提供了新的途径。同时, 也为复杂骨盆骨折提供了精确化手术和个性化手段。该技术不仅是今后骨盆骨折的发展方向, 也将是其他各类复杂创伤骨折手术治疗的发展趋势。然而3D打印技术目前仍存在售价昂贵、制造时间较长以及与现实骨折情况不一致等

问题, 还需要在技术上进一步提高。随着成像技术、生物工程技术 and 生物材料技术的发展, 相信 3D 打印技术能够成为一项低成本、高效率、高精度的方案, 更好地应用于临床和科研工作。

参考文献

- [1] Keene DJ, Forde C, Sugavanam T, et al. Exercise for people with a fragility fracture of the pelvis or lower limb: a systematic review of interventions evaluated in clinical trials and reporting quality [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1): 435-447.
- [2] Waseem S, Lenihan J, Davies BM, et al. Low body mass index is associated with increased mortality in patients with pelvic and acetabular fractures [J]. *Injury*, 2021, 52 (8): 2322-2326.
- [3] Hung CC, Li YT, Chou YC, et al. Conventional plate fixation method versus pre-operative virtual simulation and three-dimensional printing-assisted contoured plate fixation method in the treatment of anterior pelvic ring fracture [J]. *Int Orthop*, 2019, 43 (2): 425-431.
- [4] Li YT, Hung CC, Chou YC, et al. Surgical treatment for posterior dislocation of hip combined with acetabular fractures using preoperative virtual simulation and three-dimensional printing model-assisted precontoured plate fixation techniques [J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019: 3971571.
- [5] Peng Y, Zhang W, Zhang G, et al. Using the Starr frame and Da Vinci surgery system for pelvic fracture and sacral nerve injury [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1): 29-37.
- [6] 王治栋, 王振恒, 陈广东, 等. 骨盆前壁锁定钢板固定累及方形区的髋臼骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (6): 555-558.
- [7] Wang J, Wang X, Wang B, et al. Comparison of the feasibility of 3D printing technology in the treatment of pelvic fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and prospective comparative studies [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2021, 47 (6): 1699-1712.
- [8] Cao J, Zhu H, Gao C. A systematic review and meta-analysis of 3D printing technology for the treatment of acetabular fractures [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 5018791.
- [9] 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.
- [10] Graul I, Marintschev I, Hackenbroch C, et al. Modified therapy concepts for fragility fractures of the pelvis after additional MRI [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (10): e0238773.
- [11] Nuber S, Ritter B, Fenwick A, et al. Midterm follow-up of elderly patients with fragility fractures of the pelvis: a prospective cohort-study comparing operative and non-operative treatment according to a therapeutic algorithm [J]. *Injury*, 2022, 53 (2): 496-505.
- [12] Lee C, Sciadini M. The use of external fixation for the management of the unstable anterior pelvic ring [J]. *J Orthop Trauma*, 2018, 32 (Suppl 6): S14-S17.
- [13] 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): 71-77.
- [14] Schubert C, Van Langeveld MC, Donoso LA. Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs [J]. *Br J Ophthalmol*, 2014, 98 (2): 159-161.
- [15] Rengier F, Mehndiratta A, Von Tengg-Kobligh H, et al. 3D printing based on imaging data: review of medical applications [J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2010, 5 (4): 335-341.
- [16] Hahn HK, Millar WS, Klinghammer O, et al. A reliable and efficient method for cerebral ventricular volumetry in pediatric neuroimaging [J]. *Methods Inf Med*, 2004, 43 (4): 376-382.
- [17] 李科伟, 王爱国, 王少华, 等. 3D 打印髋臼组件在髋臼松动骨缺损翻修的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (14): 1330-1332.
- [18] 崔勇, 连峰, 秦海燕, 等. 数字与 3D 打印个体化导板髌骨和股骨模拟截骨 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (23): 2175-2178.
- [19] Oyar P. Laser sintering technology and balling phenomenon [J]. *Photomed Laser Surg*, 2018, 36 (2): 72-77.
- [20] Quan H, Zhang T, Xu H, et al. Photo-curing 3D printing technique and its challenges [J]. *Bioact Mater*, 2020, 5 (1): 110-115.
- [21] Okolie O, Stachurek I, Kandasubramanian B, et al. 3D printing for hip implant applications: a review [J]. *Polymers (Basel)*, 2020, 12 (11): 2682.
- [22] Bagaria V, Chaudhary K. A paradigm shift in surgical planning and simulation using 3D graphy: experience of first 50 surgeries done using 3D-printed biomodels [J]. *Injury*, 2017, 48 (11): 2501-2508.
- [23] Upex P, Jouffroy P, Riouallon G. Application of 3D printing for treating fractures of both columns of the acetabulum: benefit of pre-contouring plates on the mirrored healthy pelvis [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103 (3): 331-334.
- [24] Hung CC, Wu JL, Cheng YW, et al. Does 3D printing-assisted acetabular or pelvic fracture surgery shorten hospitalization durations among older adults [J]. *J Pers Med*, 2022, 12 (2): 189-200.
- [25] 黄淦, 禹宝庆, 敖荣广, 等. 3D 打印结合定制钢板内固定技术在骨盆骨折治疗中的应用 [J]. *中华创伤杂志*, 2016, 32 (12): 1060-1066.
- [26] Angelini A, Kotrych D, Trovarelli G, et al. Analysis of principles inspiring design of three-dimensional-printed custom-made prostheses in two referral centres [J]. *Int Orthop*, 2020, 5 (44): 829-837.
- [27] Anandhapadman A, Venkateswaran A, Jayaraman H, et al. Advances in 3D printing of composite scaffolds for the repairment of bone tissue associated defects [J]. *Biotechnol Prog*, 2022, 38 (3): e3234.
- [28] 阳宏奇, 雷青, 蔡立宏, 等. 3D 打印导板辅助空心螺钉内固定治疗不稳定性骨盆骨折 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32 (2): 145-151.
- [29] 盛奇智, 李广磊, 刘平, 等. 3D 打印体外建模辅助微创手术治疗 Tile B 型骨盆骨折的疗效观察 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2021, 36 (12): 1275-1277.

(下转 528 页)

- duce venous thromboembolism in high-risk patients [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101 (7) : 589-599.
- [32] Azboy I, Groff H, Goswami K, et al. Low-dose aspirin is adequate for venous thromboembolism prevention following total joint arthroplasty: a systematic review [J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35 (3) : 886-892.
- [33] Faour M, Piuze NS, Brigati DP, et al. No difference between low- and regular-dose aspirin for venous thromboembolism prophylaxis after THA [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2019, 477 (2) : 396-402.
- [34] Faour M, Piuze NS, Brigati DP, et al. Low-dose aspirin is safe and effective for venous thromboembolism prophylaxis following total knee arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33 (7S) : S131-S135.
- [35] Uvodich ME, Siljander MP, Taunton MJ, et al. Low-dose vs regular-dose aspirin for venous thromboembolism prophylaxis in primary total joint arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36 (7) : 2359-2363.
- [36] Ren Y, Cao SL, Li Z, et al. Comparable efficacy of 100 mg aspirin twice daily and rivaroxaban for venous thromboembolism prophylaxis following primary total hip arthroplasty: a randomized controlled trial [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134 (2) : 164-172.
- [37] Parvizi J, Huang R, Raphael IJ, et al. Timing of symptomatic pulmonary embolism with warfarin following arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2015, 30 (6) : 1050-1053.
- [38] Stevens SM, Woller SC, Kreuziger LB, et al. Antithrombotic therapy for VTE disease: second update of the CHEST Guideline and Expert Panel Report [J]. *Chest*, 2021, 160 (6) : e545-e608.
- [39] Brimmo O, Glenn M, Klika AK, et al. Rivaroxaban use for thrombosis prophylaxis is associated with early periprosthetic joint infection [J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31 (6) : 1295-1298.
- [40] Huang R, Buckley PS, Scott B, et al. Administration of aspirin as a prophylaxis agent against venous thromboembolism results in lower incidence of periprosthetic joint infection [J]. *J Arthroplasty*, 2015, 30 (9 Suppl) : 39-41.
- [41] Azboy I, Barrack R, Thomas AM, et al. Aspirin and the prevention of venous thromboembolism following total joint arthroplasty: commonly asked questions [J]. *Bone Joint J*, 2017, 99-B (11) : 1420-1430.
- [42] Grosso MJ, Kozaily E, Parvizi J, et al. Aspirin is safe for venous thromboembolism prophylaxis for patients with a history of gastrointestinal issues [J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36 (7S) : S332-S336.
- [43] Rondon AJ, Shohat N, Tan TL, et al. The use of aspirin for prophylaxis against venous thromboembolism decreases mortality following primary total joint arthroplasty [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101 (6) : 504-513.

(收稿:2022-09-02 修回:2022-11-18)

(同行评议专家: 张启栋 汤志辉)

(本文编辑: 宁 桦)

(上接 523 页)

- [30] Zhou W, Xia T, Liu Y, et al. Comparative study of sacroiliac screw placement guided by 3D-printed template technology and X-ray fluoroscopy [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2020, 140 (1) : 11-17.
- [31] 郭海涛, 刘曙光, 梅玉峰, 等. 改良 Stoppa 入路联合髂棘入路髌臼周围截骨术 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (3) : 264-266.
- [32] 朱宇, 高延征, 王红强, 等. 计算机辅助截骨及 3D 打印导板在骨盆 Salter 截骨术中的应用 [J]. *中华骨科杂志*, 2021, 41 (14) : 938-946.

(收稿:2022-03-07 修回:2022-10-17)

(同行评议专家: 张子安 张开亮 季相禄 王 巍)

(本文编辑: 宁 桦)