

· 专家述评 ·

# 数智骨科:开启骨科医疗新未来

肖骏

肖骏,二级教授,主任医师,博士生导师,现任华中科技大学同济医学院附属同济医院骨科主任。研究方向为骨与软骨生物材料的增材制造、骨与软骨退变及再生的信号通路、人工关节外科的临床研究。担任中华医学会骨科学分会关节外科学组委员,中国医师协会骨科医师分会关节外科委员会委员,湖北省医学会骨科学分会常委,湖北省生物医学工程学会人工关节委员会副主任委员。任《骨科》杂志主编、《生物骨科材料与临床研究》杂志副主编等。曾获中国医师协会骨科医师分会首届“全国十佳中青年骨科医师奖”。科技部“国家重大研发计划”项目负责人,湖北省科技创新群体负责人,先后主持国家自然科学基金(面上项目 4 项)、教育部博士点基金、湖北省青年科技人才基金等国家级和省部级课题近 10 项。在 Applied Materials Today、Theranostics、Faseb Journal、Bone 等权威期刊发表论文 40 余篇。



随着数字技术和人工智能(AI)的飞速发展,数智骨科应运而生。机器人导航、3D 成像、虚拟现实(VR)和大数据分析等技术的应用,推动了手术的个性化、微创化和智能化发展。骨科手术的复杂性在过去几十年内稳步增长,传统的手术方法逐渐暴露出许多局限性,如对术者经验的高度依赖、手术创伤大以及术后恢复时间长等。随着数字化技术的成熟发展,骨科手术开始逐步向智能化转型。机器人导航、3D 打印、AI 辅助决策、计算机模拟和 VR 技术为临床手术提供了新的解决方案,显著提高了手术的精准度和安全性<sup>[1-3]</sup>,已在骨关节退行性病变、骨科创伤、骨肿瘤及矫形等方面得到广泛应用,为各项新技术及新设备的研发与应用提供了动力和新思路。

本期《骨科》杂志专题的主题是“数智骨科”,共汇集 5 篇优秀论文,研究内容主要集中在机器人导航技术辅助骨科手术领域,展示了数字技术和 AI 在当今骨科的临床应用及研究热点,体现了我国广大临床医师的科研意识及敢于利用新技术、新方法,科学地解决临床问题的能力。同时也为广大同道今后的工作和相关研究提供有益的借鉴与参考。借此机会,笔者对本期专题内容作出一定的总结和展望。

## 一、3D 打印技术

利用 CT 扫描等医学影像数据,3D 打印技术可以精确还原病人骨骼结构,为医生提供直观的术前模拟模型。同时,3D 打印的定制化手术导板、假体和植入物,极大地提高了手术的精确性和安全性。其在骨科中的应用主要在如下几点。①个性化植入物的制作,3D 打印技术可以根据病人的骨骼解剖结构,制作出个性化的植入物。这些植入物能够更好地适应病人的身体,提高植入物的稳定性和生物相容性<sup>[4]</sup>。例如,在髋关节置换手术中,3D 打印的髋臼杯和股骨柄可以更好地匹配病人的髋关节解剖结构,减少手术并发症的发生。②手术导板的设计,3D 打印技术可以根据病人的 CT 或 MRI 图像,设计出个性化的手术导板。这些手术导板可以帮助医生在手术中更准确地定位和切割骨骼,提高手术的精准度和安全性。例如,在脊柱手术中,3D 打印的手术导板可以帮助医生准确地植入椎弓根螺钉,减少神经损伤的风险<sup>[5]</sup>。③解剖模型的构建,3D 打印技术可以根据病人的 CT 或 MRI 图像,构建出病人的解剖模型。这些解剖模型可以帮助医生更好地了解病人的病情,制定更合理的手术方案。例如,在复杂的骨折手术中,3D 打印的骨折模型可以帮助医生更好地理解骨折的形态和移位情况,制定更准确的手术方案<sup>[6]</sup>。④在教学和研究中的作用,3D 打印技术可以制作出逼真的骨骼模型,用于医学教学和研究<sup>[7]</sup>。

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.05.001

作者单位:华中科技大学同济医学院附属同济医院骨科,武汉 430030

通信作者:肖骏,E-mail:jun\_xiao@hust.edu.cn

这些模型可以帮助医学生更好地理解骨骼的解剖结构和疾病的病理生理过程,提高教学效果。同时,3D打印技术也可以用于骨科研究,例如制作出骨折模型,研究骨折的愈合过程 and 治疗方法。

## 二、手术机器人

手术机器人技术的发展可以追溯到上世纪80年代。最初的手术机器人主要用于神经外科手术,随着技术的不断进步,逐渐扩展到骨科、泌尿外科、心胸外科等领域。在骨科领域,手术机器人技术的发展经历了从简单的定位导航系统到复杂的全自动化手术系统的过程。手术机器人以其高度的稳定性和精度及可重复性,在骨科微创手术中发挥着越来越重要的作用。通过机器人辅助,医生能够实现更精细的手术操作,减少创伤和并发症的发生,提高手术安全性<sup>[8]</sup>。其在骨科中的应用主要在如下几点。①脊柱手术,手术机器人技术在脊柱手术中的应用主要包括椎弓根螺钉置入、脊柱畸形矫正、椎体间融合等。手术机器人可以精确地定位椎弓根螺钉的位置,减少神经损伤的风险;同时,还可以辅助医生进行脊柱畸形矫正和椎体间融合,提高手术的效果<sup>[9]</sup>。空军军医大学唐都医院骨科廖博团队报道了计算机辅助导航下单一体位实现内镜减压联合斜外侧腰椎间融合手术,将内镜的直接减压优势和OLIF的微创融合优势相结合,治疗L<sub>5</sub>/S<sub>1</sub>椎间盘突出症合并椎管狭窄症,初步临床效果满意。②关节置换手术,手术机器人技术在关节置换手术中的应用主要包括全髋关节置换、全膝关节置换等。手术机器人可以精确地切割骨骼,确保假体的安装位置准确无误;同时,还可以根据病人的具体情况进行个性化的手术规划,提高手术的效果<sup>[10-11]</sup>。中国人民解放军总医院第四医学中心骨科医学部柴伟团队报道了一种新型单间室压力传感器测量术中膝关节内侧间室软组织张力,验证机器人软组织动态预平衡功能的有效性,结果显示新型单间室压力传感器对机器人辅助膝关节单髁置换软组织张力有着准确的评估效果。机器人软组织动态预平衡功能可以在膝单髁置换术前对软组织张力进行准确评估并精准调整假体规划,帮助膝关节获得良好的术后软组织平衡。同济大学附属杨浦医院关节外科涂意辉团队报道了机器人辅助下行膝单髁置换术相较传统膝单髁置换术具有术后假体位置更精准、术后下肢力线矫正优良率更高的优势,传统膝单髁置换术在手术时间方面优于机器人辅助膝单髁置换术。机器人辅助膝单髁置换术早期临床疗效满意,远期疗效如何有

待进一步随访。③骨折手术,手术机器人技术在骨折手术中的应用主要包括骨折复位、内固定物植入等。手术机器人可以根据术前规划精确地复位骨折,提高手术的成功率;同时,还可以辅助医生进行内固定物的植入,确保内固定物的位置准确无误<sup>[12]</sup>。保定市第一中心医院贾红伟团队研究了机器人导航辅助下联合3D-C型臂微创手术治疗手舟骨骨折的安全性和有效性。结果显示机器人导航辅助下联合3D-C型臂微创手术治疗手舟骨骨折安全有效,该手术精度高,创伤小,术后反应小,恢复快。武汉市第四医院创伤骨科王俊文团队探讨机器人辅助下联合球囊复位与经皮“栅栏”螺钉固定治疗AO/OTA41B2型胫骨平台骨折的近期疗效,结果提示机器人辅助下联合球囊复位与经皮“栅栏”螺钉固定治疗AO/OTA41B2型胫骨平台骨折近期临床疗效满意。

## 三、人工智能

AI在骨科领域的应用主要体现在辅助诊断、手术规划和个性化治疗方案的制定上。通过大数据分析,AI能够精准识别病变部位,预测病情发展,为医生提供科学的决策支持。其在骨科中的应用主要在如下几点。①疾病诊断,AI可以对骨科影像学资料(如X线片、CT、MRI等)进行快速准确的分析,辅助医生诊断骨折、关节炎、脊柱疾病等<sup>[13]</sup>。例如,深度学习算法可以自动检测骨折的位置和类型,提高诊断的准确性和效率。AI可以对骨科病人的实验室检查数据进行分析,帮助医生早期发现疾病的潜在风险。例如,通过分析血液中的生物标志物,预测骨质疏松症的发生风险。②个性化治疗方案的制定,AI可以根据病人的具体情况,如年龄、性别、病情严重程度等,制定个性化的治疗方案。例如,对于膝关节关节炎病人,AI可以根据病人的影像学表现和临床症状,推荐最合适的治疗方法,如保守治疗、关节镜手术或关节置换手术。③手术模拟与优化,在手术前AI可以通过模拟手术过程,帮助医生优化手术方案。例如,在脊柱手术中,AI可以模拟不同的手术入路和内固定方式,预测手术效果和风险。④手术辅助,AI与机器人技术相结合,可以实现骨科手术的精准化和自动化。手术机器人可以根据术前规划,精确地执行手术操作,减少人为误差。例如,在关节置换手术中,机器人可以精确地切割骨骼,确保假体的安装位置准确无误。AI导航系统可以在手术过程中为医生提供实时的导航信息,帮助医生准确地定位手术部位。例如,在脊柱手术中,导航系统可以通过跟踪手术器械的位置,确保手术的安全

性和准确性。⑤预后评估, AI可以通过分析病人的临床数据和治疗过程, 预测疾病的预后<sup>[14]</sup>。例如, 对于骨折病人, AI可以根据骨折的类型、治疗方法和病人的身体状况, 预测骨折的愈合时间和并发症的发生风险。

#### 四、虚拟现实与增强现实

VR技术通过创建一个完全虚拟的环境, 让用户沉浸其中。在骨科中, VR可以模拟各种骨科疾病的场景, 如骨折、关节脱位等, 帮助医生更好地理解疾病的病理生理过程。增强现实(AR)技术则是将虚拟信息叠加在真实世界中, 为用户提供实时的辅助信息。在骨科手术中, AR可以将手术规划、解剖结构等信息直接显示在手术视野中, 提高手术的准确性和安全性<sup>[15]</sup>。

VR和AR技术可以将二维的医学影像转化为三维的可视化模型, 帮助医生更直观地观察病变部位的结构和位置。例如, 在脊柱疾病的诊断中, 通过VR技术可以全方位地观察脊柱的形态和病变情况, 提高诊断的准确性。利用VR和AR技术, 医生可以进行远程会诊, 通过共享虚拟模型和实时视频, 对病人的病情进行准确的评估。这为偏远地区的病人提供了更便捷的医疗服务。

VR和AR技术为骨科医生提供了沉浸式的手术模拟和训练环境, 有助于提高手术技能和降低风险。在手术前, 医生可以利用VR和AR技术进行手术模拟, 预测手术过程中可能遇到的问题, 并制定相应的解决方案。例如, 在复杂的关节置换手术中, 通过VR模拟可以更好地规划手术步骤和假体的放置位置。在手术过程中, AR技术可以为医生提供实时的导航信息, 帮助医生准确地定位手术部位和操作器械。例如, 在脊柱手术中, AR导航可以显示椎弓根螺钉的最佳进针位置, 提高手术的安全性和准确性<sup>[16]</sup>。

数智骨科是骨科医学与数字技术、AI融合的产物, 为骨科疾病的诊断、治疗和康复带来了革命性的变化。虽然数智骨科在发展过程中面临着一些挑战, 但随着技术的不断进步和完善, 它将在未来的骨科医疗中发挥越来越重要的作用。我们期待着数智骨科为病人带来更加优质、高效、个性化的医疗服务。

#### 参 考 文 献

- [1] 李锋. 数字骨科——引领未来智能医学的发展方向[J]. 骨科, 2019, 10(5): 369-371.
- [2] 吴文源, 王素伟. 数字医学在骨科中的应用研究进展[J]. 现代临床医学, 2023, 49(4): 314-317.
- [3] 张解元, 施忠民. 数智化医疗在足踝外科中的应用现状与展望[J]. 国际外科学杂志, 2023, 50(11): 721-725.
- [4] Meng M, Wang J, Huang H, et al. 3D printing metal implants in orthopedic surgery: Methods, applications and future prospects[J]. J Orthop Translat, 2023, 42: 94-112.
- [5] Wilcox B, Mobbs RJ, Wu AM, et al. Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play[J]. J Spine Surg, 2017, 3(3): 433-443.
- [6] Mendonça CJA, Guimarães RMDR, Pontim CE, et al. An overview of 3D anatomical model printing in orthopedic trauma surgery[J]. J Multidiscip Healthc, 2023, 16: 875-887.
- [7] Lim PK, Stephenson GS, Keown TW, et al. Use of 3D printed models in resident education for the classification of acetabulum fractures[J]. J Surg Educ, 2018, 75(6): 1679-1684.
- [8] Chen AF, Kazarian GS, Jessop GW, et al. Robotic technology in orthopaedic surgery[J]. J Bone Joint Surg Am, 2018, 100(22): 1984-1992.
- [9] Cui GY, Han XG, Wei Y, et al. Robot-assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of lumbar spondylolisthesis[J]. Orthop Surg, 2021, 13(7): 1960-1968.
- [10] Banger M, Doonan J, Rowe P, et al. Robotic arm-assisted versus conventional medial unicompartmental knee arthroplasty: five-year clinical outcomes of a randomized controlled trial[J]. Bone Joint J, 2021, 103-B(6): 1088-1095.
- [11] Negrín R, Duboy J, Iñiguez M, et al. Robotic-assisted vs conventional surgery in medial unicompartmental knee arthroplasty: a clinical and radiological study[J]. Knee Surg Relat Res, 2021, 33(1): 5.
- [12] 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.
- [13] Hinterwimmer F, Consalvo S, Neumann J, et al. Applications of machine learning for imaging-driven diagnosis of musculoskeletal malignancies—a scoping review[J]. Eur Radiol, 2022, 32(10): 7173-7184.
- [14] Qu H, Jiang J, Zhan X, et al. Integrating artificial intelligence in osteosarcoma prognosis: the prognostic significance of SERPINE2 and CPT1B biomarkers[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 4318.
- [15] Verhey JT, Haglin JM, Verhey EM, et al. Virtual, augmented, and mixed reality applications in orthopedic surgery[J]. Int J Med Robot, 2020, 16(2): e2067.
- [16] Huang X, Liu X, Zhu B, et al. Augmented reality surgical navigation in minimally invasive spine surgery: a preclinical study[J]. Bioengineering (Basel), 2023, 10(9): 1094.

(收稿日期: 2024-09-10)

(本文编辑: 龚哲妮)

#### 引用格式

肖骏. 数智骨科: 开启骨科医疗新未来[J]. 骨科, 2024, 15(5): 385-387. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.05.001.