

数字化骨科技术在骨科临床教学中的应用



徐小东, 高福强, 陈 瀛, 林 朋, 孙 伟

北京中日友好医院骨科 (北京 100029)

【摘要】 骨科临床教学是骨科学生培养的关键过程。传统的教学方法和媒介存在诸多不足, 而迅速发展的数字化骨科技术结合了计算机、图像处理、3D 打印等多种新型医学处理技术, 具有形象化、可视化、可重复性和可操作性等优点, 在骨科临床教学中展现出广阔的应用前景。

【关键词】 数字化骨科技术; 骨科; 临床; 教学

Application of digital orthopedic technology in orthopedic clinical teaching

Xiao-Dong XU, Fu-Qiang GAO, Ying CHEN, Peng LIN, Wei SUN

Department of Orthopedics, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

Corresponding author: Fu-Qiang GAO, Email: gaofuqiang@bjmu.edu.cn; Ying CHEN, Email: zrchenying@126.com

【Abstract】 Application of digital orthopedic technology plays a critical part in orthopedic clinical teaching. There are many disadvantages to traditional teaching methods and media. However, the rapid development of digital technology in orthopedics combined with computer, image processing, 3D printing and other new medical processing methods, has the advantages of visualization, visibility, repeatability and operability which has a broad potential application in clinical teaching.

【Keywords】 Digital orthopedic technology; Orthopedic; Clinical; Teaching

骨科疾病机制复杂、解剖部位繁多难懂, 学生较难掌握。传统的教学模式存在知识点过于抽象、理解和吸收难度大等缺陷, 导致部分学生对骨科学习产生畏惧心理, 严重影响学习兴趣和学习成绩。随着计算机断层扫描、数字化辅助设计及制作技术的出现, 数字化骨科技术迅速发展。该技术利用计算机、图像处理、3D 打印等多种新型医学处理技术, 具有形象化、可视化、可重复性和可操作性等优点, 更好满足了骨科临床、教学、科研的需求^[1-3]。本文旨在对数字化骨科技术在骨科临床教学中的应用进行介绍。

1 在骨科临床教学中的应用

数字化骨科技术利用数字化软件、三维立体动画制作软件、三维立体可视化系统、虚拟人体重建解剖软件系统、3D 打印技术、模拟手术操作及交互临床教学等先进技术对人体骨骼进行形象化解剖与处理, 获得相应数据信息, 并通过建立模型, 对人体骨、肌肉、神经、血管等结构进行呈现^[4-6]。数字化技术的快速发展, 有利于骨科疾病的诊断, 明确了骨科手术的具体范围, 使治疗更加精准, 在创伤骨科、关节外科、脊柱外科

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202010032

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (81802224); 国家自然科学基金面上项目 (81672236、81871830); 首都卫生科研发展专项 (CFH2018-4-40611); 北京大学医学部教学研究课题 (2021YB18); 北京中医药大学教育科学研究课题一般课题 (XJYB1961)

通信作者: 高福强, 博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, Email: gaofuqiang@bjmu.edu.cn;

陈瀛, 博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, Email: zrchenying@126.com

等的教学中具有广阔的应用前景，极大推动了学科创新与可持续发展。

1.1 创伤骨科

在临床教学中，通过三维动画制作、3D 打印、模拟手术操作等数字化骨科技术将骨折的受伤机制、解剖结构、生物力学特性、骨折形态与分型、骨折复位与固定等进行系统化、形象化的呈现，对人体骨折特征与形态进行整体而直观呈现，并通过模拟手术，为实际手术操作提供更多的经验^[7]。

对于分型复杂的骨折，单纯通过传统的课本、挂图等教学工具，学生不易理解，学习兴趣不足致知识掌握情况不理想。使用 CT 三维重建软件重建复杂骨折影像，并打印 3D 疾病模型用于临床教学，有助于学生理解并掌握复杂部位的解剖特点和受伤机制，深入了解多发创伤、多部位骨折的生物力学特点以及症状体征、诊断、手术方案与并发症等情况。与传统教学相比，此方式可有效提高手术操作能力以及学生的学习兴趣、考核成绩和对教学的满意度^[3,8]。何凯等对 120 名骨科临床学生的研究发现，使用三维动画软件模拟桡骨远端骨折、骨盆骨折、脊柱骨折、髌臼骨折、跟骨骨折等受伤机制，并制作三维可视化模型用于教学，可显著提高学生的理论成绩和满意度，并能减少教师的备课难度，提高教学效率^[9]。李萌等对八年制骨科医学生的研究发现，利用数字化骨科技术构建胫骨平台骨折模型，使用 3D 打印技术打印模具辅助实际案例教学和模拟手术操作，能有效提高学生的学习兴趣、动手操作能力、考核成绩和对教学的总体满意度，显著提升骨科教学质量^[10]。

1.2 关节外科

当前关节置换已成为重度骨关节炎患者的重要治疗手段。随着数字化技术的快速发展，3D 打印模型被应用于骨科临床教学中，其立体形象可直观地展示关节的解剖结构，有助于术前计划的制定及手术操作预演。使用先进的仿真技术在模型上探索假体与截骨参数，并制定相应的截骨模板，能使学生充分理解假体安放原理、步骤及方法，显著提高学生学习效果^[4,7]。

多项研究发现 3D 打印技术在全膝关节置换术的教学中具有明显优势。一是提前呈现更加立体直观真实的解剖结构，并预制截骨模板以指导

术中截骨，有利于术前的诊断、计划及手术预演；二是模拟打印 3D 截骨模板，可提高手术预知性，保证手术操作的精准性和手术效率，锻炼学生的手术操作技术；三是 3D 打印技术能帮助学生充分掌握复杂骨科病例，有助于远程交流和教学^[4,11]。彭镰侨等研究发现，利用计算机技术设计关节置换模型、搭建以练代教的仿真平台与虚拟医药教育模式可改变外科教学缺乏实践操作的困难局面，重建的髌关节三维模型，高度仿真实体手术，可提供临其境的实操体验，既为医药课程提供教学案例，又为实体外科手术提供规划依据，优势明显^[5]。黎牧帆等研究发现相较于传统观摩手术教学，数字化教学模式在显著提高规范化培训医师关节置换手术操作能力的同时，又能培养学员的手术思维、提高学习效率，使手术技能的学习时间明显缩短^[6]。

1.3 脊柱外科

随着数字化技术的飞速发展，使得脊柱、脊髓、椎间盘、脊神经等结构三维图像定位、重建与显示成为可能，有限元模型、计算机导航技术、微创技术以及医学影像等新技术在脊柱外科中得到广泛应用。

椎间盘突出症所致颈肩痛、腰腿痛在临床常见，传统方法手术创伤大，脊柱内窥镜手术已成为主要的治疗技术。基于数字数据应用软件系统可初步完成数字化腰椎模型，进行脊柱标本数字化医学图像三维重建，虚拟现实脊柱仿真内窥镜，通过完成脊柱手术方案制定、手术入路、手术演练、手术方案和疗效评估等，模拟脊柱退行性疾病诊断与治疗，为临床教学提供基础^[12-13]。脊柱经椎弓根内固定技术是当前最为成熟的脊柱疾病治疗方案，保证螺钉植入的可靠性与安全性是椎弓根内固定技术的关键。使用数字骨科技术，将三维技术与影像技术进行有效融合，利用多媒体联合 3D 打印技术带教，设计出新型导航模板，通过在等比例模型上实际操作，反复演练，有利于骨科学生尽快掌握椎弓根内固定术的技术要领^[7,14-15]。

李曙明等在骨科研究生的临床教学中发现，将畸形脊柱打印出 3D 模型，允许学生任意地旋转观察模型，并根据畸形的部位和类型，结合患者的症状体征和辅助检查资料，对畸形进行分型，可使学生短时间内了解并掌握复杂脊柱畸形的特

点^[16]。多项研究发现,骨科教学使用3D打印模型进行讲解并在等比例模型上进行操作练习,有利于骨科学生在短时间内掌握椎弓根内螺钉的置入方法^[14-15]。另有研究发现3D打印技术在骨肿瘤教学中提供的立体视觉效果,给学生带来了更加直观、生动和深入的教学体验,在调动学生学习积极性的同时,充分展现了骨肿瘤精细化治疗的技术优势,是传统教学难以模仿和实现的^[15,17-18]。

2 在骨科临床教学中的优势

2.1 具有直观性

数字化骨科技术特别是3D打印技术,将具体疾病转化为高度仿真的骨科模型,学生学习时可模拟骨科疾病的病变机制、解剖结构、生物力学特性、骨骼形态、疾病分型、疾病治疗等,改变了骨科疾病学习过程抽象复杂难懂的困难局面^[8,16,19-20]。

2.2 将理论与实践相结合

骨科是一门理论紧密联系实践的学科。学生在进入临床之初,需首先进行骨科知识的基础理论学习,再结合具体病例进一步掌握疾病的特点。数字化骨科技术将理论知识和3D打印模型有机结合并根据情况制定治疗方法,进行模拟手术演练,可以更加深入地梳理手术操作步骤及注意事项,如手术体位、消毒范围、透视角度、骨折复位技巧、周围神经血管关系、钢板类型以及螺钉类型、方向、长度等,最后在具体手术中加深印象,不断增强骨科学生对疾病的掌握能力和手术操作能力^[8]。

2.3 调动主观能动性

数字化骨科技术应用3D打印技术构建骨骼模型辅助骨科临床教学,能激发医学生的主观学习热情,明显提高学习效果^[14,20-21]。立体形象的3D模型,直观生动的临床资料,仿真实操的学习过程等可极大地激发学生的学习兴趣,更加主动参加知识学习和临床实践,并根据具体形象的疾病模型加深对疾病发病机制、临床表现、疾病分型及治疗措施的理解,提高对疾病理解的深度和学习的参与度,实现了从被动学习到主动学习的转变^[8,10]。

2.4 提高教学满意度

数字化骨科技术的迅速发展有效解决了难以实施操作训练的难题,一定程度上减少了对患者反复检查造成的损伤,保护了患者权益,同时锻

炼了学生的临床操作能力,并避免了学生临床操作中感染的风险。数字化骨科技术使学习过程直观明确、有趣生动、简单易学,有利于理论实践紧密结合,提高学生在学习热情以及对教学的满意度和认可度^[8,22]。

3 结语

数字化骨科技术在骨科临床教学中优势明显,是一种值得推广的教学方式。通过先进的数字化骨科教学手段、利用完善的教学设备,有利于理论联系实践,充分调动学生主动学习的热情,培养学生的操作技能,推动骨科临床教学的快速发展^[23]。

参考文献

- 1 Jeong HS, Park KJ, Kil KM, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis using 3D printing for shaft fractures of clavicles: technical note[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2014, 134(11): 1551-1555. DOI: 10.1007/s00402-014-2075-8.
- 2 霍莉峰,倪衡建.数字骨科应用与展望:更精确、个性、直观的未来前景[J].中国组织工程研究,2015,19(9):1457-1462. [Huo LF, Ni HJ. Applications and prospects of digital orthopedics: more precise, individual and intuitional outlook[J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2015, 19(9): 1457-1462.] DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2015.09.025.
- 3 陈家磊,方跃.3D打印技术在复杂创伤骨科病例教学中的应用[J].中国继续医学教育,2019,11(28):32-35. [Chen JL, Fang Y. Application of 3D printing technology in clinical teaching of complicated traumatic orthopedics cases[J]. China Continuing Medical Education, 2019, 11(28): 32-35.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2019.28.014.
- 4 朱梁,陈紫璇,刘扶摇,等.Mimics在关节外科临床教学工作中的应用初探[J].中国继续医学教育,2020,12(16):75-77. [Zhu L, Chen ZX, Liu FY, et al. Preliminary application of Mimics in clinical teaching of joint surgery[J]. China Continuing Medical Education, 2020, 12(16): 75-77.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2020.16.029.
- 5 彭黛侨,陈海艳,刘宇平.髋关节置换手术的仿真设计与虚拟医药教育模式[J].中国医药导报,2019,16(16):

- 65-68. [Peng JQ, Chen HY, Liu YP. Simulation design and virtual medical education model of hip replacement surgery[J]. China Medical Herald, 2019, 16(16): 65-68.] DOI: CNKI:SUN:YYCY.0.2019-16-018.
- 6 黎牧帆, 樊立宏, 袁凯, 等. Workshop 教学模式在提高骨科规培医师关节置换手术技术的应用初探[J]. 医学教育研究与实践, 2018, 26(3): 525-528. [Li MF, Fan LH, Yuan K, et al. Preliminary exploration on application of workshop teaching model in improving the technique of joint replacement for orthopedic resident standardized training[J]. Medical Education Research and Practice. 2018, 26(3): 525-528.] DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2018.03.045.
- 7 王飞. 数字骨科学在临床骨科的进展研究[J]. 饮食保健, 2019, 6(6): 298. [Wang F. Research on the progress of digital osteology in clinical orthopedics[J]. Diet Health, 2019, 6(6): 298.] DOI: 10.3969/j.issn.2095-8439.2019.06.373.
- 8 吕惠成, 李斯琴. 浅谈 3D 打印技术在复杂创伤骨科教学中的应用[J]. 中国继续医学教育, 2020, 12(6): 18-20. [Lyu HC, Li SQ. Application of 3D printing technology in orthopaedics teaching of complex trauma[J]. China Continuing Medical Education, 2020, 12(6): 18-20.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2020.06.008.
- 9 何凯, 张金花. 数字化骨科技术在高等医学教学改革中的应用研究[J]. 中国冶金工业医学杂志, 2019, 36(1): 9-11. [He K, Zhang JH. Research on the application of digital orthopedic technology in the reform of higher medical teaching[J]. Chinese Medical Journal of Metallurgical Industry, 2019, 36(1): 9-11.] DOI: CNKI:SUN:ZGYJ.0.2019-01-007.
- 10 李萌, 邱裕生, 马兴, 等. 八年制医学生骨科教学中基于数字骨科技术的教学创新[J]. 中华医学教育探索杂志, 2015, 14(12): 1201-1205. [Li M, Qiu YS, Ma X. Teaching innovation based on the technology of digital orthopedic in orthopedic clinical teaching for eight-year program medical students[J]. Chinese Journal of Medical Education Research, 2015, 14(12):1201-1205.] DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2015.12.004.
- 11 李杨, 田华, 张克. 3D 打印技术在骨科膝关节置换术教学中的应用[J]. 中华医学教育杂志, 2018, 38(5): 734-738. [Li Y, Tian H, Zhang K. The application of 3D printing technique in the teaching of total knee arthroplasty[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2018, 38(5): 734-738.] DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2018.05.022.
- 12 Goswami C, Goswami L. Filamentous microtubules in the neuronal spinous process and the role of microtubule regulatory drugs in neuropathic pain[J]. Neurochem Int, 2010, 57(5): 497-503. DOI: 10.1016/j.neuint.2010.06.022.
- 13 杨波, 何杰民, 方世兵, 等. 数字化医学技术与脊柱外科的临床应用[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(44): 8348-8355. [Yang B, He JM, Fang SB, et al. The application of digital medical technology in spinal surgery[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2012, 16(44): 8348-8355.] DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2012.44.030.
- 14 荀传辉, 梁卫东, 徐韬, 等. 3D 打印技术联合多媒体在脊柱骨折临床教学中的应用[J]. 世界最新医学信息文摘, 2020, 20(64): 283, 285. [Xun CH, Liang WD, Xu T. Application of 3D printing technology combined with multimedia in clinical teaching of spinal fracture[J]. World Latest Medicine Information, 2020, 20(64): 283, 285.] DOI: 10.3969/j.issn.1671-3141.2020.64.143.
- 15 尹华斌, 范天奇, 孟通, 等. 3D 打印技术在脊柱肿瘤外科教学中的应用及效果分析[J]. 中国医学教育技术, 2018, 32(5): 551-554. [Yin HB, Fan TQ, Meng T, et al. Feasibility and efficacy of a teaching method based on 3D printing technology in surgical teaching of spine tumor[J]. 2018, 32(5): 551-554.] DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201805020.
- 16 李曙明, 李萌, 杨益民, 等. 3D 打印及计算机辅助技术在骨科临床教学中的应用探讨 - 以复杂脊柱畸形治疗为例[J]. 中国医学教育技术, 2015, 29(2): 191-193, 194. [Li SM, Li M, Yang YM, et al. Exploration of the application of 3D printing and computer-aided technology in orthopedic clinical teaching: taking treatment of complex spinal deformity for an example[J]. China Medical Education Technology, 2015, 29(2):191-193, 194.] DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201502024.
- 17 施凤伟, 付军, 郭征. 3D 打印技术在骨科学肿瘤教学中的应用[J]. 中华医学教育杂志, 2015, 35(6): 916-917, 934. [Shi FW, Fu J, Guo Z. The application of 3D printing technique in the oncology teaching of orthopedics[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2015, 35(6): 916-917, 934.] DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-

- 677X.2015.06.033.
- 18 黄国秀, 谭海涛, 罗翔, 等. 3D 打印腰部模型在椎间孔镜培训中的应用效果 [J]. 广西医学, 2018, 40(6): 726–728. [Huang GX, Tan HT, Luo X, et al. Application effect of 3D printed lumbar model in foraminoscopy training[J]. Guangxi Medical Journal, 2018, 40(6): 726–728.] DOI: [10.11675/j.issn.0253-4304.2018.06.37](https://doi.org/10.11675/j.issn.0253-4304.2018.06.37).
 - 19 王鉴顺, 蔡乐益, 吴爱悯, 等. 基于 3D 打印技术的教学翻转课堂模式在留学生骨科教学中的应用 [J]. 教育教学论坛, 2019, (24): 182–183. [Wang JS, Cai LY, Wu AM, et al. Application of teaching flipped classroom mode based on 3D printing technology in orthopedic teaching of international students[J]. Education Teaching Forum, 2019, (24): 182–183.] DOI: [CNKI:SUN:JYJU.0.2019-24-079](https://doi.org/CNKI:SUN:JYJU.0.2019-24-079).
 - 20 毛炳焱, 王文聪, 李际才, 等. 应用 3D 建模打印技术构建创伤骨科临床教学模型初探 [J]. 中华医学教育探索杂志, 2018, 17(6): 594–597. [Mao BY, Wang WC, Li JC, et al. A preliminary exploration of the application of 3D modeling and printing technology for the construction of clinical teaching models in the department of orthopedic trauma[J]. Chinese Journal of Medical Education Research, 2018, 17(6): 594–597.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.06.013](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.06.013).
 - 21 孙伟, 薛骋, 唐先业, 等. 3D 打印模型在骨科住院医师规范化培训中的应用 [J]. 中国继续医学教育, 2018, 10(28): 3–5. [Sun W, Xue C, Tang XY, et al. Application of 3D printing model in standardized training for orthopaedics resident[J]. China Continuing Medical Education, 2018, 10(28): 3–5.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-9308.2018.28.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-9308.2018.28.002).
 - 22 李锋涛, 王栋, 程剑, 等. 3D 打印结合 PACS 系统在骨科 PBL 临床教学模式中的应用 [J]. 中国医学教育技术, 2015, 29(3): 288–290. [Li FT, Wang D, Cheng J, et al. Application of the PACS and 3D printing technology combined with PBL in orthopedic clinical teaching[J]. China Medical Education Technology, 2015, 29(3): 288–290.] DOI: [10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201503014](https://doi.org/10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201503014).
 - 23 屈依丽, 雒琪玥, 张歆缘, 等. 数字化技术在上颌窦底提升术领域临床教学改革中的应用现状与展望 [J]. 中国临床新医学, 2020, 13(4): 323–326. [Qu YL, Luo QY, Zhang XY, et al. The present situation and reform prospect of digital technology in teaching and studying of maxillary sinus floor elevation[J]. Chinese Journal of New Clinical Medicine, 2020, 13(4): 323–326.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-3806.2020.04.01](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-3806.2020.04.01).
- 收稿日期: 2021 年 03 月 12 日 修回日期: 2021 年 04 月 06 日
本文编辑: 桂裕亮 黄 笛

引用本文: 徐小东, 高福强, 陈瀛, 等. 数字化骨科技术在骨科临床教学中的应用 [J]. 医学新知, 2023, 33(1): 78–82. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202010032](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202010032)
Xu XD, Gao FQ, Chen Y, et al. Application of digital orthopedic technology in orthopedic clinical teaching[J]. Yixue Xinzhi Zazhi, 2023, 33(1): 78–82. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202010032](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202010032)