

· 专家述评 ·

# 数字骨科——引领未来智能医学的发展方向

李锋

李锋,教授、主任医师,博士生导师。华中科技大学同济医学院附属同济医院外科学系副主任兼骨科主任。1985年毕业于同济医科大学,1996年赴瑞士伯尔尼大学临床医学研究所进行博士后研究。2004年晋升为教授、主任医师。长期致力骨科基础、临床研究工作。目前专注脊柱外科,尤其是颈椎病、脊柱畸形、肿瘤、退变等疾病的诊治。主持包括国家自然科学基金、“十一五”国家支撑课题和国家重点研发计划重点专项在内的多项课题,以第一作者和通信作者在JBMR、Spine等杂志上发表论文160余篇。主编和参编骨科专著、教材十余本。是国家自然科学基金二审、重点项目评审专家。担任中国医师协会骨科分会常委、中华医学会骨科分会委员、湖北省医学会骨科分会主任委员兼脊柱外科学组组长、中国研究型医院学会脊柱外科专业委员会副主任委员、中国康复医学会颈椎病专业委员会副主任委员等二十余骨科专业学术团体职位。任《生物骨科材料与临床研究》、《骨科》常务副主编和《中国脊柱畸形杂志》副主编,任《中华骨科杂志》、《中国脊柱脊髓杂志》、《中华实验外科杂志》、《Chinese Medical Journal》和《Asian Spine Journal》等骨科专业杂志常务编委、编委等职。



计算机技术的发展不仅改变了人们的日常生活,也给医学界带来了重大的机遇与挑战。数字骨科技术是计算机技术与骨科相结合的一门新兴的多学科交叉应用科学,即通过计算机技术对骨科疾病诊疗全过程进行模拟分析的方式促使骨科手术趋于个性化、智能化、微创化<sup>[1]</sup>。经过近10年的发展,数字骨科的研究目前涵盖3D打印技术、有限元分析、骨科机器人、计算机辅助设计与制造、导航、大数据分析 & 远程医疗等领域,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澎湃的动力。

本期《骨科》杂志专题主题是“数字骨科技术”,共汇集7篇优秀论文,研究内容主要集中在3D打印技术辅助骨科手术及骨科模型三维重建领域,展示了当今的研究热点,体现了我国广大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担当和胸怀。希望他们的临床经验能给读者以启发,更好地为病人服务,提升我国数字骨科的诊疗水

平。借此机会,我对本期专题内容提出一些看法和建议。

3D打印技术在20世纪80年代起源于美国,经过30年的发展,该技术已经广泛应用于航空航天、兵工、汽车、教育等众多领域<sup>[2]</sup>。这种新兴的制造方式正不断冲击并挑战传统制造业的地位,掀起了“第三次工业革命”的浪潮。当3D打印技术与计算机辅助技术、医学影像技术及人工智能相结合后,又为数字骨科的发展注入了全新的动力。对医生而言,术前病灶及其周围清晰明了的解剖特点对手术方式的选择极为重要。脊柱区及骨盆区,骨骼复杂的几何外形使得医生手术规划时需阅读大量扁平化的影像资料并借助一定的空间想象能力才能获得对疾病立体化的认识,且这种认识难以具体,不利于同行之间交流<sup>[3,4]</sup>。此外,涉及脊柱及骨盆区域的疾病由于毗邻重要的解剖结构,这使得手术操作空间受限,术中需进行多次透视,增加医患辐射伤害<sup>[5]</sup>。上述因素加大了脊柱及骨盆区域的手术难度,并使得相关术式的学习曲线异常陡峭,不利于在基层医院推广。为此,基于病人自身解剖学参数的3D打印导板应运而生。3D打印导板的主要作用是提高螺钉植入及截骨的准确性,依赖术前薄层CT的扫描所提取的骨表面信息生成导板的主体部分,在三维模型上设计钉道的进针点、钉道直径、钉道方向及进钉深度,将

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2019.05.001

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:李锋, E-mail: lifengmd@hust.edu.cn

导板主体与钉道做布尔运算即可得到最终的导板模型<sup>[6]</sup>。对上颈椎而言,寰椎的椎弓根较纤细,徒手置钉需要扎实的手术基本功及丰富的经验,借助置钉导板的引导可方便地完成操作。内蒙古医科大学附属医院的刘刚、高斌礼等医师针对3D打印制作的个体化颈椎椎弓根螺钉导板辅助上颈椎后路椎弓根钉置入的手术疗效展开探讨,通过测量32例病人的术后CT数据对3D打印个体化颈椎椎弓根钉导板的精确性进行评价,结果显示3D打印导板辅助置钉准确度高,术中损伤小,术后并发症少。

全髋关节置换术(total hip arthroplasty, THA)是治疗股骨头坏死、髋关节发育不良等髋关节疾病的重要手段<sup>[7]</sup>。近年来,随着手术技术的进展、手术入路的不断优化,THA逐渐为更多的医生和病人所接受。虽然我国人工髋关节置换术总量已近24万例,但THA学习曲线较长,对术者经验、术前规划、术中操作等都有较高要求<sup>[8]</sup>。除少数医院配备有术中机器人外,绝大多数THA都是术者凭借个人经验以及粗略的测量完成,这将显著增加髋关节置换手术的变异度。中国人民解放军总医院第一医学中心骨科的吴东、柴伟等医师将计算机辅助三维设计与3D打印技术相结合,基于病人个体化的解剖学参数开发了全新的THA手术导板,经过临床应用后证实其可有效提升髋关节手术精度,降低髋关节手术难度,减少手术备货量,缩短手术时间,降低手术成本。

股骨颈骨折是临床最常见的骨折之一。据统计美国每年的新发病例超过150 000例,相关研究人员预测到2050年这个数字将增加一倍<sup>[5,9]</sup>。针对股骨颈骨折的治疗目前仍以手术为主,对于Garden I、II型老年病人及Garden I~IV型年轻病人,多枚空心钉内固定治疗股骨颈骨折是目前比较公认的手术方法。但传统的手术方式不仅需要多次调整穿刺的角度及方向,同时导致大剂量辐射暴露,对医患健康产生潜在风险。为解决这一问题,作者王思哲、马建林等医师将3D打印导向模板应用于股骨空心钉的植入过程中,并将其术后疗效与术前规划相对比,结果显示个性化手术导板显著提高手术精确性,缩短手术时间。但应注意的是,3D打印导向器仍存在以下缺陷:①3D打印虽然是“快速成型技术”,但也只是相对而言,其术前制作时间较长,并不适合急诊手术;②3D打印导板不适合术中紧急情况下手术方案的改变;③在实际应用过程中3D打印导板需与骨面始终保持贴合紧密,因此需要尽可能地剥离软组织,手术创伤较大。

随着计算机技术的不断发展,有限元分析在生物力学研究中发挥了重要作用,其可靠性得到了广泛认同。以常见的胫骨骨折为例,其愈合是一个极其复杂的过程,受病人年龄、内分泌、骨折端血运和应力刺激等体内、外诸多因素的影响<sup>[10]</sup>。因此,探讨影响胫骨骨折愈合的因素对疾病的治疗有重要的临床指导意义。Wolf定律指出骨的结构和功能受应力环境影响。骨组织对外界应力刺激可形成载荷反应,该载荷反应性能促使骨组织按照应力的作用方向进行修复重建。其中应力刺激被认为是影响骨折愈合最主要的因素之一。作者陈志达、姚小涛等医师以山羊胫骨横行骨折模型为基础,利用有限元分析的方法分别探讨应用内固定及外固定支架时,促进胫骨骨折愈合的最佳轴向应力参数。经过迭代分析后得出200 N、1 Hz的轴向叩击应力组合为最佳理论参数。但应注意的是,有限元分析的全过程均是由电脑模拟得出的,都是趋于理想状态下完成的,且有限元分析过程中忽略了生物力学实验中不可或缺的因素,如骨块间摩擦力、骨块压缩变形等,因此有限元分析的结果对接下来的生物力学实验具有一定的指导意义,更确切的疗效需要后期实验的验证。

若胫骨骨折出现畸形愈合,可导致下肢负重力线改变,继而导致脊柱、髌、膝及踝的骨关节炎。作者陈青植、王少杰等医师分析了将3D打印技术应用于治疗小腿畸形中的可行性并观察其临床疗效,通过回顾性研究方法分析6例接受Taylor空间支架治疗的小腿畸形病人。通过CT薄层扫描,3D打印技术制作骨模型和截骨导板并利用配套软件验证矫形结果。术后对病人进行功能评价后发现疗效优5例,良好1例。证明了计算机辅助测量联合3D打印技术在Taylor空间支架治疗小腿畸形中可获得良好的临床疗效。

椎动脉损伤是颈椎手术过程中少见,但后果严重的并发症,文献报道其发生率约为0.2%~1.96%。既往多项研究结果显示,椎动脉的解剖变异是颈椎前路术中发生椎动脉损伤的主要因素<sup>[11]</sup>。此外,手术者的操作方式及不同的减压方式均可影响椎动脉损伤的发生率<sup>[12]</sup>。椎动脉依据解剖结构可进一步细分为4段,其中V2段走行最长,与各类下颈椎手术的关系较密切,有必要对其进行更细致的研究。以往针对血管走行的研究多以尸体解剖为主,其结果受尸源的影响较大,第二军医大学附属长征医院的王爽、叶晓健等医师利用个人电脑在Horos软件中对169例中国成人头颈部CT血管造影的影像学资

料进行分析。结果提示椎动脉 V2 段的解剖结构和走行路径存在变异,首先穿行的横突孔可能位于 C<sub>4</sub> 或 C<sub>5</sub>,走行变异的发生率无侧别或性别差异;V2 段可发生内聚,使其更靠近中线,发生率无侧别差异,女性病人多发。以上变异可能给颈椎手术或穿刺等微创手术相关的操作带来风险,这一结论指出术前应通过辅助检查明确血管的走行。

胸腰段骨折的分型多样,常用的包括 Denis 分型、AO 分型及 TLICS 分型等,然而每一种系统都存在一定程度的利弊,难以完全被医生所接受。随着数字骨科的不断发展,越来越多的临床医生开始利用大数据分析的方式重新审视胸腰段骨折的临床分型,同济大学附属东方医院的苏启航、谭军等医师首次将骨折的 3D Mapping 技术应用到胸腰段骨折的形态学分析中。这不仅提高了对胸腰段骨折的认识,通过叠加骨折线的方式更有助于理解脊柱骨折的形态学变化,而且有助于提升后续的科学性及改善临床决策。但该研究仍存在些许不足:首先,脊柱骨折中后方韧带复合体的完整性对脊柱整体稳定性的重要作用,本研究未涉及;其次,研究者所得出的结论是基于脊柱特定区域某一特定类型的骨折类型而来,缺乏普适性;最后,该研究主要关于脊柱骨折后的形态学变化,忽略了骨折后生物力学的改变,后续值得进一步深入研究。

总之,数字骨科是骨科疾病诊断、治疗的新方法和发展趋势,各位作者努力探索为我国数字骨科的健康发展增添了无尽的动力!

#### 参 考 文 献

- [1] Zheng G, Nolte LP. Computer-aided orthopaedic surgery: state-of-the-art and future perspectives [J]. *Adv Exp Med Biol*, 2018, 1093: 1-20.
- [2] Ventola CL. Medical applications for 3D printing: current and projected uses [J]. *P T*, 2014, 39(10): 704-711.
- [3] George E, Liacouras P, Rybicki FJ, et al. Measuring and establishing the accuracy and reproducibility of 3 d printed medical models [J]. *Radiographics*, 2017, 37(5): 1424-1450.
- [4] van de Belt TH, Nijmeijer H, Grim D, et al. Patient-specific actual-size three-dimensional printed models for patient education in glioma treatment: first experiences [J]. *World Neurosurg*, 2018, 117: e99-e105.
- [5] Florschütz AV, Langford JR, Haidukewych GJ, et al. Femoral neck fractures: current management [J]. *J Orthop Trauma*, 2015, 29(3): 121-129.
- [6] Hu Y, Yuan ZS, Spiker WR, et al. Deviation analysis of C<sub>2</sub> trans-laminar screw placement assisted by a novel rapid prototyping drill template: a cadaveric study [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(12): 2770-2776.
- [7] Meermans G, Konan S, Das R, et al. The direct anterior approach in total hip arthroplasty: a systematic review of the literature [J]. *Bone Joint J*, 2017, 99-B(6): 732-740.
- [8] 王俏杰,张先龙.人工髋关节置换术的现状与热点[J/CD]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2015, 9(6): 718-724.
- [9] Xu DF, Bi FG, Ma CY, et al. A systematic review of undisplaced femoral neck fracture treatments for patients over 65 years of age, with a focus on union rates and avascular necrosis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2017, 12(1): 28.
- [10] Laigle M, Rony L, Pinet R, et al. Intramedullary nailing for adult open tibial shaft fracture. An 85-case series [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2019, 105(5): 1021-1024.
- [11] Molinari R, Bessette M, Raich AL, et al. Vertebral artery anomaly and injury in spinal surgery [J]. *Evid Based Spine Care J*, 2014, 5 (1): 16-27.
- [12] Bilbao G, Duart M, Aurrecochea JJ, et al. Surgical results and complications in a series of 71 consecutive cervical spondylotic corpectomies [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2010, 152(7): 1155 - 1163.

(收稿日期: 2019-09-01)

(本文编辑: 龚哲妮)