doi:10.11659/jjssx.01E018047

·综述·

3D 打印在骨科疾病诊疗中的应用进展

赵少飞[1],郭根玮[2],周 幸[2] (1.解放军第66337部队,山西 介休 032000;2.解放军南京总医院骨科,江苏 南京 210002)

Application progress of 3D printing in diagnosis and treatment of orthopedic diseases

ZHAO Shao-fei[1],GUO Gen-wei[2],ZHOU Xing[2] (1. the 66337 Troops of PLA,Jiexiu Shanxi 032000,China;2. Department of Orthopedics,Nanjing General Hospital of PLA,Nanjing Jiangsu 210002,China)

[摘 要] 近年来3D打印技术发展迅速,在医学领域的应用也越来越广泛,可在产品物理结构不发生改变的情况下进行个性化定制,达到材料与病变部位的匹配。3D打印技术在骨科诊疗中仍处于初级研究阶段,骨科患者通常因其解剖学位置的特殊性及治疗技术的繁琐性使得其治疗难度大大增加,将3D打印技术应用于骨科临床有助于骨科复杂手术的导航,降低手术难度,提高患者手术成功率及预后效果。本研究将对3D打印技术在临床骨科疾病诊疗中的应用进展进行阐述,并对3D打印技术在骨科的应用前景进行展望。

[关键词] 3D打印技术;骨科;创伤诊疗;应用进展

[中图分类号] R68 [文献标识码] A [收稿日期] 2018-01-13

[基金项目] 军队医学科技青年培育计划(15QNP023)

[通信作者] 周 幸,E-mail:2930876466@qq.com

[19] 任华建,李冠炜,王革非,等.降钙素原预测肠瘘确定性手术后手术部位感染价值研究[J].中国实用外科杂志,2014,34(12):154-156.

[20] 杨国虎,蒋丽媛,高正君.降钙素原与C-反应蛋白对骨折病人术后感染的诊断价值分析[J].中华医院感染学杂志,2014,24(16):4150-4154.doi:10.11816/cn.ni.2014-134815.

[21] van Diemen MP,Colen S,Dalemans AA,et al.Two-stage revision of an infected total hip arthroplasty:a follow-up of 136 patients[J].Hip Int,2013,23(5):445-450.doi:10.5301/hipint.5000049.

[22] 段晓丹.滥用抗生素的危害及科学使用抗生素[J].当代医学,2012,18(24):19-20.doi:10.3969/j.issn.1009-4393.2012.24.010.

[23] 张 岩,廖秦平.妇科手术术前感染因素评估及围手术期预防性抗生素应用规范[J].中国实用妇科与产科杂志,2014,30(11):840-843.doi:10.7504/fk2014100103.

[24] 刘国辉,王卫红,李 婷,等.甲状腺术后抗生素应用不合理情况调查[J].中国卫生产业,2016(24):40-42.doi:10.16659/j.cnki.1672-5654.2016.24.00.

[25] 杨静波.普外科中手术切口感染的原因分析及相关处理[J].中外医疗杂志,2011,30(6):28.doi:10.16662/j.cnki.1674-0742.2011.06.070.

[26] 石巨铁.普外科手术切口感染原因分析[J].世界最新医学信息文摘,2017,17(19):158-159.doi:10.3969/j.issn.1671-3141.2017.19.136.

[27] 赵状平.妇产科围手术期预防性应用抗生素的现状及循证评价[J].临床合理用药杂志,2011,4(5):97-98.doi:10.3969/j.issn.1674-3296.2011.05.091.

[28] Fang F,Zhiu S,Shi G,et al.Update and evidence-based evaluation of prophylactic antibio-tics for obsteteic and gyne cologic opetation in Chengdu[J].J Paractic Obstetri Gynecol,2004,20(1):17.

[29] 朱 福.抗生素在临床应用中的注意事项[J].现代诊断与治疗,2014,25(1):70-71.

[30] 陈勇川,彭永富,张 成,等.回顾性分析本院抗菌药使用与G-菌耐药率变化的相关性[J].中国临床药理学杂,2011,27(4):272-275.doi:10.13699/j.cnki.1001-6821.2011.04.020.

[31] 王艳琴.择期剖宫产预防手术部位感染抗生素的选择[J].中国医刊,2008,43(10):64-65.doi:10.3969/j.issn.1008-1070.2008.10.025.

[32] 甄国庆,张沛永.200例Ⅰ类手术切口预防应用抗菌药物的分析[J].中国卫生标准管理,2016,24(7):74-75.doi:10.3969/j.issn.1674-9316.2016.24.041.

[33] 杨庆连.围术期预防应用抗菌药物的分析[J].中国当代医药,2017,24(6):29-31.

[34] 冯晶晶,王小万,靖瑞锋.控制抗生素滥用的国际经验及启示[J].中国抗生素杂志,2014,39(1):14-18.doi:10.3969/j.issn.1001-8689.2014.01.003.

[35] 夏培元,肖光夏.细菌对抗生素的耐药性——一个必须面对的严重问题[J].中华烧伤杂志,2001,17(2):71-74.doi:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2001.02.002.

(编辑:左艳芳)

3D 打印技术即快速成型技术,是当前全球最尖端技术之一,该技术以数字模型数据为基础,同时综合机电控制、数学建模、信息、化学、材料等多门前沿技术,选择可粘合性原材料,采取逐层打印、叠加材料的方式制作得到 3D 实体 1∶1 模型;作为目前一种新型快速制造技术,3D 打印技术正越来越受到人们的关注[1-2]。随着近年来合金类材料在 3D 打印技术的广泛应用,3D 打印技术在医院骨科的创伤诊疗中也得到较好发展,现已成为骨科创伤诊疗研究的重要方向之一[3]。3D 打印技术在骨科诊疗中的应用主要表现在通过采集患者 MRI、CT 等影像学临床资料,运用3D 技术为患者"私人定制"个性化的治疗方案、植入物、实体模型及辅助性器械等,从而有效解决当前骨科创伤治疗中的难题。3D 打印技术对临床教学同样具有较强的指导性,有助于骨科的临床带教及骨科临床执业医师的培养,为医院骨科的发展创造了良好的前景[4]。本文将对 3D 打印技术的原理、过程及其在临床应用的优势等作一综述,同时分析其在临床骨科诊疗中的应用进展及发展的局限性,以期为临床工作者提供一定的理论参考。

1 3D 打印技术的原理及过程

传统建模通常包括分割图像、几何重建、生成网格及分配材料的属性 4 个方面。3D 打印技术与传统建模具有显著差异,其基本过程大致分为 3 步,首先对患者病变部位进行 MRI、CT 等影像学检查,以便掌握患者病变部位的情况及相关的各项数据,结合检测所得影像学数据并借助 CAD 软件进行三维设计,得到需打印物体的 3D 模型;第二步主要进行切片的处理,将需打印的物体逐层分割并进行数据编程;第三步即为完成所需物体的打印,将数据编程结果输入 3D 打印机内进行逐层打印,通过叠加材料的方式最终获得需打印物体的 1∶1 模型[5-6]。

2 3D 打印的主流技术及应用材料

3D 打印均为读取 CAD 文件中保存的三维数据,通过逐层打印得到最终的 1∶1 三维实物模型,选用的材料较为丰富,如粉末、液体、丝竹等。在数字医学领域中主要为以下几种技术:立体光固化成型技术,主要通过紫外激光对光聚合物树脂表面进行聚焦扫描,按照点、线、面的次序逐渐固化形成,该技术采用的光敏感的树脂材料具有较为广泛的适应性;以数字光处理技术为基础的光固化成型技术,打印时以数字光投影仪做光源,基本材料为光敏感的树脂材料,采取由面到体的方式进行层层固化,相对立体光固化成型技术打印速度得到明显提高;选择性激光烧结技术的基本材料主要包括陶瓷粉末、金属粉末及热塑性塑料等,通过二氧化碳激光器将多种材料烧结在一起,制成三维立体零件,该技术打印时无需支撑,常用于打造较为复杂、精细的零件;熔融沉积成型技术的基本材料主要包括共晶系统、可食用材料、热塑性塑料、金属等,通过加热的方式由最底层开始进行实体模型构建,该技术所用材料低廉,技术难度小,是目前最为普及的 3D 打印技术之一;此外还有以钛合金作为基本材料的电子束熔融成型技术、以热塑性材料为主要基本材料的选择性热烧结技术、以生物细胞为主要基本材料的墨水打印技术等[7-8]。

3 3D 打印技术应用于骨科创伤诊疗中的优势

3.1 3D 打印技术的实体模型性

3D 打印技术可通过采集患者 MRI、CT 等影像学检查资料,将二维、平面、虚拟的诊断结果转化为三维、立体、现实的模型,所得 1∶1 模型有助于医师对患者病情有更清楚的认识,对后期的疾病诊断、治疗方案的设计、术前治疗操作流程的演示、术中辅助性操作及术后的恢复均具有重要意义。同时实体模型及术前的操作演示也有助于护士更好地掌握患者病情,做好相应的准备,确保手术的顺利进行及意外情况的应急处置,同时也对患者术后恢复提供精准的理论依据[9]。

3.2 3D 打印技术有助于医患沟通

通常患者对 MRI、CT 等影像学检查数据并不了解,单纯依靠医生对病情的解释也不能很好地对自身疾病有清晰的认识,医患间病情交流局限于二维图像及语言表达,3D 打印技术能很好地解决这一问题,借助其所得 1∶1 模型能帮助患者更直观、清晰地了解自身病情、手术方案及术后恢复的注意事项等问题,同时也有助于医师更直观地向患者讲述治疗方案的选择及术中可能出现的问题,如出血、并发症等,这在一定程度上能提高患者对疾病治愈信心及对医疗服务的满意度,对缓解医患纠纷也具有一定的帮助[10-11]。

3.3 手术方案的个性化选择

临床骨科治疗常采用规格、材料统一的器材,这基本能满足普通患者对治疗的常规需求,但在解剖位置复杂、累及较多重要组织的部位进行手术时,传统规格统一的材料不能达到临床要求,个性化治疗方案十分重要。对此类病情特殊患者的治疗,最难解决的问题之一即为如何选择更合适的内置物材料,3D 打印技术则可完全根据患者的个体数据进行内置物的制作,较

好地解决了这一问题,达到精准治疗的目的。依据目前骨科发展趋势来看,骨科诊疗模式向着“精确化、个性化定制”的方向发展已成为必然趋势,如人工关节置换、骨盆修复等个性化内置物的应用必将更好地提高骨科患者的治疗效果[12]。

3.4 手术暴露性问题

现阶段骨科手术过程中内固定物植入时仍需在X射线指导下进行,不仅延长了手术时间,过多剂量的X射线也会对机体造成一定的损伤,但将3D打印技术应用于内固定治疗时可有效避免上述问题的发生,依赖于其个体化的治疗模式,患者内固定模型可与自身骨骼完美契合,能有效缩短手术时间,避免医患受到X射线暴露的危害。此外,3D打印技术在复杂性的粉碎性骨折患者治疗中优势更加明显,不仅能做到骨折部位复位的精准性,还可提高置钉的精确性,避免置钉时穿孔及方向偏移等问题的发生,有效缩短手术时间,提高患者治疗效果[13-14]。

3.5 改进教学方式,提高培养水平

3D打印技术也可用于医院骨科的临床带教工作中,由于当前三维重建CT、X射线等操作在复杂性关节面、骨盆等部位骨折的诊疗中仍具有较大的局限性,对资历较低的医师或本科医学生来说理解起来相对困难。而应用3D打印技术制作的模型进行试教则可取得较好效果,有助于提高学生及资历较低医师对骨折问题的理解。同时增加术前演示的次数还能显著提高手术成功率,提高医师操作熟练度及对突发事件的处理能力,缩短手术时间[15-16]。

4 3D打印技术在骨科的应用及发展

随着近年来材料学、软件学等领域的快速发展,3D打印技术在骨科诊疗中的应用越来越广泛,在脊柱畸形的矫正、椎弓根螺钉的辅助植入、脊柱骨折的脱位修复、复杂性的四肢骨折、膝关节置换术及骨科肿瘤等问题的治疗中均起到重要作用。

4.1 手术方案规划及手术操作模拟

面对临床较为复杂的关节骨折或脊柱骨折时,仅凭术者的经验进行复位、固定治疗并不能取得理想的效果,且易出现固定螺钉误入等问题。3D打印技术用于术前规划不仅能明确患者骨折程度及具体部位,提供更加逼真的模拟环境,术者还可通过尝试不同的手术方案,选择最佳的一种,以提高治疗效果,减少手术过程中的失误操作。通过制作的1∶1模型还可在术前确定内置物的规格,进一步缩短手术时间[17]。

4.2 建立导向模板

利用3D打印技术对内固定术中螺钉打入的位置和方向进行精准定位,避免螺钉误入脊髓或关节腔等部位,使得手术周围部位的关节的安全性大大提高。对方向感及空间立体感较差的医者来说,3D打印技术可有效缩短医者的学习曲线,也可减少患者伤口的暴露时间,降低辐射危害。3D打印技术代替计算机的辅助导航技术可降低手术过程中仪器的使用,减少手术操作[18]。此外,3D打印技术制作的手术导板也为骨科骨骼精准修复手术提供了必要的帮助,在骨骼修复术中应用能保证手术的精确性,缩短手术时间。通常骨骼修复手术所用导板要求较高,需根据患者手术部位的解剖结构设计好曲面,保证该曲面与手术暴露骨面的完全贴合,手术导板的设计也成为手术的核心环节,决定手术治疗的最终效果[19]。

4.3 个性化的内置物

通常骨科复杂性骨折会伴有局部骨质的缺失或出现粉碎性骨折,临床需对缺损部位植入假体保证骨的完整性,传统植入物常采用工厂设计的规格统一的通用性假体,医者手术时选择匹配程度最高的一种假体进行植入,但仍易出现植入假体与患者缺损部位形状不符等问题,导致手术效果不理想,对患者后面的生活也造成一定影响。针对此类复杂性骨折的治疗最佳方案是根据患者骨质的缺损程度及骨折分型进行个性化的内置物的设计,临床结合术前患者影像学检测数据并应用3D打印技术可制作出与患者更佳匹配的内置物,不仅使植入假体与患者缺损部位外形契合,提高固定的稳定性,还有助于患者骨骼的自我修复[19-21]。

4.4 诱导骨的生长

3D打印技术制作的内置物不仅可以修复骨质缺损,同时还具有较强的生物学活性,钛合金等材料制作的支架空隙形状、大小等更符合人体细胞正常的增殖分化及迁移等活动的结构要求,对诱导骨的生长具有较大帮助[22]。Barui等[23]通过3D打印技术将骨髓的基质细胞及软骨细胞等植入个性化设计的支架中,再植入人体患处,分别对软骨和骨的再生起到重要作用。

5 3D打印技术的应用制约与前景展望

医疗注册许可是3D打印技术在临床应用的限制因素之一,根据我国卫生部门对医疗行业治疗器械的管理规定,3D打印技术需获得医疗注册资格才能被大量应用于包括骨科在内的多方向临床治疗。此外由于3D打印技术融合了包括机电控制、数学建模、信息、化学、材料在内的多门前沿技术,3D打印技术的发展也

依赖于多门前沿技术的进步。近年来可供3D打印的材料逐渐增多,既包括壳聚糖、胶原等医用材料,也包括聚乙醇酸、聚乳酸等人工合成的高分子材料。但能用于要求较高的医学领域的材料相对较少,常用材料主要为不锈钢、钛合金等,新材料研发仍是制约3D打印技术在医学领域广泛应用的瓶颈之一。此外配套软件的开发也是提高3D打印技术在临床应用的重要因素之一,实现影像学检测数据与软件的无缝对接,确保模型的精准性。

3D打印技术有望在骨移植物、手术器械、人工假体置换等方面取得突破性进展,成为代替内置物的首要选择。随着近年来材料技术和软件技术的飞速发展,3D打印技术的成本也在不断降低,该技术的认可度明显上升,可以预见3D打印技术将更好地应用于因肿瘤、创伤、先天畸形等引起的组织损伤治疗中。

[参考文献]

[1] 裴国献. 着力打造3D打印在骨科应用的技术平台[J]. 中华创伤骨科杂志,2016,18(1):4-5. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2016.01.001.

[2] 鲍立杰,张志平,吴培斌,等. 3D打印技术在骨科的研究及应用进展[J]. 中国矫形外科杂志,2015,23(4):325-327. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2015.04.09.

[3] 陈宣煌,许卫红,黄文华,等. 基于3D打印的腰椎椎弓根螺钉数字化置入及临床应用[J]. 中国组织工程研究,2015,19(17):2752-2757. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2015.17.023.

[4] Wilcox B,Mobbs RJ,Phan K. Systematic review of 3D printing in spinal surgery:the current state of play[J]. J Spine Surg,2017,3(3):433-443. doi:10.21037/jss.2017.09.01.

[5] Osagie L,Shaunak S,Murtaza A,et al. Advances in 3D modeling:preoperative templating for revision wrist surgery[J]. Hand(NY),2017,12(5):NP68-NP72. doi:10.1177/1558944716681973.

[6] 贺 超,王 磊,李国远,等. 3D打印在骨科的应用[J]. 中华骨科杂志,2017,37(19):1235-1241. doi:10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.19.008.

[7] 魏新旺,杨 志,姚 军,等. 3D打印技术在骨盆骨折修复中的应用[J]. 中国组织工程研究,2015,19(44):7163-7166. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2015.44.020.

[8] 庞骄阳,赵 岩,肖宇龙,等. 3D打印技术在脊柱外科的应用[J]. 中国组织工程研究,2016,20(4):577-582. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2016.04.022.

[9] Seifert GV,Becker ML. Three-dimensional printing of nano hydroxyapatite/poly(ester urea) composite scaffolds with enhanced bioactivity[J]. Biomacromolecules,2017,18(12):4171-4183. doi:10.1021/acs.biomac.7b01222.

[10] 杨 龙,王建吉,孙 琦,等. 胫骨平台骨折植入物内固定修复中3D打印技术的辅助应用[J]. 中国组织工程研究,2016,20(13):1904-1910. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2016.13.011.

[11] 刘大海,李开南. 骨科3D打印技术的应用研究进展[J]. 山东医药,2015,55(39):98-100. doi:10.3969/j.issn.1002-266X.2015.39.039.

[12] 袁 峰,陆海涛,邓 斌,等. 3D打印模型在颈椎后纵韧带骨化手术减压方式选择中的应用[J]. 中国组织工程研究,2016,20(39):5852-5858. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2016.39.012.

[13] Manganaro MS,Morag Y,Weadock WJ,et al. Creating three-dimensional printed models of acetabular fractures for use as educational tools[J]. Radiographics,2017,37(3):871-880. doi:10.1148/rg.2017160129.

[14] 武成聪,王 芳,荣 树,等. 3D打印应用在骨组织工程研究中的特点与进展[J]. 中国组织工程研究,2017,21(15):2418-2423. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.15.022.

[15] 缪 锌,凌 强,邓高荣,等. 3D打印技术在骨外科学中的应用研究进展[J]. 山东医药,2016,56(48):100-102. doi:10.3969/j.issn.1002-266X.2016.48.035.

[16] 周 锦. 3D打印技术在骨科临床中的应用[J]. 中华骨科杂志,2014,12(10):1078. doi:10.3760/j.issn.0253-2352.2014.10.016.

[17] 许世兵,单乐天,金红婷,等. 3D打印技术在骨科的应用进展[J]. 中华创伤杂志,2015,31(1):10-15. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2015.01.004.

[18] Hoang D,Perrault D,Stevanovic M,et al. Surgical applications of three-dimensional printing:a review of the current literature & how to get started[J]. Ann Transl Med,2016,4(23):456. doi:10.21037/atm.2016.12.18.

[19] 王 康,李思慕,马 婷,等. 3D打印技术在创伤骨科临床中的应用现状及进展[J]. 宁夏医学杂志,2017,39(7):667-670. doi:10.13621/j.1001-5949.2017.07.0667.

[20] 刘 泽,赵建勇. 3D打印技术在骨科临床应用中的研究现状[J]. 河北医药,2017,39(2):288-293. doi:10.3969/j.issn.1002-7386.2017.02.040.

[21] 马向浩,张蕾蕾,张 颖,等. 3D打印技术骨科临床应用进展[J]. 中国数字医学,2016,11(6):2-5. doi:10.3969/j.issn.1673-7571.2016.06.001.

[22] 王宇辰,陈云丰. 3D打印技术在临床骨科中的应用[J]. 国际骨科学杂志,2016,37(6):358-362. doi:10.3969/j.issn.1673-7083.2016.06.005.

[23] Barui S,Chatterjee S,Mandal S,et al. Microstructure and compression properties of 3D powder printed Ti-6Al-4V scaffolds with designed porosity:Experimental and computational analysis[J]. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl,2017,70(Pt 1):812-823. doi:10.1016/j.msec.2016.09.040.

(编辑:左艳芳)