

3D 打印在神经外科的应用进展

相建^{1,3} 综述 李珍珠² 李泽福² 审校

1. 滨州医学院, 山东 烟台 264003

2. 滨州医学院附属医院, 山东 滨州 256603

3. 山东大学齐鲁医院东营分院东营鸿港医院, 山东 东营 257000

摘要: 随着现代科技的发展, 3D 打印技术已广泛应用于医学领域, 在神经外科教学、科研、疑难病例诊断、复杂手术指导等方面起到越来越重要的作用。本文通过查阅相关文献, 阐述 3D 打印技术及其在神经外科的应用进展。

关键词: 3D 打印; 神经外科

随着社会的进步和人类生活质量要求的提高, 由疾病、外伤等原因造成的器官缺损修复极大地推动了医学 3D 打印(Three-Dimensional Printing)技术的发展^[1-3]。3D 打印技术是一种以数字模型文件为基础, 利用计算机软件将做好的 3D 模型按照某一坐标轴切片, 再通过 3D 打印机用金属粉末或者塑料等可粘合材料, 逐层叠加的方式生产产品的技术, 可以实现针对特定患者、特定需求的个性化生产, 是传统制造技术所不可企及的。其另一大优点是可以清楚显示人体深部结构, 适用于颅脑等复杂部位模型的建立, 用于术前评估、手术预演、术中指导等方面。

1 3D 打印的步骤

1.1 数据采集

这是 3D 打印技术的第一步, 也是关键的一步, 只有获得了完整、准确的数据资料才能进行三维重建。目前有多种数据采集方式, 在医学领域, 随着 CT 和 MRI 技术的发展, 放射学诊断以其创伤小、分辨率高、成像快等优点成为最理想的数据获取手段^[4-5]。

1.2 数据处理

将采集到的数据导入三维重建软件, 现在三维重建软件有多种: Agisoft PhotoScan Professional, VisualSFM, Mimics 等, 其中 Mimics 图像处理软件在医学领域得到广泛应用, 通过该软件重建三维图像, 导出保存为 3D 打印机能识别的文件格式。

1.3 打印

通过软件将文件转换为打印机能读取的横截

面信息, 利用 3D 打印材料通过热融等方式逐层地打印出来, 冷却后即成为一个整体。这种技术的特点是对需打印的物体形状无特殊要求, 且打印的精度非常高。

2 3D 打印在神经外科的应用

三维医学图像多年前即应用于临床诊断和手术计划^[6], 现已广泛应用于临床各学科。将病人的 CT 或者 MRI 图像数据通过计算机软件处理技术使二维图像转变为三维立体图像, 辅助临床医师对特殊部位进行分析。在神经外科方面, 由于颅脑立体结构复杂, 在手术操作中仅有三维图像是不够的, 如果能结合 3D 打印技术将三维图像通过 3D 打印机打印出来, 应用于术中指导, 将有效提高手术的精确度, 降低风险。

2.1 3D 打印技术应用于神经外科教学

由于中枢神经系统的结构特殊性, 通过传统的图谱、标本教学, 神经外科年轻医师难以在短时间内掌握, 即使是通过手术观摩, 由于视角问题也不能很好地看清一些细微结构。如果用 3D 打印机 1:1 地打印出这些细微结构, 具体地展现在学生面前, 将提高学习效率。杨治荣等^[7]已成功构建 3D 真人侧脑室解剖模型, 让初学者对不规则的侧脑室形态有深刻印象。

2.2 3D 打印技术应用于复杂手术的模拟

脑和脊髓质地柔软、血供丰富、功能重要, 一旦损伤可能导致严重后果, 因此神经外科手术对术者的技术水平要求很高。术中医师要为病人负责, 不

基金项目: 滨州医学院校级课题编号: BY2014KJ52; 山东省滨州市科技发展计划项目编号: 2015ZC0302

收稿日期: 2015-11-24; 修回日期: 2016-02-29

作者简介: 相建(1982-), 男, 硕士, 主治医师, 主要研究方向: 医学 3D 打印技术。

通讯作者: 李泽福(1969-), 男, 博士, 主任医师, 教授, 主要研究方向: 颅内肿瘤, 医学 3D 打印技术。

可能频繁让年轻医师进行危险操作,这限制了年轻医师的成长。通过3D打印术区模型,让青年医师直接在模型上实施关键手术技能,亲身感受主刀的视野,这也是医学生在传统手术中无法获得的宝贵经验和财富所在。该技术能让青年医师缩短训练时间,尽早掌握相关手术技巧^[8-9]。

2.3 3D打印用于颅内动脉瘤的诊断治疗

颅内动脉瘤是指颅内动脉血管壁囊性膨出性病变,其容易在血压突然升高甚至无明显诱因的情况下破裂出血,常见于Willis环的动脉分叉处,是自发性颅内出血,特别是蛛网膜下腔出血的最常见原因^[10]。其瘤壁薄,随时可能破裂,一旦破裂出血,治疗相当棘手,预后差,而且有相当一部分还会再次破裂出血,因此早期诊断,早期治疗是必要的。目前的检查方法有多种:颅脑CTA、MRA、DSA等,各种检查方法虽可发现大部分动脉瘤,且DSA还能提供血流动力学方面的信息,但因其拍摄角度的差别,特别是对于微小动脉瘤,更容易漏诊或误诊^[11]。通过CTA建立的模型允许利用计算机软件在三维空间任意旋转,从不同角度观察动脉瘤大小、与周围血管神经的关系、瘤颈的直径及与动脉瘤的位置关系,具有更直观的效果,能把动脉瘤的属性更真实地展现出来^[12],可以确诊直径大于3mm的颅内动脉瘤,还可以协助诊断小于3mm的动脉瘤,因此对颅内动脉瘤诊断具有重要的应用价值^[13]。进一步将三维图像通过3D打印机打印出来,还可为动脉瘤栓塞、夹闭等高难度手术设计提供正确合理的指导。

2.4 3D打印用于指导颅脑肿瘤切除术

由于颅脑解剖结构复杂而精细,手术时稍有不慎就可能损伤重要结构导致严重后果,尤其是在蝶鞍区、脑干等部位。在这些部位的手术可以充分体现3D打印的优越性。术前将病灶模型打印出来,可以让医生详细了解肿瘤的位置、形状、大小、血液供应及其与周围血管神经、重要核团的关系,还可确定手术入路、病灶切除范围等,能在达到手术效果的同时最大限度地保护正常组织,减少副损伤,有效降低并发症和后遗症的发生率。据报道,中南大学湘雅医院成功完成世界首例应用3D打印技术指导手术切除鞍区巨大脑膜瘤,患者术后恢复良好^[14],显示了3D打印的巨大优势。

2.5 3D打印辅助治疗颅颈交界区畸形

颅颈交界区畸形的常见原因是先天发育异常,

它是“枕寰枢复合体”即枕骨大孔区、寰椎、枢椎骨质发育异常并伴有神经系统症状的一种先天性畸形。其表现各式各样,很难用单一手术方式达到治疗目的。若要采取合理的治疗方案,必须施行个体化治疗原则^[15]。高方友等^[16]采用3D打印技术建立了针对不同病例的个性化模型,在模型上进行模拟手术,获得符合不同病人的置钉内固定资料,辅助真实手术,可提高置钉成功率及手术安全性,更好地保护椎动脉及脊神经,也能提高评估置钉成功与否的准确性。

2.6 3D打印技术应用于颅骨缺损修补

重度颅脑损伤、大量脑出血等手术时常常遇到需要去骨瓣外减压的情况,需二次手术行颅骨缺损修补。随着科技的发展,修补方法也经过了多次改进。自体骨组织移植术虽可以取得一定疗效,无排异反应,但需损坏其它部位的健康骨组织,可导致并发症及附加损伤^[17],因而逐渐发展为骨水泥、有机玻璃等材料,由于后者的排异反应、皮下积液、感染等并发症以及塑形困难等缺点,已被电脑塑形钛网等其它材料所取代。根据个体颅骨缺损部位模型制作贵金属假体,耗费时间长、材料利用率低,造成生产产品的费用较高,加大了病人的经济负担。3D打印技术直接根据计算机三维图像利用3D材料直接打印产品,能简化工序,缩短生产时间,降低成本,使得生产一件产品和批量生产的单价相同^[18]。目前已能利用3D技术重建需要修补部位的颅骨模型,用可植入材料通过打印机打印出来,直接移植到病人身上,对缺损部位进行永久性替代。据报道,2013年3月4日美国神经外科医师用聚合物3D打印了一名男性病人75%的颅骨并成功为该病人实施了手术,这是获得美国食品和药物管理局许可后进行的第一例3D打印颅骨修补手术^[19]。Guillemot等^[20]将细胞和生物材料通过激光3D打印系统直接打印在小鼠颅骨缺损部位获得成功,若该技术进一步发展,成功应用到神经外科临床工作,对颅骨缺损的病人将又是一大福音。

3 展望

英国著名机械人工程师Lipson曾指出,3D打印将在医学领域兴起一次变革^[21]。它能改变神经外科传统教学模式,形成了以学生为主体的新教学方式^[22],变被动为主动,极大地调动学生的学习积极性和主动性,扩展其视野,学到日常书本上难以学到的诊断思维和手术技巧,受益于广大学生。随

着科学技术的发展,人体 3D 物理模型都将获得高保真快捷的打印^[23],采用 3D 技术打印出病变模型可极大提高神经外科疾病的术前诊断水平,并辅助更好地完成手术,因而可缩短手术持续时间进而减少手术并发症^[24],甚至完成一些既往无法完成的新手术,造福于广大病人。同时,利用模型向病人讲解病情,将更加真实具体、通俗易懂,简化医患沟通,促进医患关系和谐发展。

参 考 文 献

- [1] Giesel FL, Hart AR, Hahn HK, et al. 3D reconstructions of the cerebral ventricles and volume quantification in children with brain malformations. *Acad radiol*, 2009, 16(5): 610-617.
- [2] Yeong WY, Chua CK, Leong KF, et al. Rapid prototyping in tissue engineering: challenges and potential. *Trends Biotechnol*, 2004, 22(12): 643-652.
- [3] Melchels FPW, Domingos MAN, Klein TJ, et al. Additive manufacturing of tissues and organs. *Progress in Polymer Science*, 2012, 37: 1079-1104.
- [4] Meaney JF, Goyen M. Recent advances in contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Eur Radiol*, 2007, 17(S2): B2-B6.
- [5] Doi K. Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and technology. *Phys Med Biol*, 2006, 51(13): R5-R27.
- [6] Chen T, Rangarajan A, Eisenschenk SJ, et al. Construction of a neuroanatomical shape complex atlas from 3D MRI brain structures. *Neuroimage*, 2012, 60(3): 1778-1787.
- [7] 杨治荣,施巍,沈晨,等 3D 真人侧脑室模型的设计与构建,第二军医大学学报,2012,33(11): 1203-1206.
- [8] 赵波,刘颖,邱晓文,等 3D 打印技术在脊柱外科手术教学和训练中的应用-中国医学教育技术,2015,29(5): 547-549.
- [9] Abila AA, Lawton MT. Three-dimensional hollow intracranial aneurysm models and their potential role for teaching, simulation, and training. *World Neurosurg*, 2015, 83(1): 35-36.
- [10] 刘彦超,张断,段传志,等. 颅内动脉瘤模型的研究进展. *中国神经精神疾病杂志*, 2013, 39(3): 182-185.
- [11] 杨显存,刘强,葛彦彦,等. 三维重建技术在颅内动脉瘤诊治中的影响因素. *实用放射学杂志*, 2013, 29(9): 1529-1532.
- [12] Kiyosue H, Okahara M, Tanoue S, et al. Detection of the residual lumen of intracranial aneurysms immediately after coil embolization by three-dimensional digital subtraction angiographic virtual endoscopic imaging. *Neurosurgery*, 2002, 50(3): 476-485.
- [13] 杨枫,刘刚,吕华新,等. 基于 CTA 的颅内动脉瘤复合体三维模型的建立及应用. *上海医药*, 2014, 19: 53-56.
- [14] 相海泉. 3D 打印辅助手术治疗——记湘雅医院数字化医疗应用. *中国信息界—治疗*, 2014, 4: 55.
- [15] 余新光,尹一恒. 复杂颅颈交界区畸形个体化治疗值得考虑的问题. *中国现代神经疾病杂志*, 2012, 12: 379-381.
- [16] 高方友,王曲,刘窗溪等. 个体化 3D 打印模型辅助后路螺钉内固定治疗颅颈交界区畸形. *中华神经外科杂志*, 2013, 29(9): 896-901.
- [17] 王月圆,杨萍. 3D 打印技术及其发展趋势. *印刷杂志*, 2013(4): 10-12.
- [18] 黄烽坚,封小影,黄昊. 3D 打印技术应用前景展望与分析. *中国卫生质量管理*, 2014(117): 53-55.
- [19] Ehrenberg R. 3-D printer constructs two-thirds of man's skull. *Science News web edition*: 2013, March 11.
- [20] Guillemot F, Souquet A, Catros S, et al. High-throughput laser printing of cells and biomaterials for tissue engineering. *Acta Biomater*, 2010, 6(7): 2494-2500.
- [21] Lipson H. New world of 3-D printing offers "completely new ways of thinking": Q&A with author, engineer, and 3-D printing expert Hod Lipson. *IEEE Pulse*, 2013, 4(6): 12-14.
- [22] 李欣,徐智,典荣等. 多元化教学方法在八年制医学生外科总论教学中的应用研究. *中国高等医学教育*, 2015, (4): 1016-1018.
- [23] Silberstein JL, Maddox MM, Dorsey P, et al. Physical models of renal malignancies using standard cross-sectional imaging and 3-dimensional printers: a pilot study. *Urology*, 2014, 84(2): 268-273.
- [24] Hespel A, Wilhite R, Hudson J. Invited review—applications for 3D printers in veterinary medicine. *Vet Radiol Ultrasound*, 2014, 55(4): 347-358.