

The Application of Three Dimensional Printing Technology in Medicine

Chong Sun, Tangyi Liu*

School of Acupuncture-Moxibustion and Tuina, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai
Email: ltyabc@sina.com

Received: May 4th, 2019; accepted: May 16th, 2019; published: May 23rd, 2019

Abstract

As an important way to realize additive manufacturing, three dimensional printing has been widely used in various industries. For the research and development of products, it has more natural advantages, and it has become an important part of the third industrial revolution. This paper briefly discusses the application of three dimensional printing in medical devices, medical models, bio-printing and drug development, and puts forward the prospect of the application of 3D printing technology in the field of traditional Chinese medicine in the future.

Keywords

Three Dimensional Printing, Medical Application, Chinese Medicine Equipment

3D打印技术在医学中的应用

孙 冲, 刘堂义*

上海中医药大学针灸推拿学院, 上海
Email: ltyabc@sina.com

收稿日期: 2019年5月4日; 录用日期: 2019年5月16日; 发布日期: 2019年5月23日

摘 要

3D打印做为实现增材制造的重要方式, 已经广泛运用到各个行业中, 对于产品的研发, 它更具有天然的优势, 俨然已成为第三次工业革命的重要环节。本文简单论述了3D打印在医疗器械、医学模型、生物打印及药物研发这些方面的应用, 并对未来3D打印技术在中医领域的应用提出了展望。

*通讯作者。

关键词

3D打印, 医学应用, 中医器械

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

3D 打印(Three Dimensional Printing, 3DP)技术又称增材制造(Additive Manufacturing, AM), 是将复杂的三维物体转换为简单的二维切片, 再通过计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)创建出模型, 继而采用逐层制造的方法将材料结合起来的一种新型工艺[1]。这种快速成形技术(Rapid Prototyping, RP)可以把复杂的设计迅速转换为三维模型, 便于技术人员和非技术人员沟通, 从而能够快速准确的完成设计方案[2]。这种快速准确能够使想法成为现实的技术, 已经成熟的运用在医疗器械、医疗模型、康复器械等方面。

2. 3D 打印概论

3D 打印技术为快速成形技术的一种, 因其相较于高端的 RP 技术成本低、操作简单、场地要求简单所以很快的分布于各个产业中, 它同时也具有快速制造复杂模型的能力[3]。3D 打印技术先通过数据采集, 然后电脑 CAD 软件设计出模型继而利用打印设备将材料结合在一起, 主要运用到的技术有: 光固化打印(SLA)、分层实体制造(LOM)、选择性激光烧结(SLS)、熔丝沉积制造(FDM)、三维打印与胶合(3DP)等[4], 其中用来打印的材料也分很多种, 有工程材料、光敏树脂、橡胶类、金属类、陶瓷类等[5]。

2.1. 光固化打印(SLA)

光固化打印技术是利用激光束点扫描光敏树脂材料, 使得液态的树脂迅速固化, 由于它打印精细度好, 降低了制造成本, 能够制作复杂零件所以广泛运用于铸造行业、工业设计和医学上, 但光固化打印装置体积大, 不方便安置与运输, 这是需要改进的地方[6]。用于光固化打印的光敏树脂材料主要有齐聚物、活性稀释剂、光引发剂, 又因光引发剂的不同可分为自由基固化体系、阳离子固化体系以及混合固化体系[7]。现在市面上的光敏树脂材料主要有四个系列: Vantico 公司的 SL 系列、3D Systems 公司的 ACCURA 系列、Ciba 公司的 CibatooolSL 系列[8]。

2.2. 分层实体制造(LOM)

分层实体制造技术是由美国 Helisys 公司在 1986 年研制的一种工业技术, 广泛应用在汽车、航空航天、机械和建筑行业, 对于制造一些体积比较大的零部件很有优势。LOM 也是通过 CAD 得到产品的模型, 再将三维模型, 切分成二维形状, 通过制造机加工每个二维模型, 最后粘合在一起, 便完成了最终的产品设计。LOM 技术优势在于能够方便快捷以及精准的制造出产品, 另一方面它使用的材料大多为纸、塑料和一些复合材料, 相对于其它的 3D 打印技术成本更低, 不过它制造出的零部件力学性能相对较低, 并且相较于其他打印技术, LOM 效率较差[9]。

2.3. 选择性激光烧结(SLS)

SLS 是利用激光技术有选择的分层烧结某些固体粉末, 烧结成形后逐层叠加然后固化成所需要的形

状。同其他 3D 打印技术一样, 先是 CAD 造模再数据处理, 铺粉烧结, 最后完成模型。它具有的优势在于它的塑型材料十分宽泛, 只要是原子间能够粘连的粉末都可作为 SLS 的材料, 如今广泛使用的材料有石蜡、金属、陶瓷粉末等。基于材料的多样性, 所以 SLS 技术分布于各个领域, 又由于它的生产周期十分短, 从产品 CAD 设计到最后单件或小批量出产, 短则几小时, 这便很适宜产品研发制造。同样的它的技术劣势在于制造出的产品强度低、表面质量差等[10]。

2.4. 熔丝沉积制造(FDM)

熔丝沉积制造的工作原理为加热喷头在计算机的控制下, 根据截面数据, 做三维运动(X、Y 轴的平面运动和 Z 轴的高度运动), 丝状热塑材料在喷头处加热融化后涂覆在工作台, 冷却后得到一个截面, 再依此工作台上升, 循环往复, 最后形成 CAD 设计的三维模型[11]。基于此种熔解再凝固的工艺, 市面上 FDM 所使用的材料熔融点较低, 主要材料为丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯共聚物、聚碳酸酯、聚苯砜等[8]。熔丝沉积制造系统造价相对 SLS 低很多, 因为舍去了昂贵激光器, 再者材料成本低, 占地空间小, 因而更适宜办公室使用, 但是产品精度低, 成形慢也是它的缺点[12]。

2.5. 三维打印与胶合(3DP)

3DP 技术需先在机箱里铺一层粉末, 打印喷头根据 CAD 模型二维数据有选择的在机床上打印粘合剂, 粉末与粘合剂粘合, 并形成了二维截面, 在计算机控制下周而复始打印每个截面, 最后形成三维模型[13]。3DP 技术所使用的材料主要为陶瓷、金属、塑料等粉末状材料, 该技术的优点在于易操作, 原料范围宽广, 但由于只是靠粘合剂粘连, 与 SLS 类似 3DP 产品的力学性能不高, 且表面粗糙需进行再加工[14]。

3. 3D 打印的医学应用领域

随着医疗个性化的需求越来越大, 3D 打印技术与医学不期而遇。3D 打印具有精确化、个性化、时效性等特点, 因此 3D 打印技术运用在医疗器械、医学模型、生物打印及药物研发等诸多方面[15] [16] [17]。

3.1. 医疗器械

在个性化的医疗器械中, 体内植入物的需求量越发增加, 人体骨骼在老龄人群中的自然退化现象明显, 骨组织的修复和重建便成为了热点。Liu 等[18]通过 3D 打印技术制造出的骨支架机械强度更高, 同时也增加了表面粗糙度有助于骨祖细胞的附着, 整体的提高了骨支架的生物性能和机械性能。马立敏等[19]对 23 例股骨远端肿瘤患者术前 CT 扫描采集数据 CAD 建模, 在股骨模型上模拟手术, 通过 3D 打印制作的导板, 在术中引导骨肿瘤截骨, 术后患者随访数据显示, 无复发、感染及断裂等现象发生, 说明个性化 3D 打印导板运用至股骨肿瘤术中可以明确手术骨折复位位置, 并增加手术精确度且提高手术效率。在口腔临床上 Mehmet Emin 等[20]做了一个前瞻性的口腔外科手术, 通过对 12 例下颌前突或上颌后移的患者扫描三维 CT 数据, 导入计算机中运用 CAD 软件制作三维模型, 再通过 Spectrum Z5 10 3D 彩色打印机得到三维模型, 术前评估截骨术后近端和远端下颌骨之间的关系, 提高了手术的精确性, 但比较耗费时间和成本。

3.2. 医学教学模型

现代医学的教育模式多与计算机辅助手段相结合, 这种方式能够调动学生学习的积极性, 提高学生的分析能力。赵珍珍等[21]在临床教学中借助 3D 打印技术, 将肿瘤模型个体化打印出来, 将人体内部情况变得直观起来, 学生能更好的结合患者临床体征及影像学资料, 深刻的理解病例, 另一方面也便于与患者及其家属沟通, 从而患者及其家属能进一步了解病情、手术、手术风险和并发症。章浩等[22]利用

3D 打印技术根据患者脊柱损伤的情况制造出不同层次的脊柱模型, 进而对受训人群分层培训, 解决了以往椎弓根螺钉置钉术在临床手术训练和尸体标本训练不足的问题, 有助于建立椎弓根螺钉置钉术的培训体系, 便于该技术被更多医生掌握。总之, 借助于 3D 打印模型, 将 CT、MRI 数据等转化为实体模型, 再通过实体模型对 CT、MRI 的阅片反馈, 可以有效的增加学生学习的主动性, 提高学习效率和对手术的理解[23], 这也表明了未来医学教育的方向, 就是更加立体化、精确化、个性化。

3.3. 3D 生物打印

3D 生物打印技术是基于组织工程学与 3D 打印技术结合而的新型技术, 支架材料是组织工程学的灵魂, 它是细胞获取养分再生长的基地, 细胞附着在支架上逐渐形成新的组织和器官, 而支架便随着组织的形成慢慢消失降解, 为实现这个功能, 就要求支架是多孔的, 并且由天然生物材料和人工合成高分子材料组合而成[24]。3D 打印技术通过计算机 CAD 预先构建好支架内部结构、细胞与孔径的连接, 再将打印机装入配比好的细胞液体材料, 经过不同的墨盒槽将细胞、营养成分和支架都按比例进行装配[25]。基于这种制造理念, Birgit H 等[26]通过 3D 打印制备了具有多个分支和自定义毛孔的管状结构, 使内皮细胞粘附, 从而实现了毛细血管内壁的生物特性, 这种人造血管为体外组织器官的打印和个性化医疗提供了很好的前景。但是在保持细胞活性、维持组织结构稳定及打印出的组织间的物质交换等问题上还需深入研究[27]。

3.4. 药物研发

随着现代社会的发展, 患者的病情也愈发复杂, 个性化需求也愈发高涨, 3D 打印可以根据患者的年龄、代谢以及药物遗传学等因素私人订制药物, 减轻患者的药物负担及增加患者的服药依从性[28]。3D 打印可以通过 CAD 设计, 精准控制药品的滴液大小、剂量和复杂的药物缓释过程制造个性化药物, Buanz A B M 等[29]就通过熔丝沉积技术将沙丁胺醇硫酸盐成功的沉积在可食用的马铃薯淀粉膜上, 且未改变载体膜的机械性能并具有长期的稳定性。余灯广等[30]通过 3D 打印技术制备了具有药物梯度分布和表面阻释特征的给药系统, 轴向阻释层能够完全阻止药物的释放, 且径向药物可呈梯度向中心按递增分布。在儿童药剂方面, 3D 打印也颇具优势。儿童体重变化区间较大, 需要有不同剂量的药物, 且儿童服药依从性比较差, 将药物与色彩学相结合, 药物具有色彩艳丽的卡通形象便能提高儿童服药依从性[31]。

4. 3D 打印的中医运用及构思

中医领域 3D 打印的运用现今主要集中在中医骨伤小夹板的个性化制造和骨折模型教学以及中药制剂方面。丁玲等[32]通过对传统杉树皮小夹板生物力学的研究, 建立数字模型并打印出新型小夹板, 经过临床试验对比新型小夹板疗效与杉树皮夹板无异, 解决了传统杉树皮夹板的不环保、表面粗糙等缺点。费冀等[33]事先对每个真实病例打印出骨骼模型再模拟手法复位和手术操作, 最后结合影像学数据, 让学生们充分了解病例。此方法调动了学生的主动学习知识的积极性, 将理论知识和实践相结合。3D 打印在中药制剂方面的优势则体现在可以个性化的制药, 将中药粉末与黏合剂逐层叠加打印, 把具有挥发性的药物通过 CAD 模型设计放置在药物中间, 减少此类药物挥发[34], 这种制药模式可解决传统汤剂不方便煎煮、携带、储存方面的问题, 也能解决粉剂药无法加入鲜品药物、易挥发的缺点, 同时丸剂也能减少其他辅料的添加。

5. 结论

笔者认为 3D 打印具有个性化、便捷性、精准化等优势, 在中医器械领域具有很好的发展前景。这是一个很好的将想法变为现实的技术, 在传统中医医疗器械现代化研究中, 可以很好的利用此项技术,

小规模打印, 精确化的改良。例如中医刮痧板的制造, 通过 3D 打印的方式根据不同患者的身体数据打印出患者的专属刮痧板, 通过 3DP 技术也能将其他药物成分混合在刮痧板中, 既能够增加个性化服务也能加强疗效; 也可将人体上肢进行刚体化建模, 构建机械臂, 再 3D 打印出人体肌肉、皮肤附着在机械臂上, 从而使机械臂具有仿真性, 为推拿手法量化做出贡献; 在个性化罐疗仪的制造中, 罐口通过采集患者局部身体数据个性化打印, 将数据采集模块添加至罐体内, 便可采集拔罐治疗过程中的罐体内部温度、负压等一系列数据, 为临床和科研提供帮助。以上都是笔者一些小想法, 希望能达到抛砖引玉的效果, 使医学爱好者能了解这项技术, 使用好这门技术。

基金项目

上海市中医药科技创新项目(ZYKC201602007): 基于脉动气流技术开发推拿和罐疗功能一体化治疗仪。

参考文献

- [1] 王运赣, 王宣. 三维打印技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.
- [2] 刘光富. 快速成形与快速制模技术[M]. 上海: 同济大学出版社, 2004.
- [3] 伍咏晖, 李爱平, 张曙. 三维打印成形技术的新进展[J]. 机械制造, 2005, 43(12): 62-64.
- [4] 黄树槐, 肖跃加, 莫健华, 等. 快速成形技术的展望[J]. 中国机械工程, 2000, 11(1): 195-200.
- [5] 杜宇雷, 孙菲菲, 原光, 等. 3D 打印材料的发展现状[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2014, 29(1): 20-24.
- [6] 周鹏, 郭龙, 赖书城, 等. 光固化 3D 打印快速成型技术[J]. 物联网技术, 2017, 7(4): 97-98.
- [7] 何岷洪, 宋坤, 莫宏斌, 等. 3D 打印光敏树脂的研究进展[J]. 功能高分子学报, 2015, 28(1): 102-108.
- [8] 王延庆, 沈竞兴, 吴海全. 3D 打印材料应用和研究现状[J]. 航空材料学报, 2016, 36(4): 89-98.
- [9] 郑东果. 关于分层实体制造技术的研究状况报告[J]. 时代农机, 2013(9): 90-91.
- [10] 潘琰峰, 沈以赴, 顾冬冬, 胥橙庭. 选择性激光烧结技术的发展现状[J]. 工具技术, 2004, 38(6): 3-7.
- [11] 王运赣. 快速成形技术[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.
- [12] 赵萍, 蒋华, 周芝庭. 熔融沉积快速成型工艺的原理及过程[J]. 机械制造与自动化, 2003(5): 17-18, 23.
- [13] Tarafder, S., Balla, V.K., Davies, N.M., et al. (2013) Microwave-Sintered 3D Printed Tricalcium Phosphate Scaffolds for Bone Tissue Engineering. *Journal of Tissue Engineering & Regenerative Medicine*, 7, 631-641. <https://doi.org/10.1002/term.555>
- [14] 曹雪飞, 宋朋杰, 乔永杰, 甄平. 3D 打印骨组织工程支架的研究与应用[J]. 中国组织工程研究, 2015(25): 4076-4080.
- [15] 邓滨, 欧阳汉斌, 黄文华. 3D 打印在医学领域的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志, 2016, 33(4): 389-392.
- [16] 张海荣, 鱼泳. 3D 打印技术在医学领域的应用[J]. 医疗卫生装备, 2015, 36(3): 118-120.
- [17] 周伟民, 闵国全, 李小丽. 3D 打印医学[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2014, 4(1): 58-62.
- [18] Liu, F.H. (2014) Fabrication of Bioceramic Bone Scaffolds for Tissue Engineering. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23, 3762-3769. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-1142-1>
- [19] 马立敏, 张余, 周焯, 周霞, 夏虹, 蓝国波. 3D 打印技术在股骨远端骨肿瘤的应用[J]. 中国数字医学, 2013(8): 70-72.
- [20] Mavili, M.E., Canter, H.I., Saglam-Aydinatay, B., Kamaci, S. and Kocadereli, I. (2007) Use of Three-Dimensional Medical Modeling Methods for Precise Planning of Orthognathic Surgery. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 18, 740-747. <https://doi.org/10.1097/scs.0b013e318069014f>
- [21] 赵珍珍, 杨超. 3D 打印在肿瘤外科临床教学中的应用探讨[J]. 中国继续医学教育, 2018(29): 53-55.
- [22] 章浩, 郑兴锋, 史晓辉, 白一帆, 李亚楠, 杨宗德. 基于 3D 打印的椎弓根螺钉置钉技术教学体系的构建及评价[J]. 中国继续医学教育, 2018, 10(21): 25-27.
- [23] 周悦, 黄华兴, 王巍, 王伟, 骆金华. 3D 打印技术在外科临床教学中的应用[J]. 南京医科大学学报(社会科学版),

2015(6): 504-506.

- [24] 房瑞, 许零, 陈欣, 魏世成. 组织工程皮肤支架材料和种子细胞的研究进展[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(47): 9329-9333.
- [25] 石静, 钟玉敏. 组织工程中 3D 生物打印技术的应用[J]. 中国组织工程研究, 2014(2): 271-276.
- [26] Birgit, H., Sascha, E., Wolfdietrich, M., *et al.* (2016) Blood-Vessel Mimicking Structures by Stereolithographic Fabrication of Small Porous Tubes Using Cytocompatible Polyacrylate Elastomers, Biofunctionalization and Endothelialization. *Journal of Functional Biomaterials*, 7, pii: E11. <https://doi.org/10.3390/jfb7020011>
- [27] 吴明明, 林子锋, 程德林, 潘浩波, 阮长顺. 生物打印技术在组织与器官修复中的应用进展[J]. 集成技术, 2018, 7(1): 60-68.
- [28] Ursan, I., Chiu, L. and Pierce, A. (2013) Three-Dimensional Drug Printing: A Structured Review. *Journal of the American Pharmacists Association*, 53, 136-144. <https://doi.org/10.1331/JAPhA.2013.12217>
- [29] Buanz, A.B.M., Saunders, M.H., Basit, A.W., *et al.* (2011) Preparation of Personalized-Dose Salbutamol Sulphate Oral Films with Thermal Ink-Jet Printing. *Pharmaceutical Research*, 28, 2386-2392. <https://doi.org/10.1007/s11095-011-0450-5>
- [30] 余灯广, 刘洁, 杨勇, 杨祥良, 徐辉碧. 三维打印成形技术制备药物梯度控释给药系统研究[J]. 中国药理学杂志, 2006, 41(14): 1080-1083.
- [31] 孙慧娟, 李大伟, 张菊红, 王明森, 张建强. 三维打印技术在制药领域中的应用[J]. 中国药师, 2016, 19(11): 2124-2127.
- [32] 丁玲, 李远艺. 3D 打印小夹板应用于 Colles 骨折临床研究[J]. 山东中医杂志, 2018, 37(2): 123-125.
- [33] 费冀, 张开伟. 结合 3D 打印技术案例式教学法在中医骨伤科教学中的应用[J]. 贵阳中医学院学报, 2018, 40(2): 71-74.
- [34] 杜光, 孙明辉, 尹雄章. 中药挥发油在制剂中的几种处理方法[J]. 时珍国医国药, 2003, 13(3): 150-151.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2166-6067, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: tcm@hanspub.org