

3D 打印快速成型技术在泌尿外科领域中的应用进展

朱陈辉,余刚,杨水华,黄海文,吕王华

(湛江中心人民医院泌尿外科,广东 湛江 524037)

摘要:随着科学技术的发展,3D 打印技术在医学领域的应用已成为近年来研究的热点,该文通过对 3D 打印原理与材料及其在泌尿外科领域的临床运用等方面进行综述,结合国内外文献资料总结其在泌尿外科领域的应用现状及对未来的展望。

关键词:3D 打印技术;泌尿外科;手术规划;医患沟通

doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2017.07.003

Application of three-dimensional printing rapid prototyping technology in the field of urology

ZHU Chenhui, YU Gang, YANG Shuihua, HUANG Haiwen, LYU Wanghua

(Department of Urology, The Central People's Hospital of Zhanjiang, Zhanjiang, Guangdong 524037, China)

Abstract: With the development of science and technology, 3D printing technology in the medical field has become a hot research in recent years. This paper summarized the principle and material of 3D printing and its clinical application in the field of urology. By combining with domestic and foreign literature to summarize its application status in the field of urology and future prospects.

Key words: 3D printing technology; Urology; Surgery planning; Patient communication

3D 打印快速成型技术是通过使用计算机辅助设计软件来创建实物的技术。近年来,随着科技材料、影像学技术及计算机图像处理技术的发展,3D 打印技术得到了广泛的普及,在医学领域如组织和器官的制造、假肢的定制、植入物和解剖模型等方面具有很大的应用价值和发展前景^[1]。目前 3D 打印快速成型技术已成为泌尿外科领域研究和关注的热点,笔者就 3D 打印原理与材料及其在泌尿外科领域的临床运用等方面进行综述,结合国内外文献资料总结其在泌尿外科领域的应用现状及对未来的展望。

1 3D 打印的原理、步骤及材料

1.1 3D 打印的原理 3D 打印技术是一种快速发展的技术,有望在医学诊断与治疗中发挥着重要的作用。3D 打印属于快速成型技术,它是计算机数字模型文件为基础,按照“分层制造、逐层叠加”原理,将粉末金属或高分子塑料等可黏合材料通过 3D 打印系统逐层精确地打印叠加最终获得任意复杂形状产品的新型数字化成型技术^[2]。

1.2 3D 打印流程 目前 3D 打印技术应用于医学模型的制造过程包括多个步骤:(1)对需要打印的

组织行 CT 或磁共振或像(MRI)检查,从 CT 或 MRI 图像中提取数据图像以 DICOM 格式保存;(2)运用 Mimics 软件处理系统对断面图像分割处理,使用阈值与区域生长的分割方法提取打印组织,然后经过拉普拉斯平滑处理并以 STL 格式传导到 3D 打印机;(3)3D 打印机完成模型打印后需要 4~6 h 使模型干燥稳定;(4)将特定物质完整的覆盖在模型表面便于被模型吸收。模型渗透是为了避免相邻组织间黏连和弹性不足。相比于二维成像,三维模型对解剖结构的测量更加精确,3D 打印技术在水平方向和垂直方向的分辨率可达 0.01 mm 和 0.2 mm 模型,符合原始图像数据的分辨率,因此,3D 打印技术已经能够满足复杂人体解剖结构打印的要求^[3]。3D 打印模型设计的基本流程图,见图 1。

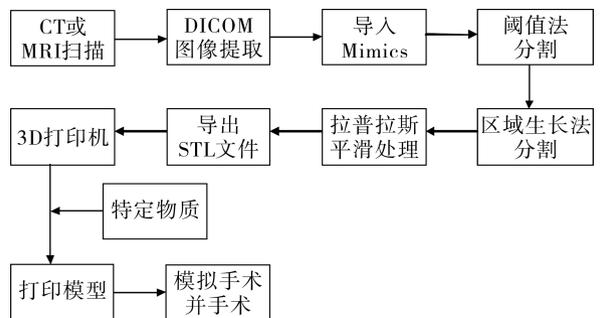


图 1 3D 打印模型设计的基本流程图

1.3 3D 打印常用的技术与材料 随着科技的发

作者简介:朱陈辉,男,硕士研究生

通信作者:余刚,男,主任医师,研究方向:泌尿系疾病,E-mail:tfdoctor@126.com

展,3D 打印技术已经逐步在医学领域发挥着重要的作用,目前已应用于人体组织缺损的修复、制作手术及教学的解剖模型、个体化定制假体器官等,在医学上,3D 打印技术可以根据技术类型、使用材料、沉积过程等进行分类,3D 打印技术类型分为立体光刻设备(SLA)、多喷印(MJP)、PolyJet 打印、数字光处理(DLP)、选择性激光烧结(SLS)、直接金属激光烧结(DMLS)、彩色喷墨打印(CJP 或黏合剂喷射)、熔融沉积成型(FDM)、分层实体制造和电子束熔化。3D 打印材料分类包括热塑性塑料、金属粉末、陶瓷粉末、共晶金属、合金金属、光聚合物、纸、金属箔、塑料薄膜和钛的合金^[4]。

2 3D 打印技术在泌尿外科领域的应用现状

3D 打印快速成型技术是近年来快速发展的一项新技术,由于其精确度高、操作方便、效率高,3D 打印技术在各个领域受到越来越多的关注。近年来,许多国家正在试行建立一个 3D 打印行业和将这技术应用到各个领域,包括商务、机械工程和医药等^[5]。随着影像学技术、数字化医学和材料工程学的不断发展,目前已成功应用于医学多个领域,如骨科^[6]、整形外科^[7]及心脏肿瘤^[8]等。在泌尿外科以往的临床实际工作中,只能通过 X 光、静脉肾盂造影(IVP)、CT 等影像学资料对泌尿外科手术进行术前分析和设计,但这些影像学资料在反映病变部位及周围组织严重程度和解剖学畸形方面缺乏直观和精准性,因此外科手术的成功往往是需依赖于手术医生对术中探查病变情况和丰富的临床实践经验,若术前及术中中对病变部位的判断不准确,可能会直接影响到手术的治疗效果和手术的安全性、成功率。目前 3D 打印技术可根据病人术前的三维影像学资料,如 MRI、CT 等,可直接、精准地打印病变模型和手术区域的解剖结构,在外科手术领域中为病人提供“量身定制”高精度手术方案和植入体,从而提高复杂性较高的外科手术的成功率,制定更加准确的手术方案及提前评估术中可能存在的风险和做好术中应急方案,并可为外科医生在实物模型上进行手术规划及手术训练,使手术变得更加轻松和成熟,从而缩短手术时间,降低手术风险和失败率。3D 打印技术的成熟与发展,给我们泌尿外科疾病的病人带来了福音。

2.1 3D 打印技术在肾结石治疗中的应用 肾结石是泌尿外科的常见疾病之一,在泌尿外科住院病人当中占居首位。对于肾结石的治疗方法有药物排石、体外冲击波碎石、传统的肾切开取石术和经皮肾镜碎石取石术等,目前经皮肾镜碎石取石术是

临床上处理复杂性肾结石的重要手术方法。成功建立经皮肾镜穿刺通道是经皮肾镜碎石取石术的重点环节和难点,其影响到取石成功率的高低。临床上最常用于建立经皮肾镜穿刺通道的引导方法主要是 X 光定位和 B 超定位,但它们均有各自的不足。X 光定位所获得的图像是二维平面图,没有立体感,不易把握穿刺的角度,此外,医师及病人存在放射线暴露的风险,B 超定位的清晰度欠佳,不宜用于设计最佳的穿刺通道,易出现气胸等并发症。在临床实践当中,医师可通过 3D 打印技术获得三维立体的肾结石模型,根据模型可于术前进行多角度及多方位地观察肾结石的位置及大小,更有利于设计出最佳的经皮肾镜穿刺通道,提高穿刺成功率和降低并发症的发生。目前在国内 3D 打印技术已应用于肾结石领域。魏晓松等^[9]成功打印出 15 例病人的 3D 打印结石模型,该模型准确反映出结石的大小、形状及与第 12 肋的关系。术者结合 3D 打印结石模型进行术前规划,并在经皮肾镜手术的穿刺过程中结合术中 B 超及病人相应的 3D 打印模型进行穿刺,15 例手术均顺利完成,术中出血少,无术中及术后输血者,术后病人无漏尿、高热、感染、大出血等并发症。3D 打印的结石模型能够良好地反映出结石与周围组织的关系,并在经皮肾镜手术术前规划及手术过程中起到一定的作用,同时可以作为经皮肾镜手术术前医患沟通的有效工具。

2.2 3D 打印技术在肾肿瘤治疗中的应用 肾细胞癌是起源于肾实质泌尿小管上皮系统的恶性肿瘤^[10],在泌尿系肿瘤之中,肾肿瘤是最致命的,5 年生存率低,仅为 65%^[11]。因此术前对肾肿瘤的解剖及毗邻的清晰认识与手术规划,对提高肾肿瘤的诊治及病人的生存率至关重要。随着 3D 打印技术的发展,目前在医学领域的应用也越来越普及,在肿瘤领域也扮演着重要的角色。利用 3D 打印技术可以制造出与病人体内实际情况完全一致的肿瘤模型等,通过模型能清楚地观察现肿瘤的大小及与周围组织的关系,能更好的进行术前手术规划、术前风险评估以及充分的医患沟通^[12]。Zhang 等^[13]利用 3D 打印技术通过对 CT 数据的处理建立了 t1n0m0 肾肿瘤模型,进行了手术计划和培训,并提高了病人对腹腔镜微创技术的理解,表明了 3D 打印技术在泌尿外科领域具有很大的临床应用前景。葛宏伟等^[14]成功打印出 10 例病人的肾脏 3D 模型,肾脏的血管、集合系统。肿瘤的大小、位置以及肾脏与肿瘤的关系均显示良好。将其应用到腹腔镜下肾部分切除术的术前规划中。在 2 例不同切面

打印的肾肿瘤模型中,可以清楚地观察到肿瘤浸润深度、肿瘤与肾盂腔、肾动静脉的关系,参与研究的泌尿外科专家和术者对模型的逼真度给予了较高的认可。2名术者使用3D打印模型进行了手术规划,认为3D打印模型能够精确显示病人的肾肿瘤大小及肿瘤周围组织和血管情况,有利于术前规划手术切除范围、预知应该规避的血管及手术的难点。特别是在处理肾门部的肿瘤时,采用3D打印模型进行术前规划对手术的帮助更大。国外学者Silberstein等^[15]以树脂为材料,利用3D打印技术于术前成功建立了5例肾肿瘤实体模型,提高了病人及医生对肾肿瘤与毗邻的正常肾实质解剖关系及对肾门结构的理解,取得良好的医患沟通及术前评估。5例病人均成功进行了肾部分切除术(4例为机器人手术和1例为开放手术),通过术前对模型及其周围毗邻关系的充分评估,术中能明显缩短肾缺血时间及手术时间。此外,学者Bernhard等^[16]利用3D打印技术,通过术前建立肾脏及肿瘤模型,提高了病人对肾脏的生理解剖、肾肿瘤的特征及手术规划与步骤的理解,表明了3D打印技术在临床的应用实践中扮演着重要的作用。

2.3 3D打印技术在肾脏移植手术中的应用 肾移植是将健康者的肾脏移植给有肾脏病变并丧失肾脏功能的病人,是目前治疗慢性肾功能衰竭的最好方法。肾移植根据供肾来源的不同,分为自体肾移植、同种肾移植和异种肾移植。在发达国家,随着人口老龄化的加重,从而加大了移植器官的需求量,但器官捐赠者的数量一直维持不变,给器官移植工作的开展带来巨大的阻碍。相比之下,在泌尿外科肾脏病的领域,慢性肾功能衰竭病人的数量一直有增无减,导致了供肾需求更加紧缺^[17]。但随着3D打印快速成型技术和打印材料的发展,目前已有学者应用3D打印技术对复杂器官的打印及应用进行了探讨,研究者展示了具有复杂血管系统的器官,如肾脏等,医生能够利用先进的3D打印快速成型技术,提取病人自身的细胞打印出一个具有错综复杂内在特征的全新器官^[18]。器官打印过程包括活细胞和其它生物材料的沉积,器官打印必须是灵活的,并能适应各种各样的材料,包括器官特异性细胞、血管、平滑肌细胞和内皮细胞。这项技术是采用病人的自身细胞,具有较好的生物相容性,能够消除免疫和移植排斥引起的并发症^[19]。我们相信随着这项技术的成熟与发展,将来在泌尿外科肾脏移植领域将会减少或消除对器官捐赠者的依赖,发生革命性的改变,给慢性肾功能衰竭病人带来希望。

2.4 3D打印技术在尿道、输尿管损伤手术中的应用 随着3D打印快速成型技术的普及与发展,很多泌尿外科问题可以通过3D打印技术来解决,除了其在泌尿外科领域如肾结石治疗、肾肿瘤治疗及肾移植手术中的应用,目前已有研究探讨其在尿道、输尿管手术中的应用,如尿道或输尿管括约肌的损伤,可以通过3D生物打印技术来替代重建。通过3D打印技术,打印出尿道或输尿管支架,用来替代治疗输尿管损伤、尿道狭窄段切除后的尿道重建,这将会提高病人的生活质量,在泌尿外科领域将会产生巨大的影响和具有潜在的价值。

3 前景与展望

总之,3D打印快速成型技术已成为泌尿外科领域研究和关注的热点,3D打印快速成型技术在泌尿外科手术前的手术方案制定、手术模拟与训练、降低手术风险、提高手术成功率以及医患沟通方面、器官打造等方面有着重要的意义。但目前仍存在许多问题需要解决,如打印价格昂贵、材料的生物相容性、打印设备的精准稳定性及无法打印复杂组织器官等,相信随着3D打印技术的普及和科学技术的进步,3D打印技术在泌尿外科领域的手术规划、器官移植及医疗教育等方面将会有着更加广阔的发展空间。

参考文献

- [1] VENTOLA CL. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses[J]. P T, 2014, 39(10): 704-711.
- [2] 孙慕松, 宫俊霞, 宋文植. 3D打印技术在生物医学领域的应用[J]. 世界复合医学, 2015, 1(2): 115-119.
- [3] 胡立伟, 钟玉敏. 3D打印技术在临床儿科学中的应用进展[J]. 中国医疗设备, 2015, 30(6): 75-77.
- [4] KIM GB, LEE S, KIM H, et al. Three-dimensional printing: basic principles and applications in medicine and radiology[J]. Korean J Radiol, 2016, 17(2): 182-197.
- [5] FULLERTON JN, FRODSHAM GC, DAY RM. 3D printing for the many, not the few[J]. Nat Biotechnol, 2014, 32(11): 1086-1087.
- [6] VEHEIJER M, VAN EIJNATTEN M, LIBERTON N, et al. A Novel Method of Orbital Floor Reconstruction Using Virtual Planning, 3-Dimensional Printing, and Autologous Bone[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2016, 74(8): 1608-1612.
- [7] CHAE MP, ROZEN WM, MCMENAMIN PG, et al. Emerging Applications of Bedside 3D Printing in Plastic Surgery[J]. Frontiers in Surgery, 2015, 223(1): 171-185.
- [8] AL JABBARI O, ABU SALEH WK, PATEL AP, et al. Use of three-dimensional models to assist in the resection of malignant cardiac tumors[J]. J Card Surg, 2016, 31(9): 581-583.
- [9] 魏晓松, 刘征, 庄乾元, 等. 3D打印技术在经皮肾镜取石术术前规划及医患沟通中的应用研究[J]. 中华泌尿外科杂志, 2015, 36(12): 881-885.