

• 综述 •

3D 打印技术在医学和泌尿外科中的应用及研究进展

汪乐轩

(延安大学附属医院, 陕西 延安)

摘要: 近年来, 3D 打印技术在医学领域得到广泛的应用, 临床上主要用于外科手术及操作的辅助, 以及医疗耗材、人体植入物的研发。随着科学水平的进步, 3D 生物打印方面亦取得了一定的进展。基于国内外的研究报道, 本文简单综述 3D 打印技术在医学领域及泌尿外科的应用及研究进展, 并做展望和总结。

关键词: 3D 打印技术; 泌尿外科; 医疗应用

中图分类号: R318.16

文献标识码: A

DOI: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2019.35.025

本文引用格式: 汪乐轩. 3D 打印技术在医学和泌尿外科中的应用及研究进展 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(35): 60-62.

Application and Research Progress of 3D Printing Technology in Medical and Urological Surgery

WANG Le-xuan

(Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an Shaanxi)

ABSTRACT: Recently, three-dimensional (3D) printing has been widely used in the medical field, which is mainly used for clinical aids in surgery and operation, as well as the development of medical consumables and human implants. With the progress of science, some progress has also been made in 3D bioprinting. The article briefly reviews the printing in medical area and urology based on literature survey.

KEY WORDS: 3D printing; Urology; Medical applications

0 引言

自上个世纪 80 年代 3D 打印技术问世以来, 这种被喻为“第三次工业革命”代表性的新型技术得到飞速发展, 与人类生活密切相关的诸多领域都可以见到它的身影。顾名思义, 3D 打印技术即通过特定的计算机软件以“分层制造、逐层增加”的方式捕获物体形态, 利用特殊的打印材料, 制作出模拟该物体的三维物理模型^[1]。由于该技术可一比一的还原某物体而制作模型, 且具有相对较高的精确性以及可以个性化制作, 3D 打印技术正在大步迈向医学领域, 尤其是外科学进军。本文将对 3D 打印技术在外科领域的应用做一简单的回顾, 并对该技术在泌尿外科上的应用及研究进展进行综述。

3D 打印技术在医学领域中的应用很广, 在外科领域的应用主要有: 一是制定初级的医学模型; 二是制作医疗器械及植入物; 三是 3D 生物工程^[2]。本文将从这三个方面依次进行综述。

1 3D 打印技术制作医学模型

1.1 医学模型在外科领域的应用

应用特殊软件对患者某部位的 CT 或 MRI 等医学数据进行处理, 由特定材料制成的该部位三维模型, 以广泛的应用于外科领域。它在术前手术方案制定、手术模拟、加强术者解剖认知以及教学方面扮演着越来越重要的角色^[3]。中南大学湘雅医院^[4]的神经外科的专家们利用 3D 打印技术将复杂的颅底复肿瘤及其周边组织结构精确复制, 制作成三维物理模型, 在术前对肿块位置、周围重要血管及组织的相对关系有了进一步的认知, 术中指导手术实施, 为手术方式提供了指示, 提高了手术的精确性, 成功完成了复杂的颅底肿瘤根治术, 证明了 3D 技术打印的医学模型在复杂的脑部手术中有重要的指导作用。王俊峰等^[5]人打印的肝脏模型, 精确反映了肿块与周围血管的关系, 指导术中避开重要的血管, 准确定位肿瘤位置, 大大提高了手术效率, 降低了患者术后并发症的发生率。Opolski 团队^[6]用液体树脂为材料打印出患者三维心脏模型, 可进行注水模拟血液流动实验以及心脏穿刺的操作, 对年轻医师的成长带来了帮助。随着人们法律意识的增强和传统观念的影响, 示教尸体资源变得越来越稀缺, 利用 3D 打印技术制造的人体标本这时就可以大显身手。周悦等^[7]利用 3D 打印的三维肺部模型对学生进行临床教学, 结果证明该种模式教学方法可充分调动学生的学习积极性, 学生对复杂及专业的肺部解剖知识有了更加清晰的认识。

1.2 医学模型在泌尿外科的应用

同样在泌尿外科, 3D 打印医学模型也受到众多业内人士的应用。例如严重危害男性身心健康的前列腺癌, 在美国高居肿瘤发病率第一位, 确诊前列腺癌的金指标是前列腺穿刺, 但目前的穿刺结果其阳性率并不高, 如何提高穿刺的阳性率是研究的重点^[8]。王燕等^[9]制作的三维前列腺模型辅助认知融合前列腺穿刺, 较传

统的超声引导穿刺, 其准确率及阳性率均得到了提升。在针对前列腺癌根治术中如何有效保留性神经的研究上, Shin 等对^[10]5 例患者制作的三维前列腺模型, 能够很大程度上反应了性神经及其周围组织的解剖关系, 对制定保留性神经的前列腺癌根治术方案上有很大的指导意义, 他们也顺利的进行了手术, 5 例患者的生活质量质量得到了提高。目前 PCNL 术是治疗复杂肾结石的主要术式, 其难点在于穿刺通道的建立。魏晓松等^[11]制作出三维结石模型辅助穿刺, 相对于 X 线及 B 超引导穿刺, 能清楚的反映结石与周围组织的解剖关系, 更易于手术医师形成准确的解剖认知, 在穿刺肾盏、穿刺点的选择及穿刺深度的把握上有了明显的提高, 最终顺利完成了 3D 打印技术辅助 PCNL 术, 手术效果良好, 术后病人顺利出院。腹腔镜下肾部分切除术对很多医师来说是一种风险较大的手术, 在如何降低手术风险方面, 李明峰教授^[12]采用 3D 技术打印的肾脏模型辅助镜下肾部分切除, 运用模型对 18 例患者进行术前手术方案制定、术中指导, 结果仅 1 例术中转为开放术式, 其余患者顺利行镜下手术, 手术的平均肾动脉阻断时间得到有效减少, 降低了手术风险的发生率, 术后所有病例肿瘤切缘均为阴性, 所有患者均未出现重大并发症且顺利出院。这些例子都证实了使用 3D 打印模型对于深化外科解剖的认知和手术操作规划十分有利。在泌尿外科教学方面, Carling 等^[13]用 3D 打印技术制作出小儿腹腔镜肾盂成型术手术模型, 对年轻医师手术技能训练带来了很大帮助, 对学生的术前宣教也起到了很好的作用。曹志强等^[14]打印的输尿管软镜训练模型, 明显缩短了年轻医师在掌握软镜碎石技能上的学习曲线, 同时也有利于制定个体化的手术方案, 提高手术效率。

2 3D 打印技术制作医疗器械及手术植入物

2.1 医疗器械及手术植入物在外科领域的应用

3D 打印技术拥有很强的定制性, 他可以因人而异的制作出符合个人的个性化医疗产品。目前, 应用较为成熟的是在骨科的置换手术上。由于个体之间的骨骼存在差异性, 标准化骨科植入物往往难以完全与患者的实际结构相吻合, 从而引起植入物功能受限、生物力学效果不佳和使用寿命偏短等报道不在少数。而 3D 打印技术可以根据不同人的骨骼特征定制个性化植入骨, 避免了上述问题。2015 年 7 月, 北京大学联合爱康宜诚医疗公司^[15]完成了我国首个 3D 打印人体植入物——3D 打印人工髌关节, 成功的为 30 例患者完成了髌关节置换术, 该产品也获得了我国国家食品药品监督管理局的注册批准。这一事件对我国 3D 打印技术在骨科领域的发展有着非同小可的意义。2016 年刘忠军教授^[16]将 3D 打印的多节段胸腰椎成功植入了一名脊髓瘤患者体内, 以此来代替被切除的病损脊椎, 这种术式在全世界也是首例。结构决定功能, 3D 打印的多微孔骨结构, 可有效加强骨的结合与愈合。由于这一特性, 他也被用于神经外科的颅骨创伤的修补, 传统的修补材料多是患者自身异位骨组织或是骨水泥、有机玻璃等。美国神经外科

医师^[17]用特殊的聚合物打印出一名需行颅骨修补术患者 75% 的颅骨,成功的完成了修补任务。这种方式不仅避免了因取自体骨带来的损伤及并发症,也降低了排斥反应或材料感染的发生率。2012 年,美国一男孩患上了罕见的先天性支气管软化症,因结构塌陷,他不能像普通人一样自主呼吸,zofp 等^[18]成功将 3D 打印的气管支架植入了小男孩体内,男孩成功的恢复了自主呼吸,几个月后,发育成型的气管组织代替了可降解的人工支架。这是世界第一例 3D 打印的气管用于临床。另外,在口腔医学的修复、纠正畸形、种植等方面,3D 打印的植入物也有用武之地,它可以个性化的制作牙骨、义齿、矫正器,满足不同人的需要,使治疗更加方便、舒适、高效。

2.2 医疗器械及手术植入物在泌尿外科的应用

3D 打印医疗器械在泌尿外科的发展尚不及骨科,目前还处于研发试验阶段,但近几年的研究还是取得了一定的进展。Del Junco^[19]利用 3D 打印技术制作出个性化的输尿管支架,将其与传统标准支架在离体猪泌尿系统上进行灌注实验,对总流量、腔外及腔内流量进行统计分析,得出的结论是 3D 打印的输尿管支架与标准支架效果相当。相信随着技术的不断升级,根据患者自身解剖特点量体裁衣,制作出的输尿管支架应用在临床中也并不遥远。Park 等^[20]人的思维更加活跃,在 Del 的基础上 3D 打印出带聚合瓣对抗反流的新型输尿管支架,在体外实验的结果表明这种新型支架有效的防止尿液逆向流动,将正向流动的减少最小化。胡桃夹综合征又叫左肾静脉压迫综合征。是左肾静脉穿过腹主动脉和肠系膜上动脉形成夹角,从而受到压迫引起的一系列临床症状。唐都医院的张波教授^[21]创新性的利用 3D 打印技术,制作出符合患者受压静脉解剖结构的钛合金多孔血管外支架,在腹腔镜下植入受压静脉上,解除了血管受压症状,为病人支撑起一条独特的生命通道。3D 打印模板引导粒子植入术治疗肿瘤也是近几年较热的话题,粒子植入治疗是早期前列腺癌的标准治疗手段之一。利用 3D 打印设计出的植入辅助模板,能提高粒子植入的精度和效率,使该操作更简便、安全,相信 3D-PT 引导的放射性粒子植入治疗会给肿瘤近距离治疗邻域带来一场革命。

3 3D 生物打印

3.1 3D 生物打印在外科邻域的研究进展

3D 生物打印是 3D 打印技术里新兴的、快速扩张的、最有发展潜力的技术邻域,被认为是 21 世纪组织工程、生物制造的新方式。3D 生物打印的“生物墨水”是由具有仿生功能的培养系统培养的干细胞,以及生长因子和营养成分构成,在配合有特殊材料制成的“打印纸”,将其连接在一起,经体外及体内的培养,形成具有一定生理功能的组织结构^[22]。美国的 Wake Forest 等^[23]利用 3D 打印技术打印人体羊水干细胞及生物胶,这是世界首次实现干细胞打印,并最终分化诱导出具有生理功能的骨组织。Duan 等^[24]利用海藻酸钠与水凝胶打印出多孔网格状支架,将主动脉瓣间质细胞和主动脉根平滑肌细胞打印在支架中,在培养的过程中,细胞的存活率达到 $92.1 \pm 2.5\%$,随着支架逐渐降解,最终形成具有仿生功能的主动脉瓣组织结构,这为患有心脏瓣膜疾病的患者带来了福音。实现器官打印的过程中必须要攻克的一个难题是人工血管,因为器官的正常运行需要动脉、静脉以及毛细血管提供物质运输来维持。虽然可用以人体的人工血管尚未出现,但该方面的研究报道不绝于耳。Lee 等^[25]以胶原、水凝胶和脐带静脉内皮细胞为基础,打印出的微血管模型,具有一定的功能特性,他不仅与天然血管的血流动力功能相似,而且还可阻拦部分大分子物质的外渗。提起 3D 打印实体功能器官,总能引起人们的眼光。由于供体器官的严重短缺是全球面临的问题,打印器官从一开始就是全球研究的焦点。美国康奈尔大学与威尔康乃尔医学院的专家们^[26]利用活细胞与特定的胶原,打印出与人耳几乎相像的人造耳,移植到人体上后,在短短几月内,器官耳增殖出软骨替代了原先定型用的胶原,达到了患者预期的效果。在复杂器官方面,美国媒体报道的一家生物公司^[27]3D 打印的迷你肝脏,可体外存活 5 天左右,并且有简单的蛋白分泌功能,可用于药物代谢相关的研究。在我国也有类似报道,清华大学与附属医院的专家们^[28]利用干细胞打印出的简易肝脏组结构,它的存活寿命超过了 28 天,也可分泌少量的 ALB 及酶物质。尽管目前国内外的研究还没有制作出真正意义上的肝脏结构,但他们在这些方面的努力已经迈出了 3D 打印肝脏重要的第一步。

3.2 3D 生物打印在泌尿外科的研究进展

生物打印最早应用于泌尿外科的研究是制作人工尿道和膀胱

^[29]。利用 3D 打印技术,将少许正常膀胱组织构建出细胞支架,通过体外细胞增殖,最终制造出定制化的人工膀胱。同样,利用 3D 打印技术构建的人工尿道也可用于替代受损的尿道。肾转移是治疗慢性终末期肾病唯一有效的办法,3D 生物打印理论上可以制作出可供移植的人工肾脏,但该方面的研究还处于起步阶段。哈佛大学生物工程教授路易斯^[30]利用 3D 打印技术成功构建了肾脏中的近曲小管,它具有与正常人体近端小管基本相同的生理功能,这种人工小管可以用于药物代谢方面的分析研究,也可以用来辅助体外透析。

4 展望

回顾 3D 打印技术近 40 年的发展历程,她在人类文明长河中留下了不可磨灭的印记,他将人类生活变得更加丰富多彩,在医学水平的进步中给予了一定的支持。3D 打印技术孕育的模型及器械已在部分学科展露锋芒,为外科技术的创新提供了方便,为患者的手术安全保驾护航,为临床教学工作开启了一扇明窗。3D 打印的人体植入物相继问世,在部分邻域甚至有了得到批准认证的商业化产品,这在外科学的发展上更是有着跨时代的意义。面对全球性的器官短缺问题,3D 生物打印器官的研究被全球寄予厚望。近年来,在打印器官的道路上我们已建立了一个良好的开端,取得了一定的成绩。但是我们离真正的人造器官还有很长的一段路要走,诸多的问题任制约着我们前进的脚步。例如 3D 打印材料的研究尚处于基础阶段,目前大部分的材料难以满足高精尖的生物工程,我们急需更安全与适印的材料出现。其次,利用 3D 打印构建的组织结构仅仅是将单一的细胞群堆砌在一起,细胞间的信号传导无法实现,人工血管也难以长入,更谈不上相应的组织功能。另外,高昂的科研经费、产业统筹规划不完善、消费市场有待拓展等等,同样也值得我们考虑。但是,面对 3D 打印技术无可比拟的特点与优势,我们有理由相信,在不久的将来,在人类不断的努力下,这些问题都会被一一突破,3D 打印器官将不再是梦,3D 打印技术也将对人类文明带来更加巨大而深远的影响。

参考文献

- [1] Ventola C L. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses[J]. P & T: a peer-reviewed journal for formulary management, 2014, 39(10):704.
- [2] Michalski M H, Ross J S. The shape of things to come: 3D printing in medicine[J]. Jama, 2014, 312(21):2213-2214.
- [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] 佚名. 全球首例 3D 打印辅助颅底肿瘤切除术成功 [J]. 透析与人工器官, 2013(4):24-24.
- [5] 王峻峰, 孙志为, 王罡, 等. 3D 打印模型在肝脏肿瘤切除手术中的应用 [J]. 中国现代医学杂志, 2017, 27(3):136-138.
- [6] polski A C, Erbano B O, Schio N A, et al. Experimental Three-Dimensional Biodel of Complex Aortic Aneurysms by Rapid Prototyping Technology[J]. 3d Printing & Additive Manufacturing, 2014.
- [7] 周悦, 黄华兴, 王巍, 等. 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.
- [8] aira A V, Merrick G S, Galbreath R W, et al. Performance of transperineal template-guided mapping biopsy in detecting prostate cancer in the initial and repeat biopsy setting[J]. Prostate Cancer & Prostatic Diseases, 2010, 13(1):71.
- [9] 王燕, 高旭, 阳青松, 等. 3D 打印技术辅助认知融合在前列腺穿刺活检术中的应用 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2016(2):104-107.
- [10] Fullerton J N, Frodsham G C, Day R M. 3D printing for the many, not the few[J]. Nature Biotechnology, 2014, 32(11):1086.
- [11] 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.
- [12] 朱陈辉, 余刚, 杨水华, 等. 3D 打印快速成型技术在泌尿外科领域中的应用进展 [J]. 安徽医药, 2017, 21(7):1176-1179.
- [13] 时佳子, 王杰, 王志向, 等. 3D 打印在泌尿外科个体化治疗中的应用 [J]. 实用医学杂志, 2015, 31(23):3957-3959.
- [14] 曹志强, 孙吉鹏, 李欣阳, 等. 3D 打印组织工程支架的构建研究进展 [J]. 解放军医药杂志, 2016, 28(11):1-5.
- [15] 张庆福, 刘刚, 刘国勤. 个体化 3D 打印钛合金下颌骨植入体的设计制作与临床应用 [J]. 口腔医学研究, 2015, 31(1):48-51.
- [16] 赵丹妹, 王春仁, 韩倩倩, 等. 3D 打印医用钛合金植入物的研究现状与进展 [J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23(3):1-5.
- [17] 王蕾, 张毅. 3D 打印技术在神经外科的应用现状与新进展 [J]. 实用医学杂志, 2018(1):1-4.
- [18] Zopf D A, Hollister S J, Nelson M E, et al. Bioresorbable airway splint

- created with a three-dimensional printer[J]. *New England Journal of Medicine*,2013,368(21):2043.
- [19] 时佳子,王杰,王志向,等.3D打印在泌尿外科个体化治疗中的应用[J]. *实用医学杂志*,2015,31(23):3957-3959.
- [20] Park C J, Kim H W, Jeong S, et al. Anti-reflux ureteral stent with polymeric flap valve using three-dimensional printing: An in vitro study[J]. *Journal of Endourology*,2015,29(8):933-938.
- [21] 王江平,焦勇,许志斌,等.腹腔镜3D打印血管外支架植入术治疗胡桃夹综合征的安全性和有效性[J]. *中华泌尿外科杂志*,2018(3).
- [22] 叶青,王文军,鱼泳,等.3D生物打印在再生医学中的应用及展望[J]. *医疗卫生装备*,2016,37(10):121-123.
- [23] De Coppi P, Bartsch G Jr, Siddiqui MM, et al. Isolation of amniotic stem cell lines with potential for therapy [J]. *Nat Biotechnol*,2007,25(1):100-6.
- [24] Duan B, Kapetanovic E, Hockaday L A, et al. 3D Printed Trileaflet Valve Conduits Using Biological Hydrogels and Human Valve Interstitial Cells[J]. *Acta Biomaterialia*,2014,10(5):1836-1846.
- [25] Lee V K, Kim D Y, Ngo H, et al. Creating perfused functional vascular channels using 3D bio-printing technology[J]. *Biomaterials*,2014,35(28):8092-8102.
- [26] 田冶,曾庆慧,胡相华,等.3D打印技术及在组织工程领域的研究进展[J]. *中国医疗器械信息*,2015(8):7-12.
- [27] 杨华瑜,廖文俊,桑新亭,等.3D打印技术在医学和肝胆外科中的应用[J]. *肝胆外科杂志*,2016,24(1):66-68.
- [28] 孔祥雪,聂兰英,肖菊姣,等.新型肝脏管道模型的数字化制造研究[J]. *中国临床解剖学杂志*,2014,32(3):256-258.
- [29] Orabi H, Bouhout S, Morissette A, et al. Tissue Engineering of Urinary Bladder and Urethra: Advances from Bench to Patients[J]. *The Scientific World Journal*,2013(1, part 2):154564.
- [30] 李客楼,李宗安,朱莉娅,等.3D打印技术在医疗领域的应用进展[J]. *机械设计与制造工程*,2016,45(9):11-16.

(上接第58页)

者血浆 hs-CRP 水平普遍升高。hs-CRP 作为一个低水平炎症的重要筛选指标,对于预测 2 型糖尿病并发动脉粥样硬化及在其治疗和预后中的监测具有重要意义^[7]。本研究发现在使用二甲双胍前维吾尔族的 hs-CRP 明显高于汉族,经二甲双胍治疗后 hs-CRP 有所下降,但是仍明显高于汉族,这或提示维吾尔族 2 型糖尿病患者并大血管病变、糖尿病肾病的机率更高。

综上所述,二甲双胍有良好的疗效和耐受性,可有效控制汉族和维吾尔族 2 型糖尿病患者的空腹和餐后血糖,降低 BMI,且对维吾尔族的疗效优于汉族。对血脂指标的改善也是维吾尔族优于汉族,并在本研究中发现维吾尔族在 BMI、餐前餐后血糖均高于汉族的情况下, TG、TC 居然均低于汉族,而 hs-CRP 水平明显高于汉族,具体原因,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] Ji L, Han P, Wang X, et al. A randomized clinical trial of the safety and efficacy of sitagliptin and metformin co-administered to Chinese patients with type 2

- diabetes mellitus[J]. *J Diabetes Investig*,2016(19):727-736.
- [2] Maruthur NM, Tseng E, Hutfless S, et al. Diabetes medications as monotherapy or metformin-based combination therapy for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Intern Med*,2016,164(11):740-751.
- [3] 王莉,顾卫琼.二甲双胍减重效应探讨[J]. *中国糖尿病杂志*,2010,18(12):949-951.
- [4] Domecq JP, Prutsky G, Leppin A, et al. Clinical review: drugs commonly associated with weight change: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Clin Endocrinol Metab*,2015(100):363-370.
- [5] Ma J, Liu LY, Wu PH, et al. Comparison of metformin and repaglinide monotherapy in the treatment of new onset type 2 diabetes mellitus in China[J]. *J Diabetes Res*,2014(2014):294017.
- [6] 苏宏,孙萌萌,赵跃萍,等.二甲双胍对 2 型糖尿病患者血浆 C 反应蛋白和血脂水平影响[J]. *临床误诊误治*,2014,27(6):96-98.
- [7] 张恩丽,岳卫平,柴华旗.2 型糖尿病肾病外周血超敏 C-反应蛋白、脂蛋白等生化指标的变化及意义[J]. *中国误诊学杂志*,2009,9(19):4558-4559.

(上接第59页)

- associated with hepatolithiasis[J]. *Journal of gastroenterology and hepatology*,2014,29(2):395-402.
- [2] Ma, W.-J., Zhou, Y., Shrestha, A., et al. Applying chemical bile duct embolization to achieve chemical hepatectomy in hepatolithiasis: A further experimental study[J]. *Journal of Surgical Research: Clinical and Laboratory Investigation*,2014,187(1):113-121.
- [3] Ye, Xiaoming, Ni, Kaiyuan, Zhou, Xiaoshuai, et al. Laparoscopic Left Hemihepatectomy for Left-sided Hepatolithiasis[J]. *Surgical laparoscopy, endoscopy and percutaneous techniques*,2015,25(4):347-350.
- [4] 刘付宝,耿小平.肝内胆管结石的病因学研究[J]. *肝胆外科杂志*,2014,22(3):227-230.
- [5] 刘启,宋福军,张黎.开腹与腹腔镜左肝外叶切除术治疗肝内胆管结石的效果比较[J]. *中国现代普通外科进展*,2016,19(8):656-657.
- [6] 余培,钟艳霞.肝内胆管结石患者行腹腔镜下肝叶切除术的临床效果研究[J]. *海南医学院学报*,2016,22(6):568-570,573.

- [7] Fang Chi-Hua, Li Gang, Wang Ping, et al. Computer-aided rigid choledochoscopy lithotripsy for hepatolithiasis[J]. *Journal of Surgical Research: Clinical and Laboratory Investigation*,2015,195(1):105-112.
- [8] 林树文,方颖华,丁新民,等.经皮经肝穿刺同期胆道镜取石治疗复发性肝胆管结石[J]. *岭南现代临床外科*,2017,17(2):189-193.
- [9] 郭跃华,张卓,马杨,等.胆道镜治疗后肝内胆管结石并狭窄 13 年经验总结附 697 例报告[J]. *中国普通外科杂志*,2014,23(2):141-146.
- [10] 黄军利,耿小平,李文岗,等.精准肝切除联合电子胆道镜在肝胆管结石治疗中的应用[J]. *中华普通外科杂志*,2015,30(6):428-431.
- [11] 杨勇,李建伟,范毓东,等.腹腔镜联合胆道镜行胆道再手术治疗肝内胆管结石的临床疗效[J]. *中华消化外科杂志*,2014,13(2):139-141.
- [12] 李嘉兴,郭永学,王金重,等.腹腔镜下硬性胆道镜气压弹道碎石在肝内外胆管结石中的应用[J]. *广东医学*,2014,35(13):2096-2098.
- [13] 李忠,左旭辉,肖越华,等.三镜(腹腔镜、胆道镜、十二指肠镜)联合治疗复杂性肝内外胆管结石的研究[J]. *肝胆外科杂志*,2015,23(1):4.