

• 血管介入 Vascular intervention •

3D 打印技术辅助治疗复杂 B 型主动脉夹层和腹主动脉瘤的治疗分析

许 果, 熊 伟, 白上林, 吴 旭, 熊 琪, 赵良鑫, 熊志阳

【摘要】目的 探讨 3D 打印技术在辅助治疗复杂 B 型主动脉夹层(SBAD)和腹主动脉瘤患者中的作用。**方法** 回顾性分析 2022 年 1 月至 2024 年 1 月绵阳四〇四医院收治 64 例复杂 SBAD 患者和 64 例腹主动脉瘤患者的临床资料。复杂 SBAD 患者中 33 例接受术前 3D 打印技术(观察组 1)、31 例采取术前常规检查(对照组 1);腹主动脉瘤患者 32 例接受术前 3D 打印技术辅助(观察组 2)、32 例采取术前常规检查(对照组 2)。分析观察组 1、观察组 2 患者经 3D 打印技术获得 3D 塑料模型不同阶段的解剖结构左右径(LR)、前后径(AP)变化;比较观察组 1 和对照组 1、观察组 2 和对照组 2 患者围术期情况。**结果** 复杂 SBAD 患者,S2(STL 模型)阶段的降主动脉膈肌水平 LR 均明显高于 S1(CTA 图)、S3(塑料模型)阶段($P<0.05$),S2 阶段的降主动脉膈肌水平 AP 高于 S3 阶段($P<0.05$);S3 阶段的头臂干 LR 均明显低于 S1、S2 阶段($P<0.05$),S3 阶段的头臂干 AP 均明显高于 S1、S2 阶段($P<0.05$),S2 阶段的头臂干 AP 高于 S1 阶段($P<0.05$);S3 阶段的左颈总动脉 LR 均明显高于 S1、S2 阶段($P<0.05$),S2 阶段的左颈总动脉 LR 高于 S1 阶段($P<0.05$),S3 阶段的左颈总动脉 AP 低于 S1 阶段($P<0.05$);S3 阶段的左锁骨下动脉 LR 和 AP 均明显高于 S1、S2 阶段($P<0.05$)。腹主动脉瘤患者,S3 阶段的瘤颈 LR、AP 均明显高于 S1 阶段($P<0.05$),S3 阶段瘤颈 AP 明显高于 S2 阶段($P<0.05$);S3、S2 阶段的瘤体 LR、AP 均明显高于 S1 阶段($P<0.05$),S3 阶段的瘤体 LR、AP 均明显高于 S2 阶段($P<0.05$);S3、S2 阶段的腹主动脉分叉 LR 均明显高于 S1 阶段($P<0.05$),S3 阶段的腹主动脉分叉 LR 均明显高于 S2 阶段($P<0.05$),S3 阶段的腹主动脉分叉 AP 均明显低于 S1 阶段($P<0.05$);S3 阶段的左髂总动脉 AP 均明显低于 S1 阶段($P<0.05$)。观察组 1 复杂 SBAD 患者的手术时间、血管腔内操作时间、住院时间均明显短于对照组 1($P<0.05$),术中出血量、对比剂用量均低于对照组 1($P<0.05$)。观察组 2 腹主动脉瘤患者的手术时间、血管腔内操作时间、住院时间均明显短于对照组 2($P<0.05$),术中出血量、对比剂用量均低于对照组 2($P<0.05$)。复杂 SBAD 患者、腹主动脉瘤患者在术后 6 个月复查时均未出现内漏、支架移位情况。**结论** 3D 打印技术有助于精准测量复杂 SBAD、腹主动脉瘤患者病变部位解剖结构,术前 3D 塑料模型预演手术可缩短手术时间、住院时间和减少对对比剂用量,且不影响手术疗效。

【关键词】 复杂 B 型主动脉夹层;腹主动脉瘤;3D 打印技术;辅助治疗;应用效果

中图分类号:R543.1;R816.2 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2025)-009-0943-07

Application of 3D printing technology in the adjuvant treatment of complex Stanford type B aortic dissection and abdominal aortic aneurysm XU Guo, XIONG Wei, BAI Shanglin, WU Xu, XIONG Qi, ZHAOLiangxin, XIONG Zhiyang. Department of Cardiac and Macrovascular Surgery, Mianyang No. 404 Hospital (Mianyang Municipal First People's Hospital), Mianyang, Sichuan Province 621000, China

Corresponding author: XU Guo, E-mail: 15908215852@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the application of 3D printing technology in the adjuvant treatment of complex Stanford type B aortic dissection (SBAD) and abdominal aortic aneurysm. **Methods** The clinical data of 64 patients with complex SBAD and 64 patients with abdominal aortic aneurysm, who

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2025.09.006

基金项目:四川省医学会 2023 年科研课题(S22055)

作者单位:621000 四川绵阳 绵阳四〇四医院(绵阳市第一人民医院)心脏大血管外科

通信作者:许 果 E-mail:15908215852@163.com

were admitted to the Mianyang No. 404 Hospital of China from January 2022 to January 2024, were retrospectively analyzed. Of the 64 patients with complex SBAD, 33 received preoperative 3D printing adjuvant treatment (observation group I) and 31 received preoperative routine examination (control group I). Of the 64 patients with abdominal aortic aneurysm, 32 received preoperative 3D printing adjuvant treatment (observation group II) and 32 received preoperative routine examination (control group II). The changes in left-right diameter (LR) and anterior-posterior diameter (AP) of anatomical structure in observation group I and observation group II were analyzed. The perioperative situations were compared between observation group I and control group I, as well as between observation group II and control group II. **Results** In patients with complex SBAD, LR of descending aorta diaphragm in S2 (STL model) was significantly higher than that in S1 (CTA image) and S3 (plastic model, $P < 0.05$), and AP of descending aorta diaphragm in S2 was higher than that in S3 ($P < 0.05$). LR of brachiocephalic trunk in S3 was significantly lower than that in S1 and S2 ($P < 0.05$), AP of brachiocephalic trunk in S3 stage was significantly higher than that in S1 and S2 ($P < 0.05$), and AP of brachiocephalic trunk in S2 was higher than that in S1 ($P < 0.05$). LR of left common carotid artery in S3 was significantly higher than that in S1 and S2 ($P < 0.05$), LR of left common carotid artery in S2 was higher than that in S1 ($P < 0.05$), and AP of left common carotid artery in S3 was lower than that in S1 ($P < 0.05$). LR and AP of left subclavian artery in S3 were significantly higher than those in S1 and S2 ($P < 0.05$). In patients with abdominal aortic aneurysm, LR and AP of tumor neck in S3 were significantly higher than those in S1 ($P < 0.05$), and AP of aneurysm neck in S3 was significantly higher than that in S2 ($P < 0.05$). LR and AP of aneurysm in S3 and S2 were significantly higher than those in S1 ($P < 0.05$), and LR and AP of aneurysm in S3 were significantly higher than those in S2 ($P < 0.05$). LR of abdominal aortic bifurcation in S3 and S2 was significantly higher than that in S1 ($P < 0.05$), LR of abdominal aortic bifurcation in S3 was significantly higher than that in S2 ($P < 0.05$), and AP of abdominal aortic bifurcation in S3 was significantly lower than that in S1 ($P < 0.05$). AP of left common iliac artery in S3 was significantly lower than that in S1 ($P < 0.05$). In the observation group I, the operation time, endovascular operation time and length of hospital stay were significantly shorter than those in the control group I ($P < 0.05$), and the intraoperative blood loss and used dosage of contrast agent were lower than those in the control group I ($P < 0.05$). In observation group II, the operation time, endovascular operation time and length of hospital stay were significantly shorter than those in the control group II ($P < 0.05$), and the intraoperative blood loss and used dosage of contrast agent were lower than those in the control group II ($P < 0.05$). In patients with complex SBAD or abdominal aortic aneurysm, there was no internal leakage or stent displacement at 6 months after surgery. **Conclusion** Adjuvant treatment with 3D printing technology is helpful for improving anatomical structure measurement of lesion sites in patients with complex SBAD and abdominal aortic aneurysm. Preoperative 3D plastic model preview surgery is helpful for shortening the operation time and length of hospital stay and reducing the used dosage of contrast agent without affecting surgical treatment effect.

【Key words】 complex Stanford type B aortic dissection; abdominal aortic aneurysm; 3D printing technology; adjuvant treatment; application effect

主动脉夹层(aortic dissection, AD)是因主动脉管壁的内膜发生破口,血液从破口进入动脉壁中层,从而形成夹层血肿,可使主动脉内膜与中膜逐渐发生剥离,形成真、假腔,AD假腔常位于主动脉弓的外侧且其口径较大,主动脉收缩时AD假腔压缩、正向血流减少,甚至出现逆向血流,形成血栓^[1-2]。AD起病急、进展迅速,经过急诊处理后需要诊断分型,以选择合适的治疗方案,复杂 Stanford B型主动脉

夹层(Stanford type B aortic dissection, SBAD)是AD高危疾病类型之一,部分患者可能出现胸腹主动脉瘤,需要尽快手术治疗^[3]。目前主要是通过术前CT、血管造影检查结果确定手术预备方案,但主动脉结构复杂且在体内行程较长,使手术预备方案与手术实际操作存在较大出入,可能会引起手术时间延长和增加重要分支血管丢失风险。因此,能在术前等比例预演手术操作对优化AD手术方案、提

高疗效非常必要。3D 打印技术又称增材制造技术,是通过计算机生成的三维模型在专业仪器上逐层堆叠材料构建物体,可辅助假体修复重建骨缺损,还可辅助提高神经母细胞瘤精准切除概率^[4-5],因此 3D 打印技术在术前计划中占有重要地位。本研究探讨 3D 打印技术在辅助治疗复杂 SBAD、腹主动脉瘤患者中的作用。

1 材料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2022 年 1 月至 2024 年 1 月绵阳四〇四医院收治 64 例复杂 SBAD 患者和 64 例腹主动脉瘤患者的临床资料。复杂 SBAD 患者均符合 SBAD 诊断标准^[6],男 53 例、女 11 例,年龄 (61.2 ± 8.3) 岁。腹主动脉瘤患者符合腹主动脉瘤诊断标准^[7],男 49 例、女 15 例,年龄 (59.8 ± 9.1) 岁。纳入标准:年龄 ≥ 18 岁;均接受手术治疗;增强 CT 清晰;CT 血管造影(CTA)数据完整;有完整的医疗记录;随访时间 ≥ 6 个月。排除标准:AD 患者为穿透溃疡性夹层、创伤性主动脉夹层或假腔完成形成血栓;腹主动脉瘤体破裂;自身免疫性疾病;凝血功能障碍或伴有严重肝肾功能障碍。65 例患者接受术前 3D 打印技术辅助,其中复杂 SBAD 患者 33 例(观察组 1)、腹主动脉瘤患者 32 例(观察组 2);63 例患者接受术前常规检查,其中复杂 SBAD 患者 31 例(对照组 1)、腹主动脉瘤患者 32 例(对照组 2)。本研究通过医院伦理委员会审核批准(2023-004)。

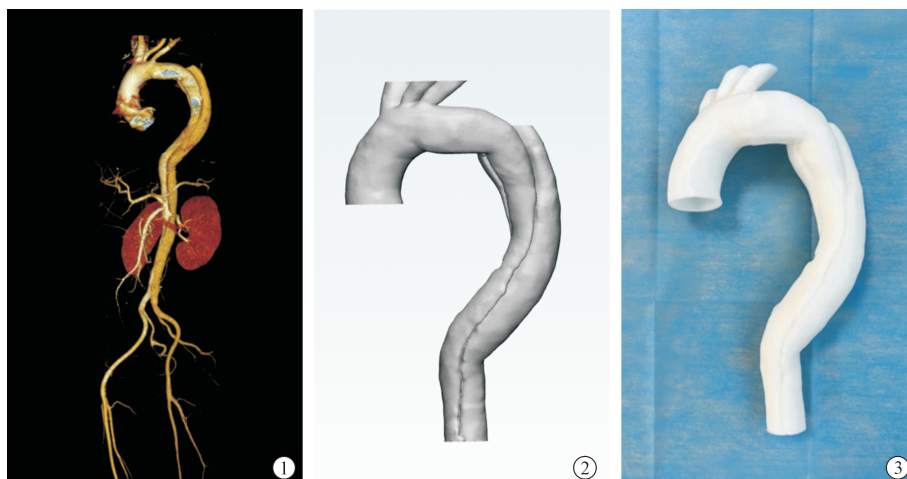
1.2 方法

所有患者术前均接受西门子 64 排螺旋 CT 采集 CTA 图像,扫描层厚 5 mm、重建层厚 0.625 mm,矩

阵 512×512 ,对比剂为碘帕醇。将所得的原始数据以 ICOM 格式导出,平台系统对数据进行处理,于计算机中生成三维模型。复杂 SBAD 患者采取胸主动脉腔内修复术治疗,腹主动脉瘤患者采取腹主动脉瘤腔内修复术治疗。

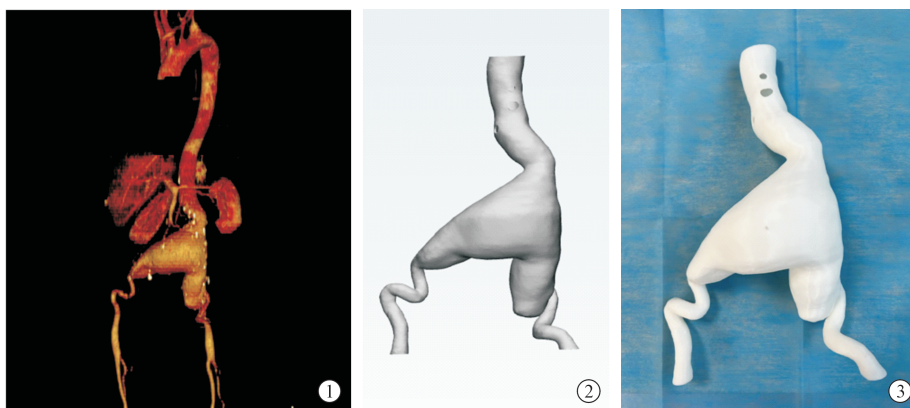
3D 打印模型制备,将 CTA 图像原始数据以 ICOM 格式导入 Mimics19.0 软件进行重建,通过自动、人工编辑方法将三维表面可视化模型转变为标准镶嵌语言格式获得三维三角网格模型,该模型文件保存为 STL 格式,然后导入 3-Matic 软件,使用平滑滤过技术多次迭代平滑处理 STL 模型血管的外壁,SBAD 可获得包含内膜片和真假腔在内的血管壁模型,腹主动脉瘤可获得包含瘤颈、瘤体、腹主动脉分叉和左、右髂总动脉、髂内动脉、髂外动脉的模型。将处理完成后的 STL 模型导入 Materialise Magics 21.0 软件进行快速成型分层、支撑物设计同时设置模型的打印方向,然后将模型的数据导入熔融沉积成型 3D 打印机进行聚乳酸材料 3D 打印获得塑料模型(图 1、图 2)。由 2 名临床经验丰富、熟悉 3D 打印技术的医生评价分析打印结果,同时协商手术方案并术前预演手术过程,标记分支血管位置、刻度尺测量血管直径和位置。

手术实施方法,患者均在全身麻醉下完成手术,切开单侧或双侧股总动脉,作为主动脉支架植入路径,上肢多采用左侧肱动脉切开。猪尾导管造影确认主动脉夹层形态或腹腔干动脉、肠系膜上动脉,双侧肾动脉开口位置及明确动脉瘤形态。置入数目不等 5 F 鞘(根据重建分支数目而定),首先应用 Simon 导管,选入需重建分支动脉内标记。释放主体支架时,支架上的开孔是通过不透射线的标记来



①术前 CTA 图;②术前 STL 格式模型;③术前 3D 塑料模型

图 1 复杂 SBAD 患者术前 3D 打印示意图



①术前 CTA 图;②术前 STL 格式模型;③术前 3D 塑料模型

图 2 腹主动脉瘤患者术前 3D 打印示意图

定位,通过微小的旋转确认使开窗位置对应好各分支动脉开口后,释放支架,从对侧股动脉放置的鞘管将导丝通过开窗或分支支架送至各需保留内脏动脉分支远端,随后更换血管长鞘沿导丝送至各内脏动脉,完全释放主动脉支架,选取裸支架或覆膜支架重建各内脏动脉。完成全部支架释放后,造影检查确定血流是否通畅。

1.3 观察指标

对 3D 塑料模型获取的不同阶段(S1:CTA 图;S2:STL 模型;S3:塑料模型)的解剖结构进行测量,包括左右径(LR)、前后径(AP)。测量 SBAD 患者的解剖位置包括升主动脉、降主动脉膈肌水平、头臂干、左颈总动脉、左锁骨下动脉,腹主动脉瘤患者的解剖位置包括瘤颈、瘤体、腹主动脉分叉、左髂总动脉、右髂总动脉。

通过医院电子病历信息管理系统对纳入患者的基本资料和围术期情况进行检索,基本资料包括年龄、性别、体质指数(BMI)、合并症(高血压、糖尿病等),围术期情况主要包括手术时间、血管腔内操作时间、术中出血量、对比剂使用量、住院时间和术后 6 个月复查情况。

1.4 统计学方法

应用 SPSS 22.0 软件分析数据。正态分布的计

量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较用单因素方差分析,两组间比较用独立样本 t 检验;计数资料以例数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 复杂 SBAD 患者 3D 塑料模型解剖结构横轴面不同阶段 LR、AP 比较

复杂 SBAD 患者降主动脉膈肌水平、头臂干、左颈总动脉、左锁骨下动脉的横轴面不同阶段 LR、AP 比较差异有统计学意义($P < 0.05$);降主动脉膈肌水平,S2 阶段的 LR 均明显高于 S1、S3 阶段($P < 0.05$),S2 阶段的 AP 高于 S3 阶段($P < 0.05$);头臂干,S3 阶段的 LR 均明显低于 S1、S2 阶段($P < 0.05$),S3 阶段的 AP 均明显高于 S1、S2 阶段($P < 0.05$),S2 阶段的 AP 高于 S1 阶段($P < 0.05$);左颈总动脉,S3 阶段的 LR 均明显高于 S1、S2 阶段($P < 0.05$),S2 阶段的 LR 高于 S1 阶段($P < 0.05$),S3 阶段 AP 低于 S1 阶段($P < 0.05$);左锁骨下动脉,S3 阶段的 LR 和 AP 均明显高于 S1、S2 阶段($P < 0.05$),见表 1。

2.2 腹主动脉瘤患者 3D 塑料模型解剖结构横轴面不同阶段 LR、AP 比较

腹主动脉瘤患者中瘤颈、瘤体、腹主动脉分叉横

表 1 33 例复杂 SBAD 患者 3D 塑料模型解剖结构横轴面不同阶段的 LR、AP($\bar{x} \pm s$)

解剖结构	LR(mm)			F 值	P 值	AP(mm)			F 值	P 值
	S1	S2	S3			S1	S2	S3		
升主动脉	32.45 ± 3.01	32.69 ± 2.71	33.12 ± 2.69	0.483	0.619	33.84 ± 2.89	34.19 ± 2.91	34.84 ± 2.65	1.069	0.347
降主动脉膈肌水平	19.11 ± 1.10	19.88 ± 1.32	18.96 ± 1.52	4.583	0.013	20.27 ± 1.38	20.81 ± 1.29	19.87 ± 1.52	3.747	0.027
头臂干	12.67 ± 0.84	12.87 ± 0.68	12.06 ± 0.87	9.156	<0.001	13.04 ± 0.73	13.42 ± 0.69	14.10 ± 0.57	21.405	<0.001
左颈总动脉	9.14 ± 0.92	10.06 ± 1.03	11.36 ± 1.08	40.702	<0.001	10.84 ± 0.87	10.56 ± 0.72	10.34 ± 0.66	3.634	0.030
左锁骨下动脉	11.17 ± 1.04	11.25 ± 0.98	11.98 ± 1.01	6.441	0.002	10.06 ± 1.12	10.46 ± 0.95	11.09 ± 1.07	8.085	0.001

轴面不同阶段 LR、AP 比较,左髂总动脉横轴面不同阶段 LR 比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);瘤颈,S3 阶段的 LR、AP 均明显高于 S1 阶段($P < 0.05$),S3 阶段 AP 明显高于 S2 阶段($P < 0.05$);瘤体,S3、S2 阶段的 LR、AP 均明显高于 S1 阶段($P < 0.05$),S3 阶段的 LR、AP 均明显高于 S2 阶段($P < 0.05$);腹主动脉分叉,S3、S2 阶段的 LR 均明显高于 S1 阶段($P < 0.05$),S3 阶段的 LR 均明显高于 S2 阶段($P < 0.05$),S3 阶段的 AP 均明显低于 S1 阶段($P < 0.05$);左髂总动脉,S3 阶段的 AP 均明显低于 S1 阶段($P < 0.05$),见表 2。

2.3 2 组复杂 SBAD 患者基本资料比较

2 组复杂 SBAD 患者的年龄、性别、BMI 和合并症占比情况比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

2.4 2 组复杂 SBAD 患者围术期情况比较

观察组 1 复杂 SBAD 患者的手术时间、血管腔内操作时间、住院时间均明显短于对照组 1 ($P < 0.05$),术中出血量、对比剂用量均低于对照组 1 ($P < 0.05$),见表 4。术后 6 个月复查时,均未出现内漏、支架移位情况。

2.5 2 组腹主动脉瘤患者基本资料比较

2 组主动脉瘤患者的年龄、性别、BMI 和合并症占比情况比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 5。

2.6 2 组腹主动脉瘤患者围术期情况比较

观察组 2 腹主动脉瘤患者的手术时间、血管腔内操作时间、住院时间均明显短于对照组 2 ($P < 0.05$),术中出血量、对比剂用量均低于对照组 2 ($P < 0.05$),见表 6。术后 6 个月复查时,2 组腹主动脉瘤患者均未出现内漏、支架移位情况。

表 2 32 例腹主动脉瘤患者 3D 塑料模型解剖结构横轴面不同阶段的 LR、AP($\bar{x} \pm s$)

解剖结构	LR(mm)			F 值	P 值	AP(mm)			F 值	P 值
	S1	S2	S3			S1	S2	S3		
瘤颈	8.68 ± 1.01	8.84 ± 0.89	9.27 ± 1.03	3.111	0.049	7.27 ± 0.80	7.59 ± 0.76	8.19 ± 0.91	6.302	<0.001
瘤体	62.38 ± 1.22	63.03 ± 1.03	64.81 ± 1.19	38.514	<0.001	60.46 ± 1.18	61.24 ± 0.98	62.81 ± 1.20	36.262	<0.001
腹主动脉分叉	14.26 ± 0.98	14.76 ± 0.79	15.36 ± 0.84	12.716	<0.001	12.38 ± 0.76	12.16 ± 0.65	11.85 ± 0.86	3.912	0.023
左髂总动脉	13.68 ± 0.84	13.42 ± 0.92	13.15 ± 0.73	3.234	0.044	11.67 ± 0.79	11.56 ± 0.81	11.36 ± 0.72	1.318	0.273
右髂总动脉	12.59 ± 1.08	12.48 ± 1.03	12.17 ± 1.01	1.402	0.251	11.53 ± 0.87	11.42 ± 0.72	11.28 ± 0.69	0.861	0.426

表 3 2 组复杂 SBAD 患者基本资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别[例(%)]		BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	合并症[例(%)]		
			男	女		高血压	糖尿病	高脂血症
观察组 1	33	60.3 ± 9.4	27(81.82)	6(18.18)	22.43 ± 1.65	22(66.67)	10(30.30)	21(63.64)
对照组 1	31	62.2 ± 7.5	26(83.87)	5(16.13)	22.19 ± 1.49	18(58.06)	11(35.48)	23(74.19)
t/ χ^2 值		0.828	0.047	0.609	0.505	0.195	0.829	
P 值		0.411	0.828	0.545	0.477	0.659	0.362	

表 4 2 组复杂 SBAD 患者围术期情况比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间(h)	血管腔内操作时间(h)	术中出血量(mL)	对比剂用量(mL)	住院时间(d)
观察组 1	33	2.29 ± 0.42	1.24 ± 0.29	126.39 ± 13.84	149.84 ± 18.42	13.45 ± 2.29
对照组 1	31	3.16 ± 0.38	1.93 ± 0.37	142.44 ± 12.07	186.49 ± 17.39	15.98 ± 2.04
t 值		8.671	8.331	4.931	8.173	4.456
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 5 2 组腹主动脉瘤患者基本资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别[例(%)]		BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	合并症[例(%)]		
			男	女		高血压	糖尿病	高脂血症
观察组 2	32	60.9 ± 8.8	25(78.13)	7(21.88)	22.52 ± 1.28	18(56.25)	11(34.38)	17(53.13)
对照组 2	32	58.7 ± 9.4	24(75.00)	8(25.00)	21.97 ± 1.55	16(50.00)	10(31.25)	19(59.38)
t/ χ^2 值		0.971	0.087	1.548	0.251	0.071	0.254	
P 值		0.335	0.768	0.127	0.616	0.790	0.614	

表 6 2 组腹主动脉瘤患者围术期情况比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间(h)	血管腔内操作时间(h)	术中出血量(mL)	对比剂用量(mL)	住院时间(d)
观察组 2	32	2.51 ± 0.39	1.12 ± 0.25	140.36 ± 16.73	157.36 ± 15.21	12.36 ± 2.08
对照组 2	32	3.44 ± 0.51	1.86 ± 0.42	152.99 ± 13.92	177.72 ± 13.62	15.63 ± 2.89
<i>t</i> 值		8.194	8.564	3.283	5.641	5.195
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001

3 讨论

3D 打印技术能够对内部空穴、细小管道等复杂形状进行精确制造,可以实现个性化定制,并且设计便携和可持续发展,能提高资源利用率,在多个领域具有广泛的运用前景及价值^[8-9]。复杂 SBAD 若未及时采取相关治疗措施,患者病死率可达 71%,即使内科对症治疗后患者 5 年存活率也仅有 60%^[10],故需要尽早采取胸主动脉腔内修复术治疗。腹主动脉瘤虽然不是肿瘤,但破裂后可引起出血休克,危及患者生命^[11]。

腔内修复术治疗具有创伤小、恢复快等优势,已逐渐成为主动脉疾病的主要外科术式^[12]。虽然腔内修复术可在血管造影监测下完成,但无论是复杂 SBAD,还是腹主动脉瘤均存在较大手术难点,如存在累及患者弓上分支的胸主动脉夹层、破口位置时,需要对术前开窗位置以及手术所需支架进行精确判断,这在 3D 技术问世前难以做到。

本研究将 3D 打印技术用于复杂 SBAD、腹主动脉瘤患者术前辅助检查,并测量其病变部位不同阶段的解剖学变化,结果发现复杂 SBAD 患者的降主动脉膈肌水平、头臂干、左颈总动脉、左锁骨下动脉的横轴面不同阶段 LR、AP 存在明显差异,3D 塑料模型阶段时复杂 SBAD 患者的降主动脉膈肌水平的 LR、AP 明显降低,头臂干 LR 降低,头臂干 AP 升高,左颈总动脉、左锁骨下动脉 LR 及左锁骨下动脉 AP 升高,左颈总动脉 AP 降低;同时还发现腹主动脉瘤患者中瘤颈、瘤体、腹主动脉分叉横轴面不同阶段 LR、AP 和左髂总动脉横轴面不同阶段 LR 也存在明显差异,3D 塑料模型阶段的腹主动脉患者的瘤颈、瘤体的 LR、AP 明显升高,腹主动脉分叉的 LR 升高,腹主动脉分叉的 AP 和左髂总动脉 LR 降低,以上结果与文献^[13]研究结果相似,说明 3D 打印获得塑料模型可以准确体现复杂 SBAD 患者主动脉及其分支、腹主动脉瘤患者瘤体及其周围分支动脉的解剖学变化。CTA 图阶段的解剖学 LR、AP 测量是根据 CTA 原始图进行测量,而获取的矩阵为 512 × 512,其观察解剖部位的细节呈现受到限制,使得 CTA 原始图测量结果与 3D 塑料模型的测

量结果存在差异。STL 模型阶段测量结果与其他阶段的测量结果也存在出入,这可能与需要特定的支持测量软件测量 STL 格式有关。CTA 图、3D 塑料模型测量软件为同一软件 Mimics 19.0,但该软件不能用于 STL 格式测量,所以病变部位解剖结构或分支部分的测量数据存在出入。

3D 打印技术获得模型可以等比打印出实物情况,有助于医生观察组织结构变化情况,基于此的手术预演可加深医生手术操作细节,增加腔内移植物定位准确性^[14-16]。有报道证实,3D 打印技术能提高颅内动脉瘤栓塞术中微导管塑性的准确性^[17]。本研究结果显示,无论是复杂 SBAD 患者,还是腹主动脉瘤患者,采取术前 3D 打印技术辅助的手术时间、血管腔内操作时间、住院时间均明显短于术前常规检查者,同时术中出血量、对比剂用量均减少,与文献^[18]研究结果相似。但 3D 塑料模型打印主动脉模型时间需要 6 h,不适用于病情危急需要立即手术患者^[19]。对于具备择期手术条件的复杂 SBAD、腹主动脉瘤患者,可以优先考虑术前 3D 打印技术辅助检查,有助于手术医生更加全面了解患者病情、确定开窗位置、增加支架锚定区、优化腔内治疗方案,在保证手术效果的同时还能缩短手术时间和降低对比剂消耗,符合精准治疗和个体化医疗的要求。

但本研究为回顾性研究,可控制因素有限,所得结论存在一定偏倚,今后将开展前瞻性研究来进一步验证。

[参考文献]

- [1] 郑燕纯,董柱,林金利,等. Stanford B 型主动脉夹层介入腔内隔绝治疗前主动脉 3D 打印模型的指导作用[J]. 实用医学杂志, 2024, 40: 1651-1658.
- [2] Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J 3rd, et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of aortic disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. Circulation, 2022, 146: e334-e482.
- [3] Le Huu A, Preventza O. Endovascular repair of acute type B thoracic aortic dissection[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2021, 10: 793-800.

- [4] 黄余森,莫勇新,刘 斌,等. 3D 打印技术辅助下定制型假体修复重建股骨远端骨缺损[J]. 中国微创外科杂志, 2023, 23: 939-943.
- [5] 鲍俊涛,张书峰,杨凯骅,等. 3D 打印技术在儿童腹膜后神经母细胞瘤精准切除术中的价值[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2021, 36: 1632-1635.
- [6] 中华医学会放射学分会介入学组. 中国 Stanford B 型主动脉夹层影像诊断和介入治疗临床指南[J]. 中华放射学杂志, 2023, 57: 457-473.
- [7] 张 韬,郭 伟. 腹主动脉瘤诊断和治疗中国专家共识(2022 版)[J]. 中国实用外科杂志, 2022, 42: 380-387.
- [8] Zheng R, Zhu F, Cheng C, et al. 3D Printing-assisted versus conventional extracorporeal fenestration tevar for stanford type b arteries dissection with undesirable proximal anchoring zone; efficacy analysis [J]. Heart Surg Forum, 2023, 26: E363-E371.
- [9] Kumar Gupta D, Ali MH, Ali A, et al. 3D printing technology in healthcare: applications, regulatory understanding, IP repository and clinical trial status[J]. J Drug Target, 2022, 30: 131-150.
- [10] 向东桥,郑传胜,梁惠民,等. 腔内修复术治疗 Stanford B 型主动脉夹层:单中心长期疗效分析[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39: 161-164.
- [11] Cai HB, Sun Y, Peng MS, et al. Complete endovascular repair for abdominal aortic aneurysm with concomitant aorto-left retroaortic renal vein fistula [J]. Vasc Endovascular Surg, 2022, 56: 636-640.
- [12] Gable DR, Verhoeven E, Trimarchi S, et al. Endovascular treatment for thoracic aortic disease from the Global Registry for Endovascular Aortic Treatment[J]. J Vasc Surg, 2024, 79: 1044-1056. e1.
- [13] 张文卿,杨 航,夏洪涛,等. 基于 CT 增强 3D 打印技术在腹主动脉瘤和 B 型主动脉夹层中的应用(附 2 例报道)[J]. 放射学实践, 2020, 35: 560-563.
- [14] 范泓洋,邱家伟,袁建松,等. 3D 打印技术在主动脉夹层术前规划中的应用[J]. 中华实验外科杂志, 2020, 37: 621-623.
- [15] Chen WL, Lee Y, Yang TL, et al. Advantages of 3D-printing schemes for surgical planning pertaining to thoracic endovascular aortic repairs for type II aortic dissection [J]. Asian J Surg, 2022, 45: 1629-1630.
- [16] 徐祺洋,郎德海,徐 斌. 3D 打印技术联合 CPBL 教学方法在主动脉疾病临床教学中的应用研究[J]. 中国高等医学教育, 2024: 136-138.
- [17] 张明辉,杨呈浩,陈立珂,等. 3D 打印技术辅助微导管塑形在颅内动脉瘤栓塞术中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32: 800-803.
- [18] 吴延庆,史洪涛,吴海涛,等. 3D 打印辅助技术对短瘤颈复杂腹主动脉瘤的临床应用价值[J]. 实用癌症杂志, 2024, 39: 323-326.
- [19] 吴智勇,候金承,刘雪凯,等. 3D 打印辅助体外开窗在 TEVAR 中的应用[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2022, 38: 586-589.

(收稿日期:2024-11-18)

(本文编辑:新 宇)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告
《Journal of Interventional Radiology》
网址: www.cjir.cn
邮箱: jrfsxzz@vip.163.com