

数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术治疗中的临床研究分析

刘 静 宋昫晏 王明蕾 于春华 张孝峰 (通讯作者)

青岛市城阳区人民医院妇科 山东 青岛 266109

【摘要】目的: 分析数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术治疗中的临床研究。方法: 本研究选取 2022 年 3 月-2022 年 10 月在我院收治就诊的早期宫颈癌患者 40 例为研究对象。随机分对照组 20 例, 实验组 20 例, 对照组采用宫颈癌根治术; 实验组采用数字化 3D 重建与打印技术治疗术。比较两组患者临床症状。结果: 与对照组相比, 实验组手术时间、术中出血量降低, 具有统计学差异 ($P<0.05$), 实验组患者术中输血率、术后输血率降低, 但两组相比无差异性 ($P>0.05$); 与对照组相比, 实验组术中肠道损伤、术中输卵管损伤低于对照组 ($P<0.05$); 与对照组相比, 实验组术后胃肠排气时间、术后住院时间、住院费用低于对照组 ($P<0.05$); 与对照组相比, 实验组患者尿潴留、肠梗阻、淋巴囊肿、肺栓塞、感染及切口愈合不良、神经损伤总发生率低于对照组 ($P<0.05$); 与对照组相比, 实验组临床疗效高于对照组 ($P<0.05$)。结论: 数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术治疗中, 可减少术后并发症发生率及术中创伤概率, 加快患者的恢复进程, 具有较高的临床应用价值。

【关键词】: 3D 重建; 宫颈癌; 手术; 数字化; 淋巴囊肿; 神经损伤; 围术期; 影像检查

DOI:10.12417/2705-098X.26.12.037

引言

宫颈癌是女性生殖系统的恶性肿瘤, 该疾病发生率较高^[1]。其发病率在女性恶性肿瘤中位次较高且仅次于乳腺癌, 对女性患者的心理健康、生理以及生活质量均会造成较大影响, 严重影响女性的生命健康, 是重点关注的公共卫生防控问题^[2]。随着人们对宫颈癌筛查体系的广泛普及, 以及人乳头瘤病毒感染发生率的增多, 宫颈癌疾病的发病年龄出现较为明显的年轻化趋势, 育龄期患者占比也逐步增加^[3]。早期宫颈癌的治疗目标已从传统的根治肿瘤、延长生存转向在保证肿瘤根治性的前提下, 尽可能保留患者的生理功能、改善长期预后。宫颈癌根治术是早期宫颈癌的核心治疗手段, 可有效切除病灶、降低复发及转移风险。但传统手术依赖二维影像资料评估解剖结构, 易因盆腔解剖变异、肿瘤毗邻关系不清等问题, 增加手术中脏器损伤、出血等并发症风险。因此, 探索更精准、安全的辅助技术, 优化早期宫颈癌手术方案, 对降低手术并发症、改善患者预后具有重要的临床意义。

数字化 3D 重建与打印技术在宫颈癌手术治疗中的应用, 是精准外科理念在妇科肿瘤领域的重要实践与延伸^[4]。该技术通过将患者术前盆腔增强 CT/MRI 的二维影像数据导入专业三维重建软件, 经过阈值分割、区域增长、手动编辑等处理, 构建出包含子宫、宫颈肿瘤、周围脏器及血管的个体化三维解剖模型, 直观呈现肿瘤的大小、浸润深度、宫旁受累范围, 以及其与输尿管、膀胱、直肠等重要结构的毗邻关系, 解决了传统二维影像信息碎片化、空间辨识度不足的局限^[5]。在此基

础上, 通过 3D 打印技术制备 1:1 实体模型, 可在术前直观观察并模拟手术路径, 精准规划宫旁组织切除范围、输尿管游离长度及淋巴结清扫边界, 判断手术可能会出现难点。基于此, 本研究选取 40 例确诊宫颈鳞癌患者为研究对象, 分析数字化 3D 重建与打印技术应用于宫颈癌手术之中的应用价值, 为后续临床研究提供一定的参考数据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究选取 2022 年 3 月-2022 年 10 月在我院收治就诊的早期宫颈癌患者 40 例为研究对象。对两组患者一般资料比较, 无统计学意义 ($P>0.05$)。如表 1 所示。

表 1 两组患者一般资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	对照组	实验组	t/χ^2	P
例数	20	20		
平均年龄(岁)	36.17±4.73	36.15±4.75	0.013	0.984
病程(月)	5.37±1.26	5.35±1.23	0.050	0.960
病理(例)	鳞癌	11(55.00)	0.102	0.749
	非鳞癌	8(40.00)		

纳入标准: ①未患有其他恶性肿瘤疾病或既往病史; ②首次诊治患者并接受相关治疗, 无严重心肝肾功能障碍; ③临床

本研究得到了山东省医药卫生科技发展计划项目 (课题号: 202205010029) 的立项及支持资助。

资料完整。

排除标准：①合并有严重全身性重度感染、凝血功能障碍疾病的患者；②合并有其他恶性肿瘤病史；③合并其他妇科疾病需同时进行手术。

1.2 方法

对照组方法：采用常规宫颈癌根治术。术前以单纯 CT、MRI 二维影像资料作为辅助检查，评估肿瘤大小、浸润深度及盆腔解剖情况，制定手术方案。手术前对患者进行全身麻醉，待患者麻醉药效起效，取膀胱截石位，建立人工气腹，探查患者的腹腔、盆腔脏器组织。确认无远处转移，腹腔种植后，按照标准操作流程进行手术：依次将圆韧带与骨盆漏斗韧带离断，打开患者直肠侧间隙、膀胱侧间隙，并分离膀胱宫颈间隙与直肠阴道间隙，操作中避免损伤周围组织，完成间隙分离后，沿输尿管的走行逐层分离周围结缔组织，暴露输尿管并游离至子宫动脉水平，游离组织过程中保留输尿管周围疏松结缔组织，避免血供受损，依次离断子宫动脉、主韧带及宫骶韧带，结合肿瘤分期，切除 2~3cm 宫旁组织与 1.5~3cm 阴道上段，一并进行盆腔淋巴结清扫操作，盆腔淋巴结手术清扫范围涵盖髂总、髂内外、闭孔与腹股沟深部淋巴结。术后常规留置盆腔引流管与导尿管，使用抗感染、止血、补液及营养支持等对症治疗，严格按照操作规范流程监测并发症并及时处理。

实验组方法：采用数字化 3D 重建与打印技术。提取患者盆腔增强 CT/MRI 检查所得的 DICOM 数据，录入医学三维重建软件，经阈值分割、区域增长处理及手动编辑，精准建立等尺寸三维可视化模型，结合子宫、宫颈肿瘤、阴道、盆腹腔邻近脏器、输尿管、血管及盆腔淋巴结等关键结构。精准测量肿瘤大小、浸润深度、宫旁受累范围、输尿管走行变异及血管分支情况；将重建模型数据导入光固化 3D 打印机，采用医用光敏树脂材料打印实体模型，直观呈现肿瘤与周围重要结构的毗邻关系。结合三维重建图像与 3D 打印模型，模拟手术路径，规划宫旁组织切除范围、输尿管游离长度及淋巴结清扫边界，准确识别核心解剖标识与手术过程中的高危难点，以此定制个性化手术方案。术中，对照 3D 打印模型与实时影像，精准识别输尿管走行、血管分支及肿瘤边界，避免盲目分离导致的脏器损伤。按照术前规划路径实施精准宫旁组织切除与淋巴结清扫，在保证肿瘤根治性的前提下，减少不必要的组织创伤，降低手术并发症风险。

1.3 观察指标

(1) 两组患者围术期指标比较：统计两组患者的围术期核心指标，并进行组间比较分析，具体围术期指标涵盖：手术时间、术后输血量、术中出血量、输血量。

(2) 两组患者术中并发症比较：记录两组患者术中并发症脏器损伤情况并进行比较，包括术中肠道、输卵管损伤等发

生例数和发生率，对手术操作安全性进行评价。

(3) 两组患者住院指标比较：观察两组患者住院指标，并对其住院指标进行统计记录与组间比较分析，评价患者术后胃肠功能恢复状况。住院指标涵盖：术后胃肠排气时间、术后住院时间、住院费用。

(4) 两组患者术后并发症比较：观察两组患者术后并发症指标的发生概率并对其发生概率进行统计记录与组间比较分析。术后并发症指标涵盖：尿潴留、肠梗阻、淋巴囊肿、肺栓塞、感染及切口愈合不良、神经损伤等。

(5) 两组患者临床疗效比较：分析两组患者的临床疗效进行对比评估，临床疗效评估指标包括有效、显效、无效率及总有效率。其中，有效率指患者的主要症状完全消失，以及患者相关功能指标得到显著改善，在日常工作和生活中未出现显著影响；显效指患者的主要临床症状得到明显的缓解，以及患者相关功能指标得到改善，在日常工作和生活中无明显影响；无效指患者临床症状未得到改善甚至病情恶化，相关功能指标未出现好转，需更进一步治疗。临床疗效总有效率(%) = 有效例数 + 显效例数 / 总例数 × 100%。

1.4 统计学处理

采用统计软件 SPSS26.0 进行分析。计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示，组间比较采用独立样本 t 检验，计数资料采用百分比表示，组间比较采用 χ^2 检验， $P < 0.05$ 具有统计学差异。

2 结果

2.1 两组患者围术期指标比较

如表 2 所示，与对照组相比，实验组手术时间、术中出血量降低，具有统计学差异 ($P < 0.05$)，实验组患者术中输血量、术后输血量降低，但两组相比无差异性 ($P > 0.05$)。

表 2 两组患者围术期指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	对照组	实验组	t/x ²	P
例数	20	20		
手术时间	109.43±13.61	83.12±9.89	6.994	0.001
术中出血量	276.31±32.17	157.56±15.18	14.930	0.001
术中输血量	6(30.00)	2(10.00)	2.500	0.114
术后输血量	5(25.00)	1(5.00)	3.137	0.077

2.2 两组患者术中并发症比较

如表 3 所示，与对照组相比，实验组术中肠道损伤、术中输卵管损伤低于对照组，具有统计学差异 ($P < 0.05$)。

表 3 两组患者术中并发症比较[n, %]

组别	对照组	实验组	X ²	P
----	-----	-----	----------------	---

例数	20	20		
肠道损伤	3(15.00)	0(0.00)		
输卵管损伤	5(25.00)	1(5.00)		
总发生率	8(40.00)	1(5.00)	7.025	0.008

注：续表 3。

2.3 两组患者住院指标比较

如表 4 所示，与对照组相比，实验组术后胃肠排气时间、术后住院时间、住院费用低于对照组，具有统计学差异 ($P<0.05$)。

表 4 两组患者住院指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	对照组	实验组	t	P
例数	20	20		
术后胃肠排气时间(h)	52.37±7.12	33.76±5.68	9.138	0.001
术后住院时间(d)	8.71±1.83	5.97±1.25	5.529	0.001
住院费用(元)	63790±4520	47850±3362	12.650	0.001

2.4 两组患者术后并发症比较

如表 5 所示，与对照组相比，实验组患者尿潴留、肠梗阻、淋巴囊肿、肺栓塞、感染及切口愈合不良、神经损伤总发生率低于对照组，具有统计学差异 ($P<0.05$)。

表 5 两组患者术后并发症比较[n, %]

组别	对照组	实验组	χ^2	P
例数	20	20		
尿潴留	1(5.00)	0(0.00)		
肠梗阻	1(5.00)	0(0.00)		
淋巴囊肿	1(5.00)	0(0.00)		
肺栓塞	2(10.00)	0(0.00)		
切口愈合不良	0(0.00)	1(5.00)		
神经损伤	3(15.00)	0(0.00)		
总发生率	8(40.00)	1(5.00)	7.025	0.008

2.5 两组患者临床疗效比较

如表 6 所示，与对照组相比，实验组临床疗效高于对照组，具有统计学差异 ($P<0.05$)。

表 6 两组患者临床疗效比较[n, %]

组别	对照组	实验组	χ^2	P
----	-----	-----	----------	---

例数	20	20		
有效	8(40.00)	10(50.00)		
显效	6(30.00)	9(45.00)		
无效	6(30.00)	1(5.00)		
总有效率	14(70.00)	19(95.00)	4.320	0.037

3 讨论

宫颈癌是女性生殖系统的恶性肿瘤，该疾病发生率较高^[6]。宫颈癌以宫颈鳞状细胞癌为主，其次是宫颈腺癌，宫颈腺癌是 HPV 相关类型，早期临床特点无明显表现^[7]。近些年来，宫颈癌患者发病人群出现明显的年轻化趋势，且患者对保留生育功能、内分泌稳定等个体化需求越来越多^[8]。常规宫颈癌会干扰卵巢的血供，进而破坏内分泌的稳定性，难以满足临床需求^[9]。同时 HPV 持续感染、不良生活习惯等高危因素的广泛存在，进一步加大了疾病防控难度，已成为威胁女性健康的重要公共卫生议题^[10-11]。宫颈癌的防控也面临发病年轻化的挑战，其早期筛查、精准诊断及规范治疗是降低疾病负担、改善患者预后的关键^[12]。针对早期宫颈癌，临床治疗以手术为核心方法，其核心目前为在实现肿瘤根治的前提下，最大化保障患者的生理功能，改善患者的生活状态及质量。因此，结合数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术中，术前构建患者盆腔三维解剖模型，清晰呈现肿瘤、血管及神经的毗邻关系，可有效精准的规划切除范围，实现对重要功能结构的有效保护，显著降低手术风险。

本研究结果显示，与对照组相比，实验组手术时间、术中出血量降低，具有统计学差异，实验组患者术中输血量、术后输血量降低，但两组相比无差异性；与对照组相比，实验组术中肠道损伤、术中输卵管损伤低于对照组。出现这种情况的原因可能是数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术中，可基于患者术前 CT、MRI 影像数据构建出 1:1 还原的盆腔解剖实体模型，清晰呈现肿瘤病灶边界、血管走行及肠道、输卵管等邻近器官的空间毗邻关系，在术前完成手术路径的精准规划与模拟演练，明确关键操作步骤与风险点，减少在手术中进行查找与反复调整时间，从而有效优化手术时间^[13-14]。同时，借助 3D 模型的可视化引导，可实现对病灶的精准切除，避免对正常组织的过度剥离与血管误伤^[15-16]。此外，该技术能清晰识别并避让肠道、输卵管等脆弱结构，通过优化操作角度与分离方式，降低患者手术过程中脏器损伤的发生概率风险，患者手术的整安全性得到提高，且提升手术过程中操作的可控性。也是实验组在手术效率、出血控制及脏器保护方面均优于对照组的核心原因之一^[17-18]。

本研究结果进一步显示，与对照组相比，实验组术后胃肠排气时间、术后住院时间、住院费用低于对照组；与对照组相

比, 实验组患者尿潴留、肠梗阻、淋巴囊肿、肺栓塞、感染及切口愈合不良、神经损伤总发生率低于对照组; 与对照组相比, 实验组临床疗效高于对照组。出现这种情况的原因可能是数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术中, 实现了从术前规划到术中操作的全流程精准化管理^[19-20]。基于患者个体化盆腔解剖结构构建的 3D 模型, 不仅能清晰呈现肿瘤病灶与周围脏器、血管、神经的空间关系, 制定最优手术路径, 减少对胃肠道、膀胱、输尿管及盆腔神经丛的牵拉与损伤, 从而降低术后尿潴留、肠梗阻及神经损伤的发生风险^[21-22]。同时, 在手术期间精准的操作减少了患者的手术创伤与出血量, 有效降低患者并发症的发生率, 如感染、切口愈合不良、淋巴囊肿

^[23-24]。也降低了患者出现并发症带来的额外治疗费用, 有效控制了患者的住院成本^[25-26]。此外, 3D 打印模型辅助下的淋巴结清扫与病灶切除更为彻底, 在保证肿瘤根治性的同时, 减少了患者不必要的组织损伤情况, 进一步提高临床疗效的总有效率^[27]。这些优势共同作用, 使实验组患者在术后恢复速度、并发症控制、经济负担及临床疗效方面均表现出显著优势^[28]。

综上所述, 数字化 3D 重建与打印技术在早期宫颈癌精准手术中, 可有效缩短手术时间、减少出血与脏器功能损伤, 加快患者的恢复进程, 降低出现并发症的概率, 有效控制患者的住院成本, 提高临床疗效总有效率。

参考文献:

- [1] 向黎,刘桥梅,马灵,等.早期宫颈癌组织 HOXD3、Septin-9 蛋白表达变化及其与淋巴结转移的关系[J].中国性科学,2025,34(4):66-70.
- [2] Bogani G,Di Donato V,Scambia G,et al.Radical Hysterectomy for Early Stage Cervical Cancer[J].Int J Environ Res Public Health. 2022;19(18):11641.
- [3] Vieira-Serna S,Viveros-Carreño D,Rodríguez J,et al.Preoperative brachytherapy for early-stage cervical cancer:Systematic review and meta-analysis.Gynecol Oncol.2023;169:4-11.
- [4] Du P,Li G,Wu L,et al.Perspectives of ERCC1 in early-stage and advanced cervical cancer:From experiments to clinical applications[J].Front Immunol.2023;13:1065379.
- [5] Ryu SY,Deng W,Albuquerque K,et al.Randomized phase III trial of adjuvant radiation versus chemoradiation in intermediate-risk, early-stage cervical cancer following radical hysterectomy and lymphadenectomy:results from NRG Oncology/GOG-263/KGOG 1008[J].Ann Oncol.2025;36(12):1514-1524.
- [6] 杨翠萍,荣玲,许磊,等.3D 打印阴道柱插植在宫颈癌自适应近距离治疗的剂量学研究[J].中华放射肿瘤学杂志,2025,34(3):265-274.
- [7] Dong S,Peng YQ,Feng YN,et al.Based on 3D-PDU and clinical characteristics nomogram for prediction of lymph node metastasis and lymph-vascular space invasion of early cervical cancer preoperatively[J].BMC Womens Health.2024;24(1):438.
- [8] Hsu KF,Su JM,Huang SC,et al.Three-dimensional power Doppler imaging of early-stage cervical cancer.Ultrasound Obstet Gynecol. 2004 Nov;24(6):664-71.
- [9] Xu Q,He C,Zhu X,et al.Deep Learning and Attention Mechanism-based Prediction of Vaginal Invasion in Early-Stage Cervical Cancer. Curr Med Imaging.2025.
- [10] Heras M,Gracia M,Coronado P.Robotic radical trachelectomy in early stage cervical cancer[J].J Robot Surg.2025;19(1):361.
- [11] Liu S,Li R,Liu Q,et al.Radiomics model of 18F-FDG PET/CT imaging for predicting disease-free survival of early-stage uterine cervical squamous cancer[J].Cancer Biomark.2022;33(2):249-259.
- [12] Afanasiev MS,Dushkin AD,Grishacheva TG,et al.Photodynamic therapy for early-stage cervical cancer treatment[J].Photodiagnosis Photodyn Ther.2022;37:102620.
- [13] Taliento C,Scutiero G,Arcieri M,et al.Simple hysterectomy versus radical hysterectomy in early-stage cervical cancer:A systematic review and meta-analysis[J].Eur J Surg Oncol.2024;50(4):108252.
- [14] Bogani G,Scambia G,Maltoni M,et al.Chemo-conization in Early-stage cervical cancer >2 cm scheduled for fertility-sparing approach:an analysis of the ETERNITY project[J].Int J Gynecol Cancer.2025;35(4):101643.
- [15] Caruso G,Gaiano M,De Vitis LA,et al.Predictors of recurrence in early-stage cervical cancer without adjuvant treatment after radical surgery.Eur J Surg Oncol.2025;51(8):110121.

- [16] Gutusa F,Roets L.Early cervical cancer screening:The influence of culture and religion[J].Afr J Prim Health Care Fam Med. 2023;15(1):e1-e6.
- [17] Coronado PJ,Gracia M.Robotic radical hysterectomy after conization for patients with small volume early-stage cervical cancer[J]. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.2024;92:102434.
- [18] Wang Y,Ma B,Li W,et al.The efficacy of pre-operative conization in patients undergoing surgical treatment for early-stage cervical cancer:A meta-analysis[J].Eur J Surg Oncol.2023;49(11):106995.
- [19] Li RZ,Sun LF,Li R,et al.Survival after minimally invasive radical hysterectomy without using uterine manipulator for early-stage cervical cancer:A systematic review and meta-analysis[J].BJOG.2023;130(2):176-183.
- [20] Song YL,Li RZ,Feng BJ,et al.Survival after minimally invasive radical hysterectomy with protective colpotomy for early-stage cervical cancer:A systematic review and meta-analysis[J].Eur J Surg Oncol.2024;50(4):108240.
- [21] Manning-Geist B,Grace MA,Sonoda Y.Trachelectomy and fertility-sparing procedures for early-stage cervical cancer:A state of the science review[J].Gynecol Oncol.2024;181:179-182.
- [22] 何月明,罗锦文,张婷,等.基于 MR 超分重建图像的影像组学模型术前预测早期宫颈癌淋巴血管浸润的价值[J].放射学实践, 2024,39(9):1213-1220.
- [23] Xu M,Cao C,Wu P,et al.Advances in cervical cancer:current insights and future directions[J].Cancer Commun(Lond).2025;45(2):77-109.
- [24] 陈新丽,于艺,李秋蓉,等.早期宫颈癌保留生育功能治疗后复发风险的可解释机器学习预测模型的开发与验证[J].现代妇产科进展,2025,34(12):890-898.
- [25] 董翠翠,淡甜,赵淑华,等.机器人辅助腹腔镜手术治疗肥胖宫颈癌患者的短期疗效及生活质量分析[J].机器人外科学杂志(中英文),2025,6(9):1509-1515.
- [26] 李荣,何海燕,刘菲,等.机器人辅助广泛性子宫颈切除术对早期宫颈癌患者围手术期指标及免疫功能的影响研究[J].机器人外科学杂志(中英文),2025,6(8):1320-1324.
- [27] 张勤,周茂荣,赵子龙,等.影像学检查联合 SCC-Ag 在宫颈癌复发早期诊断中的应用价值[J].中国医疗设备,2025,40(5):165-170,182.
- [28] 郭楠,李思奕,陈霞.血清 PTPN3、DCLK1、CYFRA21-1 在宫颈癌早期诊断和预后评估中的价值[J].中国现代医学杂志, 2025,35(24):1-6.