

医工结合研究专题

男性盆腔三维数字化重建
在腹腔镜前列腺癌根治术中的应用

陆智强, 张艳斌, 席俊华, 魏 灿, 杨晓亮, 井俊峰
(安徽医科大学附属合肥医院 泌尿外科, 安徽 合肥, 230011)

摘 要: **目的** 构建男性盆腔的数字化三维模型, 探讨其在腹腔镜前列腺癌根治术中的应用价值。**方法** 选取 2019 年 11 月—2021 年 10 月就诊于安徽医科大学附属合肥医院泌尿外科的 43 例男性前列腺癌患者为研究对象, 随机分为实验组 21 例[术前基于计算机断层扫描(CT)和核磁共振成像(MRI)数据进行数字化三维重建]和对照组 22 例(采用传统二维图像进行术前规划)。比较 2 组患者的临床资料、手术指标及并发症发生率。**结果** 本研究成功重建了实验组 21 例男性患者盆腔的三维模型, 并采用不同的颜色标记各个组织, 可直观地展示膀胱、前列腺、精囊腺、骨盆、神经及血管等盆腔结构, 还具有调整组织对比度、放大或缩小模型以及旋转等功能。本研究 43 例患者均成功完成腹腔镜前列腺癌根治术, 术后病理结果均为前列腺腺癌。2 组患者临床资料比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。实验组平均手术时间短于对照组, 差异有统计学意义($P=0.010$); 2 组术中出血量、淋巴结转移率、切缘阳性率比较, 差异均无统计学意义($P=0.114, 0.705, 0.488$)。术后 1、3 个月, 实验组尿失禁发生率均低于对照组, 差异有统计学意义($P=0.026, 0.048$)。**结论** 男性盆腔结构的三维重建有助于术者规划个体化手术方案, 提高腹腔镜前列腺癌根治术的疗效, 缩短手术时间, 降低术后尿失禁的发生率。

关键词: 男性盆腔; 三维重建; 腹腔镜下前列腺癌根治术; 切缘阳性; 尿失禁

中图分类号: R 737.25; R 615 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2022)05-001-05 DOI: 10.7619/jcmp.20214552

Application of three-dimensional digital reconstruction
of male pelvic cavity in patients with laparoscopic
radical prostatectomy

LU Zhiqiang, ZHANG Yanbin, XI Junhua, WEI Can, YANG Xiaoliang, JING Junfeng
(Department of Urinary Surgery, Hefei Hospital Affiliated to Anhui Medical University, Hefei, Anhui, 230011)

Abstract: **Objective** To construct a digital three-dimensional model of male pelvic cavity and explore its value in laparoscopic radical prostatectomy. **Methods** A total of 43 male patients with prostate cancer in the Department of Urinary Surgery of Hefei Hospital Affiliated to Anhui Medical University from November 2019 to October 2021 were randomly divided into experimental group with 21 cases [digital three-dimensional reconstruction based on computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) data] and control group with 22 cases (treated with preoperative planning based on traditional two-dimensional imaging). The clinical data, surgical indexes and incidence of complication were compared between two groups. **Results** In this study, the three-dimensional models of the pelvic cavity of 21 male patients in the experimental group were successfully reconstructed, and each tissue was marked with different colors, which was able to directly display the pelvic structures such as bladder, prostate, seminal vesicle gland, pelvis, nerves and blood vessels, and also had the functions of adjusting tissue contrast, enlarging or reducing the model and rotation. All of the 43 patients in this study successfully completed laparoscopic radical prostatectomy, and all the postoperative pathological results showed they had prostate adenocarcinoma. There were no significant differences in clinical data between the two groups ($P>0.05$). The average operation time of the experimental group was significantly shorter than that of the control group ($P=0.010$); there were no significant differences in intraoperative bleeding, lymph node metastasis rate and positive rate of cutting

edge between the two groups ($P=0.114, 0.705, 0.488$). At 1 month and 3 months after operation, the incidence rates of urinary incontinence in the experimental group were significantly lower than those in the control group ($P=0.026, 0.048$). **Conclusion** Three-dimensional reconstruction of male pelvic structure is helpful for the operator to plan the individualized operation scheme, improve the curative effect of laparoscopic radical prostatectomy, shorten the operation time and reduce the incidence of postoperative urinary incontinence.

Key words: pelvic cavity in males; three-dimensional reconstruction; laparoscopic radical prostatectomy; positive for incisal edge; urinary incontinence

前列腺癌是中老年男性常见的恶性肿瘤之一,近年来其发病率呈上升趋势^[1-2]。目前,根治性前列腺切除术是局限性前列腺癌的主要治疗手段^[3],在临床上得到了广泛开展。计算机断层扫描(CT)和核磁共振成像(MRI)是前列腺癌术前规划的重要方法,可显示前列腺大小、肿瘤浸润范围等。然而,CT和MRI并不能直观地展示前列腺、骨盆、血管等重要结构,有一定的局限性。随着数字化技术的发展,基于增强CT和MRI数据构建的三维模型能立体地反映人体解剖结构,有助于术者制订术前规划方案,并已在其他临床学科广泛应用^[4-5]。本研究重建男性盆腔三维模型,探讨其在腹腔镜前列腺癌根治术中的应用价值,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年11月—2021年10月就诊于安徽医科大学附属合肥医院泌尿外科的43例前列腺肿瘤患者为研究对象,年龄64~80岁,平均 (73.44 ± 4.56) 岁。将43例患者随机分为实验组21例(术前基于CT和MRI数据进行数字化三维重建)和对照组22例(采用传统二维图像进行术前规划)。纳入标准:①术前前列腺穿刺Gleason评分 ≤ 7 分者;②临床分期为 $T_1 \sim T_2$ 期,无淋巴结和远处转移者;③有完整的病理和随访资料者。排除标准:①术前行内分泌治疗者;②伴有心脑血管严重疾病,无法耐受手术者;③有盆腔既往外伤史或手术史者。所有患者均由同一术者完成手术,手术方式采用腹腔镜下根治性前列腺切除术。

1.2 重建方法

1.2.1 影像学数据采集:①采用飞利浦多层螺旋CT获取数据。肘静脉注入造影剂后,患者行增强CT检查,包括平扫期、动脉期、静脉期、排泄

期。完成4个时相扫描后,对原始图像数据进行1 mm薄层处理^[6]。②采用西门子Skyra3.0T全身磁共振扫描仪获取数据。患者行盆腔MRI平扫,得到T1加权和T2加权的横断位、冠状位、矢状位数据,扫描层厚设置为2 mm^[6]。所有数据以dicom格式储存并拷贝。

1.2.2 三维模型重建:将实验组患者的数据导入紫薇帝星公司研发的三维重建软件中,采用阈值分割自动算法和人工分割方法进行图像重建。CT和MRI数据经过融合处理,构建出完整盆腔数字化三维模型,解剖结构包括前列腺、精囊腺、膀胱、骨盆、盆腔血管以及集合系统等。通过调整模型角度来展现所有相关解剖结构。

1.2.3 基于模型的术前规划:在软件中,术者可立体地观察目标手术区域,使用软件的测量工具测量骨盆维度参数、前列腺体积大小、凸向膀胱部分的体积、与后方直肠的相对位置、神经血管束的位置等,并据此制订手术方案。

1.3 统计学方法

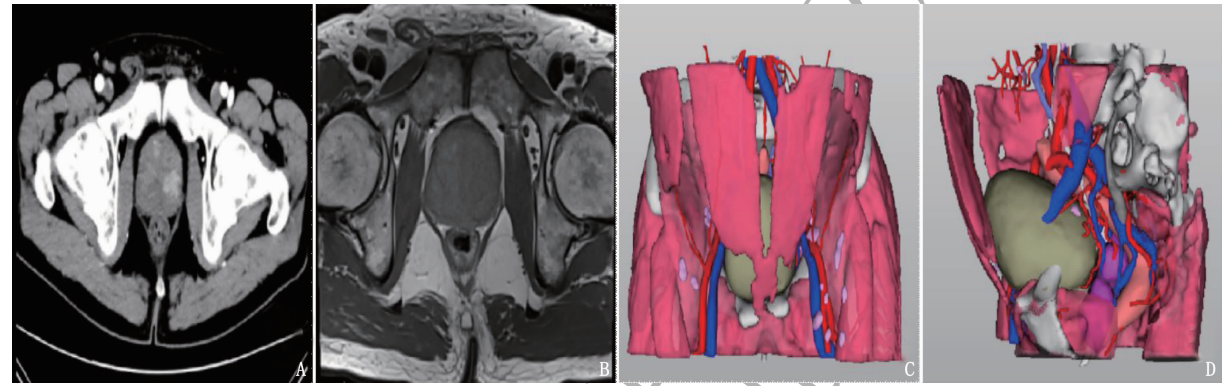
收集患者术前基本资料,包括年龄、体质指数(BMI)、前列腺特异性抗原(PSA)数值、Gleason评分等,术后参数包括手术时间、术中出血量、术后病理结果、切缘(前列腺尖部、基底部、输精管)阳性率、术后并发症发生率等。采用SPSS 20.0软件进行统计学分析,计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用 t 检验和 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究成功重建了实验组21例男性患者盆腔的三维模型,模型采用不同的颜色标记各个组织,可直观地展示膀胱、前列腺、精囊腺、骨盆、神经及血管等盆腔结构,还可以通过调整组织对比度、放大或缩小模型以及旋转等功能,帮助术者在术前掌握患者的精细解剖结构,制订术前规划方

案。见图1。本研究43例患者均成功完成腹腔镜前列腺癌根治术,无中转开放手术患者,术中未发生严重并发症,术后病理结果均为前列腺腺癌。2组患者临床资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表1。实验组平均手术时间短于对照组,差异有统计学意义($P=0.010$);2组术中出血量、淋巴结转移率、切缘阳性率比较,差异

均无统计学意义($P=0.114、0.705、0.488$)。见表2。术后1、3个月,实验组尿失禁发生率均低于对照组,差异有统计学意义($P=0.026、0.048$)。见表3。2组耻骨结节凸出患者的三维模型见图2;前列腺中叶凸向膀胱患者的三维模型见图3;神经血管束重建的三维模型见图4。



A: 原始 CT 图像; B: 原始 MRI 图像; C: 整体模型; D: 局部模型。

图1 前列腺癌三维模型

表1 2组患者临床资料比较($\bar{x} \pm s$)

临床资料	实验组($n=21$)	对照组($n=22$)
年龄/岁	74.05 ± 4.41	72.86 ± 4.72
体质量指数/(kg/m ²)	24.30 ± 3.66	24.15 ± 2.56
前列腺特异性抗原/(ng/mL)	28.58 ± 9.96	24.98 ± 11.60
Gleason 评分/分	6.76 ± 0.70	6.59 ± 0.50

表2 2组患者手术指标比较($\bar{x} \pm s$) [$n(\%)$]

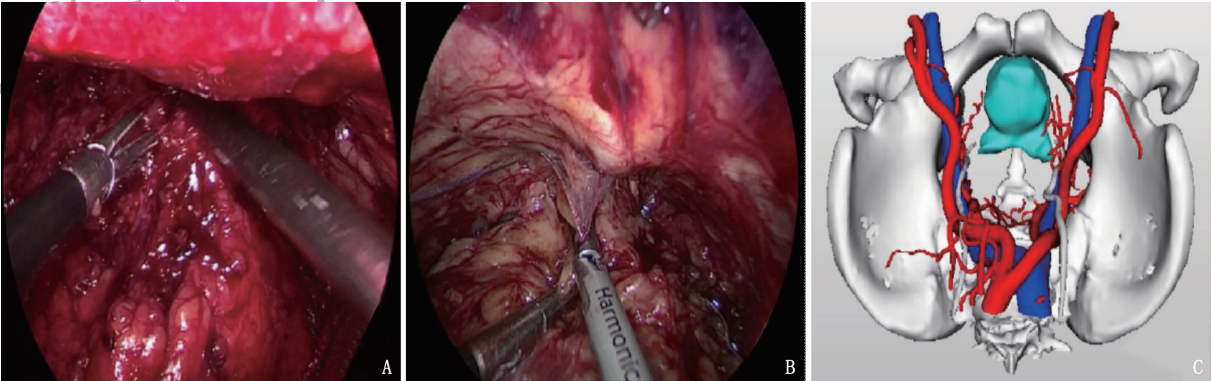
手术指标	实验组($n=21$)	对照组($n=22$)
手术时间/min	159.43 ± 23.18*	181.41 ± 29.86
术中出血量/mL	247.62 ± 95.49	295.45 ± 98.69
淋巴结转移	2(9.52)	4(18.19)
切缘阳性	0	2(9.10)

与对照组比较, * $P<0.05$ 。

表3 2组术后并发症发生情况比较 [$n(\%)$]

组别	n	肺炎	盆腔感染	漏尿	尿失禁		肠道损伤
					术后1个月	术后3个月	
实验组	21	1(4.76)	1(4.76)	0	3(14.29)*	0*	0
对照组	22	3(13.64)	2(9.10)	1(4.45)	10(45.45)	5(22.73)	0

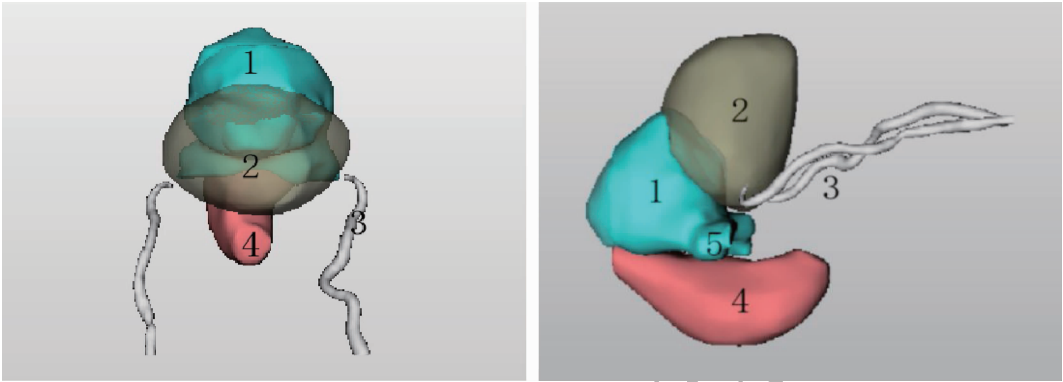
与对照组比较, * $P<0.05$ 。



A: 对照组1例耻骨结节凸出患者的三维模型; B: 实验组三维术前规划后1例耻骨结节凸出患者的三维模型;

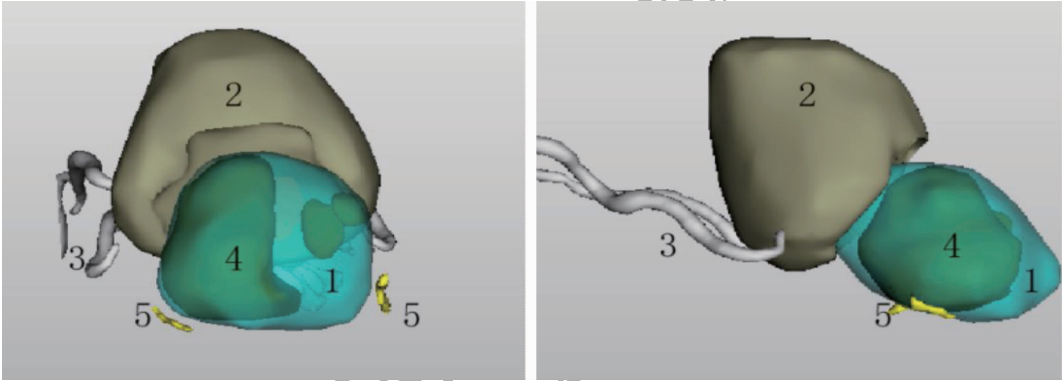
C: 实验组1例耻骨结节凸出患者的三维模型。

图2 2组耻骨结节凸出患者的三维模型



1: 前列腺; 2: 膀胱; 3: 输尿管; 4: 直肠; 5: 精囊腺。

图 3 前列腺中叶凸向膀胱患者的三维模型



1: 前列腺; 2: 膀胱; 3: 输尿管; 4: 瘤体; 5: 神经血管束。

图 4 神经血管束重建的三维模型

3 讨 论

目前数字化三维重建技术发展迅速,已广泛应用于临床各学科领域^[7-8]。腹腔镜下前列腺癌根治术中,手术入路的选择、前列腺的完整分离、神经血管束的保留、断端的缝合都需要做好术前规划,避免术中可能遇到的问题和风险。传统的 CT 和 MRI 检查多为黑白图像,仅能在二维平面上显示前列腺及周围结构,解剖识别度不高,无法了解盆腔的各维度参数、肿瘤的空间位置、前列腺凸向膀胱的大小等。3D 重建技术可将传统二维数据转化为三维可视化模型,通过不同的颜色标记和透明度调整展现各组织结构,术者可以在术前熟悉患者盆腔各组织的立体空间位置,制订手术方案,同时也可在模型中模拟手术操作过程。近年来学者采用 CT 为数据源进行重建,本研究利用 MRI 对于软组织分辨力较高这一优势,创新地将 CT 与 MRI 数据相融合,重建出更完整、精细的盆腔组织结构,可明确肿瘤、前列腺与周围结构的关系以及血管和神经的走行,有助于成功实施腹腔镜下前列腺癌根治术。

男性盆腔因个体不同而有明显差异,骨盆窄

深、大前列腺的患者,手术操作难度较大。此类患者若同时伴有耻骨结节突出,在分离前列腺尖部及缝扎背深静脉复合体(DVC)时将难以暴露视野。NAM D H 等^[9]研究发现,腹腔镜前列腺癌根治术中,手术时间与骨盆的各径线参数有关。MASON B M 等^[10]认为前列腺癌根治术的时间与前列腺体积和盆腔指数的比值呈正相关,窄深盆腔伴较大体积的前列腺会导致手术难度增加。作者既往采用二维图像进行标记与测量骨盆参数,但二维图像的空间局限性和个体的差异性可造成测量误差。通过盆腔三维重建对骨盆和前列腺进行精准测量并掌握参数指标,可在术前评估手术操作的困难度,优化困难盆腔患者的手术路线。本研究中,4 例重建患者盆腔较深,2 例伴有耻骨结节突出,在术前规划时发现经腹膜外途径可导致视野受限,增加手术难度。将手术路径定为经腹腔途径,能获得更好的视野与空间。此外,在腹腔镜穿刺孔位置的选择上,在常规基础上整体上移 1~2 cm,缩小镜头、器械与水平面的角度,也可获得良好视野,降低操作难度,缩短手术时间。

腹腔镜前列腺癌根治术的手术并发症主要包括呼吸道及盆腔感染、肠道损伤、术后切缘阳性、

吻合口漏尿、术后尿失禁等^[11-12]。精准地获取患者病灶与周围组织的三维模型,立体展示手术关键部位的结构关系,可显著降低手术并发症发生率^[13]。腹腔镜前列腺癌根治术的尿控与尿道的分离、尿道与膀胱的缝合、膀胱颈的重建紧密相关。本研究中,实验组患者术后1、3个月尿失禁发生率均低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),其中实验组2例患者重建后发现前列腺中叶较大,测量得出凸向膀胱体积较多,在术中难以分离切除。通过旋转患者的立体模型,可明确前列腺解剖、膀胱颈和三角区的结构特点,有助于术前辨识空间关系,提高术者术中感知的精确度,完整切除前列腺。在降低切缘阳性率的同时可尽量保留较小的膀胱颈口及膀胱颈内括约肌,缩短手术时间,改善术后尿控状况^[14-15]。

前列腺癌瘤体的空间定位较为困难,传统的二维影像学无法对瘤体准确定位^[16]。本研究重建获得的前列腺癌模型可直观地显示肿瘤的空间位置和侵犯范围,有助于辨别前列腺肿瘤与神经血管束的位置关系,在术前为保留神经血管束的前列腺癌根治术提供指导。模型中神经血管束远离瘤体侧则适合保留,靠近瘤体侧则不宜保留,进而可降低术后切缘阳性率,同时也为医患沟通提供客观依据。本研究中,盆腔血管的重建依赖增强CT扫描,但静脉扫描对比显示较动脉差,前列腺癌根治术中背深静脉复合体(重要的解剖标志)的重建较困难,未能得到满意重建效果。因此,盆腔静脉的精准重建有待进一步研究。

综上所述,男性盆腔3D数字化重建能立体还原前列腺癌患者的盆腔解剖结构,有助于术者规划手术方案,指导精细的手术操作过程,避免术中损伤组织和器官,降低手术并发症发生率,缩短手术时间。

参考文献

- [1] CULP M B, SOERJOMATARAM I, EFSTATHIOU J A, *et al.* Recent global patterns in prostate cancer incidence and mortality rates[J]. *Eur Urol*, 2020, 77(1): 38-52.
- [2] BRAY F, FERLAY J, SOERJOMATARAM I, *et al.* Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2018, 68(6): 394-424.
- [3] MOHLER J L, ANTONARAKIS E S, ARMSTRONG A J, *et al.* Prostate cancer, version 2. 2019, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2019, 17(5): 479-505.
- [4] WU J, LI Y, ZHANG Y M. Use of intraoral scanning and 3-dimensional printing in the fabrication of a removable partial denture for a patient with limited mouth opening[J]. *J Am Dent Assoc*, 2017, 148(5): 338-341.
- [5] LIU Y, ZHOU W, XIA T, *et al.* Application of the guiding template designed by three-dimensional printing data for the insertion of sacroiliac screws: a new clinical technique[J]. *Curr Med Sci*, 2018, 38(6): 1090-1095.
- [6] 陈兰, 陈春林, 刘萍, 等. 基于MRI和CT数据的女性泌尿系统三维建模[J]. *南方医科大学学报*, 2020, 40(7): 1056-1061.
- [7] YANG C H, LU X W, JIANG W B, *et al.* Application of 3D digital reconstruction and printing to the diagnosis and treatment of iliac vein compression[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ Sci*, 2021, 26(3): 312-318.
- [8] 李博, 林杰. 肝脏三维重建技术较传统CT成像技术对肿瘤体积可提供更准确的术前评估[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(11): 1726-1732.
- [9] NAM D H, HWANG E C, IM C M, *et al.* Factors affecting the outcome of extraperitoneal laparoscopic radical prostatectomy: pelvic arch interference and depth of the pelvic cavity[J]. *Korean J Urol*, 2011, 52(1): 39-43.
- [10] MASON B M, HAKIMI A A, FALECK D, *et al.* The role of preoperative endo-rectal coil magnetic resonance imaging in predicting surgical difficulty for robotic prostatectomy[J]. *Urology*, 2010, 76(5): 1130-1135.
- [11] 花瑞芳, 顾朝辉, 李胜云, 等. 腹腔镜前列腺癌根治术并发症危险因素研究[J]. *中华实验外科杂志*, 2019, 36(7): 1201-1203.
- [12] 蔡林, 高旭, 李宏召, 等. 腹腔镜(含机器人辅助)前列腺癌根治术安全共识[J]. *现代泌尿外科杂志*, 2020, 25(7): 575-584.
- [13] 陈兰, 陈春林, 刘萍, 等. 基于磁共振成像的女性盆腔脏器数字化三维模型的构建[J]. *妇产与遗传: 电子版*, 2018, 8(4): 17-21.
- [14] PORPIGLIA F, BERTOLO R, MANFREDI M, *et al.* Total anatomical reconstruction during robot-assisted radical prostatectomy: implications on early recovery of urinary continence[J]. *Eur Urol*, 2016, 69(3): 485-495.
- [15] 靳永胜, 东冰, 俞鸿凯, 等. 腹腔镜根治性前列腺切除术术后尿失禁防治探讨[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2016, 5(1): 13-15.
- [16] CHEN M Y, WOODRUFF M A, DASGUPTA P, *et al.* Variability in accuracy of prostate cancer segmentation among radiologists, urologists, and scientists[J]. *Cancer Med*, 2020, 9(19): 7172-7182.

(本文编辑: 梁琥)