

论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.20.022

网络首发 <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220628.1732.020.html>(2022-06-29)

CT 图像数字化自动测量腹壁皮下动脉穿支皮瓣在 乳腺再造术前评估的应用

谭勇, 吴丹, 刘代洪, 张菁, 杨露, 林檬, 张久权[△]

(重庆大学附属肿瘤医院影像科 400030)

【摘要】 **目的** 对比分析数字化自动测量与人工手动测量腹壁皮下动脉穿支皮瓣(DIEP)穿支点位置的准确性、耗时差异及临床医生满意度。**方法** 使用人体模型模拟腹壁皮下动脉穿支设置的标记点,记录标记点位置信息的实际测值,并获取其 CT 扫描数据作自动测量及手动测量,验证数字化自动测量准确性。回顾性分析该院 2015 年 11 月 11 日至 2021 年 3 月 19 日 33 例乳腺癌拟行 DIEP 自体乳房再造术患者的 CT 数据,对选取的最大穿支点位置信息(以肚脐为参考点垂直上下径及左右径)分别进行数字化自动测量和传统手工测量,对比耗时情况,并由临床手术医师分别对两种方法所提供的测值结果、图像所能展示的信息进行满意度评价。**结果** 人体模型自动测量、手动测量及实际值比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。数字化自动测量单支血管耗时较手动测量耗时缩短,差异有统计学意义 $[(67.89\pm 9.86)s\ vs.\ (106.00\pm 10.13)s, P<0.001]$;数字化自动测量的 3D 视图模式及多支穿支血管的全局展示临床满意度评分更高。**结论** 数字化自动测量与手动测量测值均准确可靠,而数字化自动测量耗时更短,可提供更多附加信息,临床满意度更高。

【关键词】 腹壁皮下动脉穿支皮瓣;乳腺再造术;计算机断层扫描术;数字化自动测量

【中图分类号】 R737.9

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-8348(2022)20-3534-05

Application of CT digital automatic measurement of deep inferior epigastric perforator flap in preoperative evaluation of breast reconstruction

TAN Yong, WU Dan, LIU Daihong, ZHANG Jing, YANG Lu, LIN Meng, ZHANG Jiuquan[△]

(Department of Radiology, Chongqing University Affiliated Tumor Hospital, Chongqing 400030, China)

【Abstract】 **Objective** To compare and analyze the accuracy, time-consuming difference and clinician satisfaction of digital automatic measurement and manual measurement of the puncture point position of deep inferior epigastric deep inferior epigastric perforator flap (DIEP). **Methods** The human model was used to simulate DIEP to set up the mark points, and the actual measured value of the position information of the mark points was recorded. After that, the CT scan data were obtained to conduct the automatic and manual measurement for verifying the accuracy of the digital automatic measurement. The CT data of 33 patients with breast cancer undergoing DIEP autologous breast reconstruction in this hospital from November 11, 2015 to March 19, 2021 were retrospectively analyzed. The selected position information of the maximum puncture point (vertical upper and lower diameter and left and right diameter using navel as reference point) were conducted the digital automatic measurement and traditional manual measurement respectively, and the time consumption was compared. The satisfaction of the measurement results provided by the two methods and the information possibly displayed by the images were evaluated by the clinical surgeons. **Results** There was no statistically significant difference among the automatic measurement, manual measurement and actual value of the mannequin ($P>0.05$). The time-consumption in the digital automated measurement of single vessel was less than that in the manual measurement, and the difference was statistically significant $[(67.89\pm 9.86)s\ vs.\ (106.00\pm 10.13)s, P<0.001]$; the 3D view mode of digital automatic measurement and the global display of multiple perforator vessels had higher clinical satisfaction scores. **Conclusion** The digital automated and manual measurements both are accurate and reliable, whereas the digital automated measurements have less time consuming and could provide more additional information with higher clinical satisfaction.

【Key words】 deep inferior epigastric perforator flap; breast reconstruction; computer tomography; digital automatic measurement

腹壁皮下动脉穿支皮瓣(deep inferior epigastric flap, DIEP)游离自体皮瓣重建技术是乳腺癌患者术后乳房重塑最主要的技术手段,术后患者有较高的接受度和满意度^[1-2]。皮瓣穿支血管的选择将直接影响皮瓣的血供,是保证 DIEP 手术成功率的一个关键点^[3]。计算机断层血管造影术(computed tomographic angiography, CTA)被认为是 DIEP 自体乳房再造术穿支血管成像及术前计划设计的首选技术及金标准^[4-5]。CTA 能够对一系列手术步骤进行详细规划,从而缩短手术时间并改善手术结果^[6]。有研究表明, DIEP 术前使用 CTA 选择皮瓣最佳穿支时,最重要的信息依次为穿支静脉直径、穿支点在皮瓣内的位置和穿支动脉直径,脐下的穿支常常作为优先选择^[7]。

目前,对于 CTA 穿支血管的显示及生成适合临床使用的 3D 重组图像,主要依赖后处理软件生成“穿支血管分布图”,以协助临床医生对合适的穿支、供体部位和皮瓣做出选择^[8-10]。这些后处理软件包括 Syngo InSpace 4D(德国 Siemens 公司)、VoNaviX(德国 IVS Technology 公司)及 Osirix(瑞士 Pixmeo 公司)等^[9]。然而,临床选择皮瓣最为关切的血管直径、穿支点在皮瓣内的位置及与体表标记点肚脐的位置关系,仍然依靠影像科医生的手动测量,主观性较强且工作效率很低。而 DIEP 数字化后处理软件 syngo via Frontier-Deep flap plan(德国 Siemens 公司)可实现对穿支血管位置的自动化测量,将标记出的所有穿支点全景式展示在 3D 视图模型中。本研究拟将其与人工手动测量进行对比,分析二者测量的准确性、所耗时长及临床对两种测量模式所提供信息的满意度评价,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

(1)体模测量:使用人体模型 BOU/CPR100(上海博友科教仪器设备有限公司),以直径约 2 mm 的维生素 AD 软胶囊于左右腹壁各随机设置 5 个标记点(共 10 个标记点),标记点设置范围参考既往研究发现的腹壁下穿支动脉的穿出点位置^[11-12]。在模型上以肚脐为体表参考点,使用实物标尺测量并记录各标记点对应参考点的位置信息(与肚脐的垂直上下径及左右径)共计 20 个测量值,作为各标记点位置信息的实际值(标准测值),见图 1。(2)人体测量:选取本院 2015 年 11 月 11 日至 2021 年 3 月 19 日拟行 DIEP 自体乳房再造术的乳腺癌患者 33 例,年龄 33~62 岁,平均(42±6)岁,采用 DIEP 标准化扫描协议^[9]完成扫描及数据采集。本研究经本院伦理委员会审核通过(伦理编号:CZLS2021175-A)。

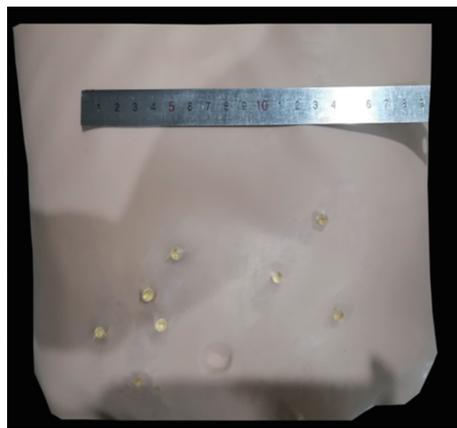


图 1 模型设置的标记点及实际值测量

1.2 方法

1.2.1 CTA 扫描

使用西门子 Somatom Drive(德国 Siemens 公司)双源 CT 进行扫描,采用 DIEP 标准化扫描协议(模型仅扫描协议中平扫部分)。患者仰卧位足先进,手臂上举至头顶。扫描范围由耻骨联合至剑突,覆盖完整腹部。采用双源螺旋 CT 血管扫描模式;探测器使用 64 排探测器×0.6 mm 准直器宽度;螺距 0.9;球管旋转速度 0.37 s;管电压 120 kV;管电流 180 mA;使用标准血管算法重建,卷积核 I30f;对比剂使用碘普罗胺注射液 370(碘浓度 370 mg/mL),以 4.0 mL/s 的速率推注约 90 mL,于对比剂注射完后以相同速率推注生理盐水 30 mL;动脉期采用股动脉监测触发,触发阈值为 100 HU。

1.2.2 图像后处理及测量

将扫描所得 1 mm 层厚无间距横轴位原始图像数据传输至工作站。(1)人体模型的测量:自动测量使用数字化后处理软件(syngo via Frontier-Deep flap plan)标识出人体模型的参考点及设置的标记点。由软件自动得出各标记点相对于参考点的位置信息(垂直上下径及左右径)并以 3D 容积再现模型展示,见图 2;手动测量则由一位主管技师用工作站中标尺线对所有位置信息作手动画线测值并记录。(2)患者数据的测量:由具有血管诊断经验的 1 名主治医师和 1 名副主任医师独自观察,并对每例患者选出两支最大腹壁动脉穿支(共计 66 个穿支)。当两位医师意见不一致时,由两位医师协商并达成一致结果。然后,测量选出最大穿支动脉的穿支点位置信息(与肚脐的垂直左右径、上下径、深度)。上述数据测量均由熟练掌握后处理及测量软件的同一主管技师完成,分别记录软件自动测值及人工手动画线测值两者耗时,见图 3。

此外,由两位具有 DIEP 自体乳房再造术资质的临床医师分别对数字化自动测量、手动测量所得图像、测值等信息及临床价值进行整体评价,包括实用性、直观性、全景视图、3D 视图 4 个参数。并分别以一:不能满足;+:部分满足;++:基本满足;+++:

完全满足,进行评分。

1.3 统计学处理

所有数据均采用 SPSS26.0 统计软件进行分析。在人体模型中,分析模型标记点位置信息的数字化后处理软件自动测值、人工手动测值及标记点实际位置信息测值。3 组数据均进行 Shapiro-Wilk 正态检验,

符合正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示,使用单因素方差分析(ANOVA)比较自动测值与人工手动测值的差异。在患者中,两种测量方法在测量患者 DIEP 穿支点位置信息时耗时差值经 Shapiro-Wilk 检验呈正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示并采用配对样本 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

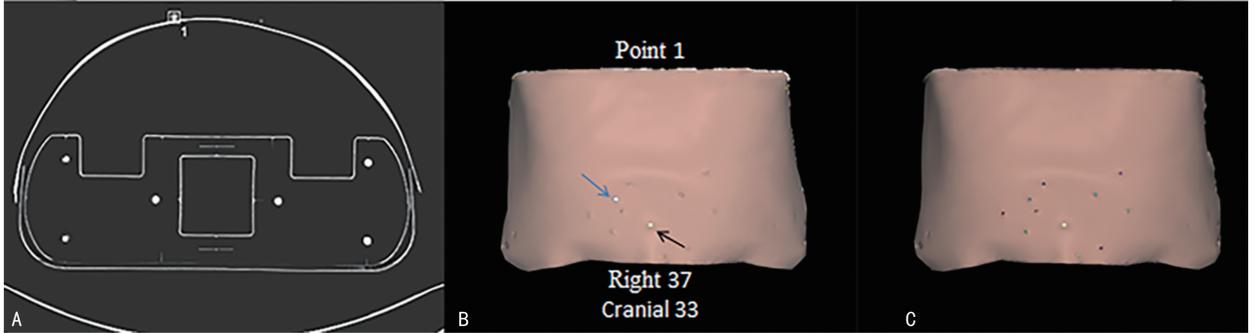


图 2 人体模型测量

图 2 人体模型测量

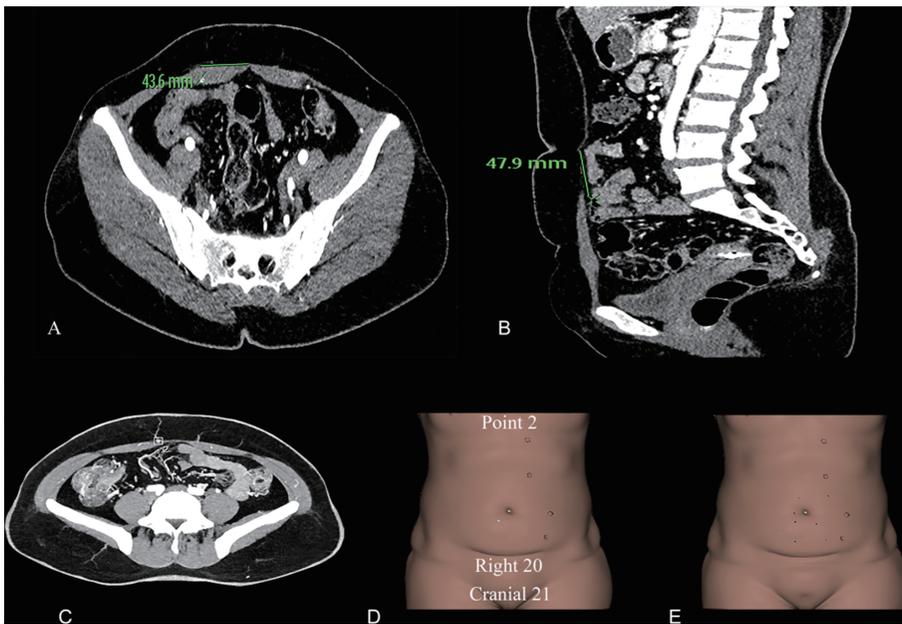


图 3 患者数据测量

图 3 患者数据测量

2 结果

2.1 测量准确性

模型设置的 10 个标记点共计 20 个位置信息(与肚脐的垂直左右径、上下径)测量值(实际值)、数字化后处理软件(syngo via Frontier-Deep flap plan)自动测值和操作者手动测值分别为 (3.51 ± 1.85) 、 (3.68 ± 1.84) 、 (3.65 ± 1.84) cm, 差异无统计学意义($F = 0.954, P > 0.05$)。

2.2 测量效率对比

所有 33 例患者选取的 66 个穿支点均能清晰显示、识别及测量。数字化后处理软件自动测量单支血

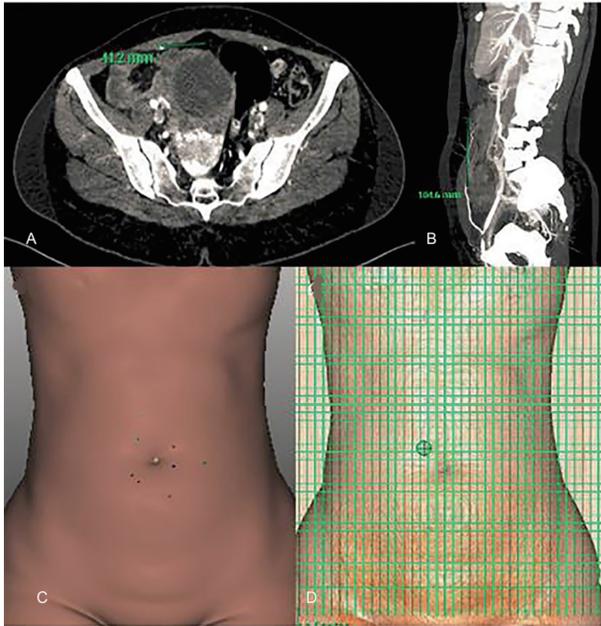
管耗时为 (67.89 ± 9.86) s(自动测量耗时包含软件打开时间),较手动测量耗时 $[(106.00 \pm 10.13)$ s] 缩短, 差异有统计学意义($P < 0.001$),且每单支腹壁穿支动脉自动测量平均耗时与手动测量平均耗时之差为 $[\Delta t = (42.5 \pm 9.4)$ s];数字化后处理软件自动测量与操作者手动测量的左右径测值、上下径测值及深度测值均无明显差异($P > 0.05$),见表 1。典型病例:患者女,年龄 35 岁,对 8 支主要穿支点分别采用自动和手动两种方式测量并计时,自动测量耗时 248 s,手动测量耗时 904 s,该患者自动测量节约耗时约 11 min,见图 4。

2.3 临床医师满意度评价

经临床医师对两种测量方法所提供测值、图像及其他附加信息量进行评价,数字化自动测量各项参数均优于手动测量,见表 2。

表 1 患者最大穿支点位置信息($n=66, \bar{x} \pm s$)

测量方式	单支血管耗时 (s)	左右径测值 (cm)	上下径测值 (cm)	深度测值 (cm)
自动测量	67.89±9.86	2.63±1.19	2.15±1.81	2.63±0.49
手动测量	106.00±10.13	2.59±1.19	2.22±1.76	2.51±0.38



A,B:手动测量;C,D:自动测量。

图 4 典型患者测量

表 2 两种测量方法临床满意度评价

测量方式	实用性	直观性	全景视图	3D 视图
自动测量	+++	+++	+++	+++
手动测量	++	+	-	-

3 讨论

在普通外科的许多领域,准确了解和理解患者的解剖结构和所有细节(如脉管系统)是外科决策的关键。每侧腹壁一般发出 5~7 个较大穿支动脉, DIEP 在切除过程中一般保留 1~3 个主要的皮肤血管穿支^[13],对复杂解剖结构常规横断面成像的解释需要较强的空间推理能力,临床上较为困难且容易出错^[14]。DIEP 穿支血管变异较大,手术难点在于如何准确、快速、安全地解剖出最适合乳房再造的穿支血管。传统方式下医师通过术中解剖探查各穿支情况,综合评估后选择保留最佳穿支,其耗时较长,对医师的技术与经验要求很高^[15]。因此,需要对每例患者行术前检查,了解其血管在周围组织和皮瓣中的走行和分布,从而遴选出最佳穿支,并制订适宜的手术方案,最大限度地规避因个体差异和解剖变异带来的手术不确

定性和手术失败风险,缩短手术时间,同时提高皮瓣的存活率^[16]。

本研究所采用的数字化自动测量软件可构建 3D 立体穿支模型,直观地为临床决策提供丰富的附加信息,并可有效避免术中设计皮瓣的不稳定性,从而降低手术风险和缩短手术时长。对于皮瓣穿支点位置信息的量化测量,该方法具有可靠性高、对操作者水平依赖性低、更加客观等优点,且测量效率也得到非常大的提高。

本研究对比分析表明,数字化后处理软件自动测量值与人工手动测量值无明显差异,且与实际值高度一致。使用人体模型设置标记点验证的方法与术中测量相比具有相似的可靠性和准确度,而且可操作性更强,对患者更加友善。此外,相较于手动测量,数字化后处理软件自动测量耗时明显缩短,单个患者可节约测量时间 10 min 以上。DIEP 数字化后处理可在保证测量精度的同时,大幅度提高工作效率,对减少医疗人员人力消耗有重要意义。

综上所述,本研究中数字化后处理软件自动测量在提高影像科工作效率的同时,可以更加满足临床术前对于腹壁穿支动脉空间解剖结构、位置等信息的需求,临床满意度更高;此外,对今后体内其余部位深部细小血管或组织结构位置信息的方便、快捷测量及 3D 立体呈现均具有一定参考意义。但本研究为回顾性研究,且样本量较小,需要在今后的研究中扩大样本量进一步探讨。

参考文献

- [1] CRAFT R O, COLAKOGLU S, CURTIS M S, et al. Patient satisfaction in unilateral and bilateral breast reconstruction [outcomes article] [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2011, 127(4): 1417-1424.
- [2] 彭文, 吕春柳, 周波, 等. 术前 CT 血管造影在腹壁下动脉穿支皮瓣乳房再造的应用现状和展望 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(7): 927-931.
- [3] 王嘉, 李伦, 吴昊. 影像学评估在腹壁下动脉穿支皮瓣乳房重建中的应用进展 [J]. *中国肿瘤外科杂志*, 2020, 12(4): 290-293.
- [4] CHAE M P, HUNTER-SMITH D J, ROZEN W M. Comparative analysis of fluorescent angiography, computed tomographic angiography and magnetic resonance angiography for planning autologous breast reconstruction [J]. *Gland Surg*, 2015, 4(2): 164-178.
- [5] WM R, CHUBB D, GRINSELL D, et al. Computed tomographic angiography: clinical appli-

- cations[J]. *Clin Plast Surg*, 2011, 38(2): 229-239.
- [6] WM R, BHULLAR H K, HUNTER-SMITH D. How to assess a CTA of the abdomen to plan an autologous breast reconstruction[J]. *Gland Surg*, 2019, 8(Suppl 4): S291-296.
- [7] WONG K K, STUBBS E, MCRAE M, et al. CTA in preoperative planning for DIEP breast Reconstruction; what the reconstructive surgeon wants to know. A modified Delphi study[J]. *Clin Radiol*, 2019, 74(12): 973. e15-973. e26.
- [8] ALONSO-BURGOS A, GARCÍA-TUTOR E, BASTARRIKA G, et al. Preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flap reconstruction with multislice-CT angiography: imaging findings and initial experience[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2006, 59(6): 585-593.
- [9] CHAE M P, HUNTER-SMITH D J, WM R. Erratum to comparative study of software techniques for 3D mapping of perforators in deep inferior epigastric artery perforator flap planning[J]. *Gland Surg*, 2017, 6(6): 754-755.
- [10] HUMMELINK S, SCHULTZE KOOL L J, ULRICH D J. Displaying inguinal lymph nodes before transplantation in a deep inferior epigastric perforator flap breast Reconstruction using an innovative projection method[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2016, 69(3): 376-380.
- [11] HEITMANN C, FELMERER G, DURMUS C, et al. Anatomical features of perforator blood vessels in the deep inferior epigastric perforator flap[J]. *Br J Plast Surg*, 2000, 53(3): 205-208.
- [12] BLONDEEL P N, LANDUYT K V, HAMDI M, et al. Perforator flap terminology[J]. *Clin Plast Surg*, 2003, 30(3): 63-117.
- [13] 洪小芳, 刘晓韬, 孟宏, 等. 游离腹壁下动脉穿支皮瓣在乳房再造中的应用[J]. *中国美容医学*, 2014, 10(19): 1595-1597.
- [14] ELSHAFEI M, BINDER J, BAECKER J, et al. Comparison of cinematic rendering and computed tomography for speed and comprehension of surgical anatomy[J]. *JAMA Surg*, 2019, 154(8): 738-744.
- [15] 栗利, 张德康, 韩岩, 等. 高分辨率磁共振成像指导腹壁下动脉穿支皮瓣重建乳房的应用[J]. *中国医学影像学杂志*, 2019, 27(6): 440-445.
- [16] 张婷, 陈伟, 徐卫玲. 超声造影在腹壁下动脉穿支皮瓣乳房再造术中的应用[J]. *吉林医学*, 2020, 41(5): 1080-1082.

(收稿日期: 2022-02-22 修回日期: 2022-05-30)

(上接第 3533 页)

- [7] 丁琴, 芦莹, 宋建波. 保留灌肠对稳定宫颈癌患者直肠体积及防治放射性直肠炎的价值[J]. *中国妇幼保健*, 2020, 35(13): 2369-2371.
- [8] 张宗恺. 宫颈癌调强放疗中影响膀胱和直肠受照剂量的因素[D]. 广州: 南方医科大学, 2018: 1-62.
- [9] NIJKAMP J, DOODEMAN B, MARIJNEN C, et al. Bowel exposure in rectal cancer IMRT using prone, supine, or a belly board[J]. *Radiother Oncol*, 2012, 102(1): 22-29.
- [10] 耿帅, 于雪飞, 孙钦飞, 等. 宫颈癌调强放射治疗中膀胱充盈程度对小肠辐射剂量的影响[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2021, 28(12): 949-953.
- [11] 王利华, 秦晓玲. 宫颈癌放射治疗中膀胱充盈程度对小肠剂量的影响[J]. *内蒙古医科大学学报*, 2019, 41(6): 625-626, 629.
- [12] 陈文娟, 江楠, 倪晓雷, 等. 宫颈癌图像引导下调强放疗中危及器官变化对靶区的影响[J]. *中国癌症防治杂志*, 2018, 10(2): 109-113.
- [13] 雷怀宇, 张书旭, 张国前, 等. 宫颈癌患者放疗过程中靶区体积及位移变化[J]. *广东医学*, 2015, 36(16): 2463-2466.
- [14] CHEN L, PASKALEV K, XU X, et al. Rectal dose variation during the course of image-guided radiation therapy of prostate cancer[J]. *Radiother Oncol*, 2010, 95(2): 198-202.
- [15] 张雪芳, 莫杰明, 黄军荣, 等. 基于超声的膀胱容量测定在宫颈癌调强放疗中准确性及其临床意义[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(17): 3655-3659.
- [16] 秦凯, 程熠, 袁响林, 等. 超声膀胱容量监测技术在宫颈癌术后调强放疗中的应用价值[J]. *实用肿瘤学杂志*, 2020, 34(3): 232-236.
- [17] 洪超善, 华丽, 高琨, 等. 膀胱不同充盈程度对宫体-宫颈变形移动度的影响[J]. *中国癌症杂志*, 2012, 22(11): 847-855.

(收稿日期: 2022-02-02 修回日期: 2022-05-29)