



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358
CN 31-1794/R

基于CBCT图像引导技术评价简易足部固定装置在直肠癌放疗中的应用价值

管丽华, 胡永

引用本文:

管丽华, 胡永基于CBCT图像引导技术评价简易足部固定装置在直肠癌放疗中的应用价值[J]. 中国临床医学, 2025, 32(4): 654-658.

GUAN L H, HU Y. Evaluation of the application value of simple foot immobilization device in rectal cancer radiotherapy based on CBCT image-guided technology[J]. Chin J Clin Med, 2025, 32(4): 654-658.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2025.20250213>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

直肠癌患者术后放疗期间营养状态与机体组成成分的相关性分析

Correlation analysis of nutritional status and body composition in rectal cancer during postoperative radiotherapy

中国临床医学. 2022, 29(4): 638-641 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20220044>

磁共振DKI成像预测直肠癌TN分期、分化和脉管侵犯的应用价值

Application value of magnetic resonance diffusion kurtosis imaging in predicting TN stage, differentiation and vascular invasion of rectal cancer

中国临床医学. 2020, 27(6): 1020-1025 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201841>

乳腺癌调强放疗摆位误差的影响因素

Exploration of impact factors on set-up errors in IMRT for breast cancer

中国临床医学. 2022, 29(3): 481-485 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20220479>

KRAS基因突变亚型对直肠癌新辅助治疗后肿瘤退缩的影响

Effects of KRAS mutation variants on tumor regression grade of rectal cancer received neoadjuvant therapy

中国临床医学. 2024, 31(3): 389-393 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2024.20240246>

大视野对比常规视野锥形束CT在经动脉化疗栓塞术中的应用

Application of cone-beam CT in transarterial chemoembolization with large versus conventional field-of-view

中国临床医学. 2022, 29(4): 585-590 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20220388>

直肠前切除术吻合口漏的高危因素及预防现状

High-risk factors and prevention of anastomotic leakage after anterior rectal resection

中国临床医学. 2021, 28(5): 905-910 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210259>

DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2025.20250213

CSTR: 32417.14.j.issn.1008-6358.2025.20250213

· 技术与方法 ·

基于 CBCT 图像引导技术评价简易足部固定装置在直肠癌放疗中的应用价值



管丽华, 胡 永*

复旦大学附属中山医院放射治疗科, 上海 200032

[摘要] **目的** 基于锥形束计算机断层扫描 (cone-beam computed tomography, CBCT) 图像引导技术采集的分次间摆位误差, 探讨简易足部固定装置在直肠癌放疗中的应用价值。**方法** 回顾性选择 2021 年 2 月至 2023 年 2 月在复旦大学附属中山医院接受容积旋转调强放疗的 49 例直肠癌患者, 分析其摆位误差。患者分次治疗中 (首次治疗除外), 任意三维方向上出现分次间摆位误差超过 7 mm 的情况定义为体位重复不合格。采用二元 logistic 回归分析体位重复不合格的独立影响因素。**结果** X 轴、Y 轴和 Z 轴方向上, 患者分次间摆位误差分别为 (2.50 ± 1.97) mm、 (2.18 ± 1.73) mm 和 (1.17 ± 1.06) mm。年龄 ($OR = 0.880$, 95%CI 0.801~0.967, $P = 0.008$) 和放疗方式 ($OR = 0.178$, 95%CI 0.034~0.936, $P = 0.042$) 是患者体位重复不合格的独立影响因素。年龄预测体位重复不合格的 ROC 曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.780, 最佳截断值为 53.5 岁。**结论** 简易足部固定装置在直肠癌放疗中具有较好的分次间摆位重复性, 但不推荐应用于较年轻 (小于 53.5 岁) 患者的直肠癌术前放疗。

[关键词] 放射治疗; 直肠癌; 锥形束计算机断层扫描; 摆位误差; 体位固定

[中图分类号] R 735.37

[文献标志码] A

Evaluation of the application value of simple foot immobilization device in rectal cancer radiotherapy based on CBCT image-guided technology

GUAN Lihua, HU Yong*

Department of Radiation Oncology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective** To explore the application value of the simple foot immobilization device in radiotherapy for rectal cancer based on the inter-fractional setup error acquired by image-guided technology of cone beam computed tomography (CBCT). **Methods** A total of 49 rectal cancer patients received volumetric modulated arc therapy (VMAT) in Zhongshan Hospital, Fudan University from February 2021 to February 2023 were included. Inter-fractional setup errors of each patient were analyzed. Any situation where the inter-fractional setup error exceeded 7 mm in any three-dimensional direction during the inter-fractional treatment course (the first treatment was excluded) was defined as a failed positioning reproducibility. Binary logistic regression was used for independent factor analysis of the failed positioning reproducibility. **Results** In the X-axis, Y-axis, and Z-axis directions, the patients' inter-fractional setup errors were (2.50 ± 1.97) mm, (2.18 ± 1.73) mm, and (1.17 ± 1.06) mm, respectively. Age ($OR = 0.880$, 95%CI 0.801-0.967, $P = 0.008$) and radiotherapy mode ($OR = 0.178$, 95% CI 0.034-0.936, $P = 0.042$) were independent factors affecting failed positioning reproducibility. The area under the curve (AUC) of age predicting failed positioning reproducibility was 0.780, with an optimal cut-off value of 53.5 years old. **Conclusions** The simple foot immobilization device has good inter-fractional setup reproducibility for patients with rectal cancer who received radiotherapy, but it is not recommended for patients younger than 53.5 years with rectal cancer undergoing preoperative radiotherapy.

[Key Words] radiotherapy; rectal cancer; cone beam computed tomography; setup error; immobilization

直肠癌是一种高发的恶性肿瘤, 严重威胁着人类健康^[1]。2022 年, 中国结直肠癌新发病例和

死亡病例分别为 51.7 万例和 24.0 万例, 位居癌症新发病例第 2 位和死亡病例第 4 位^[2]。目前, 直

[收稿日期] 2025-02-28

[接受日期] 2025-05-26

[基金项目] 复旦大学附属中山医院科技创新基金 (2024-ZSCX03)。Supported by Science and Technology Innovation Fund of Zhongshan Hospital, Fudan University (2024-ZSCX03).

[作者简介] 管丽华, 技师. E-mail: guan.lihua1@zs-hospital.sh.cn

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: hu.yong@zs-hospital.sh.cn

直肠癌治疗方式是以手术为主的综合治疗。对于局部晚期、术后有淋巴结转移或者有高危因素的直肠癌患者,放射治疗(简称“放疗”)发挥着重要的作用^[3-5]。精准放疗时代,图像引导放疗(image-guided radiation therapy, IGRT)和体位固定方式依然是制约直肠癌放疗精度的关键因素^[6]。

目前,锥形束计算机断层扫描(cone-beam computed tomography, CBCT)图像引导技术已广泛应用于直肠癌放疗,但大部分放疗单位无法实施每日IGRT。因此,患者的体位重复性对保证放疗质量非常重要。2017年, Kim等^[7]对直肠癌俯卧位和仰卧位容积旋转调强放疗(volumetric modulated arc therapy, VMAT)的剂量学和体位重复性进行比较,发现两种体位VMAT膀胱和小肠的剂量差异无统计学意义,患者仰卧位时体位的重复性更高。传统的盆腔仰卧位固定方案为热塑网膜固定技术,当热塑网膜遇冷收缩时,体位重复性差^[8]。简易足部固定装置在直肠癌仰卧位放疗中已有应用,其固定方式简单,模具制作便捷,摆位效率高,但相关报道罕见。本研究旨在探讨简易足部固定装置在直肠癌放疗中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选择2021年2月至2023年2月在复旦大学附属中山医院接受直肠癌外放疗的49例患者。纳入标准:(1)在复旦大学附属中山医院接受图像引导VMAT的直肠癌患者;(2)病史资料可获取,摆位精度的记录可辨识;(3)年龄18~85岁;(4)术前放疗或术后放疗的患者。排除标准:(1)中止放疗或临床医师认为未按计划完成放疗;(2)摆位标记线在分次治疗中任何一次有缺失(首次治疗除外);(3)有严重的神经或精神疾病,无法清楚沟通;(4)摆位记录中出现脱离实际的异常值,如分次治疗中某次(首次除外)治疗任一方向上平移摆位误差超过3 cm。

1.2 体位固定和模拟定位 患者平躺于CT模拟定位机的平板床上,床面上铺巾,患者头部放置在棉枕上,双手交叉置于胸前。充分暴露患者臀部,使用简易的真空负压固定装置固定双足。CT模拟定位扫描前,在患者臀部左右两侧及腹侧

正中位置的皮肤上划出参考点和标记线,并用定位显像标记点对3个参考点进行定位标记。标记完成后,实施CT模拟定位扫描,扫描层厚为3 mm。CT模拟定位机采集的图像用于靶区勾画和治疗计划设计。

1.3 图像引导和放射治疗 所有患者均接受直线加速器的VMAT。前3次治疗均通过CBCT图像引导技术纠正分次间摆位误差,之后每周CBCT图像引导次数 ≥ 1 次。将采集的CBCT图像与计划CT图像进行配准,以软组织匹配为主,纠正患者的摆位误差,移床后再进行正式治疗。首次治疗需要移床并重新更改、确认标记线,因此,首次治疗的摆位误差不纳入统计。

1.4 相关定义 臀部特征参数定义:(1)卧位臀宽,仰卧位时,左右两侧大腿根部最向外侧突出点之间的直线距离;(2)卧位臀厚,仰卧位时,臀部向后最突出部位高度上,臀部前、后最突出部位间平行于矢状面的水平直线距离;(3)股骨头后方厚度,仰卧横断位层面,左右两侧股骨头最大截面处股骨头后方厚度的平均值;(4)股骨头后方脂肪厚度,仰卧横断位层面,左右两侧股骨头最大截面处股骨头后方脂肪厚度的平均值。上述特征参数均在CT模拟定位图像上进行测量。

根据上海市放射治疗质量控制中心对体部肿瘤放疗患者摆位的要求,本研究定义患者分次治疗过程中除首次治疗外,任何一次任意三维方向上出现摆位误差超过7 mm的情况为体位重复不合格。

1.5 统计学处理 采用SPSS 20.0软件进行统计分析,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,偏态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示;计数资料以 n 表示。采用二元logistic回归分析体位重复不合格的影响因素,将单因素分析 $P < 0.10$ 的变量纳入多因素分析。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析变量的灵敏度和特异度,通过约登指数(Youden's index)法确定最佳截断值^[9]。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 患者一般特征 49例患者中,男性36例、

女性 13 例；年龄 35~80 岁，中位 62 岁；身高 150.0~182.0 cm，平均身高（168.08±7.14）cm。所有直肠癌病理类型均为腺癌。术前放疗 26 例、术后放疗 23 例。

2.2 体位固定效果 49 例患者共行 320 次 CBCT 扫描（首次治疗 CBCT 扫描除外），平均每例患者纳入统计的扫描次数为 6.5 次。左右方向（X 轴）上患者的摆位误差为（2.50±1.97）mm（0~8.90 mm）；头脚方向（Y 轴）上患者的摆位误差为（2.18±1.73）mm（0.10~9.30 mm）；腹背方向（Z 轴）上患者的摆位误差为（1.17±1.06）mm（0~7.70 mm）。49 例患者中，13 例（26.5%）患者出现体位重复不合格。

2.3 体位重复不合格的影响因素分析 结果（表 1）显示：年龄和放疗方式在二元 logistic 回归单因素分析中 $P<0.10$ 。将这两个变量纳入多因素二元 logistic 回归分析，结果发现：年龄（OR=0.880，95%CI 0.801~0.967， $P=0.008$ ）和放疗方式（OR=0.178，95%CI 0.034~0.936， $P=0.042$ ）是患者体位重复不合格的独立影响因素。

2.4 年龄预测体位重复不合格的 ROC 曲线 结果（图 1）显示：年龄预测体位重复不合格的 ROC 曲线下面积（area under curve，AUC）为 0.780（95%CI 0.638~0.922， $P=0.003$ ），最佳截断值为 53.5 岁，灵敏度为 61.5%，特异度为 88.9%。

表 1 二元 logistic 回归分析患者体位重复不合格的影响因素

Table 1 Binary logistic regression analysis of influencing factors on patients with the failed positioning reproducibility

Variable	Univariate analysis		Multivariate analysis	
	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P
Sex (male vs female)	1.282(0.291-5.644)	0.742		
Age	0.893(0.822-0.970)	0.007	0.880(0.801-0.967)	0.008
Height	1.040(0.946-1.145)	0.415		
Area (rural vs non-rural)	3.000(0.782-11.503)	0.109		
Radiotherapy mode (postoperative vs preoperative)	0.240(0.056-1.021)	0.053	0.178(0.034-0.936)	0.042
Hip width in supine position	0.805(0.544-1.189)	0.276		
Hip thickness in supine position	0.935(0.712-1.228)	0.631		
Hip width/thickness in supine position	1.011(0.022-46.404)	0.995		
Thickness posterior to the femoral head	0.381(0.108-1.341)	0.133		
Fat thickness posterior to the femoral head	0.652(0.133-3.187)	0.597		

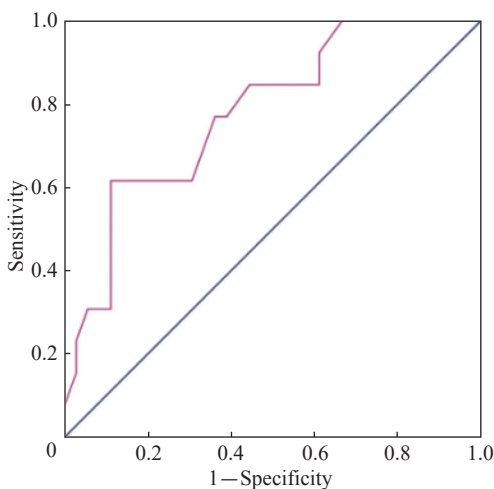


图 1 年龄预测体位重复不合格的 ROC 曲线
Figure 1 ROC curve of age predicting the failed positioning reproducibility

3 讨论

直肠癌放疗的体位固定很重要^[10-11]，需要兼顾患者舒适性、体位重复性、模具制作便捷性与摆位效率。临床实践经验表明，简易足部固定装置在患者舒适性、模具制作便捷性与摆位效率方面优势突出。在体位重复性方面，本研究结果显示，X 轴、Y 轴和 Z 轴方向上，患者的摆位误差平均值均在 3 mm 以内。该误差范围临床可以接受。

本研究中，年龄是影响患者体位重复不合格的独立因素，截断值为 53.5 岁，年龄越小，患者的体位重复不合格风险越高。这可能与年轻患者容易产生紧张和焦虑情绪有关。Linden 等^[12]报道

年龄是癌症患者焦虑和抑郁的重要因素, 小于50岁的癌症患者焦虑水平明显上升。Eddington等^[13]研究发现, 年轻的结直肠癌患者更容易紧张、忧虑。Bujko等^[14]分析了盆腔肌肉紧张对直肠癌放疗患者摆位误差的影响, 结果发现盆腔肌肉紧张严重影响患者的摆位精度。临床实践中, 观察到部分年轻直肠癌患者过度紧张和焦虑, 导致摆位时盆腔肌肉处于紧张状态, 影响摆位精度。另外, 年轻直肠癌患者可能对个人卫生要求高, 放疗期间沐浴导致标记线模糊也可能是导致体位重复不合格风险增加的重要原因。

放疗方式也与直肠癌放疗患者体位重复不合格独立相关。术后放疗患者体位重复不合格的风险较术前放疗患者低, 可能与两种方式放疗靶区受膀胱和直肠充盈的影响程度不同有关。直肠和膀胱充盈变化影响盆腔器官上肿瘤的靶区位置重复性^[15-16]。Arya等^[17]通过前瞻性研究观察到膀胱和直肠容积在分次放疗间变化较大, 进而对盆腔器官上肿瘤的放疗精度产生影响。直肠癌术后放疗靶区多为盆腔高危淋巴引流区或瘤床^[18-19], 靶区重复性不易受膀胱和直肠充盈的影响; 直肠癌术前放疗靶区多为直肠肿瘤及周围淋巴结、盆腔高危淋巴结引流区等区域^[18-19], 靶区的重复性易受膀胱和直肠充盈的影响。

本研究结果显示, 来自农村地区的放疗患者存在体位重复不合格的风险趋势, 但单因素分析无统计学意义; 股骨头后方较厚患者体位重复性可能较高, 但单因素分析同样无统计学意义。该结果可能与样本量较小有关, 样本量较小也是本研究的局限之一, 后续拟扩大样本量进一步深入研究。随着放疗次数的增加, 直肠癌患者体质量可能出现明显变化, 这可能是影响直肠癌患者体位重复性的重要因素^[20]。由于本研究为回顾性研究, 缺少体质量变化的数据, 后续将进一步关注体质量变化对患者体位重复不合格的影响。另外, 随着每日IGRT技术的逐渐开展, 分次间摆位误差可能得以纠正, 直肠癌放疗分次内的重复性则更为关键^[21], 这也是后续研究的重要观察指标和研究方向。

综上所述, 简易足部固定装置在直肠癌放疗

中分次间有较好的摆位重复性, 但对于较年轻(小于53.5岁)的直肠癌术前放疗患者, 体位重复不合格风险增加, 可以考虑选用其他固定装置。

伦理声明 本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 已通过复旦大学附属中山医院伦理委员会批准(B2023-217R)。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 管丽华: 收集、整理数据, 统计分析, 撰写论文; 胡永: 研究总体设计, 统计分析和撰写指导, 审阅、修改论文。

参考文献

- [1] BRAY F, LAVERSANNE M, SUNG H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2024, 74(3): 229-263.
- [2] HAN B F, ZHENG R S, ZENG H M, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. *J Natl Cancer Cent*, 2024, 4(1): 47-53.
- [3] XIA F, WANG Y Q, WANG H, et al. Randomized phase II trial of immunotherapy-based total neoadjuvant therapy for proficient mismatch repair or microsatellite stable locally advanced rectal cancer (TORCH)[J]. *J Clin Oncol*, 2024, 42(28): 3308-3318.
- [4] BENSON A B, VENOOK A P, ADAM M, et al. NCCN guidelines® insights: rectal cancer, version 3.2024[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2024, 22(6): 366-375.
- [5] KELLER D S, BERHO M, PEREZ R O, et al. The multidisciplinary management of rectal cancer[J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 2020, 17(7): 414-429.
- [6] MASSON I, DELPON G, VENDRELY V. Image-guided radiotherapy contribution and patient setup for anorectal cancer treatment[J]. *Cancer Radiother*, 2018, 22(6-7): 622-630.
- [7] KIM A, KAROTKI A, PRESUTTI J, et al. The effect of prone and supine treatment positions for the pre-operative treatment of rectal cancer on organ-at-risk sparing and setup reproducibility using volumetric modulated arc therapy[J]. *Radiat Oncol*, 2017, 12(1): 180.
- [8] ZHAO S X, LU X F, ZOU J S, et al. Impact of cold weather on setup errors in radiotherapy[J]. *J Healthc Eng*, 2021, 2021: 1463299.

- [9] GARG K, CAMPOLONGHI S. A step-by-step guide to selecting an optimal cut-off value based on the receiver operating characteristic and Youden index in methods designed to diagnose Lyme disease[J]. *Methods Mol Biol*, 2024, 2742: 69-76.
- [10] MOHAMED R, ELAWADI A A, ALKHANEIN N, et al. Factors affecting isocenter displacement and planning target volume margin for patients with rectal cancer receiving radiation therapy[J]. *Adv Radiat Oncol*, 2022, 7(6): 101060.
- [11] PECA S, SINHA R S, BROWN D W, et al. In vivo portal imaging dosimetry identifies delivery errors in rectal cancer radiotherapy on the belly board device[J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2017, 16(6): 956-963.
- [12] LINDEN W, VODERMAIER A, MACKENZIE R, et al. Anxiety and depression after cancer diagnosis: prevalence rates by cancer type, gender, and age[J]. *J Affect Disord*, 2012, 141(2-3): 343-351.
- [13] EDDINGTON H S, MCLEOD M, TRICKEY A W, et al. Patient-reported distress and age-related stress biomarkers among colorectal cancer patients[J]. *Cancer Med*, 2021, 10(11): 3604-3612.
- [14] BUJKO K, CZUCHRANIUK P, ZÓLCIAK A, et al. The potential impact of the tension of the pelvic muscles on set-up errors in radiotherapy for pelvic malignancies[J]. *Acta Oncol*, 2004, 43(8): 740-743.
- [15] MARNOUCHE E A, HADADI K, ABDELHAK M, et al. Evaluation of margins in pelvic lymph nodes and prostate radiotherapy and the impact of bladder and rectum on prostate position[J]. *Cancer Radiother*, 2021, 25(2): 161-168.
- [16] XU H, ZHANG Z H, TIAN B, et al. Evaluation of corrective effect of 6 degree of freedom couch on setup errors in intensity modulated radiotherapy for postoperative rectal cancer patients[J]. *Front Oncol*, 2023, 13: 1030599.
- [17] ARYA R, GOYAL H, NAIK A, et al. A prospective observational study to analyse the influence of bladder and rectal volume changes on prostate radiotherapy using IMRT[J]. *Rep Pract Oncol Radiother*, 2020, 25(3): 312-317.
- [18] 中国医师协会结直肠肿瘤专委会放疗专委会, 中华医学会放射肿瘤治疗学分会, 唐源, 等. 直肠癌术前/术后适形/调强放疗靶区勾画共识与图谱[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2018, 27(3): 227-234.
- Colorectal Cancer Professional Committee of the Chinese Medical Doctor Association, Radiotherapy Professional Committee of the Chinese Society of Clinical Oncology, TANG Y, et al. Consensus and contouring atlas for the delineation of clinical target volume in pre-/post-operative image-guided intensity modulated radiotherapy for rectal cancer[J]. *Chin J Radiol*, 2018, 27(3): 227-234.
- [19] 国家癌症中心/国家肿瘤质控中心. 直肠癌靶区勾画和计划设计指南[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2022, 31(12): 1081-1100.
- National Cancer Center/National Tumor Quality Control Center. Guideline of target delineation and treatment planning for rectal cancer[J]. *Chin J Radiol*, 2022, 31(12): 1081-1100.
- [20] 叶志雄, 许青, 彭佳元, 等. 直肠癌 IMRT 中患者体重下降与位移误差的相关性研究[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2017, 26(6): 650-652.
- YE Z X, XU Q, PENG J Y, et al. Correlation between weight loss and setup errors in intensity-modulated radiotherapy for rectal cancer[J]. *Chin J Radiol*, 2017, 26(6): 650-652.
- [21] TOURNEL K, DE RIDDER M, ENGELS B, et al. Assessment of intrafractional movement and internal motion in radiotherapy of rectal cancer using megavoltage computed tomography[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2008, 71(3): 934-939.

[本文编辑] 殷悦

引用本文

管丽华, 胡永. 基于 CBCT 图像引导技术评价简易足部固定装置在直肠癌放疗中的应用价值[J]. *中国临床医学*, 2025, 32(4): 654-658.

GUAN L H, HU Y. Evaluation of the application value of simple foot immobilization device in rectal cancer radiotherapy based on CBCT image-guided technology[J]. *Chin J Clin Med*, 2025, 32(4): 654-658. DOI: [10.12025/j.issn.1008-6358.2025.20250213](https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2025.20250213)