

论 著

验证直肠癌患者术后使用螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备计划剂量的合理性*

翟小娟* 解小丽 张风华
中山市小榄人民医院(中山市第五人民医院)肿瘤科
(广东 中山 528400)

【摘要】目的 验证直肠癌患者术后使用螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备计划剂量的合理性。方法 采用回顾性分析方法，选取2020年3月至2023年8月期间89例进展期直肠癌患者，所选患者均于术后接受放疗治疗，治疗前分别采用国产和进口精确放疗设备进行放疗计划设计，膜定位采用螺旋CT，验证两种设备计划剂量。结果 (1)计划靶区体积(planning target volume, PTV)剂量：两种设备D_{5%}、D_{95%}靶区剂量对比无显著差异(P>0.05)；国产设备靶区D_{2%}、D_{5%}、D_{98%}剂量分别为(56.21±0.69)、(54.34±0.35)Gy、(49.69±0.39)Gy，均低于进口设备；国产设备均匀性指数(homogeneity index, HI)为(1.13±0.02)，高于进口设备(1.06±0.01)，国产设备靶区适形度指数(conformal index, CI)为(0.78±0.01)，低于进口设备(0.84±0.04)，差异有统计学意义(P<0.05)；(2)危及器官(organs at risk, OARs)小肠靶区剂量：两种设备小肠D_{mean}靶区比较无显著差异(P>0.05)；国产设备小肠V₁₀、V₄₀、V₅₀靶区剂量分别为(735.34±25.51)cGy、(248.36±5.69)cGy、(151.23±4.87)cGy，进口设备小肠V₁₀、V₄₀、V₅₀靶区剂量分别为(834.26±35.45)cGy、(286.24±9.12)cGy、(159.21±5.71)cGy，差异有统计学意义(P<0.05)；(3)OARs直肠系膜靶区剂量：两种设备直肠系膜靶区V₁₀、V₅₀剂量比较无显著差异(P>0.05)，但是进口设备直肠系膜D_{mean}、V₂₀、V₃₀靶区剂量低于国产设备(P<0.05)；国产设备直肠系膜V₄₀剂量(45.36±0.21)Gy低于进口设备(48.24±0.54)Gy，差异有统计学意义(P<0.05)；(4)设备计划剂量验证及实施效率：国产设备机器跳数、治疗时间均低于进口设备(P<0.05)；两种设备Gamma验证通过率分别为(96.25±1.48)%、(96.14±1.52)%，差异无统计学意义(P>0.05)。结论 螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备，Gamma通过率>90%，且满足靶区剂量分布要求，符合精确放疗治疗标准。

【关键词】直肠癌；精确放疗设备；螺旋CT；计划剂量验证；Gamma通过率
【中图分类号】R735.3+7
【文献标识码】A
【基金项目】广东省基础与应用基础研究基金项目
粤港澳研究团队项目
(2019B1515130002)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.09.052

The Planned Dose Verification of Postoperative Radiotherapy for Rectal Cancer Using Spiral CT Simulated Positioning and Domestic Precision Radiotherapy Equipment*

ZHAI Xiao-juan*, XIE Xiao-li, ZHANG Feng-hua.
Department of Oncology, Xiaolan People's Hospital of ZhongShan(ZhongShan Fifth People's Hospital), Zhongshan 528400, Guangdong Province, China

ABSTRACT
Objective To verify the rationality of using spiral CT simulation localization with domestic precision radiotherapy equipment to plan the dose for patients with rectal cancer after surgery. **Methods** Using a retrospective analysis method, 89 patients with advanced rectal cancer were selected from March 2020 to August 2023. All selected patients received radiotherapy after surgery. Before treatment, they were treated with domestic and imported precision radiotherapy equipment for radiotherapy planning design. Helical CT was used for film localization to verify the planned dose of the two devices. **Results** (1) Planning target volume (PTV) dose: There is no significant difference in the comparison of the dosage of the two equipment D_{5%}and D_{95%}(P>0.05); Domestic equipment target areas D_{2%}, D_{5%}, and D_{98%}are (56.21 ± 0.69), (54.34 ± 0.35) Gy, (49.69 ± 0.39) Gy, which are lower than imported equipment; the uniformity index of domestic equipment (Homogeneity Index, HI) is (1.13 ± 0.02), higher than imported equipment (1.06 ± 0.01), and the target area of the domestic equipment target area (CI) is (0.78 ± 0.01), which is lower than the import equipment (0.84 ± 0.04). The difference is statistically significant (P<0.05); (2) Endogly organs (ORGANS AT RISK, OARS) Small intestine target dosage dosage: There is no significant difference in the two equipment small intestine D_{MEAN} targets (P>0.05);Domestic equipment small intestine V₁₀, V₄₀, and V₅₀ target areas are (735.34±25.51) cGy, (248.36±5.69)cGy, (151.23±4.87)cGy, and imported equipment small intestine V₁₀, V₄₀, and V₅₀ target areas are (834.26±35.45)cGy, (286.24±9.12)cGy, (159.21±5.71)cGy, the difference is statistically significant (P<0.05); (3) OARS Rectal membrane target dose: The dosage of the two device rectal membrane targets V₁₀ and V₅₀ are relatively significant difference (P>0.05), but the dose of the imported equipment rectum diaphragm D_{MEAN}, V₂₀, and V₃₀ target area is lower than that of domestic equipment (P<0.05); Domestic equipment rectal membrane V₄₀ dose (45.36 ± 0.21) GY is lower than imported equipment (48.24 ± 0.54) GY, the difference is statistically significant (P<0.05); (4) Equipment dose verification and implementation efficiency: Domestic equipment machine jumps and treatment time are lower than imported equipment (P<0.05); the pass rate of the GAMMA verification of the two equipment is (96.25 ± 1.48)%, (96.14 ± 1.52) %, The difference is not statistically significant (P>0.05). **Conclusion** The spiral CT simulation positioning cooperates with the domestic precise radiotherapy equipment, and the GAMMA pass rate is> 90%, and the dose distribution requirements of the target area are met, which meets the accurate radiotherapy standards.
Keywords: Rectal Cancer; Precision Radiotherapy Equipment; Spiral CT; Planned Dose Validation; Gamma Pass Rate

权威调查数据表明，我国约有67%以上晚期癌症患者在进行抗癌治疗时需要应用到放疗治疗技术^[1]。进展期直肠癌患者单纯接受根治手术，易增加局部复发风险，因此临床多采用手术为主、术后放化疗为辅的综合诊治方案。术后辅助放疗治疗是治疗直肠癌的主要方法，但是由于不同放疗设备在技术参数和性能方面存在一定差异，为确保患者治疗效果，验证放疗设备计划剂量，能够保证治疗方案合理。从目前各级医院放疗设备应用情况看，主要依赖进口设备，但是进口设备购买价格和后续维护费用高^[2-3]。近年来，国产高端放疗设备中直线加速器以及计划系统获得完全自主知识产权，如Fonics Plan三维放疗计划系统、国产医用XHA1400型电子直线加速器等，不仅能够进行调强放疗计划剂量分布计算、剂量验证，也具备精确射野设计功能，可设计最佳放疗治疗计划^[4-5]。实践发现，随着国产三维放疗计划系统和医用电子直线加速器不断投入临床，由两者组成的国产精确放疗设备已经能够满足癌症患者术后放疗治疗需要。例如，刘锐锋^[6]等人将食管癌患者作为研究对象，发现国产精确放疗设备在靶区剂量分布上与进口设备保持良好统一性和一致性。虽然目前我国放射治疗领域已经开始关注到国产设备和进口设备在剂量学方面的差异，但是以直肠癌患者作为研究对象的学术论文比较有限，为此本研究选取89例直肠癌局部进展期直肠癌患者，比较国产、进口设备配合螺旋CT模拟定位的照射剂量参数，验证计划剂量是否合理。

【第一作者】翟小娟，女，副主任技师，主要研究方向：肿瘤放射治疗计划设计及验证、大型设备QA及QC。E-mail: ni_1999w919@163.com
【通讯作者】翟小娟

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究纳入项目团队提供的2020年3月至2023年8月89例直肠癌根治术患者，所选患者均满足术后适形调强放射治疗标准^[6]，且患者本人以及家属对相关诊疗方案知情，签署放疗同意书。纳入患者中，男性患者42例，女性患者47例，年龄45~77岁，平均年龄(59.36±2.45)岁。

纳入标准^[7]：年龄>18岁者；局部进展期直肠癌；自愿参与本研究；中途未退出且完成随访；术后分期Ⅱ~Ⅲ期。排除标准^[8]：不满足术后放疗治疗指征；合并其他恶性肿瘤或发生癌灶转移；合并严重心理疾病或伴有精神障碍者；患者完全丧失自理能力；患者预计生存期<6个月。本研究纳入上报本院医学伦理委员会进行审查，伦理批号(2022-09-33)。

1.2 静态调强计划设计

1.2.1 膜定位 结合局部进展期直肠癌根治术后放射治疗标准，为89例患者制定适形调强治疗计划设计，膜定位采用螺旋CT机，

模拟定位前1h排空膀胱并充盈膀胱。定位时患者取仰卧位，采用热塑体模固定体位，CT模拟定位机选用Philips Brilliance CT Big Bore。全野照射，CT定位下沿中心激光线标记定位点，CT扫描层厚5mm，将CT扫描图片上传至计划系统中，作为配准参考影像图片。注意螺旋CT模拟定位下需使用外部激光灯，扫描过程中移动CT机，确保激光线在标记范围内。

1.2.2 靶区勾画 临床靶区体积(Clinical Target Volume, CTV)：包括两个区域，分别为原发癌灶高危复发区、区域淋巴引流区；计划靶区体积(PTV)：以CTV为基础，分别向前后方向和左右、方向外延5 mm，头足方向分别外延10mm；危及器官(OARs)：包括小肠、直肠系膜。

1.2.3 治疗计划设计 由放疗科同一放疗物理师分别采用国产和进口三维放疗计划系统和医用电子直线加速器设计静态调强计划，设备组成及相关信息见表1。

表1 精确放疗设备组成及相关信息

设备信息	国产	进口
设备名称	三维放疗计划系统 Fonics Plan	三维治疗计划系统 Pinnacle
商品名/型号	电子直线加速器 CQL/3D-RTPS/B	电子直线加速器 Pinnacle3 ELEKTA
公司	医用直线加速器 XHA1400型	瑞典医科达 Precise
国家	山东新华医疗器械公司	荷兰Philips公司
	中国	瑞典

1.2.4 处方剂量 95%计划靶区(PTV)剂量达到50 Gy，每次2Gy/F，分25次完成。所选患者放射治疗疗程均为5周，5d/周，1次/d。治疗过程中，限制危及器官(OARs)剂量，小肠V₃₀<40%，直肠系膜V₄₀<45%。

1.3 放疗计划评价 所有计划均以95%计划靶区(PTV)剂量满足处方剂量进行归一，使用剂量体积直方图对靶区和危机器官的剂量分布进行评估，计划质量评价参数包括：靶区适形度指数(CI)、剂量均匀性指数(HI)、PTVD_{2%}、D_{5%}、D_{50%}、D_{95%}、D_{98%}；此外，危及器官(OARs)包括小肠和直肠系膜，小肠Dmean、V₁₀、V₂₀、V₃₀、V₄₀、V₄₅、V₅₀，直肠系膜Dmean、V₁₀、V₂₀、V₃₀、V₄₀、V₅₀。

1.4 放疗计划剂量验证 采用三维矩阵剂量验证系统(瑞典ScandiDos公司提供)对两种精确放疗设备计划剂量进行验证，该系统由两部分组成，分别为剂量分析软件和聚甲基丙烯酸甲脂Delta模体，其中Delta模体为圆柱形，长度40cm，直径22cm，当中镶嵌2个半导体阵列平板(面积20cm×20cm)，中心位置(6cm×6cm)的半导体探头间距0.5cm，其余位置间距1.0cm，最小剂量响应1mGy。验证前对调节国产和进口直线加速器，使其静态输出剂量偏差控制在±1%^[9-10]。计划剂量差异分析采用伽马(Gamma)分析法，Gamma验证通过率>90%说明符合放疗标准，剂量误差为阈

值水平(TH)的10%，距离误差则为3mm/3%^[11-12]。比较两种设备计划剂量Gamma验证通过率、机器跳数、治疗时间。

1.5 统计学方法 应用SPSS 22.0统计软件分析本研究数据，计量资料符合正态分布以($\bar{x} \pm s$)表示，采用独立样本t检验，计数资料以百分率(%)表示，采用卡方检验，P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种设备靶区(PTV)剂量参数的比较 由表2中数据可知，国产精确放疗设备和进口放疗设备D_{95%}靶区均达到预期50 Gy的剂量覆盖，且两者D_{95%}靶区剂量参数对比差异无统计学意义(P>0.05)；在D_{2%}靶区剂量比较中，螺旋CT模拟定位配合进口设备为(54.12±0.48)Gy，低于国产设备(P<0.05)；螺旋CT模拟定位配合国产设备、螺旋CT模拟定位配合进口设备D_{5%}靶区剂量分别为(54.34±0.23)Gy、(53.12±0.35)Gy，差异有统计学意义(P<0.05)；进口设备D_{98%}靶区剂量低于国产设备(P<0.05)，且进口设备靶区适形度指数(CI)高于国产设备(P<0.05)；国产设备剂量均匀性指数(HI)高于进口设备(P<0.05)；两种设备D_{50%}靶区剂量对比无显著差异(P>0.05)。

表2 两种设备计划靶区(PTV)剂量及相关指数的比较

对比项目	国产设备(n=89)	进口设备(n=89)	t值	P值
D _{2%} 靶区(Gy)	56.21±0.69	54.12±0.48	23.458	0.000
D _{5%} 靶区(Gy)	54.34±0.35	53.12±0.23	27.481	0.000
D _{50%} 靶区(Gy)	53.25±0.54	53.28±0.50	0.385	0.701
D _{95%} 靶区(Gy)	50.00±0.00	50.00±0.01	0.000	1.000
D _{98%} 靶区(Gy)	49.69±0.39	47.25±0.41	40.679	0.000
CI	0.78±0.01	0.84±0.04	13.728	0.000
HI	1.13±0.02	1.06±0.01	29.533	0.000

表3 两种设备危及器官(OARs)中小肠靶区剂量比较

对比项目	国产设备(n=89)	进口设备(n=89)	t值	P值
Dmean靶区(Gy)	25.50±5.32	25.48±5.31	0.025	0.980
V ₁₀ 靶区(cGy)	735.34±25.51	834.26±35.45	21.367	0.000
V ₂₀ 靶区(cGy)	612.28±16.50	566.36±14.54	19.698	0.000
V ₃₀ 靶区(cGy)	476.14±6.63	431.91±4.27	52.912	0.000
V ₄₀ 靶区(cGy)	248.36±5.69	286.24±9.12	33.244	0.000
V ₅₀ 靶区(cGy)	151.23±4.87	159.21±5.71	10.599	0.000

注：V_x表示器官接受大于或等于xGy剂量的体积。

上述对比结果说明，螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备，靶区剂量均匀性指数优于进口设备，但是靶区适形度指数略低于进口设备。

2.2 两种设备危及器官(OARs)小肠靶区受照剂量-体积比较 在危及器官(OARs)小肠靶区剂量比较上，国产和进口设备Dmean剂量比较无明显差异($P>0.05$)；国产设备V₁₀、V₄₀、V₅₀剂量分别为(735.34±25.51)cGy、(248.36±5.69)cGy、(151.23±4.87)cGy，进口设备V₁₀、V₄₀、V₅₀剂量分别为(834.26±35.45)cGy、(286.24±9.12)cGy、(159.21±5.71)cGy，国产设备低于进口设备($P<0.05$)；国产设备V₂₀、V₃₀剂量分别为(612.28±16.50)cGy、(476.14±6.63)cGy，进口设备V₂₀、V₃₀剂量分别为(566.36±14.54)cGy、(431.91±4.27)cGy国产设备高于进口设备($P<0.05$)。见表3。

由表3数据可知，在小肠靶区剂量上，进口设备和国产设备不同位置表现出一定差异，但总体差距不大，说明螺旋CT模拟定

位配合国产精确放疗设备的计划剂量限制能够达到计划要求和治疗标准。

2.3 两种设备危及器官(OARs)直肠系膜区受照剂量-体积比较 进口设备直肠系膜Dmean、V₂₀、V₃₀靶区受照剂量-体积低于国产设备($P<0.05$)；国产设备直肠系膜V₄₀剂量低于进口设备($P<0.05$)；两种设备直肠系膜V₁₀、V₅₀靶区受照剂量-体积比较无明显差异($P>0.05$)。见表4。

通过表4数据可知，在直肠系膜Dmean、V₂₀、V₃₀靶区剂量比较上，螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备虽略高于进口设备，但是计划剂量限制仍然满足要求。

2.4 两种精确放疗设备计划剂量验证及实施效率的比较 通过分析表5中数据可知，国产和进口设备计划剂量Gamma验证通过率均超过95%，满足Gamma验证通过率>90%的标准，但两种设备对比差异无统计学意义($P>0.05$)。国产设备治疗时间、机器跳数均低于进口设备($P<0.05$)。

表4 两种设备危及器官(OARs)中直肠系膜区剂量比较				
对比项目	国产设备(n=89)	进口设备(n=89)	t值	P值
Dmean靶区(Gy)	38.42±1.87	36.21±0.92	10.004	0.000
V ₁₀ 靶区(Gy)	99.63±0.25	99.60±0.26	0.785	0.434
V ₂₀ 靶区(Gy)	96.14±3.45	86.24±2.49	21.951	0.000
V ₃₀ 靶区(Gy)	84.28±9.54	63.24±4.27	19.141	0.000
V ₄₀ 靶区(Gy)	45.36±0.21	48.24±0.54	46.893	0.000
V ₅₀ 靶区(Gy)	26.24±24.51	20.78±9.84	1.950	0.053

注：Vx表示器官接受大于或等于xGy剂量的体积。

表5 两种设备计划剂量验证及计划实施效率的对比				
对比项目	国产设备(n=89)	进口设备(n=89)	t值	P值
Gamma验证通过率(%)	96.25±1.48	96.14±1.52	0.489	0.625
治疗时间(min)	1.08±0.07	1.25±0.08	15.087	0.000
机器跳数(MU)	503.28±40.93	715.29±32.71	44.656	0.000

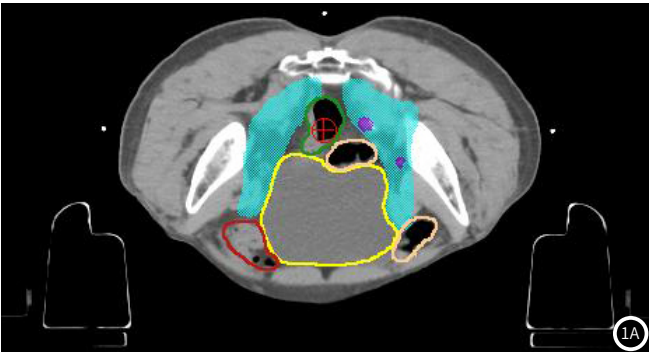


图1A~图1B 同一患者，男74岁，图1A为直肠癌T4bN2aM1伴肝转移。靶区范围包括直肠系膜、骶前区、闭孔区、髂总及髂内、外淋巴引流区。图1B为直肠癌T4bN2aM1伴肝转移。计划靶区PTV处方剂量50Gy。

3 讨论

相关研究证实，直肠系膜复发区域淋巴结的几率高达45%以上，此结论在我国专家共识中得到验证，因此直肠系膜区是进展期直肠癌患者术后放疗必须照射的部位^[13-14]。与此同时，直肠癌根治术可能破坏患者腹部和盆腔的正常结构，术后放疗时小肠部位更易受到照射，因此合理控制照射剂量，可降低放疗后肠道不良反应。研究发现，受放疗照射体积的影响，当膀胱V50≥20%时，会提高患者发生放射性膀胱炎(radiation cystitis, RC)的风险^[15-16]。庞廷田等^[17]人重点研究螺旋断层调强放疗设备剂量传输方式质控

标准的建立，并通过试验证实，膀胱充盈状态良好，可提高患者对放射治疗的耐受性。

本研究以直肠癌患者作为研究对象，验证其术后放疗使用螺旋CT模拟定位配合精确放疗设备的计划剂量是否合理，旨在为临床选择精确放疗设备提供经验性依据，结果表明：国产和进口精确放疗设备D95%靶区剂量覆盖率均达到预期效果，但是进口设备靶区适形度指数(CI)为(0.84±0.04)，性能优于国产设备(0.78±0.01)，考虑原因可能是进口加速器多叶光栅叶片性能优于

国产设备^[18]。国产设备剂量均匀性指数(HI)为 (1.13 ± 0.02) , 优于进口设备 (1.06 ± 0.01) , 与丛小虎^[19]的报道相一致。在危及器官(小肠、直肠系膜区)保护方面, 国产设备对小肠晚期、直肠系膜区早期的保护效果优于进口设备, 进口设备对小肠中期、直肠系膜中期的保护效果优于国产设备, 两者对小肠早期和直肠系膜晚期的保护效果相当, 出现上述差异的原因考虑可能与两套放疗计划系统算法、加速器剂量学性能不同有关^[20-21]。本研究结果显示, 螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备计划剂量设计满足术后放射治疗靶区剂量分布要求, Gamma通过率 $>90\%$, 且Gamma验证通过率与进口设备无明显差异。但是, 国产设备治疗时间为 (1.08 ± 0.07) min, 进口设备治疗时间为 (1.25 ± 0.08) min, 国产设备治疗时间较进口设备缩短, 且国产设备机器跳数为 (503.28 ± 40.93) MU, 较进口设备 (715.29 ± 32.71) MU减少, 与胡长超等^[22]人报道结果基本相一致, 说明国产设备硬件配置、计划剂量精度控制已达到国际水平, 部分性能甚至超过进口设备。

既往验证国产精确放疗设备计划剂量的研究比较多, 本研究创新性将直肠癌患者作为研究对象, 验证其术后放疗使用螺旋CT模拟定位配合国产精确放疗设备的计划剂量, 既是对既往研究的传承, 也是对该领域研究的拓展。但是本研究纳入样本数量相对不足, 且所涉及螺旋CT设备、国产以及进口精确放疗设备均仅有一种, 未来应不断扩大样本, 并就不同型号计划系统与直线加速器组合的计划剂量进行验证。

参考文献

- [1] 王安君, 刘宁宁. 放疗对行化疗和手术的直肠癌患者的效果分析: 一项基于SEER数据库的回顾性研究[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2023, 43(3): 320-332.
- [2] 胡金有, 邹炼, 顾少娴, 等. 容积旋转调强放疗计划验证设备对多叶准直器开合误差的敏感性及其伽马通过率限值研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2023, 40(1): 133-140.
- [3] 吴何苟, 钟鹤立, 张光伟, 等. 有无CT端光学定位设备对光学表面引导的左侧乳腺癌DIBH放疗摆位精度影响的研究[J]. 中国医疗设备, 2023, 38(1): 48-52.
- [4] Al-Rawi S, Abouelenen H, Nagdy E, et al. Assessment of dose gradient index variation during simultaneously integrated boost intensity-modulated radiation therapy for head and neck cancer patients[J]. Precision Radiation Oncology, 2022, 6(3): 216-224.
- [5] 祝小惠, 韩军, 梁志文, 等. 2018年湖北省放疗基本情况与质控设备配置调查分析[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29(3): 224-228.
- [6] 刘锐锋, 张秋宁, 王小虎, 等. 国产与进口精确放疗设备治疗食管癌的临床回顾性比较研究[J]. 医疗卫生装备, 2019, 40(5): 48-53.

- [7] 王俊, 何平. 神经侵犯在新辅助放疗后yp I ~ II期直肠癌中的预后预测价值[J]. 中国癌症杂志, 2022, 32(12): 1229-1234.
- [8] 何健, 曾昭冲. 螺旋断层放疗设备引导的肺癌精准放疗[J]. 实用肿瘤杂志, 2017, 32(5): 392-396.
- [9] E. C. Emmons, S. Bishay, L. Du, et al. RESIN登记中心报告转移性结直肠癌~(90)Y经动脉放疗栓塞后的生存率和毒性[J]. 国际医学放射学杂志, 2022, 45(6): 738.
- [10] 郭成, 李常虹, 顾华勇, 等. 高分辨MR成像联合ADC值预测直肠癌新辅助放化疗后区域淋巴结转移的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(3): 155-157, 183.
- [11] 刘攀, 谢清兰, 赵文龙, 等. Monaco通量平滑度对直肠癌术后放疗的剂量学影响[J]. 重庆医学, 2023, 52(5): 710-714.
- [12] 冯凯华, 玉贵永, 邹良群. 锥形束CT在鼻咽癌调强放疗中摆位误差情况以及对靶区、邻近器官剂量的影响分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(5): 7-9.
- [13] 童潮旭, 张涛, 龚惠英, 等. 不同剂量分割放疗治疗对直肠癌细胞促血管生成作用的比较研究[J]. 陆军军医大学学报, 2022, 44(19): 1979-1987.
- [14] Friedman D L, Chen L, Wolden S, et al. Dose-intensive response-based chemotherapy and radiation therapy for children and adolescents with newly diagnosed intermediate-risk hodgkin lymphoma: a report from the Children's Oncology Group Study AHOD0031. [J]. Journal of Clinical Oncology Official Journal of the American Society of Clinical Oncology, 2022, 28(1): 45-49.
- [15] Skoropad V, Berdov B, Titova L. Multimodal Treatment of Resectable Gastric Cancer with Intensive Neoadjuvant Radiation Therapy: Obninsk Radiological Center Experience[J]. Open Surgical Oncology Journal, 2020, 28(04): 428-431.
- [16] 王伟平, 张福泉, 袁双虎. 放射性膀胱损伤的预防与治疗临床实践指南[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2023, 30(04): 187-193.
- [17] 庞廷田, 于浪, 杨波, 等. Tomotherapy HDA型螺旋断层调强放疗设备剂量传输方式的质控标准建立[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(1): 20-24.
- [18] Qing S, Gu L, Zhang H. Phase I study of dose-escalated stereotactic body radiation therapy for locally advanced pancreatic head cancers: Initial clinical results[J]. Cancer Medicine, 2021, 10(19): 6736-6743.
- [19] 丛小虎, 宋伟男, 解传滨, 等. 基于国产与进口精确放疗设备在原发性肝癌与胰腺癌的剂量学评价研究[J]. 中国医疗设备, 2021, 36(4): 90-93, 98.
- [20] 亢燕, 董莹, 范小波, 等. 术前MRI定义直肠癌术前肿瘤范围的准确性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 141-143.
- [21] 陈雪梅, 黄晓彤, 王亚娟, 等. 体表光学设备AlignRT在乳腺癌根治术后调强放疗引导摆位中的应用[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2022, 29(19): 1408-1414.
- [22] 胡长超, 付丽, 瞿刚, 等. 两种子野分割算法在直肠癌术后调强放疗计划中的剂量学对比[J]. 现代仪器与医疗, 2022, 28(5): 61-64.

(收稿日期: 2024-06-05)

(校对编辑: 赵望淇、韩敏求)