

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.18.018
文章编号: 1005-8982 (2025) 18-0107-06

临床研究·论著

两种自动配准方式对食管癌放疗 危及器官受照剂量的影响*

吴承骏¹, 殷海涛², 任洪荣¹, 丁纪¹, 阮晓博¹, 陈猛¹

(1. 徐州市中心医院 放疗科, 江苏 徐州 221000; 2. 徐州市第一人民医院
放疗科, 江苏 徐州 221000)

摘要: 目的 以手动配准作为参照, 探讨骨性配准、软组织灰度配准对食管癌容积调强放疗危及器官受照剂量的影响。**方法** 选取2024年5月—2025年1月徐州市中心医院行根治性放疗的76例食管癌患者, 放疗前均经胃镜病理确诊。使用锥形束CT(CBCT)系统采集患者治疗前10次的摆位验证图像, 采用骨性配准、软组织灰度配准和手动配准, 得到3组摆位误差, 利用该误差值分别计算出每个患者的计划靶区外扩边界, 重新制作容积调强放疗计划。以手动配准作为对比参照, 通过剂量-体积直方图来比较不同配准方式下危及器官(肺、心脏、脊髓)的受照剂量。**结果** 与骨性配准、灰度配准相比较, 手动配准的左右方向、腹背方向、头脚方向的摆位误差较小($P<0.05$)。3种配准方式肺V5、肺V20、肺V30、肺 D_{mean} 、心脏V30、心脏V40、心脏 D_{mean} 危及器官的受照剂量比较, 差异均有统计学意义($P<0.05$), 3种配准方式脊髓 D_{max} 危及器官的受照剂量比较, 差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 采用适宜的配准方式, 对千伏级CBCT图像引导食管癌放疗的摆位工作具有临床参考意义。结合实际操作, 建议骨性配准结合手动调整的配准模式作为首选的配准方法。优化配准精度, 对于提高放疗的安全性和疗效至关重要。

关键词: 食管癌; 锥形束CT; 自动配准; 容积调强放疗

中图分类号: R735.1

文献标识码: A

Dosimetric effects of two automatic registration methods on organs at risk in esophageal cancer radiotherapy*

Wu Cheng-jun¹, Yin Hai-tao², Ren Hong-rong¹, Ding Ji¹, Ruan Xiao-bo¹, Chen Meng¹

(1. Department of Radiation Oncology, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou, Jiangsu 221000, China;

2. Department of Radiation Oncology, Xuzhou First People's Hospital,
Xuzhou, Jiangsu 221000, China)

Abstract: Objective To compare the effects of automatic bony registration and soft-tissue gray-value registration on organs-at-risk doses in volumetric modulated arc therapy (VMAT) for esophageal cancer, with manual registration as a reference. **Methods** Senvety-six patients with esophageal cancer who underwent radical radiotherapy at Xuzhou Central Hospital from May 2024 to January 2025 were selected, and all patients were pathologically confirmed by gastroscopy before radiotherapy. The cone beam computed tomography (CBCT) system was used to acquire pre-treatment verification images of the first 10 positions for each patient. The acquired images were then registered using bony alignment, soft-tissue gray-value alignment, and manual alignment, yielding three

收稿日期: 2025-03-26

* 基金项目: 江苏省“十四五”医学重点学科经费资助(No: ZDXK202237); 徐州市卫生健康委员会青年项目(No: XWKYHT20240040)

[通信作者] 陈猛, E-mail: 591821725@qq.com; Tel: 18168779193

sets of positioning errors. The obtained error values were utilized to calculate the expansion margins of the planning target volume (PTV) for each patient, after which a new VMAT plan was generated. Manual alignment was used as the reference for comparison, and the dose-volume histograms were employed to compare the doses to the lungs, heart, and spinal cord under different alignment methods. **Results** The absolute positioning errors obtained through manual registration in the left-right (LR), anterior-posterior (AP), and superior-inferior (SI) directions were lower compared with the bony registration and soft-tissue gray-value registration ($P < 0.05$). Statistically significant differences were observed among the three registration methods for lung (V5, V20, V30, D_{mean}) and heart (V30, V40, D_{mean}) doses ($P < 0.05$), whereas spinal cord D_{max} did not differ significantly ($P > 0.05$). **Conclusions** Using an appropriate registration method has important clinical implications for kV-CBCT-guided patient setup in esophageal cancer radiotherapy. Based on practical considerations, a bony registration combined with manual adjustment is recommended as the preferred registration strategy. Optimizing registration accuracy is crucial for enhancing both the safety and efficacy of radiotherapy.

Keywords: esophageal cancer; cone beam computed tomography; automatic registration; volumetric modulated arc therapy

放射治疗是食管肿瘤最主要治疗方式之一，尤其对于上段肿瘤，放疗的作用非常显著^[1]，靠近肿瘤的器官比如肺和心脏暴露在高水平的辐射下，可导致毒性风险增加^[2]。正常组织能否耐受放疗直接影响了靶区剂量的给予，从而对肿瘤能否得到有效控制至关重要^[3]。患者在治疗过程中，由于肿瘤退缩、体重改变、摆位重复性等因素，可能导致靶区及正常组织的体积或相对位置发生变化，此时如果继续采用初始放疗计划，就有可能导致肿瘤脱靶或使更多的正常组织进入照射野内，因此有必要及时修改放疗计划^[4]。容积调强放疗(volumetric modulated arc therapy, VMAT)技术由于剂量率高，治疗时间短，故对摆位的要求相对更高^[5]。在放疗过程中常采用锥形束CT(cone beam CT, CBCT)与计划CT相对比的方式来观察肿瘤靶区的偏移情况，这就需要使不同条件下的影像能够互相映射，实现信息融合^[6]。

目前在VMAT放疗中，系统自带的图像配准主要有骨性配准和软组织灰度配准两种方法，这两种自动配准方式各有利弊，配准结果直接影响了摆位误差计算的准确性。有文献报道，医师手动配准在精确性方面可能更优于上述两种自动配准方式^[7]。本研究以手动配准方式作为标准参照，研究自动骨配准和自动软组织配准对放疗摆位的影响，及其对放疗计划中正常器官照射剂量的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2024年5月—2025年1月徐州市中心医院

行根治性放疗的76例食管癌患者作为研究对象。患者年龄51~79岁，中位年龄62岁。纳入标准：①经胃镜检查确诊为食管癌；②接受根治性放疗，并能耐受治疗；③ECOG评分0~2分，无放疗禁忌证。排除标准：①由于并发症（如严重心肺疾病等）无法耐受放疗；②因各种原因未完成放疗疗程，中断放疗；③合并其他恶性肿瘤。本研究经医院医学伦理委员会审批通过（No: XZXY-LJ-20190314-017）。

1.2 体位固定及定位CT扫描

患者采取仰卧位，根据肿瘤分段的不同分别采用颈肩热塑模（胸上段）或体部热塑模（胸中、下段）固定后，行螺旋CT（德国西门子公司）增强扫描，层厚3 mm。

1.3 靶区勾画及制作放疗计划

参照国际辐射单位和测量委员会报告勾画出肿瘤区（gross target volume, GTV）、临床靶区（clinical target volume, CTV）、计划靶区（planning target volume, PTV）。其中，GTV包括食管原发肿瘤及恶性淋巴结。CTV为GTV在左右方向和腹背方向上外放0.5 cm、头脚方向上外放3.0 cm，包括淋巴引流区域。PTV为CTV在左右及腹背平面方向上外扩0.5 cm，头脚方向上外扩1.0 cm。危及器官包括心脏、脊髓和肺组织。处方剂量：50~60 Gy/1.8~2.0 Gy。

制作VMAT放疗计划，采用RapidArc技术，设计2个全弧射野。危及器官剂量要求：肺平均剂量 $D_{mean} \leq 13$ Gy、肺V20≤30%、肺V30≤20%、心脏

$V40 \leq 30\%$ 、脊髓的最大剂量 $D_{max} \leq 45 \text{ Gy}$ ^[8]。

1.4 CBCT 扫描及配准

使用 Truebeam 直线加速器 (美国瓦里安公司) 进行放射治疗, 利用机载的千伏级 CBCT 设备采集患者治疗前 10 次的摆位验证 CBCT 图像, 在计划系统内与定位 CT 图像进行融合配准。图像配准以两套系统的图像重合度为依据, 观察靶区邻近的解剖结构和感兴趣区是否达到重合要求, 分别采用骨性配准、灰度配准和手动配准, 得到 3 组摆位误差, 其中骨性配准和灰度配准采用计算机自动方式, 利用配套软件根据 CT 图像的电子密度自动识别完成, 而手动配准则是放疗技师、主治医师结合自身工作经验, 对两种不同图像的重合情况进行适当调整来实现的, 所需时间一般较长。分别计算出 3 种配准方式下每个患者在左右、腹背、头脚三个方向上的 PTV 外扩边界 MPTV, $MPTV = 2.5 \Sigma + 0.7 \sigma$, 其中, MPTV 为 CTV 至 PTV 的外放距离, 单位为 mm, Σ 为个体系统误差的标准差, σ 为个体随机误差的均方根。个体系统误差以摆位误差平均值表示, 个体随机误差以摆位误差标准差来表示^[9]。配准过程见图 1。

1.5 重新制作 VMAT 放疗计划

根据骨性配准、灰度配准、手动配准 3 种配准方式得到的 PTV 重新制作放疗计划, 利用剂量-体积直方图来比较这 3 种配准方式下危及器官肺、心脏、脊髓的照射剂量。

1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。计量资料

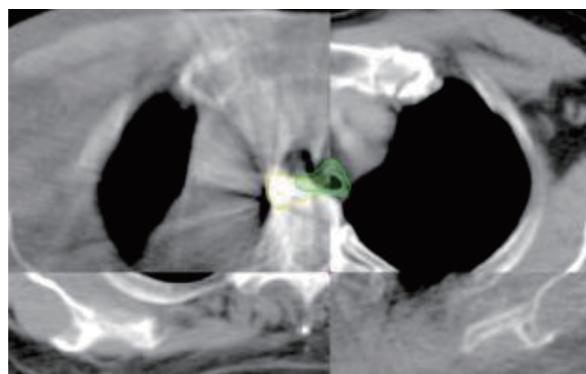


图 1 图像自动融合配准

以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 比较用单因素方差分析, 进一步两两比较采用配对 *t* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本信息

76 例食管癌患者中男性 50 例、女性 26 例; ECOG 评分 0 分 62 例, ≥ 1 分 14 例; 肿瘤位置上段 (颈段+胸上段) 19 例、中段 (胸中段) 36 例、下段 (胸下段+食管贲门连接处) 21 例; AJCC 肿瘤分期 1、2 期 15 例、3、4 期 61 例; PTV 体积 $\leq 300 \text{ cm}^3$ 19 例、 $> 300 \text{ cm}^3$ 57 例; 处方剂量 50~54 Gy 10 例、54~60 Gy 66 例。

2.2 3 种配准方式的摆位误差比较

3 种配准方式左右方向、腹背方向、头脚方向的摆位误差比较, 经单因素方差分析, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 与骨性配准、灰度配准相比较, 手动配准的摆位误差较小。见表 1。

表 1 3 种配准方式的摆位误差比较 ($n=76$, mm, $\bar{x} \pm s$)

配准方式	左右方向	腹背方向	头脚方向
骨性配准	6.5 ± 1.7	4.7 ± 2.2	7.7 ± 1.1
灰度配准	6.3 ± 1.3	4.8 ± 2.5	8.2 ± 2.0
手动配准	5.5 ± 1.0	4.0 ± 0.9	5.9 ± 2.1
<i>F</i> 值	13.313	4.725	21.364
<i>P</i> 值	0.001	0.010	0.003

2.3 3 种配准方式危及器官的受照剂量比较

3 种配准方式肺 V5、肺 V20、肺 V30、肺 D_{mean} 、心脏 V30、心脏 V40、心脏 D_{mean} 危及器官的受照剂量比较, 经单因素方差分析, 差异均有统计学意

义 ($P < 0.05$), 3 种配准方式脊髓 D_{max} 危及器官的受照剂量比较, 经单因素方差分析, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 2。

表2 3种配准方式危及器官的受照剂量比较 (n=76, $\bar{x} \pm s$)

配准方式	肺V5/%	肺V20/%	肺V30/%	肺D _{mean} /Gy	心脏V30/%	心脏V40/%	心脏D _{mean} /Gy	脊髓D _{max} /Gy
骨性配准	38.3 \pm 3.9	18.8 \pm 2.9	8.1 \pm 2.2	10.4 \pm 2.9	28.5 \pm 3.4	20.5 \pm 6.3	25.6 \pm 5.3	25.1 \pm 4.1
灰度配准	37.8 \pm 5.2	19.1 \pm 2.7	8.4 \pm 2.1	11.3 \pm 2.5	28.6 \pm 3.6	19.1 \pm 4.4	26.8 \pm 4.2	24.9 \pm 2.7
手动配准	36.6 \pm 4.3	16.7 \pm 3.3	7.7 \pm 1.9	11.6 \pm 3.3	27.7 \pm 4.1	18.2 \pm 6.4	25.2 \pm 4.7	24.5 \pm 3.8
F值	4.833	17.375	1.311	5.081	4.597	3.529	9.594	1.681
P值	0.009	0.004	0.272	0.007	0.011	0.031	0.002	0.189

3 讨论

放射治疗是食管癌综合治疗的方式之一，但其毒副作用仍然很高^[10]。肿瘤位置的变化具有不确定性，为了保证放疗靶区的覆盖，有学者使用重复CT、CBCT或MRI扫描来研究食管肿瘤的活动^[11]。图像引导放射治疗(image guided radiotherapy, IGRT)系统可修正摆位误差，利用实时影像监测肿瘤及其周围器官在治疗过程中的体积变化和位置移动，通过配准调整可使得肿瘤放疗更加精确^[12]。目前常用的配准方法主要有骨性配准、软组织灰度配准及医师的手动配准。骨性配准算法通过分析与骨解剖结构相关的基准标记的相对移动，来评估肿瘤的位置变化；灰度配准则使用目标区域内的所有灰度值信息来优化图像之间的相似性^[13-14]。两种配准算法在食管癌放疗中孰优孰劣尚无定论，比如HOFFMANN等^[15]的研究发现，软组织匹配允许进一步的PTV边界减少，特别是在头脚方向上，与骨性配准相比较，软组织配准总体减少了2~3 mm的外放边界。而JIN等^[16]则认为对于食管癌的放疗，骨解剖仍然是设置验证的标准替代物，因为精确的基于肿瘤的图像配准尚不可行。上述两种配准方式均是计算机自动配准，操作简便，而医师手动配准可能更为准确。吴建亭等^[17]比较了配准方式对食管癌摆位误差的影响，建议图像配准加上手动配准，曹璐等^[18]也认为在自动配准的基础上结合手动微调更为准确。本研究以手动配准作为基准，探讨骨性配准与灰度配准对位置变化的影响，结果显示采用骨性配准与手动配准在左右、腹背及头脚3个方向上的摆位误差比较均有差异，灰度配准与手动配准相比较也有差异。骨性配准在腹背及头脚方向上相较于灰度配准更具优势，结合实际摆位工作中的自动化效率，建议骨性配准结合手动调整的配准模式

作为首选的配准方法。同时本研究发现，食管癌在头脚及左右方向上的误差较大，这可能因为部分下段肿瘤靠近膈肌，受呼吸幅度的影响大，或肩背部皮肤未贴紧碳素底板，之间产生了空隙。这也提示临床应严密观察患者的摆位情况，必要时重新定位。对于一些胸部复杂肿瘤，软组织、气腔和骨性组织密集，由于结构变化较大，自动配准可能不够准确。同时由于呼吸运动、肺充气状态的变化等原因，自动配准可能无法完全校正所有误差，通过添加手动配准，医师可通过丰富的解剖学知识和经验，对软组织和骨性结构进行更精细的调整，从而减少配准误差。

合适的PTV外扩边界对控制正常器官受照剂量至关重要。根据食管肿瘤所在位置的不同，放疗分次间的范围可以控制在4.4~5.5 mm^[19]。VONCKEN等^[20]分析了食管癌IGRT放疗，利用CBCT进行骨匹配、隆突匹配、横膈膜匹配、CTV匹配，结果发现对于骨性配准，在左右、头脚、腹背方向上计算的PTV边界分别为1.0、1.3和0.7 cm，基于CTV的配准导致的PTV边界最小，基于横膈膜的配准增加了PTV的外放边界。本研究结果表明，手动配准能够有效减少PTV外扩，从而在临床为放疗计划提供更精准的剂量分布，尤其在保护肺部等器官方面具有实际意义。在放疗计划的制订中，选择合适的配准方法不仅依赖于配准的精度，还应考虑患者的个体差异和肿瘤的空间分布特征。可考虑使用基于手动配准标准的自动校准方法，以减少配准误差，确保剂量精准覆盖肿瘤区域，最大限度地保护危及器官。

在食管癌放疗中，放射性肺炎的发生直接影响了肿瘤治疗疗效及患者生存质量^[21]。在评价正常肺组织受照剂量时，肺V5、V20、V30和肺平均剂量D_{mean}这几个指标最为常用^[22]。心脏损伤同样是食管肿瘤放疗后的常见并发症^[23]。V30、V40和心脏

平均剂量 D_{mean} 是放疗引起心脏损伤主要的预测指标^[24]。在 LEE 等^[25]研究中, 食管癌 VMAT 放疗心脏平均剂量为 27.8 Gy, 左心房为 39.4 Gy。一项对 691 例接受放射治疗的食管癌患者的回顾性报告称, 房性心律失常的发生率为 14% ~ 20%^[26]。本研究结果表明, 在摆位误差方面, 骨性配准和灰度配准相较于手动配准在多个方向上呈现出较大的误差。然而, 在 VMAT 放疗计划中, 两种自动配准计划的危及器官剂量之间差异较小。这提示, 在实际临床应用中, 骨性配准和灰度配准方法在精度上虽然有所不同, 但其对危及器官的剂量分布影响较小, 可能需要更高精度的配准方法以减少辐射对肺部的负面影响。未来研究可考虑误差的空间分布及其对局部剂量的影响, 以提供更加精确的治疗方案。另外, 肿瘤及正常器官的移动或体积变化均会影响受照剂量, 其计算十分复杂, 在后续的研究中将继续进行剂量学因素受体积变化等研究。

综上所述, 本研究探讨了不同配准方法(骨性配准、灰度配准、手动配准)对食管癌放疗危及器官受照剂量的影响。从临床角度看, 配准误差仍可能影响到特定器官的局部剂量分布, 尤其是在局部高剂量区域。因此, 优化配准精度, 特别是通过自动校准技术来减少误差, 对于提高放疗的安全性和疗效至关重要。尽管本研究对骨性配准和软组织灰度配准与手动配准进行了比较, 但配准方法的准确性还受到影像质量、设备精度等因素的影响。此外, 骨性配准和灰度配准的自动化过程可能无法完全应对患者体位的细微变化, 特别是对于某些复杂解剖区域, 自动配准方法可能会面临挑战。另外, 尽管研究中已提到通过不同配准方法来调整 PTV 外扩, 但没有详细讨论个体患者的具体需求, 例如肿瘤的具体位置、体积、呼吸运动等因素可能对配准结果的影响, 进一步考虑这些个体差异可能有助于优化治疗计划和配准策略。

参 考 文 献 :

- [1] 顾建建. 循环肿瘤细胞在食管癌根治性放疗中的临床意义[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(12): 91-95.
- [2] SODJI Q H, KO R, von EYBEN R, et al. Acute and late esophageal toxicity after SABR to thoracic tumors near or abutting the esophagus[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2022, 112(5): 1144-1153.
- [3] BOLT M, CLARK C H, NISBET A, et al. Quantification of the uncertainties within the radiotherapy dosimetry chain and their impact on tumour control[J]. Phys Imaging Radiat Oncol, 2021, 19: 33-38.
- [4] 张勇乾, 王洪敏, 安永辉, 等. 自适应放疗在鼻咽癌根治性放疗中作用初探[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(7): 1285-1290.
- [5] 蔡传煜, 黄妙云, 徐本华, 等. 千伏级锥形束断层扫描验证胸部肿瘤容积旋转调强放疗摆位误差的准确度[J]. 医疗装备, 2021, 34(3): 20-21.
- [6] 邱玲娜, 吴经芝, 吴泳兴, 等. 不同 CT-CBCT 配准方法对颈胸膜固定方式下食管癌患者摆位误差的影响[J]. 福建医科大学学报, 2023, 57(3): 217-222.
- [7] PHAM A H N, YORKE E, RIMNER A, et al. Potential for interfraction motion to increase esophageal toxicity in lung SBRT[J]. Technol Cancer Res Treat, 2017, 16(6): 935-943.
- [8] 江大山. 基于深度学习的食管癌放射治疗计划剂量学评估研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2021: 000120.
- [9] 邓源, 邹金华, 李新宇, 等. 最大误差图像配准方法对肝癌患者摆位误差及外扩边界的影响[J]. 医疗装备, 2021, 34(11): 28-30.
- [10] 李国栋, 陈维军, 陈龙, 等. 同步加量调强放疗对中段食管癌患者肿瘤标志物及心肺功能的影响[J]. 肿瘤学杂志, 2022, 28(4): 298-304.
- [11] MACHIELS M, JIN P, VAN GURP C H, et al. Comparison of carina-based versus bony anatomy-based registration for setup verification in esophageal cancer radiotherapy[J]. Radiat Oncol, 2018, 13(1): 48.
- [12] 林志悦, 许晨迪, 李宗泰, 等. 基于一体化 CT 直线加速器图像引导放疗的宫颈癌不同体位固定方式的对比研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2023, 30(15): 932-936.
- [13] 张卓, 杨敏, 王东东, 等. 乳腺癌术后放疗体位固定技术的摆位误差及重复性分析[J]. 实用临床医药杂志, 2021, 25(8): 52-54.
- [14] 刘豪佳, 王慧涛, 徐红卫, 等. X 射线容积成像系统配准方式对中下段食管癌放疗体位验证的影响[J]. 中国辐射卫生, 2023, 32(1): 52-57.
- [15] HOFFMANN L, POULSEN P R, RAVKILDE T, et al. Setup strategies and uncertainties in esophageal radiotherapy based on detailed intra- and interfractional tumor motion mapping[J]. Radiother Oncol, 2019, 136: 161-168.
- [16] JIN P, van der HORST A, de JONG R, et al. Marker-based quantification of interfractional tumor position variation and the use of markers for setup verification in radiation therapy for esophageal cancer[J]. Radiother Oncol, 2015, 117(3): 412-418.
- [17] 吴建亭, 赵永亮, 金建华, 等. 四种不同配准方式对食管癌 IGRT 摆位误差的影响[J]. 现代肿瘤医学, 2016, 24(21): 3463-3465.
- [18] 曹璐, 黄洋, 许鹏, 等. 不同图像配准算法调用对食管癌 IGRT 配准结果的影响[J]. 中国医疗设备, 2020, 35(3): 74-76.
- [19] 刘懿梅, 陈美宁, 邓小武, 等. 影像引导食管癌放射治疗研究进

- 展[J]. 肿瘤预防与治疗, 2022, 35(12): 1103-1109.
- [20] VONCKEN F E M, NAKHAEI S, STAM B, et al. Quantification of esophageal tumor motion and investigation of different image-guided correction strategies[J]. Pract Radiat Oncol, 2020, 10(2): 84-92.
- [21] 庞然然. 剂量体积参数及CRP与食管癌放疗后放射性肺炎的相关性[J]. 实用癌症杂志, 2023, 38(9): 1540-1543.
- [22] 袁成, 刘明锐, 施林心, 等. 胸段食管癌累及野放疗与扩大野放疗对危及器官的辐射剂量学分析[J]. 中国辐射卫生, 2022, 31(2): 210-213.
- [23] 南淑伟. 3D-STE技术联合超声心动图在食管癌放疗患者心脏损伤评估中的应用[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(4): 618-621.
- [24] 袁美芳, 文晓博, 刘梦岚, 等. 左乳癌保乳术后瘤床同步推量断层螺旋照射与断层定角照射的放疗剂量学研究[J]. 实用临床医药杂志, 2021, 25(1): 6-9.
- [25] LEE S L, MAHLER P, OLSON S, et al. Reduction of cardiac dose using respiratory-gated MR-linac plans for gastroesophageal junction cancer[J]. Med Dosim, 2021, 46(2): 152-156.
- [26] THOMAS M, DEFRAENE G, LAMBRECHT M, et al. NTCP model for postoperative complications and one-year mortality after trimodality treatment in oesophageal cancer[J]. Radiother Oncol, 2019, 141: 33-40.

(李科 编辑)

本文引用格式: 吴承骏, 殷海涛, 任洪荣, 等. 两种自动配准方式对食管癌放疗危及器官受照剂量的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(18): 107-112.

Cite this article as: WU C J, YIN H T, REN H R, et al. Dosimetric effects of two automatic registration methods on organs at risk in esophageal cancer radiotherapy[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(18): 107-112.