

不同厚度补偿膜对乳腺癌放疗计划剂量的影响

杨玉刚, 尚革, 许林, 郝洁, 齐洪志

新疆医科大学第一附属医院 肿瘤中心, 新疆 乌鲁木齐 830054

[摘要] 目的 通过评估不同厚度胸壁补偿膜在乳腺癌放疗计划中对靶区和正常组织器官剂量的影响, 来评价不同厚度补偿膜在乳腺癌放疗中的优劣。方法 选择本院2019—2020年收治的乳腺癌患者46人(包括29例乳腺癌根治术后和17例乳腺癌保乳术后), 回顾对比分析29例乳腺癌根治术后患者, 采取0.5、1.0 cm厚度补偿膜厚度时, 乳腺癌放疗计划中剂量和加速器跳数的差异性; 针对17例乳腺癌保乳术后, 在放疗计划系统中设计组织补偿膜厚度分别为0、0.3、0.5、1.0 cm, 对比分析剂量和加速器跳数的差异性。结果 在29例乳腺癌根治术后患者的放疗计划中, 0.5、1.0 cm厚度补偿膜对靶区适形指数、加速器跳数和左、右肺的 V_{20} 评估有不同的影响, 而在心脏、肝脏、脊髓的评估方面无临床差异。通过对比发现0.5 cm补偿膜优于1.0 cm的。另选取0、0.3、0.5、1.0 cm组织补偿膜, 分析其对17例乳腺癌保乳术后放疗计划的剂量和加速器跳数的影响, 发现靶区适形指数、肺的 V_{20} 及加速器跳数都随补偿膜厚度的增加而减小。结论 0.5、1.0 cm的补偿膜都可应用于乳腺癌根治术后放疗计划中, 但两者对剂量和加速器跳数的影响略有不同。

[关键词] 乳腺癌; 放疗计划; 补偿膜厚度; 剂量学; 加速器跳数

Effect of Different Thickness Compensation on Planned Dose of Radiotherapy For Breast Cancer

YANG Yugang, SHANG Ge, XU Lin, HAO Jie, QI Hongzhi

Department of Cancer Center, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang 830054, China

Abstract: Objective To evaluate the advantages and disadvantages of chest wall tissue compensation with different thickness in breast cancer radiotherapy by evaluating the difference of target volume and normal tissue and organ dose in breast cancer radiotherapy plan. Methods A total of 46 patients with breast cancer in our hospital from 2019 to 2020 were selected, including 29 patients after radical mastectomy and 17 patients after breast conserving surgery. The differences in dose and the number of monitor units (MU) in breast cancer radiotherapy planning when chest wall tissue compensation with 0.5 cm and 1.0 cm thickness was used were retrospectively analyzed in 29 patients with breast cancer after radical mastectomy. For 17 breast cancer patients after breast conserving surgery, the tissue compensation thickness was designed to be 0, 0.3, 0.5 and 1.0 cm in the radiotherapy planning system, and the difference of dose and MU was compared and analyzed. Results In the radiotherapy plan of 29 patients after radical mastectomy for breast cancer, 0.5 cm and 1.0 cm thickness compensation in breast cancer radiotherapy had different effects on the evaluation of target volume conformity index (CI), MU and V_{20} of left and right lungs, while those of heart, liver and spinal cord had no significant effect. The 0.5 cm compensation was better than 1.0 cm. In addition, 0, 0.3, 0.5, and 1.0 cm tissue compensation were selected to analyze their effects on the dose and MU, of them, CI, lung V_{20} and MU in the postoperative radiotherapy plan for 17 cases of breast cancer both decreased with the increase of the thickness of the compensation. Conclusion Tissue compensation with thickness of 0.5 and 1.0 cm both can be used in radiotherapy planning after radical mastectomy for breast cancer, but their effects on dose and MU are slightly different.

Key words: breast cancer; radiotherapy plan; thickness of chest wall tissue compensation; dosimetry; the monitor units

[中图分类号] R815; R737.9

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2022.04.019

[文章编号] 1674-1633(2022)04-0074-04

引言

乳腺癌作为女性常见的恶性肿瘤, 放射治疗已是乳腺癌综合治疗的重要组成部分^[1]。乳腺癌根治术后的患者接受辅助放疗可提高局控率及总生存率^[2]。直线加速器可产生不同类型的射线, 具有不同剂量分布特性。在乳腺癌调强放疗中一般采用6 MV的X射线, 其最大剂量点不在表皮,

而是在距表皮一定深度的组织上, 从表皮到最大剂量点的深度为剂量建成区^[3], 这一物理特性使得设计乳腺癌调强放射治疗计划时靶区浅表的剂量很难满足处方剂量, 而组织等效补偿膜的广泛应用则解决了临床放疗中的这一问题^[4]。目前临床使用的组织补偿膜有市售胸壁补偿膜和根据患者具体情况设计的个体化3D打印补偿膜^[5], 后者在靶区照射剂量及重要危及器官(Organ at Risk, OAR)的照射剂量方面的效果优于前者^[6], 但个体化3D打印补偿膜需

收稿日期: 2021-10-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(81860360)。

通信作者: 齐洪志, 副主任技师, 主要研究方向为肿瘤治疗。

通信作者邮箱: qhz930@163.com

要相关的设备和材料,而且成本较高,所以在大部分放疗科室很少被采用。市售组织补偿膜通常有 0.5、1 cm 的厚度,不同厚度的组织补偿膜不仅在成本上存在差异,在和表皮贴合程度以及剂量学上也存在着差异,关于不同厚度补偿膜在乳腺癌调强放疗中的差异性研究还很少。本文通过回顾分析和对比,探索不同厚度的补偿膜对靶区和正常组织器官剂量的影响。

1 材料与方法

1.1 病历资料

选择本院 2019—2020 年收治的乳腺癌患者 46 人。其中行右侧乳腺癌根治术后放疗的患者有 18 例,12 例使用 1 cm 补偿膜,6 例使用 0.5 cm 补偿膜;行左侧乳腺癌根治术后放疗患者 11 例,6 例使用 1 cm 补偿膜,5 例使用 0.5 cm 补偿膜。行右侧乳腺保乳术后放疗的患者共 9 例,行左侧乳腺保乳术后放疗患者共 8 例。放疗计划处方量 50 Gy,单次 2 Gy,共 25 次。

1.2 设备与材料

瓦里安 Eclipse 8.9 治疗计划系统 (Treatment Planning System, TPS),飞利浦 Brilliance Big Bore CT 模拟定位机,以及 0.5、1.0 cm 补偿膜。

1.3 研究方法

乳腺癌根治术后放疗计划设计采用 7 野调强照射技术,其中 4 个射野针对胸壁靶区做切线野,3 个射野针对锁骨上和内乳靶区进行设计,均采用 fixed-jaw (铅门固定) 技术。保乳术后放疗计划设计采用 4 野切线调强照射技术。切线野根据靶区轮廓通过调整机架和机头角度尽可能减少肺组织照射,同时在设置射野中心的时候尽可能让切线野采用半野照射来降低对肺组织的照射。

针对乳腺癌根治术后放疗患者,定位时分别使用 0.5、1.0 cm 补偿膜的放疗计划进行对比回顾分析。左侧乳腺癌根治术后放疗患者计划靶区 (Planning Target Volume, PTV) 平均体积为 $(919 \pm 130) \text{ cm}^3$,右侧乳腺癌根治术后放疗患者 PTV 平均体积为 $(950 \pm 219) \text{ cm}^3$ 。左、右乳腺癌根治术后放疗患者定位时分别采用 0.5、1.0 cm 补偿膜,见图 1。

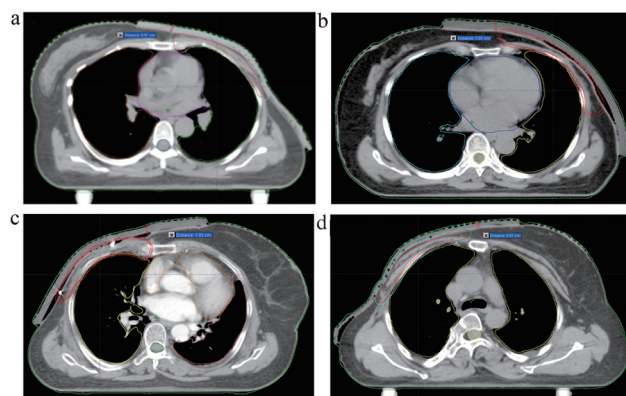


图1 左、右侧乳腺癌患者采用0.5、1.0 cm补偿膜的CT图像

注: a. 左侧乳腺癌患者采用0.5 cm补偿膜; b. 左侧乳腺癌患者采用1.0 cm补偿膜; c. 右侧乳腺癌患者采用0.5 cm补偿膜; d. 右侧乳腺癌患者采用1.0 cm补偿膜。

在 TPS 上为 17 例乳腺癌保乳术后放疗患者 (左乳 8 例、右乳 9 例) 添加厚度分别为 0、0.3、0.5、1.0 cm 的组织补偿膜进行建模调强计划设计。在计划设计过程中射野参数、优化条件与上述根治术患者保持一致,优化完成后对比不同厚度补偿膜对靶区和 OAR 辐射剂量的影响。图 2 为左侧保乳术后放疗患者添加不同厚度组织补偿膜的 CT 图像。

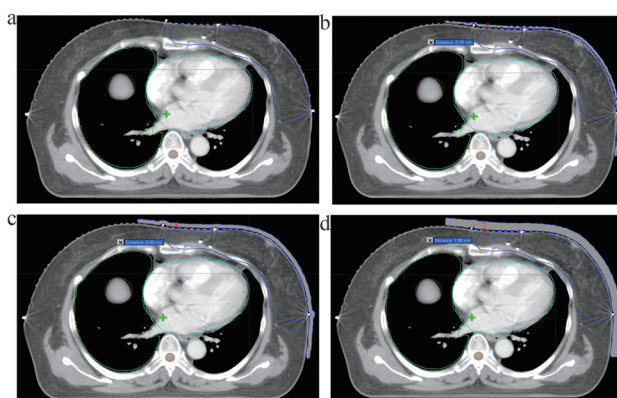


图2 左侧乳腺癌患者采用不同厚度组织补偿膜的CT图像

注: a. 0 cm补偿膜; b. 0.3 cm补偿膜; c. 0.5 cm补偿膜; d. 1.0 cm补偿膜。

1.4 剂量评估

比较放疗靶区的适形指数 (Conformity Index, CI)、均匀性指数 (Heterogeneity Index, HI), 以及串型 OAR 的 D_{\max} 和并型 OAR 的 V_{20} 、 V_{30} 、 D_{mean} (V_x 是指器官接受 x Gy 照射剂量的体积)。

$CI = V_{DT_PTV} \div V_{DT} \times V_{DT_PTV} \div V_{PTV}$, CI 越接近 1 代表计划适形度越好, 其中 V_{PTV} 为 PTV 的体积, V_{DT_PTV} 为接受处方剂量的 PTV 体积, V_{DT} 为接受处方剂量的全体积; $HI = D_5\% / D_{95\%}$, HI 越接近 1 代表靶区剂量均匀性越好, $D_5\%$ 为 5% 靶体积所接受的剂量, $D_{95\%}$ 为 95% 靶体积所接受的剂量。

1.5 统计学分析

通过 SPSS 17.0 统计软件进行统计分析,采用独立样本 t 检验和差异性配对 t 检验方法进行比较,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果

2.1 左、右侧乳腺癌根治术患者采用0.5、1.0 cm补偿膜的靶区PTV和OAR剂量学比较

(1) 11 例左侧乳腺癌根治术后放疗患者定位时分别采用 0.5、1.0 cm 补偿膜后靶区 PTV 和 OAR 剂量对比如表 1 所示,可以看出使用 0.5 cm 补偿膜在左肺 V_{20} 的平均受量要低于 1.0 cm 补偿膜,但平均加速器跳数 (Number of Monitor Units, MU) 略高,靶区 CI 略差。

(2) 18 例右侧乳腺癌根治术后放疗患者定位时分别采用 0.5、1.0 cm 补偿膜后靶区 PTV 和 OAR 剂量对比如表 2 所示,可以看出使用 0.5 cm 补偿膜在左肺 V_{20} 的平均受量要低于 1.0 cm 补偿膜,但平均 MU 略高,靶区 CI 略差。右侧乳腺癌放疗患者采用 0.5 cm 和 1.0 cm 补偿膜,其影响

剂量变化的趋势和左侧乳腺癌患者的剂量变化趋势相似。

表1 左侧乳腺癌患者采用0.5、1.0 cm补偿膜的靶区PTV和OAR剂量学比较 ($\bar{x} \pm s$)

评估项	0.5 cm补偿膜	1.0 cm补偿膜	t值	P值
PTV靶区D _{95%} /Gy	49.38 ± 1.13	49.38 ± 0.66	0.006	0.996
PTV靶区D _{5%} /Gy	53.80 ± 0.51	53.88 ± 0.51	0.295	0.776
左肺V ₂₀ /%	25.30 ± 5.71	27.63 ± 2.35	0.853	0.432
心脏V ₃₀ /%	11.38 ± 4.37	11.94 ± 6.29	0.172	0.867
心脏D _{mean} /Gy	11.64 ± 2.43	14.91 ± 6.03	1.214	0.265
脊髓D _{max} /Gy	22.76 ± 4.94	20.50 ± 5.25	-0.735	0.481
MU	1459 ± 329.37	1309.83 ± 305.49	-0.773	0.461
CI	0.65 ± 0.10	0.79 ± 0.08	2.378	0.047
HI	1.09 ± 0.27	1.09 ± 0.12	0.127	0.904

表2 右侧乳腺癌患者采用0.5、1.0 cm补偿膜的靶区PTV和OAR剂量学比较 ($\bar{x} \pm s$)

评估项	0.5 cm补偿膜	1.0 cm补偿膜	t值	P值
PTV靶区D _{95%} /Gy	49.60 ± 0.83	49.22 ± 0.65	-0.991	0.350
PTV靶区D _{5%} /Gy	53.89 ± 0.38	53.98 ± 0.54	-0.038	0.970
右肺V ₂₀ /%	26.97 ± 3.37	28.20 ± 2.99	0.757	0.468
肝脏V ₃₀ /%	11.23 ± 7.67	9.06 ± 4.61	-0.639	0.544
脊髓D _{max} /Gy	23.47 ± 7.91	24.56 ± 5.98	0.298	0.773
MU	1384.33 ± 210.74	1291.50 ± 87.45	5.878	0.341
CI	0.74 ± 0.10	0.76 ± 0.08	0.417	0.686
HI	1.09 ± 0.02	1.10 ± 0.02	0.752	0.467

2.2 保乳术后放疗患者定位时分别采用不同厚度补偿膜的效果

左侧保乳术后放疗患者8例,添加厚度分别为0、0.3、0.5、1.0 cm的组织补偿膜后,CI、MU和肺V₂₀随补偿膜的增厚而减小,见图3。

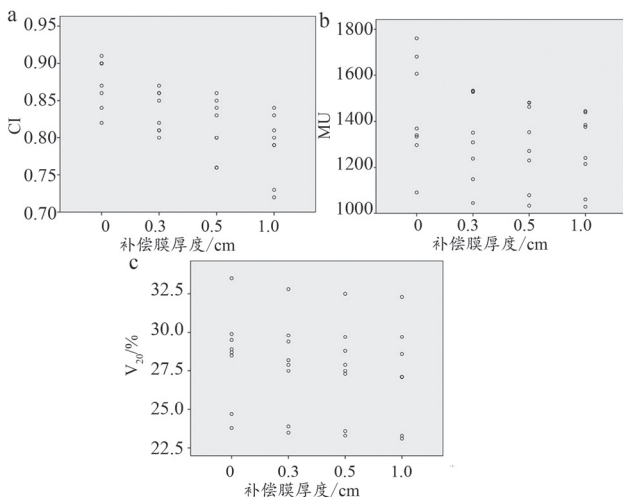


图3 左侧保乳术后放疗患者使用不同厚度补偿膜对CI、MU和左肺V₂₀的影响

注: a. CI; b. MU; c. 左肺V₂₀。

右侧保乳术后放疗患者9例,添加厚度分别为0、0.3、0.5、1 cm组织补偿进行调强计划设计。在计划设计过程中射野参数、优化条件保持一致,优化完成后对比不同厚度补偿膜对靶区和危及器官剂量的影响。通过对比分析后靶区CI、肺V₂₀和MU随补偿膜的增厚而减小(图4)。

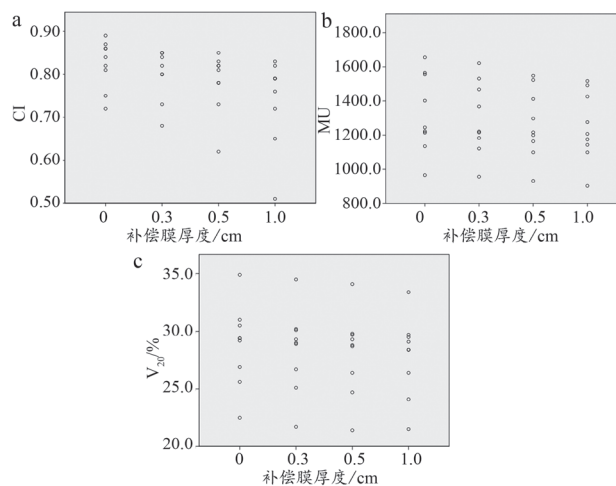


图4 右侧保乳术后放疗患者使用不同厚度补偿膜对CI、MU和左肺V₂₀的影响

注: a. CI; b. MU; c. 左肺V₂₀。

比较保乳术后放疗患者使用不同厚度补偿膜后对CI、MU和左肺V₂₀的影响发现,多数P>0.05,没有统计学差异,说明0.3、0.5、1.0 cm厚度的补偿膜都可以起到组织补偿作用。而采用不同厚度的组织补偿膜会影响乳腺癌根治术后放疗患者的辐照效果,随着补偿膜厚度的增加,受到50 Gy照射的体积也相应增加,靶区CI逐渐降低,在肿瘤控制概率评估方面并未获益,但是随着补偿膜厚度的增加,肺的V₂₀和MU逐渐减少,在正常组织并发症概率方面是获益的。

3 讨论

乳腺癌术后患者接受辅助放疗可提高局控率及总生存率^[1],因此乳腺癌放疗的靶区要求表浅部位也能达到处方剂量。由于射线自身的物理特性,可在乳腺癌放疗定位时采取添加组织等效补偿膜以建成剂量效应补偿,从而保证浅表肿瘤获得足够的治疗剂量^[7]。本研究首先比较了行乳腺癌根治术后放疗的患者应用不同厚度组织补偿膜对靶区和OAR剂量的影响,又比较了对乳腺癌保乳术后放疗患者采用0.3、0.5、1.0 cm组织补偿膜对CI、MU和左肺V₂₀的影响,以此评价不同厚度补偿膜在乳腺癌放疗中的优越性。虽然通过对比分析没有发现显著的统计学差异,但是本研究展现出了随着补偿膜厚度的增加靶区CI有逐渐变差的趋势,肺的V₂₀和MU有逐渐降低的趋势,另外补偿膜厚度增加会导致胸壁贴服度变差、采购价格变高,因此不同放疗中心应根据自身情况选择不同厚度的组织补偿膜来满足临床需求。

乳腺癌放射治疗时,组织补偿膜对表皮吸收剂量有很大的影响,使用组织补偿膜后,可以将6 MV X射线的皮肤吸收剂量由10%~40%提高到接近100%^[8]。虽然个体化3D打印膜具有保证乳腺癌根治术后放疗剂量准确性及稳定性的优点^[9-10],但是其有需要特定设备和成本高的特点,在临床应用方面比较困难。市售的补偿膜一般只有0.5 cm和1.0 cm两种厚度,贺智认为可以通过增加组织补偿膜厚

度的方式来提高靶区的治疗剂量^[11],要求补偿膜越厚成本价越高,同时补偿膜越厚在患者体表的贴服度就越差。市售组织补偿膜具有一定厚度和软硬度,然而乳腺癌患者需要照射的部位往往是不平坦、不规则的曲面,因此补偿膜和体表之间必然存在空气间隙,空气间隙的存在又可降低表面剂量^[12-13]。产生5 mm的空气间隙时表面剂量就会降低10%左右,空气间隙小于30 mm时对表面剂量的变化影响较小,但随着空气间隙的逐步增大,表面剂量会随之明显下降。尽可能减小产生的空气间隙以减少对剂量计算和实际照射剂量的影响,可减少实际照射和计划剂量之间的误差,所以实际操作过程中需尽可能将补偿膜贴合于皮肤表面^[14-15]。在乳腺癌术后放疗的患者定位时,将市售组织补偿膜的一面和皮肤表面涂抹温水可以更好地减少空气间隙。术后胸壁比较不平坦的患者使用组织补偿膜时,除了涂抹温水使之更好贴合之外,还要不停按压热塑膜来减小空气间隙。

目前具有独特优势的3D打印技术已经在各个领域应用开来,一些研究也将该技术应用到乳腺癌放疗领域中。在肿瘤放疗中应用3D打印技术,根据CT扫描后的肿瘤形态来制作出更适合的补偿物,会使剂量分布更理想,但这还有待进一步研究^[16-17]。由于等效组织补偿膜暂无相应的收费项目,所需费用往往需要科室或者患者承担,这也是目前该技术在放疗领域中未能广泛开展的原因。目前调强放疗技术已经普遍应用,调强放射治疗在乳腺癌放疗中靶区CI和OAR保护方面更为理想,同时能够降低患者不良反应的发生风险^[18-19]。有研究指出容积调强弧形放疗计划的平均MU值相对较少^[20-21],可以缩短加速器出束的时间。

4 结论

0.3、0.5、1.0 cm的组织补偿膜都可以在乳腺癌术后放疗中使用,不同放疗中心可根据自身具体情况选择既满足自身临床需求又经济实惠的组织补偿膜来改善表皮吸收剂量。

[参考文献]

- [1] 王磊,倪昕晔,王根和,等.乳腺癌固定野调强射野数目的研究[J].中国医学物理学杂志,2018,35(11):1269-1275.
- [2] Whelan TJ, Julian J, Wright J, et al. Does locoregional radiation therapy improve survival in breast cancer? A meta-analysis[J]. *J Clin Oncol*, 2000, 18(6):1220-1229.
- [3] Lobb E. Bolus-dependent dosimetric effect of positioning errors for tangential scalp radiotherapy with helical tomotherapy[J]. *Med Dosim*, 2014, 39(1):93-97.
- [4] 王昊,陈华,邵琰,等.覆盖物对胸部肿瘤放射剂量影响的研究[J].中华肿瘤防治杂志,2016,23(23):1556-1559.
- [5] 张敏,赵波,尹金鹏,等.新型3D打印组织补偿物的放疗应用研究[J].中华放射肿瘤学杂志,2017,26(2):210-214.
- [6] 盛成阳,梁恒波,程鹏,等.不同胸壁补偿膜在乳腺癌放疗中的

应用[J].河南医学研究,2020,29(2):211-214.

- [7] 傅玉川,王世超,谢莉,等.皮肤建成区效应对早期乳腺癌全乳照射治疗计划评估的影响[J].癌症,2008,27(2):183-186.
- [8] Huang CY, Yang B, Lam WW, et al. Effects on skin dose from unwanted air gaps under bolus in an MR-guided linear accelerator (MR-linac) system[J]. *Phys Med Biol*, 2021, 66(6):065021.
- [9] 侯彦杰,于江平,王永强,等.3D打印胸壁硅胶bolus制作及临床前研究[J].中华放射肿瘤学杂志,2018,27(9):835-838.
- [10] 沈奕晨,王为,张松方,等.乳腺癌螺旋断层放射治疗与调强放射治疗的剂量学研究及临床剂量实测比较[J].中国医学物理学杂志,2018,35(3):269-274.
- [11] 贺智.探讨乳腺癌术后胸壁放射治疗时不同能量电子线照射不同厚度组织等效膜产生的剂量进行测量[J].世界最新医学信息文摘,2021,12:113-114.
- [12] Butson MJ, Cheung T, Yu PK, et al. Dose and absorption spectra response of EBT2 Gafchromic film to high energy X-rays[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2009, 32(4):196-202.
- [13] Kong M, Holloway L. An investigation of central axis depth dose distribution perturbation due to an air gap between patient and bolus for electron beams[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2007, 30(2):111-119.
- [14] Rastogi K, Sharma S, Gupta S, et al. Dosimetric comparison of IMRT versus 3DCRT for post-mastectomy chest wall irradiation[J]. *Radiat Oncol J*, 2018, 36(1):71-78.
- [15] 孔栋,惠琳,魏贤顶,等.补偿膜下空腔间隙对浅表组织剂量影响[J].中华放射肿瘤学杂志,2018,27(11):1009-1013.
- [16] Jones EL, Tonino Baldion A, Thomas C, et al. Introduction of novel 3D-printed superficial applicators for high-dose-rate skin brachytherapy[J]. *Brachytherapy*, 2017, 16(2):409-414.
- [17] 阮长利,宋启斌,徐利明,等.组织等效补偿膜对调强放射治疗的剂量影响[J].生物医学工程与临床,2013,17(3):228-231.
- [18] 张文,施林心,刘亚洲,等.三维适形调强放疗在乳腺癌根治术中的应用[J].中国辐射卫生,2019,28(2):190-193.
- [19] Jaggi R, Moran J, Marsh R, et al. Evaluation of four techniques using intensity-modulated radiation therapy for comprehensive locoregional irradiation of breast cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 78(5):1594-603.
- [20] 陈舒婷,杨帅,姜仁伟,等.乳腺癌根治术后IMRT和VMAT放疗技术剂量学研究[J].临床医学研究与实践,2019,4(9):13-15.
- [21] 胡晓楚.乳腺癌改良根治术联合临时扩张器一期重建术后三维适形放疗与调强放疗的剂量学对比分析[D].苏州:苏州大学,2019.

本文编辑 钟志霞