

· 论 著 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.04.001

乳腺癌保乳术后及乳房重建术后患者放疗期间 CBCT 验证摆位误差分析*

包 兴¹, 卫 鑫², 白明华³, 贾 辉¹, 黄 珊¹, 郭显言^{1△}

(1. 西安交通大学第二附属医院肿瘤放疗科, 西安 710004; 2. 陕西省人民医院肿瘤内科, 西安 710068;
3. 中国科学院大学附属肿瘤医院/浙江省肿瘤医院, 杭州 310022)

[摘要] **目的** 通过锥形束计算机断层扫描(CBCT)验证和比较乳腺癌保乳术、改良根治+扩张器植入术、皮瓣移植术术后放射治疗(简称放疗)摆位误差的差异。**方法** 选取2020年6月至2021年8月就诊于西安交通大学第二附属医院肿瘤放疗科的3种美容术式术后乳腺癌患者99例,回顾性分析其临床资料。所有患者均用合适的头枕固定颈部,在乳腺托架及颈胸膜固定下接受放疗。患者分别于放疗期间接受每周1次或前3次连续CBCT验证,获取摆位图像及三维方向匹配摆位误差,并对结果进行误差分析。**结果** 保乳术后摆位误差大于改良根治+扩张器植入术及皮瓣移植术,差异有统计学意义($P < 0.05$)。保乳术后患者进行3次连续CBCT验证,可减小摆位误差。**结论** 保乳术后放疗患者摆位误差较大,通过前3次连续CBCT验证可减小其摆位误差。

[关键词] 乳腺癌;保乳术后;锥形束计算机断层扫描;放射治疗;调强适形;摆位误差

[中图分类号] R730.8 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2023)04-0481-05

Analysis of CBCT verification positioning error during radiotherapy for breast cancer patients after breast-conserving surgery and breast reconstruction surgery*

BAO Xing¹, WEI Xin², BAI Minghua³, JIA Hui¹, HUANG Shan¹, GUO Yuyan^{1△}

(1. Department of Radiation Oncology, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710004, China; 2. Department of Oncology, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an, Shaanxi 710068, China; 3. Cancer Hospital of the University of Chinese Academy of Sciences/Zhejiang Cancer Hospital, Hangzhou, Zhejiang 310022, China)

[Abstract] **Objective** To verify and compare the differences of postoperative radiotherapy positioning errors among breast-conserving surgery, modified radical mastectomy combined with dilator implantation and skin flap transplantation by cone-beam computed tomography (CBCT). **Methods** The data of patients with breast cancer after three cosmetic procedures from June 2020 to August 2021 in the radiotherapy department of the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University were analyzed retrospectively. All patients were fixed with suitable headrest and received radiotherapy under the fixation of the breast bracket and cervical pleural. Patients received CBCT verification once a week or the first three times during radiotherapy, respectively, to obtain positioning images and three-dimensional direction matching positioning errors, and the results were analyzed. **Results** The positioning error after breast-conserving surgery was greater than that of modified radical operation combined with dilator implantation and skin flap transplantation, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The first three consecutive CBCT verification after breast-conserving surgery can reduce the positioning error. **Conclusion** The positioning error of radiotherapy patients after breast-conserving surgery is large, which can be reduced by the first three consecutive CBCT verifications.

[Key words] breast cancer; after breast-conserving surgery; cone beam computed tomography; radiotherapy; intensity modulation and shape adaptation; positioning error

乳腺癌是女性最常见的恶性肿瘤之一^[1],手术是乳腺癌的主要治疗方法。近年来,越来越多的患者对美容的需求及接受度提高,乳腺癌保乳术及乳腺癌改

良根治术后乳房重建已越来越多地应用于临床。目前常见的重建术式包括扩张器植入术、自体皮瓣移植术等^[2-3]。对于有放射治疗(简称放疗)指征,尤其是

* 基金项目:陕西省重点研发计划一般项目(2022SF-092)。 作者简介:包兴(1987-),主治医师,硕士,主要从事乳腺癌及头颈部肿瘤放疗及综合治疗方面的研究。 △ 通信作者, E-mail: guoyuyan120@163.com。

保乳术后患者,进行术后放疗可提高局部控制率,降低复发转移率,延长患者的生存期^[4]。乳腺癌术后放疗通常持续 5 周左右,而在分次放疗期间,容易产生摆位误差,造成靶区的漏照,增加正常组织受量^[5]。研究发现,对乳腺癌术后患者进行锥形束计算机断层扫描(CBCT)图像引导,可及时校正摆位误差,提高放疗精准度^[6]。CBCT 目前已广泛应用于各个医院放疗中,可对靶区位置进行验证,并及时降低误差^[7]。CBCT 可提供患者治疗体位的容积信息,对治疗体位的校准价值较高,在不同的验证系统中已成为图像引导放疗(IGRT)的“金标准”^[8-9]。随着外科技术的发展,放疗靶区精准度不断提高,这也对乳腺癌术后放疗过程中的摆位精准度提出了更高要求。本研究通过 CBCT 验证对 3 种常见的美容术式术后患者放疗过程中的摆位误差进行回顾性分析,对美容术后(尤其是乳腺癌保乳术后)患者放疗实施及计算机断层扫描(CT)验证频率提供指导。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 6 月至 2021 年 8 月就诊于西安交通大学第二附属医院放疗科的乳腺癌保乳术、改良根治+扩张器植入术及皮瓣移植术后患者共 99 例,对其病例资料进行回顾性分析。入组患者均为女性,年龄 26~76 岁,中位年龄 49 岁;病灶位置:左侧 51 例,右侧 48 例;术后病理 Ann Arbor 分期(美国肿瘤联合会第八版):I 期 18 例,II 期 50 例,III 期 27 例,另外 4 例经术前新辅助化疗达完全缓解;T0 为 4 例,T1 为 52 例,T2 为 35 例,T3 为 7 例,T4 为 1 例;N0 为 40 例,N1 为 35 例,N2 为 12 例,N3 为 12 例;术后辅助化疗 71 例,新辅助化疗 25 例,未化疗 3 例;调强放疗(IMRT)73 例,容积旋转调强放疗(VMAT)26 例;保乳术后患者 60 例(保乳组),改良根治+扩张器植入术后患者 29 例(扩张器组),皮瓣移植术后患者 10 例(皮瓣组);照射野为乳腺/胸壁者 23 例,照射野为乳腺/胸壁+锁骨上区者 76 例。所有患者均自愿接受 CBCT 扫描并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 摆位固定与 CT 扫描

患者仰卧于乳腺托架上,双上肢上举外展,选取合适的定位头枕(科莱瑞迪)固定头颈部,固定颈胸膜,按三维激光定位系统,在患者体表标记“十字”线,定位点以铅点标记;采用西门子定位 CT(Definition AS 20 Open RT)进行定位扫描,层厚 5 mm,扫描范围:C1 椎体上缘至 L2 椎体下缘。

1.2.2 靶区勾画

采用 Varian 靶区勾画及治疗计划系统,依据放疗肿瘤协作组(RTOG)标准进行靶区及心脏、双肺、脊髓、患侧肱骨头等危及器官的勾画。根据患者具体

情况及治疗意愿,制定治疗计划,选择 5~7 个射野,选择以切线野为主的 IMRT 或 VMAT 进行治疗。

1.2.3 CBCT 验证与图像配准

采用影像引导加速器进行 CBCT 扫描和治疗,应用机载影像系统 1.6 将治疗前通过 CBCT 获取的影像与定位 CT 图像进行自动匹配,并经治疗医师及技师手动微调,最终取得的 CBCT 图像与治疗计划 CT 图像进行配准,经系统自动计算获取前后(VRT)方向、头脚(LNG)方向、左右(LAT)方向的偏移量,以偏移量绝对值比较患者的摆位误差。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 21.0 对数据进行统计学处理。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用成组 t 检验及方差分析;计数资料以频数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher Exact 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同方向偏移量情况

偏移量中位数:VRT 方向为 0.1 cm,LAT 方向为 0.1 cm,LNG 方向为 0.2 cm。VRT 方向 96.38% 的位移分布 < 0.3 cm,2.67% 的位移分布为 0.3~0.5 cm,0.19% 的位移分布 > 0.5 cm;LAT 方向 89.92% 的位移分布 < 0.3 cm,9.26% 的位移分布为 0.3~0.5 cm,0.82% 的位移分布 > 0.5 cm;83.57% 的 LNG 方向位移分布 < 0.3 cm,15.61% 的位移分布为 0.3~0.5 cm,0.82% 的位移分布 > 0.5 cm。

2.2 经 CBCT 验证 3 组不同方向偏移量比较

经 CBCT 验证,保乳组、扩张器组、皮瓣组在 VRT、LAT、LNG 方向的偏移量,见表 1。进一步分析显示,在 VRT 方向,保乳组患者的偏移量大于扩张器组($P=0.0251$)和皮瓣组($P=0.0229$),而扩张器组与皮瓣组患者的偏移量比较差异无统计学意义($P=0.4808$)。在 LAT 方向,保乳组患者的偏移量大于扩张器组,差异有统计学意义($P=0.0294$);保乳组患者的偏移量略大于皮瓣组,但差异无统计学意义($P=0.0601$);扩张器组与皮瓣组患者的偏移量比较差异无统计学意义($P=0.6778$)。在 LNG 方向,保乳组患者的偏移量大于扩张器组($P=0.0011$)和皮瓣组($P=0.0173$),而扩张器组与皮瓣组患者的偏移量比较差异无统计学意义($P=0.8886$)。见图 1。经 CBCT 验证,在同样的固定方式下,保乳组患者在 VRT、LAT 及 LNG 方向上均较其余两种美容术式有更大的偏移量。

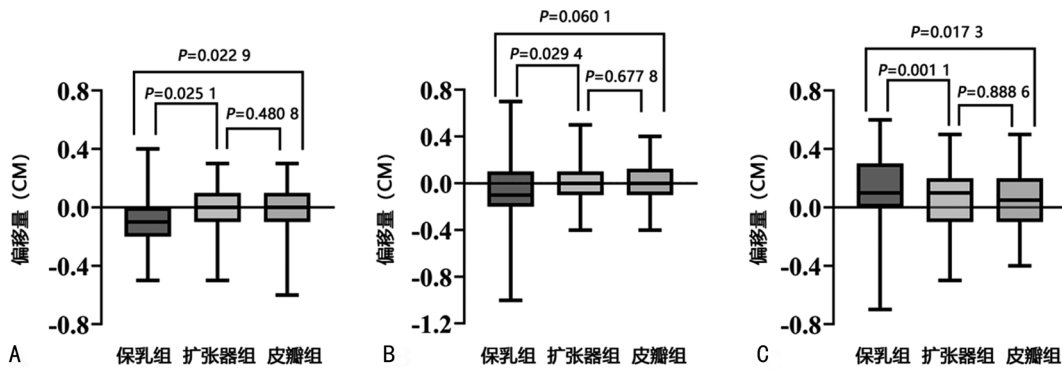
表 1 经 CBCT 验证 3 组患者不同方向的偏移量

组别	<i>n</i>	VRT	LAT	LNG
保乳组	60	0.133 0±0.005 7	0.180 1±0.008 3	0.204 0±0.008 5
扩张器组	29	0.127 5±0.007 6	0.158 3±0.011 3	0.181 3±0.012 5
皮瓣组	10	0.124 1±0.013 3	0.140 0±0.015 7	0.184 0±0.018 8

2.3 3组患者首次CBCT验证偏移量比较

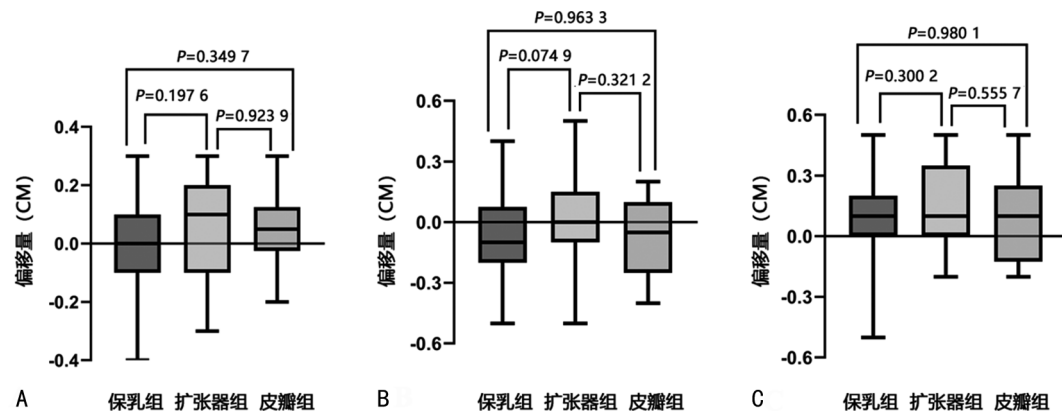
3组患者首次CBCT验证结果显示,保乳组、扩张器组、皮瓣组在VRT、LAT、LNG方向的偏移量两

两比较,差异无统计学意义($P>0.05$),提示在后续摆位过程中,保乳组患者摆位误差更大,会影响放疗的精确性,需要寻找能减小摆位误差的方法。见图2。



A: VRT方向;B: LAT方向;C: LNG方向。

图1 经CBCT验证3组患者不同方向的偏移量比较



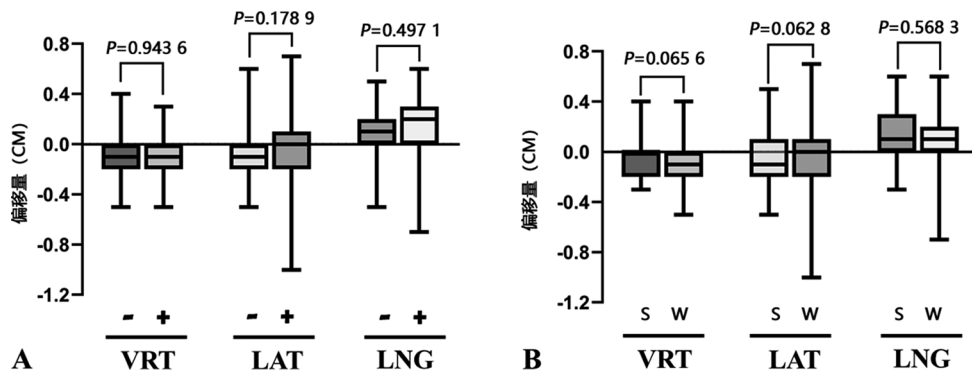
A: VRT方向;B: LAT方向;C: LNG方向。

图2 3组患者首次CBCT验证偏移量比较

2.4 保乳组不同照射野、不同验证方式的偏移量比较

对保乳组患者做进一步分析,其中照射野为乳腺/胸壁者22例,照射野为乳腺/胸壁+锁骨上区者38例;进行前3次连续CBCT验证者26例,进行每周1次CBCT验证者34例;病灶位于左侧者33例,病灶位于右侧者27例。对于不同照射野的保乳组患者,

其在VRT、LAT、LNG方向的偏移量比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见图3A。对于进行前3次连续CBCT验证与每周1次CBCT验证的保乳组患者,其在VRT、LAT方向的偏移量减小,但差异无统计学意义($P>0.05$);而在LNG方向,两者偏移量并无差异($P=0.5683$),见图3B。



A:不同照射野的偏移量情况;B:前3次连续CBCT验证与每周1次CBCT验证的偏移量情况;-:照射野为乳腺/胸壁;+:照射野为乳腺/胸壁+锁骨上区;S:前3次连续CBCT验证;W:每周1次CBCT验证。

图3 保乳组不同照射野、不同验证方式的偏移量比较

2.5 保乳组不同情况下首次 CBCT 验证的偏移量比较

对于不同照射野的保乳组患者,其在 VRT、LAT、LNG 方向首次 CBCT 验证的偏移量比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见图 4A。对于进行前 3 次连续 CBCT 验证与每周 1 次 CBCT 验证的保乳组患

者,其在 VRT、LAT、LNG 方向首次 CBCT 验证的偏移量比较,同样差异无统计学意义($P>0.05$),见图 4B。提示单次的 CBCT 验证具有随机性,连续 3 次 CBCT 验证可能会减小乳腺癌保乳术后患者放疗过程中的摆位误差。

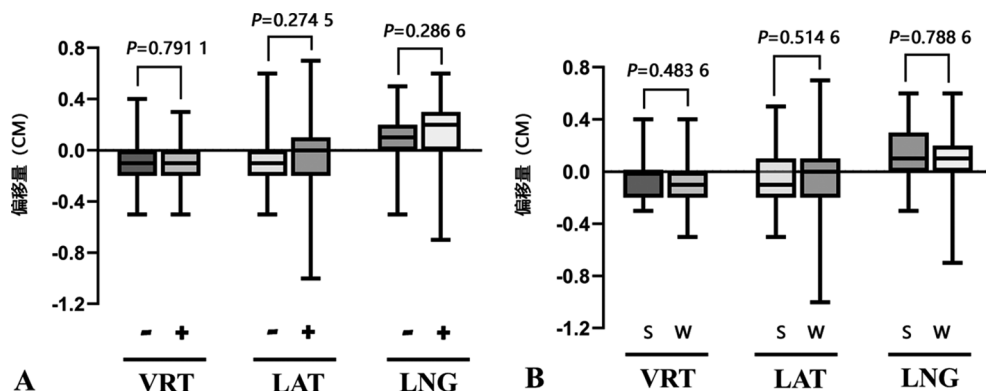


图 4 保乳组不同情况下首次 CBCT 验证偏移量比较
A:首次 CBCT 验证中不同照射野的偏移量情况;B:前 3 次连续 CBCT 验证与每周 1 次 CBCT 验证中,首次 CBCT 验证偏移量情况;-:照射野为乳腺/胸壁;+:照射野为乳腺/胸壁+锁骨上区;S:前 3 次连续 CBCT 验证;W:每周 1 次 CBCT 验证。

图 4 保乳组不同情况下首次 CBCT 验证偏移量比较

3 讨 论

乳腺癌患者术后放疗过程中存在摆位误差,这会对放疗精准度造成一定影响,使靶区范围出现一定的位移,增加放疗不良反应。目前,已有相关报道对乳腺癌术后摆位误差进行研究,但大多数研究均针对保乳术后患者。由于乳腺癌治疗临床效果得到提高,患者生存时间延长,乳腺癌术后乳房重建也逐渐被越来越多的患者接受。但对这部分患者的术后放疗研究较少,且大多集中于手术与放疗的时间先后。乳腺癌术后采用不同方式进行乳房重建术患者及保乳术后患者在放疗期间摆位误差是否存在差异,如何提高其放疗摆位精确性等,目前尚缺乏相关报道。

放疗期间多种因素会造成摆位误差,如不同固定方式、患者生理特征等^[10]。也有研究发现,保乳术后患者的体重指数、胸围、乳腺体积均与摆位误差存在相关性^[11]。心脏搏动、老年患者皮肤松弛(年龄)、温度等也与摆位误差有关^[12-14]。本研究对乳腺癌保乳术后、改良根治+扩张器植入术后、皮瓣移植术后患者放疗期间的摆位误差进行了分析,发现不同手术方式的放疗患者,在放疗期间的摆位误差存在差异,其中保乳组患者的摆位误差大于其他两组。

乳腺癌术后乳房重建与保乳术后患者相比,对放疗精确性有更高的要求。乳腺癌术后应用假体植入进行乳房重建,患者放疗后的组织血供及顺应性均会下降,导致放疗后的假体取出率约为 10%。而对于扩张器+永久性假体进行重建的患者,放疗与永久性假体替换时间的相关性尚无定论^[15]。本研究中,扩张器组经 CBCT 验证,在 VRT、LAT、LNG 方向的偏移量

均较小,90%以上患者的偏移量 <3 mm。因此,对此部分患者,结合本研究,在放疗期间可进行每周 1 次 CBCT 验证。

对于预期需行术后放疗的患者,应用自体组织进行乳房重建可减少感染等假体重建的术后并发症,此为术后乳房重建的更优选择之一^[2,16]。对于皮瓣重建术后患者,放疗后重建的失败率小于 3%,提示这部分患者术后可安全地进行放疗^[15]。本研究也发现,经 CBCT 验证,放疗过程中皮瓣组在 VRT、LAT、LNG 方向的偏移均较小,可能是因为皮瓣组患者较保乳组的组织脂肪含量低,不易发生位移。因此,对于皮瓣组患者,仅进行每周 1 次的 CBCT 验证就可保证放疗期间靶区的精确性。

采用 IGRT 技术,可通过配准定位靶区并纠正分割间设置偏差,从而降低远期并发症发生率^[17],提高疗效^[18]。配准方式的不同也会影响放疗的精准度,如采用自动灰度配准、自动骨性标志配准及手动配准等,均会导致配准精度及稳定性存在差异^[19]。有研究发现,通过 4D CT 联合 CBCT 可减小摆位误差,缩小计划靶区体积范围,减少患者正常组织照射剂量^[12]。也有研究提示,早期乳腺癌保乳术后患者,在 VMAT 放疗期间行每周 1 次的 CBCT,可减少摆位误差,提高靶区的准确性及适形性,减少正常器官受量^[20]。

CBCT 验证通常每周进行 1 次^[21-22],早期多次验证可提高后期放疗精确性^[23]。在患者 IGRT 放疗过程中,会重复进行约 25 次 CBCT 验证。每进行 1 次 CBCT 扫描,大约产生 3~5 cGy 剂量,而每天用 Varian 系统进行 1 次 CBCT 验证,可产生 90~150 cGy 剂

量^[24]。国外有患者在放疗期间每天进行 CBCT 验证^[7]。有研究表明,患者每次治疗前行 CBCT 验证校准摆位误差,得到的实际剂量分布优于每周行 1 次 CBCT^[25]。国内大多数中心仅进行每周 1 次的 CBCT 验证^[23],主要考虑 CBCT 存在辐射,频繁进行 CBCT 会额外增加辐射剂量,增加不良反应和患者经济负担。本研究对摆位误差相对较大的保乳组做进一步分析,发现放疗期间进行前 3 次连续 CBCT 验证可能会减小乳腺癌保乳术后患者放疗过程中的摆位误差,但差异无统计学意义($P > 0.05$),可能与入组例数较少有关。此外,本研究发现,在治疗过程中单次 CBCT 验证具有随机性,前 3 次或前 5 次连续验证可较好地评估患者习惯性偏移方向及偏移量,对患者及技术员摆位有一定的提示,能减少后续治疗中的摆位误差。此验证方式已在多个中心进行应用,但尚未见到相关统计及报道。在后续研究中,作者还将纳入更多病例,进一步探索放疗期间 CBCT 验证频率,以期更好地为临床治疗提供指导。

参考文献

- [1] WARD E, SCOTT S, MA J, et al. Annual report to the nation on the status of cancer, Part 1: National cancer statistics [J]. *Cancer*, 2020, 126(10):2225-2249.
- [2] BERTHET G, FAURE C, DAMMACCO M A, et al. Tolerance of latissimus dorsi in immediate breast reconstruction without implant to radiotherapy [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2018, 71(1):15-20.
- [3] YANNI S, SHANSHAN S, DALIN L, et al. Long-term oncologic safety of immediate reconstructive surgery in patients with invasive breast cancer: a retrospective matched-cohort study [J]. *World J Surg Oncol*, 2021, 19:348.
- [4] LIHU G, WEI D, RONGRONG F, et al. Comparing hypofractionated with conventional fractionated radiotherapy after breast-conserving surgery for early breast cancer: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Front Oncol*, 2021, 11:753209.
- [5] SUN W, WANG B, QIU B, et al. Assessment of female breast dose for thoracic cone-beam CT using MOSFET dosimeters [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(12):20179-20186.
- [6] O'CONNELL A M, KARELLAS A, VEDANTHAM S, et al. Newer technologies in breast cancer imaging: Dedicated cone-beam breast CT [J]. *Semin Ultrasound CT MR*, 2018, 39(1):106-113.
- [7] LIU Y, LE Y, WANG T, et al. CBCT-based synthetic CT generation using deep-attention cycleGAN for pancreatic adaptive radiotherapy [J]. *Med Phys*, 2020, 47(6):2472-2483.
- [8] WEI Z, LIYUE S, TAUHIDUL I, et al. Artificial intelligence in image-guided radiotherapy: a review of treatment target localization [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11(12):4881-4894.
- [9] WANG W, YU T, XU M, et al. Setup error assessment and correction in planar kv image-versus cone beam CT image-guided radiation therapy: a clinical study of early breast cancer treated with external beam partial breast irradiation [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2019, 3:18.
- [10] GARDNER S J, MAO W, LIU C, et al. Improvements in CBCT image quality using a novel iterative reconstruction algorithm: a clinical evaluation [J]. *Adv Radiat Oncol*, 2019, 4(2):390-400.
- [11] 尹志海, 汪隽琦, 孟怡然, 等. 患者生理特征参数对乳腺癌调强放疗摆位误差影响的研究 [J]. *中国癌症杂志*, 2021, 31(3):198-202.
- [12] ZHANG J, HUANG L, WU F, et al. Tailoring PTV expansion to improve the dosimetry of post modified radical mastectomy intensity-modulated radiotherapy for left-sided breast cancer patients by using 4D CT combined with cone beam CT [J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2021, 22(5):139-146.
- [13] TANG B, MA J, XU J, et al. Feasibility of using calibrated cone-beam computed tomography scans to validate the heart dose in left breast post-mastectomy radiotherapy [J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(6):300060520929168.
- [14] SHUXUE Z, XIANFA L, JIASSEN Z, et al. Impact of cold weather on setup errors in radiotherapy [J]. *J Healthc Eng*, 2021, 2021:1463299.
- [15] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2021 年版) [J]. *中国癌症杂志*, 2021, 31(10):954-1040.
- [16] MUSHIN O P, MYERS P L, LANGSTEIN H N, et al. Dications and controversies for complete and implant-enhanced latissimus dorsi breast reconstructions [J]. *Clin Plast Surg*, 2018, 45(1):75-81. (下转第 490 页)

- et al. Administration of the Nrf2-ARE activators sulforaphane and carnosic acid attenuates 4-hydroxy-2-nonenal-induced mitochondrial dysfunction ex vivo[J]. *Free Radic Biol Med*, 2013,57:1-9.
- [5] TAKASHI I, YUKIO I, KEN I, et al. Nrf2-deficient mice are highly susceptible to cigarette smoke-induced emphysema [J]. *Genes Cells*, 2005,10(12):1113-1125.
- [6] RANGASAMY T, GUO J, MITZNER W A, et al. Disruption of Nrf2 enhances susceptibility to severe airway inflammation and asthma in mice [J]. *J Exp Med*, 2005,202(1):47-59.
- [7] PETER S. Reactive oxygen species in tumor progression[J]. *Front Biosci*, 2005,10:1881-1896.
- [8] IRFAN R. The role of oxidative stress in the pathogenesis of COPD; implications for therapy [J]. *Treat Respir Med*, 2005,4(3):175-200.
- [9] 章静, 史佳, 余剑波, 等. PI3K/Akt/Nrf2 信号通路在兔内毒素休克诱发急性肺损伤中的作用 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2015,35(10):1257-1260.
- [10] 陈牡林, 余剑波, 宫丽荣, 等. PI3K/Nrf2 通路在内毒素休克兔肾损伤中的作用 [J]. *中国病理生理杂志*, 2016,32(1):129-133.
- [11] ALEXEY V U, ANDREY A R, GEORGII P G, et al. Nrf2/Keap1/ARE signaling: towards specific regulation [J]. *Life Sci*, 2022,291:120111.
- [12] LI W, XINYI C, XIANG L, et al. Developing a novel strategy for COPD therapy by targeting Nrf2 and metabolism reprogramming simultaneously [J]. *Free Radic Biol Med*, 2021,169:436-445.
- [13] JIAN Z, CHUANZONG Q, XIN F, et al. DJ-1 modulates Nrf2-mediated MRP1 expression by activating Wnt3a/ β -catenin signalling in A549 cells exposed to cigarette smoke extract and LPS [J]. *Life Sci*, 2021,276:119089.
- [14] ISLAM J, SHREE A, VAFA A, et al. Taxifolin ameliorates Benzo[a]pyrene-induced lung injury possibly via stimulating the Nrf2 signalling pathway [J]. *Int Immunopharmacol*, 2021,96:107566.
- (收稿日期:2022-04-20 修回日期:2022-10-30)
- (上接第 485 页)
- [17] WESLEY N, MICHELLE L. Feasibility of surface guided radiotherapy for patient positioning in breast radiotherapy versus conventional tattoo-based setups-a systematic review [J]. *Tech Innov Patient Support Radiat Oncol*, 2022,22:39-49.
- [18] ALEXANDRA B, SARAH E, JASON W, et al. Use of magnetic resonance image-guided radiotherapy for breast cancer: a scoping review [J]. *J Med Radiat Sci*, 2022,69(1):122-133.
- [19] 艾秀清, 王雪, 唐成琼, 等. 乳腺癌保乳术后调强放射治疗不同配准方法摆位精度的临床研究 [J]. *癌症进展*, 2020,18(15):1578-1588.
- [20] 罗惠煌, 童远, 王永斌. 早期左侧乳腺癌术后锥形束 CT 引导下 VMAT 摆位误差致靶区及危及器官受照剂量 [J]. *中外医学研究*, 2020,18(36):66-68.
- [21] CHEN S, LE Q, MUTAF Y, et al. Feasibility of CBCT-based dose with a patient-specific step-wise HU-to-density curve to determine time of replanning [J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2017,18(5):64-69.
- [22] 加尔宝·吐尔德, 艾秀清, 阿迪娜·贾库林, 等. 锥形束 CT 引导下乳腺癌保留乳房术后调强放疗摆位误差临床分析 [J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2019,26(10):719-723.
- [23] KAI J B, YANNIS J, MATHIAS D, et al. Impact of CBCT frequency on target coverage and dose to the organs at risk in adjuvant breast cancer radiotherapy [J]. *Sci Rep*, 2021,11(1):17378.
- [24] ZHENHUI D, YIWEN Z, LIN Z, et al. Geometric and dosimetric evaluation of deep learning-based automatic delineation on CBCT-synthesized CT and planning CT for breast cancer adaptive radiotherapy: a multi-institutional study [J]. *Front Oncol*, 2021,11:725507.
- [25] ARIYARATNE H, CHESHAM H, PETTINGELL J, et al. Image-guided radiotherapy for prostate cancer with cone beam CT: dosimetric effects of imaging frequency and PTV margin [J]. *Radiother Oncol*, 2016,121(1):103-108.
- (收稿日期:2022-05-03 修回日期:2023-01-06)