

早期乳腺癌保乳术后3种调强计划的剂量学比较

马兰¹, 韩军², 陈秘², 曹婷², 杨晶²

1. 武汉江夏区第一人民医院肿瘤科, 湖北 武汉 430200; 2. 华中科技大学同济医学院附属协和医院肿瘤中心, 湖北 武汉 430022

【摘要】目的:评估早期乳腺癌保乳术后3种调强计划的靶区及其危及器官剂量学指标,为临床选择提供参考。**方法:**选取10例乳腺癌保乳术后患者(左侧5例,右侧5例),分别设计逆向调强计划、混合调强计划以及野中野调强计划,评估3种方法中靶区和危及器官的剂量学指标。**结果:**逆向调强计划的均匀性指数和适形指数优于混合调强计划和野中野调强计划,但后两种计划对患侧肺、对侧乳腺、心脏、肝脏等危及器官有更好的保护。**结论:**混合调强计划和野中野调强计划是早期乳腺癌保乳术后放疗计划的较佳选择。

【关键词】乳腺癌;逆向调强计划;混合调强计划;野中野调强计划;剂量学

【中图分类号】R737.9

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)02-0151-06

Dosimetric comparison of three intensity-modulated radiotherapy plans in patients following breast-conserving surgery for early-stage breast cancer

MA Lan¹, HAN Jun², CHEN Mi², CAO Ting², YANG Jing²

1. Department of Oncology, First People's Hospital of Jiangxia District, Wuhan 430200, China; 2. Cancer Center, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China

Abstract: Objective To evaluate the dosimetric parameters of 3 different intensity-modulated radiotherapy (IMRT) plans in postoperative patients receiving breast-conserving surgery for early-stage breast cancer and provide evidence for adequate selection of IMRT plans. **Methods** The inverse intensity-modulated plan, hybrid intensity-modulated plan and field-in-field intensity-modulated plan were designed for 10 patients after breast-conserving surgery for early-stage breast cancer (including 5 patients with left breast cancer and 5 with right breast cancer). The dosimetric parameters of the target area and the organs-at-risk (OARs) in the 3 plans were evaluated. **Results** The heterogeneous index and conformal index of the inverse intensity-modulated plan were superior to those of hybrid and field-in-field intensity-modulated plans, while the protection of ipsilateral lung, contralateral breast, heart and liver was better in the latter two plans. **Conclusion** The hybrid and field-in-field intensity-modulated plans are recommended for postoperative patients receiving breast-conserving surgery for early-stage breast cancer.

Keywords: breast cancer; inverse intensity-modulated plan; hybrid intensity-modulated plan; field-in-field intensity-modulated plan; dosimetry

前言

乳腺癌是女性最常见的恶性肿瘤之一,其发病率居女性常见恶性肿瘤第1位,死亡率居所有恶性肿瘤第6位,严重危害广大女性的身心健康^[1]。目前,早期乳腺癌保乳术后全乳腺放疗已成为早期乳腺癌的标准治疗手段^[2]。由于乳腺外形在头脚方向上差

异较大,采用加楔的切线野放疗技术来代替常规切线野技术,乳腺内的剂量分布仍然很不均匀^[3]。据报道,乳腺癌术后采用调强放疗比传统放疗以及容积旋转调强能得到更好的靶区剂量分布,降低肺脏等危及器官的受照体积^[4]。Hurkmans等^[5]认为危及器官放射性并发症的发生与治疗技术有相关性,因此优化治疗计划对于乳腺癌患者非常重要。本研究通过Pinnacle³ 9.2三维治疗计划系统来比较逆向调强计划、混合调强计划及野中野调强计划的剂量学差异,为早期乳腺癌保乳术后临床放疗计划的最佳选择提

【收稿日期】2016-07-08

【作者简介】马兰,女,E-mail: 864271975@qq.com

【通信作者】韩军,男,研究生,副高,E-mail: 903313165@qq.com

供参考依据。

1 材料与方法

1.1 病例选择

选取2015年2月~2016年3月在华中科技大学同济医学院附属协和医院肿瘤中心治疗的早期乳腺癌保乳术后女性患者10例,其中左侧乳腺5例,右侧5例,病理分期均为乳腺浸润性导管癌。

1.2 体位固定与CT扫描

使用乳腺专用定位及治疗托架,患者仰卧,双手上举外展,与身体成 90° 夹角以上,保证患者胸骨呈相对水平位置,最后记录各项托架参数。用充满碘海醇造影剂的软管在前正中线、腋中线、第一前肋水平以及对侧乳腺皱襞下2 cm等处标记靶区内外上下界,另外也要对手术瘢痕区域进行标记。通过Philips Brilliance 螺旋CT对患者进行定位扫描,扫描层厚5 mm,扫描范围从上颈一直到上腹部,扫描结束后将定位图像资料经网络传输至Pinnacle³ 9.2治疗计划系统,并由同一医师进行靶区及危及器官勾画。

1.3 计划设计与实施

物理师在Pinnacle³ 9.2治疗计划系统上,根据医师确认后的靶区对每例患者分别设计逆向调强计划、混合调强计划和野中野调强计划。通过Varian的UNIQUE-SN2236直线加速器6 MV光子线实施治疗。处方剂量46 Gy/23 F,每天1次,每周5次。3种计划均要求95%的靶区体积达到处方剂量,计划靶区(PTV)的最高剂量小于115%。同时要求危及器官剂量限量:患肺 $V_{20}<30\%$, $V_5<50\%$,平均剂量(D_{mean}) $<1\ 300$ cGy;全肺 $V_{20}<20\%$, $V_5<30\%$, $D_{mean}<1\ 000$ cGy;心脏 $V_{30}<8\%$, $D_{mean}<800$ cGy;肝脏 $V_{30}<10\%$, $V_{20}<20\%$, $V_5<40\%$, $D_{mean}<1\ 000$ cGy;脊髓最大剂量(D_{max}) $<2\ 000$ cGy;对侧乳腺 $D_{mean}<500$ cGy。

1.3.1 逆向调强计划设计 在射野方向观(BEV)下根据靶区选择一对最佳切线野,然后在两野内侧范围内,相隔 $5^\circ\sim 15^\circ$ 增加两对射野(右乳: 55° 、 40° 、 25° 、 260° 、 250° 、 240° ,左乳同理)。优化设置子野总数为50、最小子野面积为 5 cm^2 、最小子野为5 MU,然后根据剂量约束条件进行优化得到最优计划。

1.3.2 混合调强计划设计 ①处方分割将靶区PTV的处方剂量46 Gy分成两部分,其中适形部分照射80%左右剂量,其余由调强照射;每次照射的处方剂量为200 cGy,其中适形部分照射160 cGy,调强部分照射剩余的40 cGy。②射野设计:在BEV下根据靶区选择一对最佳切线野,对PTV适形,近肺侧外放0.3~

0.5 cm,胸壁侧外放1.5~2.0 cm,保证靶区不会因呼吸运动而产生漏照,调节两切线野权重,计算得到合适的剂量分布,再在两适形对穿野的内侧间隔 $5^\circ\sim 15^\circ$ 增加两对调强照射野,优化设置子野总数为20、最小子野面积为 5 cm^2 、最小子野为5 MU,然后根据剂量约束条件对剩余剂量进行优化,得到最佳计划。

1.3.3 野中野调强计划设计 根据混合调强计划的方法设计一对最佳切线野,调节两切线野权重计算得到合适的剂量分布,根据计算结果在原先机架角基础上内侧间隔 $0^\circ\sim 10^\circ$ 增加1~2对野中野,并对欠量区补量,对高于处方剂量115%的区域进行遮挡。根据计算结果调整野中野的权重,一般5~20 MU即可达到要求。

1.4 计划比较与评估

根据剂量体积直方图来比较3种调强计划的靶区均匀性指数(HI)、适形度指数(CI)及危及器官体积剂量的差异。其中, $HI=D_{5\%}/D_{95\%}$,式中 $D_{5\%}$ 、 $D_{95\%}$ 分别表示5%、95%的靶区体积所接受照射的剂量,值越大表明PTV内部剂量分布越不均匀,HI越接近于1,则越均匀; $CI=(V_{t,ref}/V_t)*(V_{t,ref}/V_{ref})$,式中 $V_{t,ref}$ 为95%的处方剂量所覆盖的计划靶体积, V_t 为计划靶体积, V_{ref} 为95%的处方剂量所覆盖的所有体积,CI值为0~1,其值越接近于1,表示适形度越好。危及器官的评价参数为患肺: D_{mean} 、 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} ;全肺: D_{mean} 、 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} ;心脏: D_{mean} 、 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} ;肝脏: D_{mean} 、 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} ;脊髓: D_{max} ;对侧乳腺: D_{mean} 。

1.5 统计学方法

所有数据应用SPASS 18.0软件进行统计学处理,组间数据比较采用配对 t 检验, $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 靶区HI、CI及MU的比较

逆向调强计划、混合调强计划和野中野调强计划在同一横断面的剂量分布如图1所示。3组计划的剂量HI、CI和MU见表1。从表1中可以看出,在满足95%等剂量线覆盖靶区PTV的前提下,逆向调强计划的剂量均匀性以及适形度均好于混合调强计划和野中野调强计划,混合调强计划与野中野调强计划在HI上无统计学意义($P>0.05$),在适形度上混合调强计划好于野中野调强计划;野中野调强计划的MU $<$ 混合调强计划 $<$ 逆向调强计划($P<0.05$),故野中野调强计划在治疗时间上有一定优势。

2.2 危及器官受照剂量和体积比较



Plan I: Inverse intensity-modulated plan; Plan II: Hybrid intensity-modulated plan; Plan III: Field-in-field intensity-modulated plan

图1 3组计划在同一横断面的剂量分布

Fig.1 Dose distribution in 3 intensity-modulated radiotherapy plans on the same cross section

表1 3组调强计划靶区HI、CI和MU的比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of HI, CI, and MU among 3 intensity-modulated radiotherapy plans (Mean±SD)

Parameter	Plan I	Plan II	Plan III	P value		
				I vs II	II vs III	I vs III
HI	1.077±0.013	1.123±0.030	1.112±0.022	0.002	0.252	0.001
CI	0.743±0.043	0.663±0.049	0.599±0.055	0.000	0.000	0.000
MU	579±94	310±72	240±11	0.003	0.042	0.000

HI: Heterogeneous index; CI: Conformal index; MU: Monitor unit

2.2.1 患肺受照剂量体积对比 3组计划患肺的平均剂量和受照体积参数见图2和表2。3组计划的患肺受照体积 V_{20} 、 V_{30} 等无统计学意义($P>0.05$)；但在患肺受照的低剂量体积 V_5 处,野中野调强计划<混合调强计划<逆向调强计划($P<0.05$)；在患肺受照的平均剂量 D_{mean} 处,野中野调强计划和混合调强计划明显低于逆向调强计划,而野中野调强计划和混合调强计划差异不大($P>0.05$)。可见野中野调强技术与混合调强技术不仅可以与逆向调强技术一样降低肺组织高剂量体积的损伤,同时也能更好地保护低剂量区域。

2.2.2 全肺受照剂量体积对比 3组计划全肺的平均剂量和受照体积参数见图2和表2。野中野调强技术与混合调强技术对全肺的保护和对患肺的保护是一致的,这进一步说明野中野调强技术与混合调强技术在临床应用上的优势。

2.2.3 心脏受照剂量体积对比 3组计划的心脏平均剂量和受照体积参数见图2和表2。对于5例左乳癌患者,3组计划的心脏所接受的剂量照射体积 V_{20} 、 V_{30} 差异不明显($P>0.05$)；在低剂量体积 V_5 处,野中野调

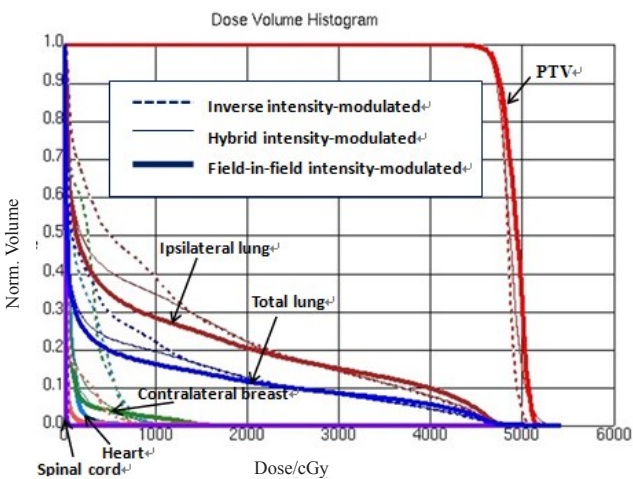


图2 3组调强计划的剂量体积直方图

Fig.2 Dose-volume histogram of 3 intensity-modulated radiotherapy plans

强计划与混合调强技术亦能很好地降低低剂量区域,而逆向调强计划因为多叶准直器(MLC)叶片间漏照,会造成低剂量区域增多；左乳癌患者心脏受照的平均剂量 D_{mean} 处,野中野调强计划和混合调强计划明显低于逆向调强计划,而野中野调强计划和混

合调强计划差异不大($P>0.05$)。故野中野调强技术与混合调强技术对于心脏的保护更好。野中野调强技术与混合调强技术对右侧乳腺癌患者心脏的保护与对左乳患者心脏的保护一样。

2.2.4肝脏受照剂量体积对比 3组计划肝脏的平均剂量和受照体积参数见图2和表2。只考虑右乳癌患者,3组计划5例右乳癌患者肝脏所接受的剂量照射体积 V_{20} 、 V_{30} 差异不大($P>0.05$);在低剂量体积 V_3 处,

表2 3组调强计划危及器官剂量学比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Dosimetric comparison of organs-at-risk among 3 intensity-modulated radiotherapy plans (Mean±SD)

Organ at risk	Plan I	Plan II	Plan III	P value		
				I vs II	II vs III	I vs III
Ipsilateral lung						
V ₅ /%	47.67±2.90	33.73±6.81	30.17±6.84	0.001	0.001	0.000
V ₂₀ /%	21.53±1.86	19.92±4.04	19.61±4.93	0.133	0.528	0.183
V ₃₀ /%	14.79±2.31	15.53±3.44	15.78±4.05	0.233	0.355	0.245
D _{mean} /cGy	1 137.87±96.30	981.07±187.29	957.40±229.27	0.010	0.272	0.020
Total lung						
V ₅ /%	24.75±4.27	17.42±5.32	15.52±5.22	0.001	0.002	0.000
V ₂₀ /%	10.86±2.38	10.12±3.14	9.97±3.41	0.146	0.524	0.192
V ₃₀ /%	7.48±1.97	7.87±2.50	8.02±2.82	0.219	0.294	0.223
D _{mean} /cGy	613.79±110.41	515.70±147.27	501.44±166.71	0.005	0.250	0.012
Left breast-Heart						
V ₅ /%	44.49±5.93	20.84±2.22	11.08±1.23	0.003	0.001	0.002
V ₂₀ /%	5.98±2.30	5.83±1.38	5.66±2.12	0.835	0.841	0.695
V ₃₀ /%	2.35±1.81	3.12±1.65	3.25±1.67	0.088	0.537	0.166
D _{mean} /cGy	664.83±67.60	441.05±60.30	366.33±96.53	0.002	0.177	0.015
Right breast-Heart						
V ₅ /%	12.73±2.64	3.23±0.26	0.23±0.23	0.020	0.000	0.012
V ₂₀ /%	0	0	0	/	/	/
V ₃₀ /%	0	0	0	/	/	/
D _{mean} /cGy	224.63±8.06	94.97±35.82	72.20±14.66	0.016	0.237	0.002
Right breast-Liver						
V ₅ /%	36.33±5.45	7.66±1.00	5.40±1.15	0.008	0.011	0.006
V ₂₀ /%	4.88±0.24	4.17±0.14	3.78±0.47	0.113	0.258	0.113
V ₃₀ /%	2.71±1.22	1.39±0.56	1.59±0.27	0.093	0.496	0.183
D _{mean} /cGy	562.03±21.41	186.47±53.17	201.40±49.31	0.003	0.056	0.002
Spinal cord						
D _{max} /cGy	39.81±7.89	31.97±9.00	33.00±10.00	0.004	0.331	0.025
Contralateral breast						
D _{mean} /cGy	227.31±80.39	132.60±108.16	66.46±32.27	0.002	0.087	0.001

野中野调强技术仍好于逆向调强技术和混合调强技术;野中野调强计划与混合调强计划都能更好地降低肝脏 D_{mean} 。

2.2.5 对脊髓的保护 3组计划脊髓的最大剂量参数见图2和表2。野中野调强计划与混合调强计划在最大剂量上都比逆向调强小($P<0.05$)。

2.2.6 对对侧乳腺的保护 3组计划对侧乳腺的平均剂量参数见图2和表2。野中野调强计划与混合调强计划比逆向调强计划更有优势($P<0.05$)。

3 讨论

乳腺癌保乳治疗已成为早期乳腺癌治疗的常规模式,术后放疗是保乳治疗的重要组成部分,术后放疗可以明显降低肿瘤局部复发率并提高病人生存率^[6]。所有浸润性乳腺癌保乳术后都须行放射治疗,而原位癌保乳术后是否必须行放疗仍然存在争议,但最新的临床研究结果大多支持给予放疗^[7]。

Hong等^[8]报道运用调强放疗技术可以明显改善乳腺癌患者靶区内的剂量均匀性,同时降低冠状动脉、同侧肺、对侧乳腺和周围正常组织的照射剂量。本研究显示逆向调强计划靶区剂量HI及CI均优于混合调强计划和野中野调强计划,但其患肺、全肺、心脏、肝脏的低剂量照射体积和平均剂量却明显增加,而且脊髓和对侧乳腺的受量也增加了,这与张云等^[9]在2014年的报道相符,6野调强计划靶区剂量分布最优,其剂量均匀性和适形度最好,由于射野数目增加会提高靶区PTV覆盖率、适形度和均匀性,同时也会增加危及器官低剂量的照射体积和平均剂量,这是否会引起低剂量照射的“超敏反应”或致癌效应则有待临床进一步研究^[10]。

混合调强计划和野中野调强计划在保证靶区剂量分布有较好的适形度及均匀性的同时,降低肺脏、脊髓及对侧乳腺的受照剂量,但野中野强计划比混合调强计划在低剂量照射体积上表现出更明显的剂量学优势,故而对于降低左侧乳腺癌术后放疗患者缺血性心脏病发病风险的概率更为显著^[11]。也有文献报道心脏平均接受放射量增加1 Gy,将增加心脏毒性4%的危险性^[12]。所以尽量减少乳腺癌照射时心脏所受到的照射剂量显得尤为重要。

放射性肺损伤是乳腺癌放疗中的一个重要并发症,其发生率与肺组织受照体积和平均剂量大小具有显著相关性,其中肺的低剂量照射体积 V_5 很可能是放射性肺炎最有价值的预测性指标^[13]。对患肺的保护方面,野中野调强计划患肺接受的低剂量照射

体积 V_5 明显小于逆向调强计划和混合调强计划,差异具有统计学意义,野中野调强计划患肺的 V_{20} 及 V_{30} 与其他两种方式相比无统计学意义。野中野调强计划在第一阶段设计了一对以切肺最少为目的的切线野,充分考虑了射野方向对肺组织的影响,在第二阶段,仍然采用近似切线的设计,增加一对野中野来遮挡高剂量区域,在不增加正常组织照射体积的基础上达到改善靶区的均匀性。而混合调强计划的第一阶段虽沿用了切线野设计,但MLC叶片间的漏照会导致周围危及器官低剂量照射体积增加。因此野中野调强计划的患肺及全肺低剂量照射体积最小。

有文献报道,浸润性导管癌患者行保乳术后放疗发生对侧乳腺癌的风险很大^[14],主要是由于在乳腺癌放疗中,对侧乳腺组织受到较高剂量的照射。本研究中3组计划的对侧乳腺 D_{mean} 都明显小于5 Gy,3者都可以有效的预防对侧乳腺出现第二肿瘤的风险。而野中野调强计划和混合调强计划对健侧乳腺的保护更好。

混合调强技术的适形部分照射剂量占80%,调强部分照射剂量占20%的依据来源于许多文献的介绍,如2014年An-Cheng Shiau在BioMed Research International里介绍的混合调强技术^[15],主要是综合考虑靶区和肺脏等危及器官的受量,以及靶区的剂量均匀性和适形度。

对于剂量HI的定义,有两种公式:① $HI=D_{5\%}/D_{95\%}$,式中 $D_{5\%}$ 、 $D_{95\%}$ 分别表示5%、95%的靶区体积所接受照射的剂量,值越大表明PTV内部剂量分布越不均匀,越接近于1,则越均匀。② $HI=(D_{2\%}-D_{98\%})/D_{50\%}$, $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$ 、 $D_{50\%}$ 分别表示2%、98%、50%的靶区体积所接受照射的剂量,越接近于0,越理想。本文中野中野调强计划采用的是公式①,其 $HI=1.112\pm0.022$ 与2013年Jin等^[4]应用野中野调强技术采用公式②的结果($HI=0.11\pm0.02$)非常相似。可以说明,这两种公式都是普遍使用的,公式②由ICRU83号报告提出,考虑到乳腺贴近皮肤,IMRT很难做到98%体积的包绕,临床多用 $D_{95\%}$ 评估,所以采用了公式①。

对照3组计划的总MU,野中野调强计划低于逆向调强计划和混合调强计划的MU,且分析表明MU与对侧乳腺的平均剂量正相关,说明MU的增加会导致对侧乳腺平均剂量的增加。另一方面,MU与治疗时间及机器损耗有关,治疗时间越短,患者的耐受能力就越好,且机器损耗小。

综上所述,混合调强计划和野中野调强计划是早期乳腺癌保乳术后放疗计划的较佳选择。

【参考文献】

- [1] 黄哲宙, 陈万青, 吴春晓, 等. 中国女性乳腺癌的发病和死亡现况——全国32个肿瘤登记点2003-2007年资料分析报告[J]. 肿瘤, 2012, 32(6): 435-439.
HUANG Z Z, CHEN W Q, WU C X, et al. Incidence and mortality of female breast cancer in China: a report from 32 Chinese cancer registries, 2003-2007[J]. Tumor, 2012, 32(6): 435-439.
- [2] 李建彬, 徐敏, 于金明. 乳腺癌放射治疗研究现状[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2003, 12(2): 124-127.
LI J B, XU M, YU J M. Breast cancer radiation therapy research status [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2003, 12(2): 124-127.
- [3] BUCHHOLZ T, GURGOZE E, BICE W, et al. Dosimetric analysis of intact breast irradiation in off-axis planes[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1997, 39(1): 261-267.
- [4] JIN G, CHEN L, DENG X, et al. A comparative dosimetric study for treating left-sided breast cancer for small breast size using five different radiotherapy techniques: conventional tangential field, filed-in-filed, tangential-IMRT, multi-beam IMRT and VMAT[J]. Radiat Oncol, 2013, 8(1): 89.
- [5] HURKMANS C, BORGER J, BOS L, et al. Cardiac and lung complication probabilities after breast cancer irradiation [J]. Radiother Oncol, 2000, 55(2): 145-151.
- [6] VICINI F A, KESTIN L, HUANG R, et al. Dose local recurrence affect the rate of distant metastases and survival in patients with early-stage breast carcinoma treated with breast-conserving therapy cancer[J]. Cancer, 2003, 97(4): 910-919.
- [7] MOKBEL K. Towards optimal management of ductal carcinoma in situ of the breast[J]. Eur J Surg Oncol, 2003, 29(2): 191-197.
- [8] HONG L, HUNT M, CHUI C, et al. Intensity-modulated tangential beam irradiation of the intact breast [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1999, 44(5): 1155-1164.
- [9] 张云, 胡海芹, 王小平, 等. 左侧乳腺癌保乳术后三种调强放疗的剂量学研究[J]. 实用癌症杂志, 2014, 29(10): 1241-1244.
ZHANG Y, HU H Q, WANG X P, et al. The dosimetry study of left breast-conserving radiation therapy by using three intensity-modulated methods [J]. Practical Journal of Cancer, 2014, 29(10): 1241-1244.
- [10] SKOV K. Radioresponsiveness at low doses: hyper-radiosensitivity and increased radioresistance in mammalian cells [J]. Mutat Res, 1999, 430(2): 241-253.
- [11] 张学颖, 王伟力, 刘大伟, 等. 左右侧乳腺癌放疗后缺血性心脏病发病的比较[J]. 中国医师杂志, 2013, 15(10): 1346-1348.
ZHANG X Y, WANG W L, LIU D W, et al. Comparison of left and right side of the breast cancer after radiotherapy of ischemic heart disease [J]. Journal of Chinese Physician, 2013, 15(10): 1346-1348.
- [12] MÈGE A, ZIOUÈCHE A, POUREL N, et al. Radiation-related heart toxicity[J]. Cancer Radiother, 2011, 15(6-7): 495-503.
- [13] 王澜, 李晓宁, 吕冬婕, 等. 肺低剂量区体积预测急性放射性肺炎价值探讨[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19(4): 296-300.
WANG L, LI X N, LÜ D J, et al. Low-dose lung zone volume forecast value of acute radiation pneumonia [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2010, 19(4): 296-300.
- [14] HILL-KAYSER C, HARRIS E, HWANG W, et al. Twenty-year incidence and patterns of contralateral breast cancer after breast conservation treatment with radiation [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 66(5): 1313-1319.
- [15] SHIAU A, HSIEH C, TIEN H, et al. Left-sided whole breast irradiation with hybrid-IMRT and helical tomotherapy dosimetric comparison [J]. Biomed Res Int, 2013, 2014(8): 741326.

(编辑:谭斯允)