

自动计划与人工计划在宫颈癌术后 VMAT 放疗中的剂量学比较

吴建麓¹, 邓婷¹, 赵翌²

1. 郴州市第一人民医院妇科, 湖南 郴州 423000; 2. 广西柳州市妇幼保健院门诊, 广西 柳州 545001

【摘要】目的:观察并比较自动计划与人工计划在宫颈癌术后患者容积弧形调强(VMAT)中的剂量学参数,对自动计划应用于临床宫颈癌术后放疗中的可行性进行研究。**方法:**选取2018年11月~2019年11月郴州市第一人民医院接受放射治疗的宫颈癌患者30例,将其作为对象展开临床分析与探究。采用Pinnacle放射治疗计划系统,分别进行VMAT人工计划与自动计划,比较两种计划靶区的 D_{95} 、 D_{mean} 、均匀性指数(HI)、适形度指数(CI)、危及器官的剂量参数。**结果:**人工计划与自动计划在 D_{95} 的比较差异无统计意义($P>0.05$);人工计划与自动计划在靶区 D_{mean} 、HI、CI的比较差异显著($P<0.05$)。人工计划与自动计划在膀胱、骨、小肠、直肠、右侧股骨头及左侧股骨头的危及器官剂量体积比较,差异有显著意义($P<0.05$)。**结论:**VMAT自动计划与VMAT人工计划比较,自动计划的计划质量较高,可提高剂量参数合理性,应用Pinnacle放射治疗计划系统自动计划的宫颈癌术后VMAT计划,临床可行性较高,可将VMAT自动计划应用于临床宫颈癌术后放疗中。

【关键词】宫颈癌;自动计划;人工计划;容积弧形调强;放射剂量

【中图分类号】R815

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2020)08-0989-04

Dosimetric comparison between automatic planning and manual planning in volumetric modulated arc therapy of cervical cancer

WU Jianchi¹, DENG Ting¹, ZHAO Ying²

1. Department of Gynaecology, Chenzhou No.1 People's Hospital, Chenzhou 423000, China; 2. Outpatient Department, Liuzhou Maternity and Child Healthcare Hospital, Liuzhou 545001, China

Abstract: Objective To observe and compare the dose parameters between automatic planning and manual planning in volumetric modulated arc therapy (VMAT) for patients with cervical cancer after surgery, and to study the feasibility of automatic planning in postoperative radiotherapy of cervical cancer. **Methods** Thirty patients with cervical cancer who received radiotherapy in Chenzhou No.1 People's Hospital from November 2018 to November 2019 were enrolled for clinical analysis and exploration. Pinnacle treatment planning system was used for manual and automatic VMAT planning. The D_{95} , D_{mean} , homogeneity index, conformity index of target areas and the dose parameters of organs-at-risk were compared between two plans. **Results** There were significant differences in the D_{mean} , homogeneity index and conformity index of target areas between manual planning and automatic planning ($P<0.05$), but not in D_{95} ($P>0.05$). Moreover, there were statistical differences in the dose-volume parameters of bladder, bone, small intestine, rectum, right femoral head and left femoral head between manual planning and automatic planning ($P<0.05$). **Conclusion** Compared with manual VMAT planning, automatic VMAT planning has higher planning quality and can improve the rationality of dose distribution. The VMAT plan automatically planned by Pinnacle treatment planning system which has higher clinical feasibility can be applied to the postoperative radiotherapy of cervical cancer.

Keywords: cervical cancer; automatic planning; manual planning; volumetric modulated arc therapy; radiation dose

前言

近年来,随着人们生活方式与习惯的转变,宫颈癌的发生率不断上升^[1]。临床对于宫颈癌的治疗,多以手术和放疗为主,而放疗的效果取决于放疗计划的质量。人工计划中,可能在人为因素的影响下,耗费大量的时间对危及器官合理剂量进行探索,所取得的计划质量并不高。随着技术的发展,自动计划

【收稿日期】2020-01-17

【基金项目】广西壮族自治区卫生和计划生育委员会科研课题(Z20170499)

【作者简介】吴建麓,硕士,副主任医师,研究方向:妇科肿瘤, E-mail: c240043xy@163.com

【通信作者】邓婷,硕士,副主任医师,研究方向:妇科肿瘤, E-mail: ee8011013@qq.com

逐渐受到临床的高度重视^[2-3]。本次研究中,为进一步明确自动计划与人工计划在容积弧形调强(VMAT)放疗中的剂量学价值,展开深入探究。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2018年11月~2019年11月郴州市第一人民医院接受放射治疗的宫颈癌患者30例,将其作为对象展开临床分析与探究。其中,年龄34~76岁,平均年龄(55.47 ± 5.39)岁;病程1~3年,平均病程(2.13 ± 0.24)年;Ⅱ_A期12例,Ⅱ_B期18例。纳入标准:(1)所有患者均为宫颈癌;(2)所有患者的病理类型均为鳞癌;(3)所有患者均认可本次研究;(4)本研究经过医院伦理委员会批准。排除标准:(1)合并严重肝肾功能障碍的患者;(2)凝血功能障碍的患者;(3)有放疗禁忌症的患者;(4)资料不全、中途退出研究的患者。

1.2 方法

1.2.1 CT数据与靶区的勾画 指导患者采取仰卧位,双手呈抱肘的姿势放置在额头部位,用体部热塑膜对体位进行固定。采用型号为BigBore4的16排CT(荷兰飞利浦公司)对术后患者进行扫描,获得宫颈癌患者术后的CT数据。扫描期间,设置相应的参数,扫描范围从患者的胸到坐骨结节下部5 cm左右的位置,设置扫描层厚为3 mm。将获得的CT数据,传送到公司的放射治疗计划系统中,治疗系统为Pinnacle,对靶区进行勾画。靶区为:盆腔淋巴引流区(CTV1n)、阴道上段1/2(CTV1)、阴道残端(CTV2),处方剂量:45 Gy/25 F。

1.2.2 宫颈癌术后VMAT计划 所有患者,均接受Pinnacle计划系统,并行VMAT人工计划设计、自动计划设计。人工计划、自动计划的参数设置,均采用两个往返治疗弧,分别是175°至185°和179°至181°治疗弧。设置6 MV X射线能量,剂量最多为600 MU/min,计算网格均为4 mm,采用型号为Axesse的加速器(瑞典医科达公司)。人工计划中的靶区、危及器官剂量体积限值均根据临床医生的经验总结设置,在优化中不断改进至无明显改善。自动计划中,初始时危及器官剂量体积限值情况,与人工计划一样。危及器官的选择,依据剂量体积限值,划分为高、中、低3个等级,靶区处方剂量,因自动计划并不需要对权重加以设置。

1.2.3 计划评估方法 在计划评估开展前,总结优化结果中最低靶区的剂量情况,将 D_{95} 统一为45 Gy。针对靶区,对平均剂量 D_{mean} 、95%临床靶区及其对应的 D_{95} 对比分析。适形度指数(CI):处方剂量所包裹的体积与靶区体积比值;均匀性指数(HI):1%靶区体积对应的

剂量与处方剂量比值。危及器官包括膀胱、骨、小肠、直肠、右侧股骨头及左侧股骨头。

1.3 统计学分析

使用SPSS 19.0统计软件对统计数据进行处理,计量资料用均数±标准差表示,使用配对 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种计划靶区剂量参数比较

人工计划与自动计划在 D_{95} 的比较差异无统计学意义($P>0.05$);人工计划与自动计划在靶区 D_{mean} 、HI、CI的比较差异显著($P<0.05$),如表1所示。

表1 两种VMAT计划靶区剂量参数分析

Tab.1 Comparison of dose parameters between two VMAT plans

靶区	参数	人工计划 ($n=30$)	自动计划 ($n=30$)	t 值	P 值
CTV1n	D_{95}/Gy	44.12 ± 0.57	44.86 ± 0.64	0.385	0.527
	D_{mean}/Gy	48.92 ± 1.24	46.23 ± 0.35	6.894	0.039
	HI	1.15 ± 0.01	1.08 ± 0.03	8.745	0.019
CTV1	D_{95}/Gy	44.35 ± 0.68	44.29 ± 0.34	-0.284	0.749
	D_{mean}/Gy	47.69 ± 0.42	46.23 ± 0.25	5.874	0.042
	HI	1.12 ± 0.01	1.09 ± 0.01	10.537	0.001
CTV2	D_{95}/Gy	44.36 ± 0.24	44.16 ± 0.29	0.894	0.234
	D_{mean}/Gy	47.39 ± 0.57	46.13 ± 0.26	7.692	0.023
	HI	1.15 ± 0.02	1.09 ± 0.01	9.536	0.002
CTV	CI	1.27 ± 0.06	1.06 ± 0.01	11.543	0.000

2.2 两种计划危及器官剂量参数比较

人工计划与自动计划在膀胱、骨、小肠、直肠、右侧股骨头及左侧股骨头的危及器官剂量体积比较,差异有显著意义($P<0.05$),如表2所示。

3 讨论

宫颈癌是女性三大恶性肿瘤之一,发病率较高^[4-5]。患者发病早期并无典型症状,仅表现为阴道流血和排液。若未能够及时发现病情,可能会导致患者输尿管梗阻和尿毒症等,对患者的生活质量、生命安全具有较大的威胁。目前,临床中普遍采用阴道镜检查、宫颈活组织检查等,对宫颈癌进行筛查。在疾病确诊后,一般以手术、放疗为主和化疗为辅的综合治疗^[6]。放射治疗方法取得的效果,在一定程度上受放疗计划质量的影响。因此,在宫颈癌治疗期间,如何科学提高放疗计划质量,控制人为因素对放疗计划治疗产生的影响,已经

表2 两种计划危及器官剂量参数分析

Tab.2 Comparison of dose parameters of organs-at-risk between two VMAT plans

危及器官	参数	人工计划 (n=30)	自动计划 (n=30)	t 值	P 值
膀胱	V ₃₅ /%	50.34±5.38	44.35±5.69	7.854	0.026
	V ₄₀ /%	34.26±3.57	29.68±3.57	6.529	0.037
骨	V ₃₅ /%	40.65±8.41	34.26±5.14	8.956	0.014
	D _{mean} /Gy	30.16±3.57	26.15±2.48	9.574	0.002
小肠	V ₂₀ /%	64.29±10.34	59.23±10.15	6.812	0.039
	V ₂₅ /%	37.26±6.84	29.47±5.32	8.546	0.017
	V ₃₀ /%	28.45±5.61	24.19±3.67	7.284	0.029
	D _{mean} /Gy	24.16±2.57	21.05±2.61	8.745	0.015
直肠	V ₃₅ /%	64.35±10.27	54.18±10.35	5.864	0.042
	V ₄₀ /%	35.29±5.38	29.47±5.26	5.128	0.045
	D _{mean} /Gy	36.29±2.41	32.85±0.24	7.895	0.027
右侧股骨头	V ₂₀ /%	31.26±12.47	10.25±0.53	11.579	0.000
	V ₂₅ /%	17.35±10.26	4.52±0.12	10.385	0.001
	V ₃₀ /%	5.21±0.12	1.23±0.24	6.238	0.034
	D _{mean} /Gy	20.36±2.52	17.56±2.34	9.864	0.002
左侧股骨头	V ₂₀ /%	34.29±10.47	14.23±10.35	10.527	0.001
	V ₂₅ /%	19.35±6.48	6.28±2.47	11.544	0.000
	V ₃₀ /%	7.53±2.31	2.14±0.25	6.387	0.035
	D _{mean} /Gy	22.39±1.24	18.35±2.64	8.964	0.012

成为宫颈癌治疗的重要研究方向。现阶段,人工计划与自动计划,均是癌症放疗中的两种计划。临床研究指出,与人工计划相比,自动计划在部分肿瘤放疗计划中能够有效地实现计划时间与质量的优化^[7-8]。因而,近年来,自动计划已经在临床中得到了较为普遍和广泛的应用。不过,临床中关于宫颈癌放疗的自动计划与人工计划价值,并未展开深入的研究^[9-11]。为此,本研究将宫颈癌患者作为研究对象,分析自动计划与人工计划患者术后 VMAT 放疗中的剂量学价值^[12-13]。

本次研究中选取了 30 例接受手术后放疗的宫颈癌患者。通过明确纳入标准与排除标准,对所有患者展开自动计划与人工计划。研究结果显示,人工计划中,无论是 CTV1n、CTV1 还是 CTV2,其 D₉₅ 的剂量参数与自动计划比较,均无明显的统计差异。而人工计划 CTV1n 的 D_{mean} 为 (48.92±1.24) Gy,自动计划 CTV1n 的 D_{mean} 为 (46.23±0.35) Gy;人工计划 CTV 的 CI 为 1.27±0.06,自动计划 CTV 的 CI 为 1.06±0.01,人工计划与自动计划在

靶区 D_{mean}、HI、CI 方面有较为明显的差异。综合以上研究能够看出,宫颈癌放疗期间的靶区适形度明显提高。Ong 等^[14]在研究中阐述了与本次研究结论类似的研究成果。上述学者通过对 madccAutoPlan 自动计划的应用中发现可设计出合理剂量。相对较高的 VMAT 计划,将 VMAT 自动计划应用到肺癌的放射治疗中,并将自动计划与人工计划相比较,发现自动计划的靶区适形度提高 15%,心脏平均剂量减少 15%^[14-15]。上述研究与本次研究的不同之处为研究对象不同,上述研究选取的是肺癌患者,且观察了患者心脏平均剂量的减少情况;本次研究选取的是宫颈癌患者,且未对患者心脏平均剂量减少情况加以观察。两项研究均采用了对比分析的方式,均对自动计划与人工计划方式进行比较,从适形度角度上证实了自动计划的应用价值。

此外,通过数据研究分析能够发现,本研究自动计划所得到的膀胱、骨、小肠和股骨头等危及器官剂量体积,显著优于人工计划的剂量体积。分析其原因,与人工计划相比较,危及器官目标函数权重设置时,自动计划并不需要设置出具体的参数值,仅对高、中和低 3 个参数进行选择即可,极大程度上降低了自动计划的设计难度。同时,为了有效达到使用者所设置的危及器官目标参数,自动计划在优化过程中,通常会自动地增加较多与危及器官相关的辅助剂量体积限值条件^[16-17]。此外,在优化期间,自动计划会在靶区外,以自动的方式生成剂量跌落限制环,依据靶区剂量,对剂量跌落环的目标函数、权重加以设置。因此,利用剂量跌落环对靶区外的剂量分布加以控制,充分提高靶区适形度指数,并极大程度上缩减靶区周围的多余高剂量区域。VMAT 技术自由度更多、靶区适形度更高,且剂量均匀性较好^[18-19]。同时 VMAT 放疗能够降低危及器官的受照剂量和受照体积,降低放射性损伤。基于 VMAT 技术所拥有的诸多优势,其在癌症放射治疗中已经得到了普遍的应用。不过,在优化过程中,VMAT 计划参数选择相对复杂,通常需要消耗较多时间,利用试错法对最佳的优化参数加以探索。因此,在应用 VMAT 技术过程中,通常需要对计划者提出较高的要求。在应用 VMAT 技术对计划设计时,可能存在诸如时间长、人为影响等问题。因而明确 VMAT 技术的自动设计效果,是评估自动计划在 VMAT 放疗中可行性的的重要举措^[20]。虽然本次研究结果证实,自动计划设计宫颈癌 VMAT 计划中,具有一定的优势,不过也存在些许局限,比如,在应用自动计划前,需像人工计划一样对基本参数加以设置。在日后研究中,需要针对研究局限展开深入探讨。

综上所述,VMAT 自动计划与 VMAT 人工计划比较,自动计划的计划质量较高,可提高剂量参数合

理性,应用Pinnacle放射治疗计划系统自动计划的宫颈癌术后VMAT计划,临床可行性较高,可将VMAT自动计划应用于临床宫颈癌术后放疗中。

【参考文献】

- [1] 柏晗,陈飞虎,李文辉,等. Monaco与Pinnacle计划系统在宫颈癌容积旋转调强计划中的剂量比较及分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2018, 35(6): 654-658.
BAI H, CHEN F H, LI W H, et al. Dosimetric comparison and analysis of volumetric modulated arc radiotherapy plan for cervical cancer based on Monaco system and Pinnacle system[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2018, 35(6): 654-658.
- [2] 张怀文,钟晓鸣. 中晚期宫颈癌术后容积旋转调强放疗计划剂量学研究[J]. 实用癌症杂志, 2019, 34(9): 1451-1454.
ZHANG H W, ZHONG X M. Dosimetry study of the volume rotation intensity-modulated radiotherapy plan for advanced cervical cancer[J]. The Practical Journal of Cancer, 2019, 34(9): 1451-1454.
- [3] 张庆怀,张彦秋,杨森,等. CRT+VMAT技术在左侧乳腺癌保乳术后放射治疗中的剂量学研究[J]. 肿瘤学杂志, 2018, 24(5): 518-522.
ZHANG Q H, ZHANG Y Q, YANG S, et al. Dosimetric study of conformal radiation therapy and volumetric-modulated arc therapy (CRT+VMAT) plan in patients with breast cancer after breast-conserving surgery[J]. Journal of Chinese Oncology, 2018, 24(5): 518-522.
- [4] GUO M, HUANG E, LIU X, et al. Volumetric modulated arc therapy versus fixed-field intensity-modulated radiotherapy in radical irradiation for cervical cancer without lymphadenectomy: dosimetric and clinical results[J]. Oncol Res Treat, 2018, 41(3): 105-109.
- [5] 冉晶晶,张红雁,薛旭东,等. 宫颈癌术后容积调强放疗中限定骨盆剂量的临床研究[J]. 中华全科医学, 2017, 15(12): 2021-2023.
RAN J J, ZHANG H Y, XUE X D, et al. Clinical study of bone marrow-sparing volumetric-modulated arc-radiation therapy for postoperative cervical cancer[J]. Chinese Journal of General Practice, 2017, 15(12): 2021-2023.
- [6] 李光俊,李衍龙,袁青青,等. 加速器运行误差对宫颈癌容积旋转调强放疗的剂量学影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(11): 824-829.
LI G J, LI Y L, YUAN Q Q, et al. The dosimetric impacts of accelerator operation error on the volumetric modulated arc therapy for cervical cancer[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2018, 38(11): 824-829.
- [7] 杨涛,徐伟,徐寿平,等. 两套TPS之间VMAT计划优化质量评价研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(10): 1192-1198.
YANG T, XU W, XU S P, et al. Evaluation of plan quality between two treatment planning systems for volumetric modulated arc therapy[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(10): 1192-1198.
- [8] 涂剑楠,佐合拉古丽·木塔力甫,张洁,等. 宫颈癌术后IG-VMAT剂量学及不良反应研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(4): 410-413.
TU J N, ZUOHELAGULI MUTALIFU, ZHANG J, et al. Comparison of dosimetry and toxicities between postoperative fixed-field intensity-modulated radiotherapy and image-guided radiation therapy/volumetric modulated arc therapy for cervical cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(4): 410-413.
- [9] NIDHI P, NAGARJUNA B, RAJESH P, et al. Assessment of three-dimensional setup errors in image-guided pelvic radiotherapy for uterine and cervical cancer using kilovoltage cone-beam computed tomography and its effect on planning target volume margins[J]. J Cancer Res Ther, 2017, 13(1): 131-136.
- [10] 龙雨松,谭军文,王占宇,等. 宫颈癌容积旋转调强放疗中不同弧数目计划间的剂量学差异[J]. 医疗卫生装备, 2018, 39(6): 58-62.
LONG Y S, TAN J W, WANG Z Y, et al. Dosimetric differences between volumetric modulated arc therapy plans with different arc numbers for cervical cancer[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2018, 39(6): 58-62.
- [11] 薛涛,何晓阳,孙云川,等. MONACO放疗计划系统VMAT计划照射野Arc数目对治疗计划影响的比较分析[J]. 中国医疗设备, 2019, 34(9): 74-76.
XUE T, HE X Y, SUN Y C, et al. Comparative analysis of the influence of the number of arc fields in the VMAT plan of Monaco radiotherapy planning system on the treatment plan[J]. China Medical Devices, 2019, 34(9): 74-76.
- [12] 黄荣,滕建建,曾晓红,等. SPECT定义活性骨髓优化宫颈癌术后调强放疗计划的剂量学研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(6): 419-423.
HUANG R, TENG J J, ZENG X H, et al. Application of active bone marrow defined with single photon emission computed tomography to optimize the intensity modulated radiotherapy plan in cervical cancer after hysterectomy[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2018, 38(6): 419-423.
- [13] 刘志杰,朱小东,付庆国,等. 逆向优化算法在宫颈癌三维近距离放疗计划制定中的应用[J]. 广西医学, 2017, 39(12): 1805-1807.
LIU Z J, ZHU X D, FU Q G, et al. Application of inverse planning simulated annealing to formulating three-dimensional radiobrachytherapy plans for cervical cancer[J]. Guangxi Medical Journal, 2017, 39(12): 1805-1807.
- [14] ONG A L, ANG K W, MASTER Z, et al. Intensity-modulated radiotherapy for whole pelvis irradiation in prostate cancer: a dosimetric and plan robustness study between photons and protons[J]. Tech Innov Patient Support Radiat Oncol, 2018, 3(6): 11-19.
- [15] 任润川,张耀文,王慧涛,等. 胸上段食管癌断层定野与断层螺旋放疗和容积旋转调强放疗的剂量学比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(1): 32-36.
REN R C, ZHANG Y W, WANG H T, et al. Dosimetric comparison of helical tomotherapy and volume-modulated arc therapy for upper thoracic esophageal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2018, 38(1): 32-36.
- [16] 邓海军,赵艳群,罗文娟,等. 宫颈癌术后IMRT和VMAT放疗技术剂量学研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2017, 24(10): 708-713.
DENG H J, ZHAO Y Q, LUO W J, et al. Research of postoperative patients with cervical cancer dosimetry of IMRT and VMAT radiotherapy technology[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2017, 24(10): 708-713.
- [17] 童远和,罗东平,张玮婷,等. 固定野静态及动态调强和容积旋转调强在宫颈癌术后放疗中的剂量学比较[J]. 齐鲁医学杂志, 2017, 32(1): 14-16.
TONG Y H, LUO D P, ZHANG W T, et al. Dosimetric comparison of fixed static intensity-modulated radiotherapy with dynamic intensity-modulated radiotherapy and volumetric modulated arc therapy in positive radiotherapy for cervical cancer[J]. Medical Journal of Qilu, 2017, 32(1): 14-16.
- [18] 马建华,李明,刘宝玲,等. 宫颈癌术后容积旋转调强放疗与5野调强放疗计划的剂量学比较[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2018, 42(1): 41-46.
MA J H, LI M, LIU B L, et al. Dosimetric comparison between volumetric modulated arc radiotherapy and five fields intensity-modulated radiation therapy for postoperative cervical carcinoma[J]. International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine, 2018, 42(1): 41-46.
- [19] 闫冰,吴爱东,张洪波,等. 肝细胞癌共面和非共面容积旋转调强放疗与螺旋断层放疗的剂量学研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(8): 877-881.
YAN B, WU A D, ZHANG H B, et al. Dosimetric study on coplanar and noncoplanar volumetric modulated arc therapy and helical tomotherapy for hepatocellular carcinoma[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(8): 877-881.
- [20] 任润川,张耀文,王慧涛,等. 胸上段食管癌断层定野与断层螺旋放疗和容积旋转调强放疗的剂量学比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(1): 32-36.
REN R C, ZHANG Y W, WANG H T, et al. Dosimetric comparison among TomoDirect, Helical Tomotherapy and VMAT in the treatment of upper thoracic esophageal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2018, 38(1): 32-36.

(编辑:陈丽霞)