

脑肿瘤精确放疗MR模拟定位 标准化流程的研究

李需, 王俪臻, 苏亚, 尹勇

山东第一医科大学附属肿瘤医院(山东省肿瘤防治研究院, 山东省肿瘤医院) 放射物理技术科, 山东 济南 250117

[摘要] 目的 研究MR模拟定位标准化流程为脑肿瘤精确放疗提供参考。方法 根据MR模拟定位与诊断MR的差异确定标准化的MR模拟定位扫描序列, 根据定位患者是否有癫痫、躁狂、儿童等特殊情况进行个体化序列, 从安全角度建立系统的MR模拟定位安全管理方案。结果 确立脑肿瘤MR模拟定位的规范化扫描序列包括: 1 mm T1 三维容积平扫序列、3 mm功能扫描序列(如DWI、ASL和DTI等)、3 mm T2序列、1 mm T1 三维容积增强扫描序列、3 mm T2 Flair序列; 脑肿瘤MR模拟定位标准化扫描总时间为1461 s左右, 对于特殊情况(癫痫、躁狂、儿童等)进行扫描序列优化后, 扫描时间减少55%; 对于儿童患者在使用标准化流程前配合率65%, 使用标准化流程后配合率93%, 平均提高28%。结论 脑肿瘤MR模拟定位标准化流程使用后可以显著提高患者的耐受性, 保证了安全的同时提高MR模拟定位的成功率。

[关键词] 脑肿瘤; MR模拟定位; 标准化流程

Study on Standardization Workflow of MR Simulation Positioning for Precise Radiotherapy of Brain Tumors

LI Xu, WANG Lizhen, SU Ya, YIN Yong

Department of Radiological Physics Technology, Shandong Cancer Hospital & Institute, Shandong Cancer Hospital affiliate to Shandong University, Jinan Shandong 250117, China

Abstract: **Objective** To study the standardized workflow of MR simulation for precise radiotherapy of brain tumors. **Methods** According to the difference between MR simulation and diagnostic MR scan, the standardized MR simulation scanning sequence was determined. The individualized sequence was established according to the special conditions of epilepsy, mania and so on. The systematic safety management scheme of MR simulation positioning was established from the perspective of safety. **Results** The standardized scanning sequences for establishing MR simulation of brain tumors included: 1 mm T1 three-dimensional volume plain scanning sequence, 3 mm functional MRI scanning sequence (such as DWI, ASL and DTI), 3 mm T2 weighted scanning sequence, 1 mm T1 three-dimensional volume enhanced scanning sequence, 3 mm T2 scanning flair sequence. The total scanning time for standardized MR simulation of brain tumor was about 1461 s. After optimizing the scanning sequence for special cases (epilepsy, mania, children, etc.), the scanning time was reduced by 55%. For children, the cooperation rate was 65% before using the standardized workflow and 93% after using the standardized workflow, with an average increase of 28%. **Conclusion** The standardized workflow of MR simulation of brain tumors can significantly improve the tolerance of patients, ensure the safety and improve the success rate of MR simulation positioning.

Key words: brain tumor; MR simulation positioning; standardized flow

[中图分类号] R73

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2021.04.042

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-1633(2021)04-0181-05

引言

MR模拟定位可以弥补CT模拟定位软组织与神经组织成像的不足, 在精准放疗定位中的作用越来越重要。MR检查不仅可以提供解剖结构信息, 同时功能序列扫描可获得肿瘤水分子运动、血流灌注和代谢等功能指标, 进行定

量及半定量分析, 应用于靶区勾画、计划设计与优化, 实现个体化放疗^[1-2]。然而MR定位图像在电子密度信息方面的局限性, 决定了其不可单独应用于放疗, 需与CT定位图像进行融合配准后指导靶区勾画与计划设计。诊断MR扫描筛查病变并对其进行定性与分期, 而定位扫描图像需清晰显示肿瘤的位置、边界与周围正常组织结构的关系^[3-4]。

因此, MR模拟定位的扫描序列、参数设置、固定方式、扫描安全等各个方面需要重新设置与优化^[5]。定位序列的

收稿日期: 2021-03-12

通信作者: 尹勇, 研究员, 主要研究方向为放射物理技术。

通信作者邮箱: yongyinsd@126.com

优化,体位固定状态下突发状况的处理,系统的MR模拟定位安全管理方案的建立,是当前亟待解决的问题,为更好的达到放疗定位的精准要求,制定标准化的流程变得尤为重要。磁共振模拟定位在山东省肿瘤医院已经应用2年多的时间,本文结合我院的实际情况,对脑肿瘤MR模拟定位标准化流程进行了研究。

1 方法

1.1 患者资料

我院磁共振模拟定位团队共完成颅脑肿瘤患者放疗初次模拟定位1870例,其中原发脑肿瘤701例,转移性脑肿瘤1169例。其最多的分别为脑胶质瘤有464例(25.3%),肺癌脑转移913例(49.7%)。

1.2 MR模拟定位扫描设备

我院MR模拟定位采用GE公司Discovery 750W 3.0T MR,专机专用。设备孔径70 cm,体位固定装置(头颈肩体架、体模、乳腺托架、腹盆固定器、SBRT体架等)均可容纳。因采用与CT模拟定位完全相同的体位与固定方式(仰卧位,热塑面膜固定患者头部),诊断线圈与头颈肩体架无法匹配,MR模拟定位时采用6通道相控阵列Flex表面线圈(图1),而表面线圈会产生近线圈效应,获得的图像通常表现出较差的信号均匀性,扫描时需选择强度校正方法(SCIC/PURE)^[6]。

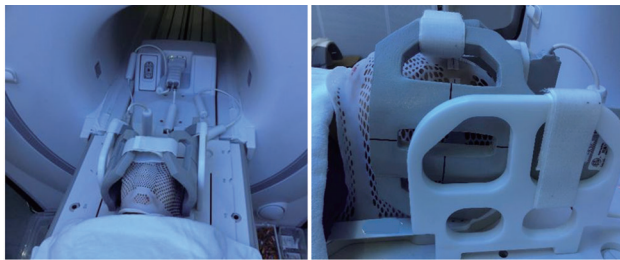


图1 MR头部模拟定位照片

1.3 MR模拟定位扫描序列参数

为减少CT与MR图像错误配准以及图像形状和位置的变化,获得更精准的解剖结构信息,与MR诊断的斜位扫描不同,MR模拟定位采用与CT定位相同的正轴位方向扫描(图2)。扫描设置大FOV包全患者头部轮廓,扫描范围从颅顶头皮上缘扫描至颈2椎体,一般为15~18 cm。扫描层厚3 mm(勾画海马扫描层厚1 mm),层间隔0 mm;T1平扫及强化的3D容积扫描设置层厚1 mm,间隔0 mm,强化扫描重建3 mm进行肿瘤靶区的勾画,见表1。

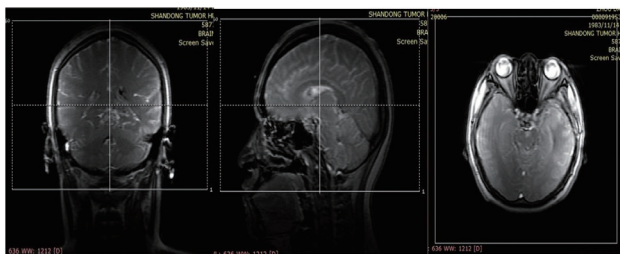


图2 扫描定位像

表1 各序列扫描参数

序列	TR /ms	TE /ms	NEX	FOV /cm	Slice Thickness /mm	Spacing /mm
3D T1 BRAVO	8.5	3.2	1	25.6	1	-
T2 propeller	13312	110	1.5	26	3	0
T2 flair	11000	120	1	26	3	0
ASL	5160	11.5	3	25.6	3	-
DTI	12864	96.8	1	24	3	0
DWI (b=1000)	10967	74.3	3	26	3	0

注:ASL PLD: 2025 ms。

1.4 扫描序列

(1) 3D T1 BRAVO-平扫:T1解剖看海马。

3D T1 BRAVO-增强:主要看肿瘤的边缘和内部强化状态。

(2) T2 propeller:主要看水肿和肿瘤状态。

(3) T2 flair:T2的压水压脂序列,主要看结合水。

(4) DWI、DTI、ASL:功能成像,看肿瘤状态。

1.5 MRI模拟定位特殊事件的处理

1.5.1 儿童的扫描

在进行MRI模拟定位前,技师协同家属应给予患儿精神鼓励,并暗示扫描完成后有适当的物质(糖果、玩具等)奖励,增加患者对周围场所的信任度。家属佩戴隔音耳麦陪同下进行扫描,扫描时应根据医嘱及患儿自主意识的强弱适当的调整扫描顺序,先扫描最利于靶区勾画的重要序列,然后根据患儿的适应程度酌情进行扫描。扫描完成后给予精神及物质的奖励,增加患儿的信任度,便于增加下次模拟定位的扫描可行性(图3)。



图3 儿童的MRI模拟定位

针对自主意识比较薄弱的患儿,在进行MRI模拟定位之前应先行镇静药物干预,一般以10%的水合氯醛0.5 mL/kg 直肠给药,其安全性及稳定性比较高^[7]。待其熟睡后模拟患者睡眠环境调暗定位场所的灯光,家属佩戴隔音耳麦陪同下进行扫描,扫描时通过观察窗密切观察患儿及家属的活动,如患者出现异常躁动或家属挥手示意,应停止扫描进入定位场所查探详情。

1.5.2 躁动患者扫描

患者因病情的进展或术后并发症会出现躁动不安的表现,在进行MRI模拟定位之前10~20 min给予地西泮10~20 mg 静脉缓慢推注^[8],待其情绪等各项指征趋于稳定后,在家属佩戴隔音耳麦陪同下进行扫描,在扫描的过程中时刻观察患者心率、肢体及陪伴家属的动态变化,如有异常应停止扫描。

1.5.3 幽闭恐惧症患者扫描

幽闭恐惧症是对处在一个封闭或者狭小的空间里会产生未知的恐惧,严重的甚至会出现焦虑和强迫症,引起头晕,恶心,呕吐,气短,心慌等症状。磁共振扫描机房灯光昏暗,磁体孔径小而长,幽闭恐惧症患者进行扫描前技师与患者进行沟通了解患者的恐惧程度,并作出正确的疏导^[9],可以闭目引导患者进入定位场所,扫描前打开筒壁照明灯,患者手握报警球及佩戴指脉,必要时家属佩戴降噪耳麦陪同下扫描,扫描过程中技师时刻注意患者心率,通过监控设备及扫描观察窗留意患者异常,尽快完成扫描。

1.5.4 癫痫患者扫描

得病初期癫痫发作并一直服用抗癫痫药物治疗的患者,在进行定位扫描时要佩戴指脉手握报警球;处在癫痫频繁发作期的患者,在进行定位扫描前需要镇静药物干预,扫描前 10~20 min 地西洋 10~20 mg 静脉缓慢推注,待患者平稳后佩戴指脉及在家属佩戴降噪耳麦陪同下进行扫描,扫描过程中技师时刻注意观察患者心率及身体异常情况,如患者启动报警装置、心率异常或家属警示挥手,立即停止扫描。

1.6 MR模拟定位安全管理方案

1.6.1 扫描前安全检查

(1) 签署安全宣教及知情同意书:嘱患者及家属认真阅读并填写磁共振模拟定位患者知情同意书;对于强化扫描患者签署强化扫描协议书。

(2) 患者的安全扫描及检查:a.定位前,嘱患者去除磁共振扫描禁忌物品;b.进入机房前,使用手持金属探测仪,扫描患者全身,查探是否携带金属物品;c.让患者通过金属探测门,进一步确认患者是否带有金属物品;尤其要注意带有输液港等细小金属物品,在进入机房前予以进一步的核实。体内植入物判断建议参照《磁共振成像安全管理中国专家共识(2017)》(安全共识)^[10]。

1.6.2 强化管道连接

需要增强扫描的患者需提前植入留置针;模拟定位护士在患者体位固定后进行输液管道的检查及高压注射器管道的连接。在撤离扫描机房前检查留置针输液通道卡扣是否完全打开。

1.6.3 报警安全教育

所有体位固定操作结束后,在进行扫描中心定位前,对患者进行安全教育,让患者手持报警球,嘱患者在感觉身体不适、无法坚持完成扫描时,捏报警球呼叫医护人员。

1.6.4 心肺功能监护

因磁共振模拟定位需要强化扫描,患者扫描时间往往需要 20~40 min,因此患者生理状态的监测至关重要。所有患者戴上指脉监测装置,监测心率,婴幼儿手指纤细,不建议佩戴。

2 结果

2.1 标准化扫描序列的选择与应用

① 3D TI BRAVO (必选);② ASL、DTI (可选);③ DWI (必选);④ T2 propeller (必选);⑤ 3D TI BRAVO+C (必选);⑥ T2 flair (必选),见图 4。特殊患者(儿童、躁动患者、癫痫患者、幽闭恐惧症患者等)定位时扫描序列顺序相应调整和删减;儿童患者扫描序列为:a. 3D TI BRAVO+C (3 mm);b. T2 propeller;c. T2 flair;躁动患者、癫痫患者、幽闭恐惧症患者扫描序列为:a. T2 propeller;b. 3D TI BRAVO+C (3 mm);c. T2 flair。

2.2 特殊患者扫描时间优化

标准化扫描总时间为 1461 s (表 2),对于特殊(癫痫、躁狂、儿童等)患者进行扫描序列优化后,时间减少 55% (表 3)。

2.3 儿童患者扫描

对于儿童患者在标准化定位前配合率 65%,标准化后配合率 93%,平均提高 28%。标准化前定位准备时间 2~3 h,

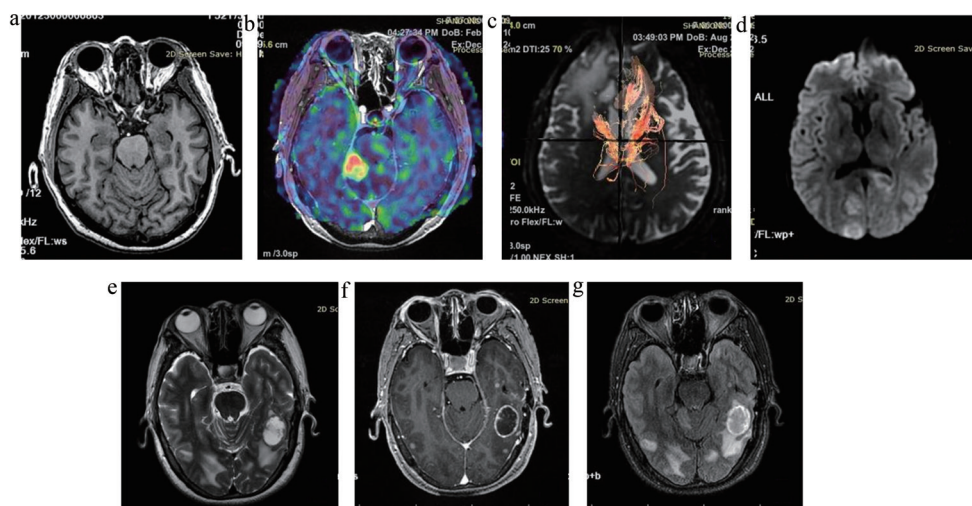


图4 特殊患者定位时扫描图片

注:a. 3D T1 BRAVO序列;b. ASL序列;c. DTI序列;d. DWI序列;e. T2 propeller序列;f. 3D T1 BRAVO+C序列;g. T2 flair序列。

标准化后定位准备时间 15~30 min。

表2 MR模拟定位扫描序列时间

序号	扫描序列	扫描时间/s
1	1 mm 3D T1 BRAVO (+C)	256
2	3 mm 3D T1 BRAVO (+C)	124
3	ASL序列	299
4	DTI序列	382
5	DWI序列	120
6	T2 propeller序列	166
7	T2 flair序列	364

表3 标准扫描与特殊患者扫描总时间

项目	标准扫描	特殊患者扫描
扫描序列	1 mm 3D T1 BRAVO	
	ASL	
	DWI	3 mm BRAVO+C
	T2 propeller	T2 propeller
	1 mm 3D T1 BRAVO+C	T2 flair
	T2 flair	
时间总计/s	1461	657

3 讨论

MR 成像在放疗中的作用最初是在脑肿瘤中建立起来的,磁共振模拟定位要充分发挥磁共振多序列图像对病灶及正常器官差异性显示的优势,综合应用多序列的图像进行肿瘤靶区的勾画及肿瘤生物学功能的界定^[11-12],实现肿瘤的精准放疗。目前大多数颅内肿瘤都需结合 MR 模拟定位。MR 定位图像具有良好的脑灰白质对比度,可改善肿瘤靶区、术后手术腔及危机器官的勾画^[13-14]。同时放疗需要具有高几何精度、高空间分辨率和对比度分辨率的定位图像来勾画靶区和危及器官^[15]。保证 MR 模拟定位图像的质量、提高与 CT 模拟定位图像配准的匹配度变得尤为重要^[16],同时患者的耐受性也成为重要影响因素,因此标准化的流程、规范化的扫描为 MR 模拟定位提供了依据和保障。

通过标准化序列的选择,提供更多的信息,有助于临床医生对肿瘤靶区的定义和危机器官的保护。T1 序列选用各向同性体素采集的三维容积扫描 3D BRAVO,1 mm 层厚、0 间隔的图像采集,使空间分辨率达到 $1.0 \times 1.0 \times 1.0 \text{ mm}^3$,同时提供三个主要方向的颅脑影像,为放射治疗图像分割和计划设计与优化提供高品质、多信息的定位图像^[17-18]。对于特殊患者,我们首选的序列是 T2 Propeller,放射状的 K 空间填充方式,使得 Propeller 序列本身具有运动的校正功能,减少由于自主运动造成的伪影。

MR 的扫描时间与图像空间分辨率、信噪比等呈竞争抑制关系,应调整到最优状态。高质量、多序列图像的获得必然增加扫描时间,患者的耐受性、配合度成为必须考虑的因素。对于特殊(癫痫、躁狂、空间幽闭等)患者进行预处理,重症选择注射镇静类药物,轻症进行精神抚慰,扫描中安排家属陪伴,及时进行序列的优化等,均可提高患者的配合度及定位的成功率。对于儿童患者扫描前合理安排睡眠及定位时间,可以减少镇静类药物使用及准备时

间。定位时选择先注射造影剂,扫描增强序列,兼顾了精度和效率。

MR 模拟定位患者一般都佩戴头部体位固定装置,扫描过程中患者不自主运动大大减少,但是患者的耐受性会大大下降,因此必须充分观察患者的生理变化情况。为保证患者在扫描过程中的生命安全,在 MR 模拟定位扫描中利用机器自带的心电监护系统便于观察患者的心脏搏动情况,通过心率来判断患者的情绪状况及病情的变化。婴幼儿手指纤细,不建议佩戴。观察窗和监控系统能够实时的反应患者肢体的动态变化,防止患者因肢体活动导致图像模糊延长定位时间或定位失败。另外对于胸腹部定位患者利用呼吸触发扫描,不仅能减少器官的位移获得高质量的图像,还能从侧面反映出患者的情绪波动,给予技师对患者生命体征变化的预测。综合多方位的安全检视能够在扫描过程中对患者的生命体征提供保障,增加定位成功率。

综上所述,MR 模拟定位在脑肿瘤放疗中的作用很重要,而标准化和规范化的操作是保证其应用精度和效率最基本也是最重要的因素,显著提高患者的耐受性,建议在国内给予推广和应用。

[参考文献]

- [1] 任爱廷,陈辛元,戴建荣.磁共振放疗模拟定位技术应用现状与问题[J].中华放射肿瘤学杂志,2015,24(1):93-96.
- [2] Schmidt MA,Payne GS.Radiotherapy planning using MRI[J].*Phys Med Biol*,2015,60(22):323-361.
- [3] Taron JP,Martirosian M,Erb T,*et al*.Simultaneous multislice diffusion-weighted MRI of the liver:Analysis of different breathing schemes in comparison to standard sequences[J].*J Magn Reson Imaging*,2016,44(4):865-879.
- [4] Aymerich FXC,Auger P,Alcaide-Leon D,*et al*.Comparison between gadolinium-enhanced 2D T1-weighted gradient-echo and spin-echo sequences in the detection of active multiple sclerosis lesions on 3.0T MRI[J].*Eur Radiol*,2017,27(4):1361-1368.
- [5] Paulson ES,Erickson B,Schultz C,*et al*.Comprehensive MRI simulation methodology using a dedicate MRI scanner in radiation oncology for external beam radiation treatment planning[J].*Med Phys*,2015,42(1):28-39.
- [6] Liney GPSC,Owen AK,Beaumont VR,*et al*.Commissioning of a new wide-bore MRI scanner for radiotherapy planning of head and neck cancer[J].*Br J Radiol*,2013,86(1027):20130150.
- [7] 刘建双.水合氯醛用于婴幼儿磁共振检查的效果观察[J].影像研究与医学应用,2020,4(3):171-172.
- [8] 赵利英.外伤性烦躁患者在CT扫描检查时静注地西洋的护理体会[J].中国社区医师(医学专业),2010,12(30):181-182.
- [9] 黄忠道,兰庆茂,朱楠.磁共振检查中幽闭恐惧症的预防及对

策[J].中国医学影像技术,2008,24(10):1546.

- [10] 李彦,严福华.磁共振成像安全管理中国专家共识[J].中华放射学杂志,2017,51(10):725-731.
- [11] Tseng CL,Eppinga W,Charest-Morin R,et al.Spine stereotactic body radiotherapy:indication,outcomes,and points of caution[J].*Global Spine J*,2017,7(2):179-97.
- [12] Chapman CH,Zhu T,Nazem-Zadeh M,et al.Diffusion tensor imaging predicts cognitive function change following partial brain radiotherapy for low-grade and benign tumors[J].*Radiother Oncol*,2016,120(2):234-240.
- [13] 柏正璐,李军,田书畅.CT-MR图像融合在脑胶质瘤术后放疗中的应用[J].中国医疗设备,2020,35(12):20-23.
- [14] 顾莹,邢鹏飞,蔡尚,等.磁共振模拟定位及磁共振诊断影像

与定位CT融合的精准性比较[J].中华放射医学与防护杂志,2019,11(39):827-832.

- [15] Gary L,Uulke van der H.MRI for Radiotherapy[M].Springer,Cham:2019-01-01.
- [16] Nyholm T,Jonsson J.Counterpoint:Opportunities and challenges of a magnetic resonance imaging-only radiotherapy work flow[J].*Semin Radiat Oncol*,2014,24(3):175-180.
- [17] Ellingson BM,Bendszus M,Boxerman,et al.Consensus recommendations for a standardized brain tumor imaging protocol in clinical trials[J].*Neuro Oncology*,2015,17(9):754-758.
- [18] Kiaran PM,Hu Y,Tryggstad E,et al.MRI in radiation oncology: Underserved needs[J].*Magn Reson Med*,2016,75(1):11-14.

本文编辑 皮志超

上接第172页

- 学会.第八届全国医用加速器学术交流论文集[C].北京:中国物理学会粒子加速器分会,中国生物医学工程学会,2009:9.
- [7] 段影.血清let-7i-5p和let-7i-3p水平与肺癌患者病理类型预后的相关性研究及肝癌国产放疗设备的疗效剂量学初步评价[D].锦州:锦州医科大学,2018.
- [8] 冀天楠,赵志飞,丛小虎,等.国产和进口鼻咽癌精确放疗设备的临床剂量学比较研究[J].医疗卫生装备,2018,39(12):41-45.
- [9] Bradley JD,Paulus R,Komaki R,et al.Standard-dose versus high-dose conformal radiotherapy with or without cetuximab for patients with stage IIIA or IIIB non-small-cell lung cancer (RTOG 0617): A randomised, two-by-two factorial phase 3 study[J].*Lancet Oncol*,2015,16(2):187-199.
- [10] 王一琳,李璐,方鹏.我国医院进口与国产医用直线加速器配置及使用情况分析[J].医学与社会,2019,32(6):69-72.
- [11] 张中柱.中国肿瘤放射治疗设备的进步——中国医用加速器发展三十年记[J].医疗装备,2009,22(3):5-8.
- [12] Yang X,Chen H,Chen J,et al.Application Status and Development Trends of Medical Proton and Heavy Ion Accelerators[J].*Zhongguo Yi Liao Qi Xie Za Zhi*,2019,43(1):37-42.

- [13] 李全义,戴相昆,方春峰.国产医用直线加速器在早期乳腺癌术后放疗的剂量学特性分析[J].临床肿瘤学杂志,2016,21(9):805-809.
- [14] 王大奖,鲍志荣,蒋大振,等.两种直线加速器射野剂量学特性测试分析[J].中国医疗设备,2019,34(5):61-64.
- [15] 邓威,葛宁,万欢.医用电子直线加速器应用质量检测结果分析[J].信息记录材料,2018,19(4):211-212.
- [16] 刘锐锋,张秋宁,王小虎,等.国产与进口精确放疗设备治疗食管癌的临床回顾性比较研究[J].医疗卫生装备,2019,40(5):48-53.
- [17] 聂鑫,韩军,杨晶,等.国产医用直线加速器开展立体定向放射治疗的可行性研究[J].中国医学物理学杂志,2019,36(2):130-135.
- [18] Cao X,Liu M,Zhai F,et al.Comparative evaluation of image registration methods with different interest regions in lung cancer radiotherapy[J].*BMC Med Imaging*,2019,19(1):100.
- [19] 国产放疗设备集成应用专家组.国产放疗设备集成应用专家共识[J].中华放射肿瘤学杂志,2020,(1):1-5.
- [20] 吴青南,王运来,鞠忠建,等.国产医用加速器XHA1400的X射线剂量和机械性能测试[J].中国医疗设备,2018,33(7):22-26.

本文编辑 王晨晨

上接第176页

- 求:GBZ 126—2011[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [18] 中华人民共和国卫生部.放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房:GBZ/T 201.2—2011[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [19] 尹海华,胡军,熊甘霖.医用直线加速器辐射环境影响评价[J].江西化工,2016,(1):74-79.
- [20] IAEA.Radiation protection in the design of radiotherapy facilities[R].IAEA safety reports series No.47,2006.
- [21] Design and Shielding of Radiotherapy Treatment Facilities[R].2017.In:IPEM Report 75,2nd Edition.

- [22] NCRP.Structural shielding design and evaluation for megavoltage X and gamma-ray radiotherapy facilities[R].NCRP Report No.151,2005:1-246.
- [23] GBZ/T 201.2-2011,放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房[S].
- [24] 唐木涛,王修德,李奇慧,等.医用加速器机房屏蔽设计与职业危害控制效果评价[J].医疗卫生装备,2016,37(11):40-43.
- [25] GBZ 126-2011,电子加速器放射治疗放射防护要求[S].

本文编辑 王晨晨