论著

## CT与MRI结合评估脑胶 质瘤分级的价值及指导 放化疗的作用探究\*

赵康艳 李 锋 贾岩龙 王江涛 陈华山\* 湖北文理学院附属医院襄阳市中心医院 影像科 (湖北襄阳 441021)

【摘要】目的 分析CT与磁共振成像(MRI)结合评 估脑胶质瘤分级的价值,并探究其指导放化疗 的作用。**方法** 选择2020年5月至2022年5月医院 收治的86例脑胶质瘤患者,所有患者入院时均 接受CT及MRI检查,以组织病理检查为基准, 分析CT与MRI单独及联合评估脑胶质瘤分级与组 织病理检查结果的一致性。**结果** 经组织病理检 查结果显示,86例脑胶质瘤患者中脑胶质瘤 [ 级9例(10.47%), II级29例(33.72%), III级21例 (24.42%), Ⅳ级27例(31.40%); CT、MRI单独评 估脑胶质瘤分级结果与组织病理检查结果一致性 理想(Kappa=0.709、0.743, P<0.05); CT与MRI 联合评估脑胶质瘤分级结果与组织病理检查结果 -致性极好(Kappa=0.823, P<0.05); CT-MRI融合 图像组GTV、临床靶区、计划靶区体积小于CT图 像组(P<0.05); CT-MRI融合图像组靶区受照最大剂 量、平均剂量低于CT图像组(P<0.05); CT-MRI融 合图像组脑干、视神经、视交叉、垂体、晶体、眼 球最大受照剂量及最小受照剂量均低于CT图像组 (P<0.05); 随访1年, CT图像组复发率(32.56%)与 CT-MRI融合图像组复发率(37.21%)比较,差异不显 著(P>0.05)。结论 CT与MRI结合评估脑胶质瘤分级 与组织病理检查一致性极好,具有较高临床应用价 值,且在放化疗指导中具有重要作用,能够降低正 常组织放疗照射剂量,保护正常组织。

【关键词】脑胶质瘤;CT;磁共振成像; 放化疗指导
【中图分类号】R739.41
【文献标识码】A
【基金项目】湖北省科技计划项目(2021FFB6774)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.013

# The Value of CT Combined with MRI in Evaluating the Grade of Glioma and Its Role in Guiding Radiotherapy and Chemotherapy\*

ZHAO Kang-yan, LI Feng, JIA Yan-long, WANG Jiang-tao, CHEN Hua-shan<sup>\*</sup>. Imaging Department, Xiangyang Central Hospital, Affiliated Hospital of Hubei University of Arts and Sciences, Xiangyang 441021, Hubei Province, China

#### ABSTRACT

Objective To analyze the value of CT combined with magnetic resonance imaging (MRI) in evaluating the grade of glioma, and to explore its role in guiding radiotherapy and chemotherapy. *Methods* Eighty-six patients with glioma admitted to our hospital from May 2020 to May 2022 were selected. All patients were examined by CT and MRI when they were admitted to the hospital. Based on histopathological examination, the consistency between CT and MRI in evaluating the grade of glioma and histopathological examination was analyzed. Results The results of histopathological examination showed that among the 86 patients with glioma, there were 9 cases of grade I (10.47%), 29 cases of grade II (33.72%), 21 cases of grade III (24.42%) and 27 cases of grade IV (31.40%). The grading results of brain gliomas evaluated by CT and MRI alone are consistent with the results of histopathological examination (Kappa=0.709, 0.743, P<0.05). The results of CT and MRI combined assessment of glioma grading were in excellent agreement with histopathological examination (Kappa=0.823, P<0.05). The volumes of GTV, clinical target and planned target in CT-MRI fusion image group were smaller than those in CT image group (P<0.05). The maximum dose and average dose of target area in CT-MRI fusion image group were lower than those in CT image group (P<0.05). The maximum dose and minimum dose of brain stem, optic nerve, optic chiasma, pituitary, lens and eyeball in CT-MRI fusion image group were lower than those in CT image group (P<0.05). Follow-up for one year showed that the recurrence rate of CT image group (32.56%) was not significantly different from that of CT-MRI fusion image group (37.21%) (P>0.05). Conclusion The combination of CT and MRI has excellent consistency with histopathological examination, has high clinical application value, and plays an important role in the guidance of radiotherapy and chemotherapy, which can reduce the radiation dose of normal tissue and protect normal tissue.

Keywords: Brain Glioma; CT; Magnetic Resonance Imaging; Guidance Of Radiotherapy and Chemotherapy

脑胶质瘤属于一种颅脑恶性肿瘤,占所有颅内肿瘤的30%-60%,具有较高的致残 率及病死率<sup>[1]</sup>。基于脑胶质瘤组织病理学特征,世界卫生组织(WTO)将胶质瘤分为 I-IV 级,不同分级的脑胶质瘤治疗方案及预后存在较大差异。其中 I 级、II 级为低级别胶质 瘤,临床治疗以局部手术切除加放射、化疗辅助治疗为主,大多数患者预后较好; III 级、IV 级为高级别胶质瘤,临床治疗以广泛性手术切除联合放射、化学综合治疗为主, 患者预后往往较差<sup>[2-3]</sup>。现阶段,CT、磁共振成像(MRI)是临床诊断、评估脑胶质瘤的主 要影像学手段,其中CT灌注成像技术具有较高时间分辨率与空间分辨率,有助于清楚观 察肿瘤内部血流灌注状态,辅助判断脑胶质瘤分级<sup>[4]</sup>;MRI可通过占位效应、增强、水 肿、坏死等信息判断脑胶质瘤分级<sup>[5]</sup>。由于CT与MRI成像原理不同,故而肿瘤及正常组 织在两种影像学检查方式的图像上表现也存在一定差异。考虑采用CT与MRI结合讷方式 评估脑胶质瘤分级能够进一步提高诊断准确性。基于此,本研究分析CT与MRI结合评估 脑胶质瘤分级的价值,并探究其指导放化疗的作用,现报道如下。

#### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择2020年5月至2022年5月医院收治的86例脑胶质瘤患者,患者中男49 例,女37例;年龄39-72岁,平均年龄(56.86±7.83)岁;体重指数19-29kg/m<sup>2</sup>,平均体 重指数(25.18±2.19)kg/m<sup>2</sup>;肿瘤长径1.1-6.8cm,平均肿瘤长径(3.51±1.02)cm。

纳入标准:符合脑胶质瘤诊断标准<sup>[6]</sup>;患者存在头晕、头痛、呕吐或癫痫发作等症状;接受CT、MRI检查;接受组织病理检查确诊为脑胶质瘤;影像学检查与组织病理检 查时间间隔<20d;患者或家属签署知情同意书。排除标准:检查前接受放射、化学、 分子靶向治疗;预计生存期<3个月;合并精神疾病或认识障碍,无法配合研究;复发 性脑胶质瘤;临床资料或影像学信息不全。

#### 1.2 方法

1.2.1 CT检查 采用飞利浦64排128层CT机对患者进行检查,患者取仰卧位,利用CT模拟 机实施定位,通过激光灯在额头正中线、双耳屏前定位。采用高压注射针筒以3mL/s的 速率静脉推注50mL碘克沙醇(江苏恒瑞医药,国药准字H20227092,规格:50mL),再 取0.9%氯化钠20mL予以冲管,实施全脑灌注扫描,层厚=3mm,层距=3mm。 1.2.2 MRI检查 采用西门子3.0T超导型磁共振成像系统(Siemens, Verio)对患者检查, 头颈部专用8通道体相控阵线圈。患者取仰卧位,先行常规 全脑T<sub>1</sub>加权像(T<sub>1</sub>WI)、T<sub>2</sub>加权像(T<sub>2</sub>WI)扫描,扫描参数: 层厚 =1.5mm,重复时间(TR)=28ms,回波时间(TE)=20cm,视野 (FOV)=23cm×23cm,采集时间为5min。经肘静脉团注钆喷替



图1 脑胶质瘤CT增强动脉期; 图3 右侧基底节区脑胶质瘤MRI T<sub>1</sub>WI增强;

1.2.3 图像处理 由2名副主任医师观察、分析所得图像资料,判读脑胶质瘤分级,经讨论后获得一致诊断结果。而后将图像传送至 MIM Maestrover 6.7.5勾画工作站,由物理师、放疗医师共同利 用MIM系统图像融合功能进行CT和MRI图像融合。参照《胶质瘤 放疗中国专家共识》<sup>[7]</sup>逐层勾画CT图像及CT-MRI融合图像靶区, 大体肿瘤体积(GTV)为残存病灶、瘤床、MRI FlAIR信号异常区; 临床靶区为GTV外放1.5-2.0cm(高级别脑胶质瘤外放2.0cm,低 级别胶质瘤外放1.5cm);计划靶区为临床靶区外放0.3-0.5cm。 分别逐层勾画出脑干、视神经、视交叉、垂体、晶体、眼球等放 疗危及器官(OAR)。

1.2.4 治疗计划制定 采用Pinnacle V9.2计划系统分别依据CT图像 及CT-MRI融合图像制定治疗计划,均选择调强化疗的治疗方式, 采用Elekta Synery直线加速器,能量选择4MV-X线。设置计划靶 区处方剂量为50-60Gy/25-30F,单次剂量2Gy。均于放疗第1d空 腹口服化疗药物替莫唑胺75mg/(m<sup>2</sup>·d)至放疗结束。

**1.3 观察指标** (1)统计组织病理检查脑胶质瘤分级结果。(2)以组 织病理检查结果为基准,分析CT与MRI单独及联合评估脑胶质瘤 分级与组织病理检查结果的一致性。(3)对比CT图像组与CT-MRI 融合图像组GTV、临床靶区、计划靶区体积。(4)对比CT图像组 与CT-MRI融合图像组靶区计划剂量。(5)对比CT图像组与CT-MRI 融合图像组OAR受照剂量。(6)依据随机数表法将86例患者分为2 组,各43例,其中1组按照CT图像勾画区域进行放射治疗,另一

检查方法			组织病理检查结果				
		I 级	II 级	Ⅲ级	IV级		
СТ	I级	6	2	1	0	9	
	II 级	2	22	2	2	28	
	III级	1	4	17	2	24	
	IV级	0	1	1	23	25	
	合计	9	29	21	27	86	
MRI	I级	7	1	2	1	11	
	II级	1	23	2	1	27	
	III级	1	3	17	2	23	
	IV级	0	2	0	23	25	
	合计	9	29	21	27	86	
CT联合MRI	I级	8	1	1	0	10	
	II级	1	25	2	1	29	
	III级	0	3	18	2	23	
	IV级	0	0	0	24	24	
	合计	9	29	21	27	86	

表1 CT与MRI单独及联合评估脑胶质瘤分级的价值(n)

**2.5 CT图像组与CT-MRI融合图像组OAR受照剂量比较** CT-MRI 融合图像组脑干、视神经、视交叉、垂体、晶体、眼球最大受照 剂量及最小受照剂量均低于CT图像组(P<0.05)。见表4、表5。 酸葡甲胺(剂量为0.1mL/kg,速率为2.5mL/s),行3D-T<sub>1</sub>WI增强扫 描,扫描参数:TR=7000ms,TE=79ms,FOV=23cm×23cm, 矩阵=256×320,层间距=1mm,扫描256层,行矢状面、横断 面和冠状面三平面重建。



图2 脑胶质瘤CT增强平衡期; 图4 右侧基底节区脑胶质瘤MRI T<sub>2</sub>WI

组按照CT-MRI融合图像勾画区域进行放射治疗,随访1年,统计 两组复发情况。

**1.4 统计学方法** 数据处理采用SPSS 23.0软件,计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$ 表示,以t检验;计数资料用n(%)表示,以 $x^{2}$ 检验;CT与 MRI单独及联合评估脑胶质瘤分级与组织病理检查结果的一致性 采用Kappa一致性分析检验,P<0.05为差异显著。

### 2 结 果

**2.1 组织病理检查结果** 经组织病理检查结果显示,86例脑胶质 瘤患者患者中脑胶质瘤 I级9例(10.47%), II级29例(33.72%), III级21例(24.42%), Ⅳ级27例(31.40%)。

2.2 CT与MRI单独及联合评估脑胶质瘤分级的价值 CT、MRI 单独评估脑胶质瘤分级结果与组织病理检查结果一致性理想 (Kappa=0.709、0.743, P<0.05); CT与MRI联合评估脑胶质 瘤分级结果与组织病理检查结果一致性极好(Kappa=0.823, P<0.05)。见表1。

2.3 CT图像组与CT-MRI融合图像组靶区体积比较 CT-MRI融合 图像组GTV、临床靶区、计划靶区体积小于CT图像组(P<0.05)。 见表2。

2.4 CT图像组与CT-MRI融合图像组靶区计划剂量比较 CT-MRI融合图像组靶区受照最大剂量、平均剂量低于CT图像组 (P<0.05)。两组最小剂量比较,差异不显著(P>0.05)。见表3。

表2 CT图像组与CT-MRI融合图像组靶	区体积比较(cm³)	
-----------------------	------------	--

组别	GTV	临床靶区	计划靶区
CT图像组(n=86)	49.52±11.24	98.49±12.56	127.35±12.94
CT-MRI融合图像组(n=86)	42.76±10.93	92.03±12.18	119.73±12.41
t	3.999	3.424	3.941
Р	0.000	0.001	0.000

### 表3 CT图像组与CT-MRI融合图像组靶区计划剂量比较(cGy)

组别	最大剂量	最小剂量	平均剂量
CT图像组(n=86)	3326.52±416.39	1921.17±306.54	2623.85±342.17
CT-MRI融合图像组(n=86)	3106.43±358.94	1896.82±286.79	2501.63±319.26
t	3.713	0.538	2.422
Р	0.000	0.591	0.017

**2.6 CT图像组与CT-MRI融合图像组1年复发率比较**随访1年,CT图像组43例患者复发14例(32.56%),CT-MRI融合图像组43例患者复发16例(37.21%),两组复发率比较,差异不显著(x<sup>2</sup>=0.205,P=0.651)。

衣4 CI 图像纽与CI-MRI融合图像纽OAR最大支照剂重比较(CGy)							
组别	脑干	视神经	视交叉	垂体	晶体	眼球	
CT图像组(n=86)	2462.79±721.53	$1813.62 \pm 658.22$	2203.65±592.43	$2081.56 \pm 618.39$	302.71±98.56	1236.58±297.43	
CT-MRI融合图像组(n=86)	2214.73±618.29	$1603.29 \pm 628.42$	$2018.42 \pm 613.57$	$1824.76 \pm 603.58$	243.68±78.94	$1028.94 \pm 302.76$	
t	2.421	2.143	2.014	2.756	4.335	4.537	
Р	0.017	0.034	0.046	0.007	0.000	0.000	
表5 CT图像组与CT-MRI融合图像组OAR最小受昭剂量比较(cGv)							

组别	脑干	视神经	视交叉	垂体	晶体	眼球
CT图像组(n=86)	$1327.82 \pm 521.63$	936.58±419.26	$1294.75 \pm 608.36$	$1569.71 \pm 582.36$	253.17±86.12	816.54±203.74
CT-MRI融合图像组(n=86)	1109.75±493.68	803.52±387.63	$1073.46 \pm 528.93$	1302.19±539.22	206.21±68.94	681.53±165.17
t	2.816	2.161	2.546	3.126	3.948	4.774
Р	0.005	0.032	0.012	0.002	0.000	0.000

#### 3 讨 论

脑胶质瘤的发病机制复杂,可能与高剂量电离辐射暴露、细 菌或病毒感染、遗传等因素有关<sup>[8]</sup>。脑胶质瘤分级与预后存在密 切联系,尽早明确诊断意义重大。脑胶质瘤是一种血管依赖性肿 瘤,具有高密度的新生血管,且血管增殖情况可一定程度上决定 脑胶质瘤病理分级、生物学行为、预后。但由于血管内皮细胞间 隙大、血管基底膜不完整,具有较高血管通透性,这为CT灌注成 像提供了重要病理基础[9-10]

CT灌注成像经静脉团注对比剂后行同层快速动态扫描,通过 测定肿瘤区域灌注值,有助于获取清晰的组织灌注的定量或半定 量图像,从而帮助临床医师判断肿瘤区域血流动力学信息与肿瘤 微血管情况,进一步鉴别肿瘤分级<sup>[11-12]</sup>。但少数高级别实质性坏 死脑胶质瘤在CT灌注成像上仍显示不足,影响诊断准确性。MRI 在脑胶质瘤分级评估中主要依赖于对比剂的应用,对应的病理机 制同样是由于肿瘤新血管大量生成及血脑屏障受损<sup>[13]</sup>。由于低级 别脑胶质瘤存在瘤周-瘤体血管内皮细胞组成的"血瘤屏障", 会增加对比剂进入瘤体的难度,故而MRI增强扫描强化较弱;而 高级别脑胶质瘤多存在明显血脑屏障损伤,MRI增强扫描强化显 著,由此判断脑胶质瘤分级<sup>[14-15]</sup>。但MRI检查对于微坏死灶的敏 感性较低,故而仍存在一定误诊、漏诊情况。本研究结果显示, CT、MRI单独评估脑胶质瘤分级结果与组织病理检查结果一致性 理想(Kappa=0.709、0.743, P<0.05); CT与MRI联合评估脑胶 质瘤分级结果与组织病理检查结果一致性极好(Kappa=0.823, P<0.05),表明两种检查方式联合评估胶质瘤能够进一步提高诊断 准确性。考虑其原因在于两种检查方式联合应用能够弥补单独检 查的不足,提高诊断准确度。

目前,手术是脑胶质瘤的主要治疗方式,但由于该肿瘤缺少 包膜,呈浸润生长,手术治疗难以完全清除病灶组织<sup>[16]</sup>。研究指 出,脑胶质瘤术后5年内原位复发率超过90%<sup>[17]</sup>。因此,术后放 射及化学治疗已成为恶性脑胶质瘤手术治疗后的常规辅助治疗方 案,可延长患者无进展生存时间及总生存时间<sup>[18]</sup>。但放射及化 学治疗会使患者产生一定毒副反应,尤其是常规放射治疗时肿瘤 周围很大一部分正常组织被照射,造成不必要损伤。近年来,精 确放疗凭借其高精度、低损伤、高疗效等优势在临床应用广泛, 是否能够准确勾画放疗靶区称为影响放疗计划、疗效及预后的关 键,同时也是降低OAR照射剂量,减轻正常组织损伤,提高患者 生存质量的重要方面<sup>[19-20]</sup>。相关研究指出,CT图像不能清晰、 完整地显示肿瘤边界,为减少遗漏情况,医师勾画靶区过程中易 主观外扩靶区范围,造成GTV范围过度估计<sup>[21]</sup>。刘锐等<sup>[22]</sup>研究指 出,CT-MRI图像融合技术能够提高脑胶质瘤调强放射治疗中靶 区勾画的精确性及合理性,减少正常组织照射剂量,发挥正常组 织保护作用。本研究结果显示,CT-MRI融合图像组GTV、临床靶 区、计划靶区体积小于CT图像组,靶区受照最大剂量、平均剂量 低于CT图像组,脑干、视神经、视交叉、垂体、晶体、眼球最大 受照剂量及最小受照剂量均低于CT图像组,表明CT-MRI融合图 像能够缩小GTV、临床靶区、计划靶区,降低其受照剂量及周围 正常组织受照剂量。CT-MRI融合图像具备两种影像技术的优势, 能够更加精准的显示肿瘤边界及周围水肿区域范围,增加靶区局 部控制率,降低靶区勾画的不确定性,提高精准度。将患者分为

2组分别按照CT图像勾画区域、CT-MRI融合图像勾画区域接受放 射治疗,并随访1年发现,两组复发率比较无明显差异,可见CT-MRI融合图像能够确保病灶部位放疗的准确性及合理性,达到理 性治疗效果,同时保护正常组织。

综上所述,CT与MRI结合评估脑胶质瘤分级与组织病理检查 ·致性极好,具有较高临床应用价值,且在放化疗指导中具有重 要作用,能够降低正常组织放疗照射剂量,减轻正常组织损伤。

#### 参考文献

- [1] Ille S. Kelm A. Schroeder A. et al. Navigated repetitive transcranial magnetic stimulation improves the outcome of postsurgical paresis A randomized, double-blinded trial[J]. Brain in glioma patients -Stimul, 2021, 14(4): 780-787.
- [2] Jiang R, Hu X, Deng K, et al. Neurite orientation dispersion and density imaging in evaluation of high-grade glioma-induced corticospinal tract injury[J].Eur J Radiol, 2021, 41 (140): 109750.
- [3] Trifiletti D M, Malouff T D, Mcgovern S L, et al. Repeat radiation in the brain: managing patients with locally recurrent glioma[J]. Semin Radiat Oncol, 2020, 30 (3): 218-222.
- [4] 朱兰, 凌洪, 余涛, 等. 多层螺旋CT在诊断脑胶质瘤中临床应用价值研究[J]. 实用医 院临床杂志,2019,16(4):90-91.
- [5]Crisi G, Filice S, Michiara M, et al. 2-Hydroxyglutarate detection by short echo time magnetic resonance spectroscopy in routine imaging study of brain glioma at 3.0 T[J].J Comput Assist Tomogr, 2018, 42 (3): 469-474.
- [6]《中国中枢神经系统胶质瘤诊断和治疗指南》编写组.中国中枢神经系统胶质瘤诊 断和治疗指南(2012)[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(31): 2418-2449.
- [7]中华医学会放射肿瘤治疗学分会.胶质瘤放疗中国专家共识(2017)[J].中华放射肿 瘤学杂志,2018,27(2):123-131.
- [8] Qian Y, Lu X, Li Q, et al. The treatment effects and the underlying mechanism of B cell translocation gene 1 on the oncogenesis of brain glioma [J]. J Cell Biochem, 2019, 120 (8): 13310-13320.
- [9] Nma B, Er C, Dc B, et al. Goliath and the ant: whole-brain CT perfusion against 16-slice CT angiography in stroke imaging ScienceDirect[J]. J Neuroradiol, 2019, 46 ( 6): 398-400.
- [10] Marafi W.F-18-PSMA 1007 brain PET/CT imaging in glioma recurrence[J].
- Clin Nucl Med, 2020, 45(1): e61-e62.
   [11] 张昌飞, 杜福川, 张昌凯. 应用多层螺旋CT灌注成像评估脑胶质瘤病理分级的可行 性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(9): 22-24.
- [12] 李绍山, 付强, 秦虎, 等. 脑胶质瘤在CT平扫及三期增强中的图像表现特征分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(7): 5-7.
- [13] Suh CH, Kim HS, Jung SC. Perfusion MRI as a diagnostic biomarker for differentiating glioma from brain metastasis: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur radiol, 2018, 28 (9): 3819-3831.
- [14] Wei Y, Thomas S. Deep learning-based magnetic resonance imaging image feature analysis for pathological classification of brain glioma[J]. Sci Programming-aneth, 2021, 30 (3): 6778009. 1-6778009. 9. [15]Michael M K, Arokia R J. DeepJoint segmentation for the classification
- of severity-levels of glioma tumour using multimodal MRI images[J]. IET Image Processing, 2020, 14 (11): 2541-2552.
- [16] Peter B, Johanna Q W, Florian G, et al. Pre- and early postoperative GFAP serum levels in glioma and brain metastases [J]. J Neuro-Oncol, 2018, 139 (3): 541-546.
- [17] Javadinia S, Anvari K, Shahabadi M. P01. 020 Results of treatment with bevacizumab in patients with recurrent high grade brain glioma[J]. Neuro-Oncology, 2018, 20(3): iii232-iii232.
- [18] [Bauer J, Bahn E, Harrabi S. How can scanned proton beam treatment planning for low-grade glioma cope with increased distal RBE and increased radiosensitivity locally for late MR-detected brain lesions?[J]. Med Phys, 2021, 48 (4): 1497-1507. [19] Nicholas M Q, Masih T, Wei H J, et al. MODL-25. Radiation and focused
- ultrasound-mediated blood-brain barrier opening for DMG: safety and feasibility of combinatorial therapy[J]. Neuro-Oncology, 2022, 24(1): i174.
- [20] Kocakavuk E, Anderson K J, Varn F S, et al. Radiotherapy is associated with a deletion signature that contributes to poor outcomes in patients with cancer  $[J].\,Nat\,\,Genet,\,2021,\,53\,(7):1088-1096.$
- [21] Xu X, Liu K, Wang Y, et al. A multifunctional low-generation dendrimerbased nanoprobe for the targeted dual mode MR/CT imaging of orthotopic brain gliomas [J]. Journal of Materials Chemistry B, 2019, 7 (23): 3639-3643.
- [22] 刘锐,赵旭,赵东利,等.基于MIM软件行CT-MRI图像融合技术在脑胶质瘤精确放疗中的应用[J].西安交通大学学报:医学版,2020,41(5):668-672.

(收稿日期: 2023-06-27)

(校对编辑: 孙晓晴)