

## MRI-CT 图像融合技术在颈椎肿瘤靶区勾画中的应用

张冬艳<sup>1</sup>, 薛雁山<sup>2</sup>, 许芳<sup>3</sup>, 宋晓婕<sup>1</sup>, 颜宝云<sup>1</sup>

1. 山西中医药大学附属医院影像科, 山西 太原 030024; 2. 山西医科大学第二医院影像科, 山西 太原 030000; 3. 山西中医药大学附属医院肿瘤科, 山西 太原 030024

**【摘要】目的:**探讨基于MRI-CT图像融合技术对颈椎肿瘤靶区勾画和剂量参数的影响。**方法:**收集11例颈椎肿瘤放疗患者的影像学资料,将MRI与CT图像进行融合,比较MRI-CT与CT为基础图像的靶区体积差异以及剂量差异。对不同医师所勾画的靶区体积以及剂量差异进行比较分析。实施组内相关系数(ICC)可靠性分析。**结果:**(1)由1名肿瘤放疗医师所勾画靶区体积 $GTV_{MRI-CT}$ 显著大于 $GTV_{CT}$ ,脊髓 $Spine_{MRI-CT}$ 体积显著小于脊髓 $Spine_{CT}$  ( $P<0.05$ );5名肿瘤放疗医师所勾画靶区体积比较差异与1名肿瘤放疗医师趋势一致,不同影像为基础的靶区勾画体积重叠系数为 $0.83\pm 0.15$ 。(2)5名肿瘤放疗医师所勾画靶区, $GTV$ 以及脊髓变异系数( $CV$ ) $_{MRI-CT}$ 均小于 $CV_{CT}$ ;ICC在 $GTV$ 中分别为0.97与0.95,在脊髓为0.83与0.82。(3) $GTV$ 剂量MRI-CT  $D_{max}$ 显著低于CT  $D_{max}$ ,脊髓剂量MRI-CT  $D_{2cm^3}$ 同样显著低于CT  $D_{2cm^3}$  ( $P<0.05$ )。**结论:**MRI-CT图像融合技术能更精确地勾画靶区体积以及准确计算放射剂量,不易造成靶区漏照,同时MRI-CT图像融合技术在不同医师间差异较小,可提高靶区勾画的一致性和可靠性,值得在临床推广使用。

**【关键词】**颈椎肿瘤;磁共振成像;计算机断层扫描术;图像融合技术;放射治疗;靶区

**【中图分类号】**R318;R738.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2022)05-0551-05

## Application of MRI-CT image fusion technology in delineation of cervical tumor target area

ZHANG Dongyan<sup>1</sup>, XUE Yanshan<sup>2</sup>, XU Fang<sup>3</sup>, SONG Xiaojie<sup>1</sup>, YAN Baoyun<sup>1</sup>

1. Department of Imaging, Affiliated Hospital of Shanxi University of Traditional Chinese Medicine, Taiyuan 030024, China; 2. Department of Imaging, Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China; 3. Department of Oncology, Affiliated Hospital of Shanxi University of Traditional Chinese Medicine, Taiyuan 030024, China

**Abstract: Objective** To explore the effects of MRI-CT image fusion technology on the delineation of cervical tumor target area and dosimetric parameters. **Methods** The imaging data of 11 patients treated by radiotherapy for cervical tumor were collected. The fusion of MRI and CT images was carried out, and the volume difference and dosimetric difference of the target area delineated based on MRI-CT and CT were compared. The differences in the volume of the target area delineated by different physicians and the dosimetric differences were analyzed. Moreover, intraclass correlation coefficient (ICC) was used for reliability analysis. **Results** (1) The gross target volume in MRI-CT ( $GTV_{MRI-CT}$ ) which was delineated by a tumor radiotherapy physician was significantly larger than that of  $GTV_{CT}$ , and the volume of spinal cord in MRI-CT ( $Spine_{MRI-CT}$ ) was significantly smaller than  $Spine_{CT}$  ( $P<0.05$ ). The volume differences of the target area delineated by 5 tumor radiotherapy physicians had the same trends with the results obtained by a tumor radiotherapy physician. The volume overlapping index of the target area delineated based on different images was  $0.83\pm 0.15$ . (2) For the target areas delineated by 5 tumor radiotherapy physicians, the  $CV_{MRI-CT}$  of  $GTV$  and spine cord was less than  $CV_{CT}$ . ICC was 0.97 and 0.95 for  $GTV$ , and 0.83 and 0.82 for spinal cord. (3) The MRI-CT  $D_{max}$  of  $GTV$  was significantly lower than CT  $D_{max}$ , and MRI-CT  $D_{2cm^3}$  of spinal cord was also significantly lower than CT  $D_{2cm^3}$  ( $P<0.05$ ). **Conclusion** MRI-CT fusion technology is worthy of clinical promotion for it can achieve the accurate target area delineation and radiation dose calculation, not easy to cause missed exposure of the target area. Meanwhile, there are trivial differences among different doctors in using MRI-CT fusion technology, which improves the consistency and reliability of the target area delineation.

**Keywords:** cervical tumor; magnetic resonance imaging; computed tomography; image fusion technology; radiotherapy; target area

**【收稿日期】**2021-12-24

**【基金项目】**山西省卫生健康委科研项目(2019163)

**【作者简介】**张冬艳, 硕士, 主治医师, 研究方向: 神经系统及腹部影像诊断, E-mail: Aytem199@163.com

**【通信作者】**颜宝云, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 肿瘤影像学, E-mail: zhesai3@yeah.net

前言

脊柱肿瘤在临床较为罕见,尤其是颈椎肿瘤较胸椎和腰骶椎肿瘤更难治疗,主要原因在于颈椎的结构更为复杂,同时还毗邻许多重要的血管以及神经,完全切除颈椎肿瘤难度非常大<sup>[1-3]</sup>。颈椎肿瘤手术切除对患者身体创伤较大,同时对于麻醉以及手术者的要求都非常高,对普通医院而言较难执行。随着外科治疗理念的不断更替,颈椎肿瘤更大程度上不再完全依赖于手术治疗,而更多会选择进行放疗。放疗不仅可以达到缓解疼痛的目的,同时还能在一定程度上减少并发症,但放疗最为依赖的就是影像学技术<sup>[2]</sup>。CT能够最大程度地分辨肿瘤周围器官和骨组织,但是对于软组织的分辨率较差,在制定放疗计划时对于肿瘤已侵犯的软组织边界界定不够精确。MRI对人体软组织分辨率极高,当MRI与CT进行图像融合时,能够很好地弥补CT缺点。国内外诸多学者已将MRI技术应用到各种肿瘤放疗的靶区勾画中,取得较为理想的放疗效果<sup>[4-5]</sup>。本研究旨在探讨MRI-CT图像融合技术与CT图像在颈椎肿瘤靶区勾画和剂量参数上的差异。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取山西中医药大学附属医院2019年1月至2020年1月收治的颈椎原发性肿瘤放疗患者11例,其中骨巨细胞瘤5例,脊索瘤5例,侵袭性骨母细胞瘤1例;未手术治疗者5例,术后复发者6例;所有患者肿瘤均已出现骨质破坏以及软组织浸润。年龄35~65岁,平均(43.24±3.35)岁。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:(1)确诊为颈椎原发性肿瘤;(2)能全

程耐受放疗;(3)影像学资料完整。排除标准:(1)全身多发性肿瘤;(2)颈椎远处转移瘤;(3)全身合并重要脏器功能障碍。

1.3 方法

1.3.1 影像学资料 所有患者取仰卧位躺于CT检查床上,扫描范围由眶上缘至胸椎第4椎体,包括全颈椎以及所有附件,厚度3 mm。扫描后影像学图像传输至德国西门子公司TPS进行靶区勾画以及放疗计划制定。所有患者于放疗计划开始前1周内行颈椎增强MRI扫描,厚度3 mm。扫描结束后将图像传输至德国西门子公司TPS工作站。在TPS工作站中,选取MRI中T<sub>1</sub>加权、T<sub>1</sub>增强以及T<sub>2</sub>加权图像,与同一ID患者CT图像进行配对。将CT图像中骨窗像与MRI图像通过融合软件进行融合,选取各个方向旋转进行融合,软件自动融合不够理想者可行人工手动融合。融合完成后图像由1名肿瘤放射治疗医师以及1名高年资放射科医师共同审核。

1.3.2 靶区勾画 定义GTV为影像学中可见具有一定大小及形状的肿瘤病变范围。首先在CT扫描图像上进行勾画,勾画出GTV<sub>CT</sub>及脊髓<sub>CT</sub>;再在MRI-CT融合图像上进行勾画出GTV<sub>MRI-CT</sub>及脊髓<sub>MRI-CT</sub>;定义CTV为GTV<sub>MRI-CT</sub>勾画中适当向外扩展至肿瘤侵犯椎体;PTV为CTV再向外扩展0.5 cm;PGTV为GTV向外扩展0.5 cm。再由其余4名肿瘤放疗医师分别进行GTV<sub>CT</sub>、脊髓<sub>CT</sub>、GTV<sub>MRI-CT</sub>及脊髓<sub>MRI-CT</sub>勾画。

1.3.3 靶区体积测定和放射剂量计算 在MRI-CT融合图像基础上完成目标靶区剂量计算(图1),目标靶区包括GTV、CTV、PTV及PGTV。计算放疗总量PTV为44 Gy,2 Gy/次,共22次;同时PGTV同步剂量为60 Gy,2.7 Gy/次,共22次,设定脊髓D<sub>max</sub><45 Gy。在TPS工作站中计算获取5名医师所勾画的GTV<sub>CT</sub>、脊髓<sub>CT</sub>、GTV<sub>MRI-CT</sub>以及脊髓<sub>MRI-CT</sub>剂量参数。

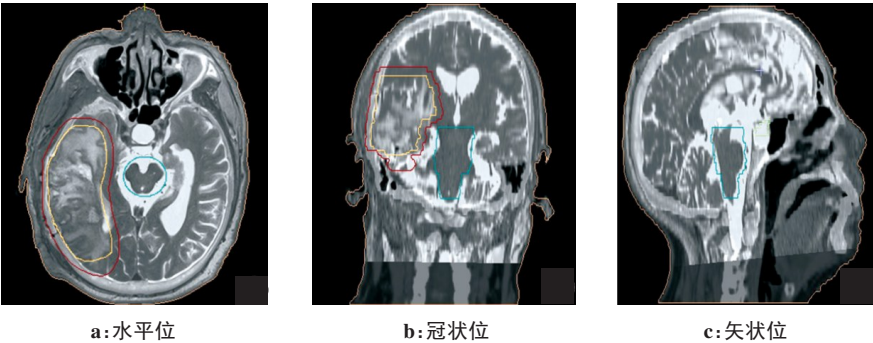


图1 MRI-CT图像融合用于治疗计划靶区勾画

Figure 1 MRI-CT image fusion for target delineation for treatment planning

1.4 观察指标

(1)统计比较所有患者所勾画靶区体积指标,主

要包括GTV、脊髓<sub>MRI-CT</sub>、脊髓<sub>CT</sub>、体积重叠指数(VOI)以及变异系数(CV);(2)统计比较所有患者靶区剂量

参数指标, 主要包括 PGTV  $V_{100\%}$ 、 $V_{105\%}$ 、脊髓  $D_{\max}$  以及  $D_{2\text{cm}^3}$ 。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析, 计量资料用均数±标准差表示, 用  $t$  检验; 计数资料用率表示, 采用  $\chi^2$  检验, 所有勾画靶体积以及剂量学参数行单因素方差分析, 组内相关系数 (ICC) 可靠性分析。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 勾画靶区体积指标比较

由 1 名肿瘤放疗医师所勾画靶区体积  $GTV_{MRI-CT}$  显著大于  $GTV_{CT}$  ( $t=6.024, P=0.002$ ), 脊髓 $_{MRI-CT}$  体积显著小于脊髓 $_{CT}$  ( $t=9.783, P=0.000$ ), 见表 1; 5 名肿瘤放疗医师所勾画靶区体积比较差异与 1 名肿瘤放疗医师趋势一致, 不同影像为基础的靶区勾画 VOI 为  $0.83\pm0.15$ , 见表 2。

表 1 1 名肿瘤放疗医师勾画靶区体积比较 (cm³)  
Table 1 Comparison of the target area volume delineated by a tumor radiotherapy physician (cm³)

病例编号	GTV		脊髓	
	CT	MRI-CT	CT	MRI-CT
1	72.83	89.45	13.74	5.35
2	36.83	55.72	6.81	3.44
3	38.68	51.01	11.28	6.31
4	66.73	72.09	21.64	5.87
5	7.83	13.28	11.83	5.75
6	57.53	67.26	16.05	7.12
7	153.26	179.35	8.68	5.14
8	173.52	195.18	14.79	8.75
9	19.94	33.87	5.89	2.74
10	121.94	149.74	15.73	4.29
11	46.76	63.87	13.59	4.69
平均值	73.84±48.54	83.73±50.28	12.85±5.02	5.57±1.74

表 2 5 名肿瘤放疗医师勾画靶区体积比较  
Table 2 Comparison of the target area volume delineated by 5 tumor radiotherapy physicians

病例编号	VOI	GTV/cm³		脊髓/cm³	
		CT	MRI-CT	CT	MRI-CT
1	0.85	74.14±24.45	91.05±28.35	14.21±2.74	6.07±2.05
2	0.68	34.27±11.35	57.12±18.24	6.33±1.89	3.18±1.21
3	0.95	39.21±13.37	50.77±11.83	14.41±3.73	7.42±2.84
4	0.97	65.58±21.46	74.15±20.37	22.57±3.76	6.08±2.18
5	0.84	7.73±2.14	12.95±4.74	13.21±4.22	5.37±2.89
6	0.49	56.04±21.46	68.44±17.73	14.85±3.58	8.12±2.75
7	0.77	162.36±32.67	183.21±39.98	8.04±2.17	5.88±2.79
8	0.96	176.46±26.94	202.31±55.39	13.49±4.74	8.06±1.83
9	0.89	18.86±6.33	34.26±11.74	5.83±1.93	3.13±1.82
10	0.91	126.47±34.82	153.33±27.84	16.25±3.47	4.79±1.74
11	0.92	47.32±3.48	62.15±21.85	14.64±3.88	5.05±1.72
平均值	0.83±0.15	78.27±57.43	87.58±47.35	13.07±5.24	5.89±1.59

2.2 靶区勾画体积组间比较

靶区勾画体积组间比较显示, 5 名肿瘤放疗医师所勾画靶区存在组间差异。GTV 和脊髓的  $CV_{MRI-CT}$  均小于  $CV_{CT}$ ; ICC 在 GTV 中分别为 0.97 与 0.95, 在脊髓为 0.83 与 0.82。见表 3。

2.3 靶区剂量参数比较

MRI-CT 与 CT 图像靶区剂量参数指标比较, GTV 剂量  $MRI-CT D_{\max}$  显著低于  $CT D_{\max}$  ( $t=8.783, P=0.000$ ), 脊髓剂量  $MRI-CT D_{2\text{cm}^3}$  同样显著低于  $CT D_{2\text{cm}^3}$  ( $t=6.732, P=0.002$ ), 见表 4。

3 讨论

肿瘤目前是全球威胁人类健康的杀手之一, 对于肿瘤治疗采用较多的为手术治疗, 但并非全身所有肿瘤均能够采取手术治疗, 尤其是颈椎肿瘤, 手术难度大, 危险程度高<sup>[6-7]</sup>。放疗能否取得理想效果, 关键依赖于放疗前的计划制定以及剂量计算<sup>[8]</sup>。CT 是目前应用较为广泛的影像学技术, 但 CT 最大缺陷在于对肿瘤已侵犯的软组织成像不够清晰, 导致放疗前计划制定时出现范围过小, 使得最终放疗效果欠

表 3 靶区勾画体积组间差异比较

Table 3 Comparison of inter-group differences in target volume delineation between groups

靶区	MRI-CT		CT	
	CV/%	ICC	CV/%	ICC
GTV	23	0.97(95%CI:0.94~0.98)	38	0.95(95%CI:0.81~0.98)
脊髓	32	0.83(95%CI:0.57~0.95)	49	0.82(95%CI:0.47~0.96)

表 4 靶区剂量参数指标比较(Gy)

Table 4 Comparison of target dose parameters (Gy)

病例编号	GTV		脊髓	
	MRI-CT D <sub>max</sub>	CT D <sub>max</sub>	MRI-CT D <sub>2 cm<sup>3</sup></sub>	CT D <sub>2 cm<sup>3</sup></sub>
1	44.22±1.84	48.57±3.39	45.16±3.46	49.15±0.95
2	47.73±2.52	49.15±2.67	47.43±2.66	48.15±1.36
3	42.17±1.44	51.33±4.01	42.46±3.68	50.25±2.16
4	41.58±0.88	49.89±2.67	48.02±3.57	49.36±1.25
5	42.57±1.23	52.16±3.06	45.46±2.09	48.29±2.74
6	43.87±1.67	51.85±3.68	43.09±4.15	45.37±0.84
7	45.21±1.65	61.57±4.47	48.45±5.19	57.34±3.83
8	48.54±2.16	69.17±5.26	45.74±4.05	48.57±1.78
9	47.03±1.36	65.15±4.07	44.47±3.08	47.79±2.03
10	41.25±0.95	52.18±3.36	46.57±5.36	49.43±2.16
11	43.11±1.42	49.57±2.74	45.53±3.36	50.11±3.26
平均值	46.38±1.17	53.14±2.46	45.37±2.74	49.16±2.05

佳,复发率较高<sup>[9]</sup>。据相关报道,仅凭CT为基础影像进行放疗计划制定,术后肿瘤复发率高达75.4%,使得放疗医师对于CT的应用颇有争议<sup>[10]</sup>。MRI出现以及MRI技术的不断成熟和改进解决了CT对于软组织成像不够清晰的缺陷,将MRI与CT图像进行融合,使得肿瘤无论是自身还是已浸润的软组织,都能够显示清楚,在计划制定时能够最大限度地将所有肿瘤组织包括在内<sup>[11]</sup>。TPS融合软件能通过圈定局部以及四维度刚性配准达到较高质量的融合图像<sup>[12]</sup>。相关研究显示MRI-CT融合配准后对鼻咽癌患者肿瘤靶区的勾画辨识度更高,在剂量方面也能够达到最佳剂量放射,同时还能够对周围组织起到一定保护作用<sup>[13]</sup>。已有研究发现MRI-CT图像下勾画的前列腺癌靶区体积较CT图像下的体积增加30%,还能够发现被癌细胞浸润的精囊,同时还可以在实际临床使用中观察到后期的不良反应<sup>[14]</sup>。

本研究主要通过对比MRI-CT和CT两种不同的基础图像下进行靶区勾画以及剂量计算。首先进行靶区勾画体积指标间比较,结果显示由1名或5名肿瘤放疗医师所勾画靶区体积GTV<sub>MRI-CT</sub>显著大于GTV<sub>CT</sub>,脊髓<sub>MRI-CT</sub>体积显著小于脊髓<sub>CT</sub>。同时,引入

VOI概念,当VOI值越接近1表明MRI-CT图像的重叠性越好。本研究中VOI值为0.84,提示MRI-CT融合图像对于颈椎肿瘤患者的靶区勾画范围更为精准,避免了遗漏情况发生。MRI-CT融合图像不仅能够提高GTV的靶区勾画准确性,还能够对于脊髓的勾画提供重要的影像学帮助和补充。MRI-CT图像下所勾画的靶区体积较CT图像下大,主要原因在于其能够将周围已被肿瘤破坏和浸润的软组织一并勾画进入,使得体积明显增大,同时保证了后期放疗的准确性以及有效性<sup>[15]</sup>。但也有相关文献报道在脑肿瘤中CT图像下所勾画的体积显著大于MRI-CT,其主要原因在于考虑到CT图像肿瘤病灶周围软组织分辨不清晰,而将周围一部分水肿带一并勾画,导致体积增大,但同时也增加了放疗的并发症<sup>[16]</sup>。

以MRI-CT为影像学基础勾画体积,不同医师间勾画一致性较好,组间差异小。放疗计划的制定,不论是靶区体积的勾画还是靶区剂量的计算,关键环节仍在于肿瘤放疗医师,不同肿瘤放疗医师对于同一患者的靶区体积勾画以及剂量计算不完全相同,但以MRI-CT为影像学基础进行勾画,所有医师之间的差异较小,一致性较高,可见MRI-CT在实际临床



工作使用中能够发挥更好作用<sup>[17]</sup>。再加上TPS自动融合软件的应用,同时辅以手动调整方式进行图像融合配准,可将精确度进一步提高,达到理想的配准效果<sup>[18]</sup>。

MRI-CT与CT图像靶区剂量参数指标比较,GTV剂量MRI-CT  $D_{\max}$ 显著低于CT  $D_{\max}$ ,脊髓剂量MRI-CT  $D_{2\text{cm}^3}$ 同样显著低于CT  $D_{2\text{cm}^3}$ ,提示MRI-CT可以获得更好的剂量参数,降低最大单点剂量。放射剂量的把控是放疗的关键步骤,剂量过低达不到治疗效果,但剂量过大又易引发其他组织的放射性损伤<sup>[19]</sup>。MRI-CT融合技术能够更精确地勾画靶区体积,在剂量使用方面,同样能够较为精确地分辨出肿瘤组织以及周围软组织,在剂量计算时可以克服传统的按一种组织进行剂量计算,使得放疗剂量更加精确,达到杀灭肿瘤细胞的作用,又不会造成过量的放射损伤<sup>[20]</sup>。

综上所述,颈椎肿瘤在临床工作中较为罕见,目前主要以放疗为主。MRI-CT图像融合技术能够更加精确地勾画靶区体积以及准确地计算放射剂量,不易造成靶区漏照,同时MRI-CT图像融合技术在不同医师间差异较小,提高了靶区勾画的一致性和可靠性,值得在临床推广使用。

## 【参考文献】

- [1] Jiang P, Meng N, Wang JJ, et al. EP-2353: influence of MRI/CT fusion image on target volumes delineation for RT of cervical vertebra tumor [J]. Urol Oncol, 2018, 12(9): 123-127.
- [2] Peng YL, Chen L, Shen GZ, et al. Interobserver variations in the delineation of target volumes and organs at risk and their impact on dose distribution in intensity-modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Oral Oncol, 2018, 82: 1-7.
- [3] Wu L, Li T, Wang Q. Report of four cases of pulmonary malignant tumors treated with SBRT using BODYFIX plus 4D-CBCT image guidance technique[J]. J Clin Oncol, 2019, 37(15): 2005-2007.
- [4] 谢欣, 戴建荣. 图像配准方法在乳腺癌床靶区勾画中的应用进展[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2020, 29(10): 919-924.  
Xie X, Dai JR. Application progress of image registration method in delineation of breast cancer tumor bed target[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2020, 29(10): 919-924.
- [5] Tuntipumiamorn L, Lohasammakul S, Dankulchai P, et al. Comparison of impact of target delineation of computed tomography- and magnetic resonance imaging-guided brachytherapy on dose distribution in cervical cancer[J]. J Contemp Brachytherapy, 2018, 10(5): 418-424.
- [6] 江萍, 孟娜, 王俊杰, 等. MRI-CT图像融合对颈椎原发肿瘤GTV勾画和剂量学影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2018, 27(5): 489-494.  
Jiang P, Meng N, Wang JJ, et al. Effect of MRI-CT image fusion on GTV delineation and dosimetry of cervical primary tumor[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2018, 27(5): 489-494.
- [7] Salembier C, Villeirs G, De Bari B, et al. ESTRO ACROP consensus guideline on CT- and MRI-based target volume delineation for primary radiation therapy of localized prostate cancer[J]. Radiother Oncol, 2018, 127(1): 49-61.
- [8] Cao X, Yang J, Gao Y, et al. Region-adaptive deformable registration of CT/MRI pelvic images via learning-based image synthesis[J]. IEEE Trans Image Process, 2018. DOI:10.1109/TIP.2018.2820424.
- [9] 于婷, 李彦康, 李奉祥, 等. 基于不同体位定位CT探讨不同勾画者勾画保乳术后部分乳腺外照射靶区差异[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2020, 29(6): 432-436.  
Yu T, Li YK, Li FX, et al. To explore the difference of partial external irradiation target of breast after breast conserving surgery by different Sketchers based on CT positioning in different positions[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2020, 29(6): 432-436.
- [10] Caravatta L, Cellini F, Simoni N, et al. Magnetic resonance imaging (MRI) compared with computed tomography (CT) for interobserver agreement of gross tumor volume delineation in pancreatic cancer: a multi-institutional contouring study on behalf of the AIRO group for gastrointestinal cancers[J]. Acta Oncol, 2019, 58(4): 439-447.
- [11] Wang Z, Wang X, Zheng X, et al. EP-1133: validation of GTV delineation based on MRI, CT or FDG-PET/CT in head and neck cancer[J]. J Gastrointest Cancer, 2018, 12(7): 638-643.
- [12] 林琳, 周菊英. 胶质母细胞瘤术后调强放疗靶区勾画进展[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2019, 28(4): 321-325.  
Lin L, Zhou JY. Progress in target mapping of base note radiotherapy for glioblastoma after surgery [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2019, 28(4): 321-325.
- [13] Wei Z, Jun C, Zhang GY, et al. Clinical value of CT and MRI in the delineation of target area before radiotherapy for non-small cell lung cancer[J]. J Comput Assist Radiol Surg, 2019, 19(22): 437-442.
- [14] Olsson C, Nyholm T, Wieslander E, et al. Initial experience with introducing national guidelines for CT- and MRI-based delineation of organs at risk in radiotherapy[J]. Phys Imaging Radiat Oncol, 2019, 11: 88-91.
- [15] Najberg M, Haji Mansor M, Boury F, et al. Reversing the tumor target: establishment of a tumor trap [J]. Front Pharmacol, 2019. DOI: 10.3389/fphar.2019.00887.
- [16] 虞鲁诗, 宋启斌, 韩光. 2017鼻咽癌国际临床靶区勾画指南解读[J]. 肿瘤防治研究, 2019, 46(1): 91-98.  
Yu LS, Song QB, Han G. Interpretation of 2017 international clinical target mapping guidelines for nasopharyngeal carcinoma[J]. Cancer Research on Prevention and Treatment, 2019, 46(1): 91-98.
- [17] Raman S, Chin L, Erler D, et al. The impact of MRI on gross tumor volume delineation in non-spine bony metastasis treated with stereotactic body radiation therapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2018, 102(4): 735-743.
- [18] 黄立敏, 雷竹, 张瑜, 等. 磁共振3D-ASL技术在高级别胶质瘤靶区勾画术后残留病灶识别中的应用[J]. 中国癌症杂志, 2019, 29(11): 875-879.  
Huang LM, Lei Z, Zhang Y, et al Application of magnetic resonance 3D-ASL technology in the identification of residual lesions after high-grade glioma target delineation[J]. Chinese Journal of Cancer, 2019, 29(11): 875-879.
- [19] Owraangi AM, Greer PB, Glide-Hurst CK. MRI-only treatment planning: benefits and challenges[J]. Phys Med Biol, 2018, 63(5): 05TR01.
- [20] Veera J, Lim K, Dowling JA, et al. Dedicated MRI simulation for cervical cancer radiation treatment planning: assessing the impact on clinical target volume delineation[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2019, 63(2): 236-243.

(编辑:黄开颜)