

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.20.052

功能与分子影像在头颈部肿瘤放射治疗计划和疗效评价中的应用*

车莉萍¹ 程超² 孙高峰² 崔斌² 左长京^{2Δ}

(1 上海交通大学医学院附属新华医院肿瘤科 上海 200092 ;2 第二军医大学附属上海长海医院核医学科 上海 200433)

摘要: 目前临床普遍采用功能与分子影像检测手段来评价头颈部肿瘤的放射治疗计划和疗效,可指导个体化治疗从而提高疗效。文章概述了功能与分子影像技术 CT, MRI, PET-CT, 超声检测技术在头颈部肿瘤放射治疗计划制定和疗效评价中的应用进展。结果显示,不同分子影像检测方法如在检查时机的选择、诊断和鉴别诊断的价值、观察放射治疗后肿瘤的残存和复发、预测放射治疗效果、指导后续治疗等方面均可起到重要作用。采用图像融合技术进行联合应用,如 PET-CT 和 MRI-CT 等,可提高检测的准确率。临床医生需在常规影像学手段的基础上,根据头颈部肿瘤患者病情和治疗方法的不同选用正确的功能和分子影像检测手段,更好地指导制定放射治疗计划及综合评价放射治疗后的疗效。

关键词: 分子影像;头颈部肿瘤;放射治疗

中图分类号: R445, R730.55, TH774 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6273(2014)20-3994-03

Function and Molecular Imaging Technique Evaluated Radiotherapy Planning of Head and Neck Cancer Planning and Treatment Efficacy*

CHE Li-ping¹, CHENG Chao², SUN Gao-feng², CUI Bin², ZUO Chang-jing^{2Δ}

(1 Department of Oncology, Xin Hua Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai, 200092, China; 2 Changhai Hospital of Second Military Medical University, Shanghai, 200433, China)

ABSTRACT: Functional and molecular imaging detection method were used to evaluate efficacy of head and neck cancer after radiotherapy in clinic for individualized treatment guidelines and curative effect improvements. This paper summarizes application progresses that the function and molecular imaging technique (CT, MRI, PET-CT, ultrasonic detection technology) evaluated radiotherapy planning of head and neck cancer planning and treatment efficacy. The results show that different functional and molecular imaging detection method plays an important role in the selection of detecting time, diagnosis, differential diagnosis, observation of residual tumor and recurrence after radiotherapy, prediction and subsequent therapy guidance of radiotherapy efficacy. Using image fusion technology, such as PET-CT and MRI-CT, can improve the accuracy of therapy efficacy detection. Clinicians should select correct functional and molecular imaging detection method on the base of conventional image technique according to different head and neck cancer patients, so that they can better guide the development of radiation treatment planning and curative effect evaluation after radiotherapy.

Key words: Molecular imaging; Head and neck neoplasms; Radiotherapy

Chinese Library Classification(CLC): R445, R730.55, TH774 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)20-3994-03

头颈部肿瘤发病率近年一直呈上升趋势^[1],放射治疗是头颈部肿瘤主要治疗方法之一,虽然近年来技术发展迅速,但仍存在诸多难题,如头颈部肿瘤在放射治疗后的两年内易复发,同种肿瘤不同患者的放射治疗疗效并不一致。医学技术和个体化医学的发展,催生了应用分子影像检测手段来评价头颈部肿瘤的放射治疗计划和疗效,目标是指导个体化治疗从而提高疗效^[2]。本文就不同功能与分子影像技术在头颈部肿瘤放射治疗计划制定和疗效评价中的应用进展作概述。

1 影像学在头颈部肿瘤放射治疗中的应用概述

CT、MRI 以及超声等常规形态学检查均可对头颈部肿瘤较准确地定位、测量肿瘤径线和容积,这些基于实体瘤疗效评价标准(RESIST 标准)的形态学指标在评价头颈部肿瘤的放射治疗效果的临床价值已经得到广泛认可,但在诊断的及时性以及准确性等方面仍有诸多不足。图像融合技术(如 PET-CT)是目前分子影像的新技术之一,相比单一影像学检测(如 CT, MRI),具有灵敏度更高、准确性更好的特点,对临床上头颈部肿瘤的诊断有重要意义。目前利用分子影像技术对头颈部的肿瘤靶区进行精确勾画是制定最佳治疗放射治疗计划、保护肿

* 基金项目:上海市卫计委“新百人计划”基金(XBR2011040);上海市博士后科学基金(11R21410600);

上海市人才发展资金(2010020);长海医院“1255”学科建设基金(CH125521103)

作者简介:车莉萍(1978-),女,硕士研究生,主治医师,主要研究方向:肿瘤放疗

Δ 通讯作者:左长京,博士,教授,主任医师,博士生导师

(收稿日期:2014-03-16 接受日期:2014-04-10)

瘤未累及周围重要器官和降低肿瘤局部复发率的重要手段^[2,3]。

2 功能与分子影像在头颈部肿瘤放射治疗计划制定和疗效评价中的应用

2.1 CT 检测

CT 可清晰观测到患者头颈部骨质的受侵害范围及程度。由于 CT 的图像对高密度组织敏感,因此在头部 CT 图像中颅骨及钙化斑清晰可见,处于高亮度区,定位更容易;而软组织处于相对较暗的区域,CT 检测图像的分辨率较差。CT 灌注成像(CT perfusion)是一种能显示组织器官和病变血流动力状态的功能影像技术,对于头颈部病变的定性诊断及范围的确定有一定的应用价值,CT 灌注成像可以反映病变内部血管生成情况,有助于临床医师制定最佳治疗方案,并正确估计预后^[4]。Trojanowska 等^[5]研究表明,CT 灌注成像能正确显示恶性肿瘤的浸润程度,有助于头颈部肿瘤的分期判定。

2.2 MRI 检测

MRI 是头颈部肿瘤诊断、治疗及随访中不可或缺的重要手段^[6]。在头颈部肿瘤靶区确定方面,MRI 的检测效果优于 CT。当头颈部肿瘤侵犯到咽部周围间隙组织时,用 CT 检测有时难以区分软组织和肿瘤间隙,会把周围肌肉组织误画到靶区内;而 MRI 由于可发现肌肉组织周围的筋膜和脂肪组织,如果发现这些组织未遭到肿瘤侵犯,则不会勾画进靶区。因此,相对于 CT 检测而言,MRI 是一个能更好地区分头颈部肿瘤和周围软组织的影像工具。

MRI 可在三维空间上更好地描述头颈部肿瘤容积的大小,但 MRI 成像速度相对慢,由于扫描时间长和缺少固定装置,使 MRI 图像上容易形成伪影^[7],且 MRI 与 CT 比较,CT 图像上的骨性标志清晰度优于 MRI,因此 MRI 图像单独用于放射治疗计划系统时尚有不足。由于 MRI 和 CT 图像能够相互弥补对方成像的某些缺点,所以将 CT/MRI 图像融合技术应用于头颈部肿瘤放射治疗计划系统,可以对肿瘤浸润的范围进行精确观察。不同医生在制定单一 CT 图像状态下的肿瘤靶区差异常常较大,而应用 MRI 和 CT 图像融合技术则可以显著缩小这种靶区勾画的差异,使靶区勾画更加一致、可靠,有助于临床医师准确的确定肿瘤边界,为放射治疗的精确实施提供坚实的基础。因此,将两种有互补作用的影像学图像融合(如 MRI 和 CT),可能弥补单一影像检测所出现的信息不完整和不精确的缺陷,从而提高临床医师对头颈部肿瘤诊断精确度^[7]。在功能磁共振成像方面,磁共振灌注成像方法可用于脑胶质瘤的复发与放射性脑损伤的鉴别诊断。

有研究显示,18F-FDG PET/CT 显像及磁共振灌注成像能提供常规 MRI 所不能获取的信息,在胶质瘤的分级诊断中均有一定作用,在 18F-FDG PET/CT 显像常用的半定量参数-标准摄取值(standardized uptake value, SUV)、肿瘤白质比(lesion-to-white matter ratio, L/W),磁共振灌注指标相对脑血容量(relative cerebral volume, rCBV)值中,L/W 对胶质瘤的分级诊断可能具有一定优势^[8]。磁共振弥散加权成像具有预测鼻咽癌调强放疗后复发和转移以及判断靶区范围的价值,朱向帆等^[9]发现磁共振弥散加权成像结合常规 MRI 可更准确地判断鼻咽癌靶区范围,但治疗前其表观扩散系数与鼻咽癌的复发或转移

并无直接关联。二维氢质子磁共振波谱(2D-1H-MRS)可以测胆碱和乳酸水平,对脑胶质瘤术后复发和放射性脑损伤的鉴别具有重要价值^[10]。

2.3 PET-CT 检测

PET 能从细胞、分子水平无创、动态、定量地观察头颈部肿瘤组织的生化指标与代谢特征,有助于肿瘤病变的定性诊断,通过探测头颈部肿瘤在放射治疗前、中、后对显像剂吸收的情况,可从功能上早期反映肿瘤放射治疗效应^[2]。PET/CT 具有一站式全身扫描的特点,可对头颈部恶性肿瘤进行精确分期,对放射治疗后肿瘤的残留、疤痕、复发及坏死情况进行有效鉴别,对头颈部肿瘤的放射治疗效果进行正确的评估^[11,12]。Quon 等^[13]研究表明,18F-FMISO (18F-氟硝基咪唑)PET 能较可靠地反映头颈部肿瘤的乏氧状况及其肿瘤内乏氧的异质性,如果检测部位显示连续缺氧,则表明肿瘤复发的风险增加。蔡莉等^[14]发现,18F-脱氧葡萄糖摄取水平与缺氧诱导因子 1 α 表达及微血管密度之间存在良好相关性,可在术前一定程度上间接评估肿瘤的乏氧状态及血管生成情况,有助于全面评估病变的生物学特征及预后。PET 在放射治疗后头颈部肿瘤复发的早期诊断、鉴别诊断等方面可有效弥补 CT 和 MRI 的不足^[15]。18F-脱氧葡萄糖为最经典的显像剂,其他显像剂还包括 18F-胸腺嘧啶,11C-胆碱,18F-雌二醇,乙酸盐,11C-蛋氨酸,RGD 肽(血管新生)和 FMISO(乏氧细胞显像剂)等,均可以在治疗前及治疗后对肿瘤的核苷代谢、氨基酸代谢、血管新生及乏氧情况进行综合评价。

肿瘤分期是决定放射治疗计划的基本依据,可影响放射治疗靶区的确定和照射范围的设计。PET-CT 检测能提供头颈部肿瘤及其周围正常软组织结构的解剖影像,还能提供这些组织的生理和功能相关的信息,在肿瘤的分期中具有较大优势,但对初步诊断为头颈部肿瘤 T 分期的准确性目前在临床中存在一定争议,而对头颈部肿瘤 M 和 N 分期的诊断则优于 CT 检测。目前可将 PET-CT 的分子功能影像技术与相对应的放射治疗系统相结,通过图像融合技术指导临床医师定义肿瘤原发灶、相关靶区及转移的淋巴结范围,有效避免检测出现的假阳性和假阴性结果,弥补了单独应用 PET 检测的缺陷,有助于鉴别 CT 或 MRI 检测的假阳性肿瘤病灶。研究显示,在头颈部肿瘤患者的放射治疗评价中,CT 检测发现的放射靶区范围不精确,PET-CT 能减少或弥补射线的照射范围,明确正确的肿瘤放射靶区,从而弥补 CT 检测的缺点^[16]。另外,PET-CT 在头颈部肿瘤患者的放射治疗评价中还能指导避免肿瘤周围器官免受放射侵害,从而提高局部控制率^[17]。

PET-CT 在评价头颈部肿瘤放射治疗效果方面的价值尚存在争议,主要表现在放射治疗后:①肿瘤残留情况还不能完全确定;②PET-CT 在什么时间进行检查并无定论;③放射治疗后肿瘤靶区的准确定位仍有难度。PET-CT 在行头颈部肿瘤扫描时进行 CT 增强是有临床价值和必要性的,当然融合 PET 与增强 CT 图像时需要控制好融合误差。在肿瘤靶区的确定方面,由于 PET 检测存在放射性浓集效应,常将 PET-CT 的肿瘤靶区定义为包含所有 CT 和 PET 的肿瘤靶区,这样是否会头颈部肿瘤患者肿瘤周围正常组织接受高剂量照射,从而增加放射治疗急性和晚期反应,目前仍需进一步探讨。Yao 等^[18]研究发现,调强放射治疗后有淋巴结残存的头颈部肿瘤患者在治疗后

三四月时行 18F-脱氧葡萄糖(FDG)PET 和 CT 扫描,并清扫颈部淋巴结后发现,肿瘤的病理检测结果与 CT 所检测的淋巴结大小无关,而与 18F-FDG-PET 的检测结果显示相关,标准摄取值(SUV)<3 的患者病理结果呈阴性,而标准摄取值 >3 的 5 例患者中 4 例病理结果均为阳性,阳性预测值为 80%,阴性预测值为 100%,因此认为对于放射治疗后行 18F-FDG-PET 和 CT 扫描阴性的头颈部肿瘤患者可不清扫颈部淋巴结,但此结论目前尚存在争论。

当然,作为最先进的分子影像工具的 PET-CT 目前尚存在不足,如 PET 空间分辨率低于 CT 或 MRI,需要与 CT 或 MRI 融合使用以弥补自身的不足;18F-FDG-PET 存在一定的假阳性率和假阴性率;标准摄取值(SUV)是 PET-CT 诊断的最重要的指标,而标准摄取值在不同疾病中的诊断界值、放射治疗后标准摄取值的变化率的合理界值还存在争议。

2.4 超声检测

目前公认的观点为,二维声像图及彩色多普勒血流动力学上均有特征性表现,可作为鉴别头颈部肿瘤复发和放疗后纤维化的重要诊断依据。由于高频彩超对浅表软组织成像效果良好,已成为目前颈部淋巴结最常用的影像诊断方法之一。王俊杰等^[9]选择 30 例头颈部癌术后或放射治疗后复发或转移患者进行局部浸润麻醉,超声引导下 ¹²⁵I 粒子植入术,结果发现,超声引导下放射性 ¹²⁵I 粒子植入治疗头颈部癌疗效确切,尤其是对术后或放射治疗复发患者提供了一种安全和微创的治疗手段,超声可作为放射治疗的辅助手段用于临床实践。有研究表明,头颈部肿瘤患者放射治疗早期即可发生动脉弹性功能改变,采用超声血管回声跟踪技术能够在早期对头颈部肿瘤放射治疗患者的颈总动脉损伤进行定量评价^[20]。另外,利用超声微泡声学特征和靶向功能可提高超声分子成像的灵敏性和特异性,利用其药物载体和释放功能可进行靶向药物治疗,但目前有关超声微泡对头颈部肿瘤放射治疗评价的临床研究尚未见报道。

3 展望

总之,功能与分子影像在头颈部肿瘤放射治疗计划制定和疗效评价中可发挥重要作用。不同分子影像检测方法在检查时机的选择、诊断和鉴别诊断的价值、观察放射治疗后肿瘤的残存和复发、预测放射治疗效果、指导后续治疗等方面均可起到重要作用。采用图像融合技术进行联合应用,如 PET-CT 和 MRI-CT 等,可弥补单独应用一种检测方法的缺点,提供互补的信息,从而提高准确率。最新研究表明,PET-MRI 是将 MRI 卓越的软组织对比功能与 PET 的分子成像功能结合起来的一种新技术^[21],灵敏度高、准确性好,有益于肿瘤早期诊断,未来可逐步观察其对头颈部肿瘤放射治疗的干预效果。在未来的临床工作中,临床医生需在常规影像学手段的基础上,根据头颈部肿瘤患者病情的不同、治疗方法的不同选用正确的功能和分子影像检测手段,更好地指导制定放射治疗计划、正确进行靶区勾画,以及综合评价放射治疗后的疗效。

参考文献(References)

[1] 中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会,中国抗癌协会放射肿瘤专业委

员会. 头颈部肿瘤综合治疗专家共识[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2010, 45(7): 535-541

Committee for Head and Neck Oncology, Chinese Anti Cancer Association Committee for Radiation Oncology, Chinese Anti Cancer Association. Consensus of combined modality therapy for head and neck tumors [J]. Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 2010, 45(7): 535-541

- [2] Rødal J, Rusten E, Sørvik Å, et al. Functional imaging to monitor vascular and metabolic response in canine head and neck tumors during fractionated radiotherapy[J]. Acta Oncol, 2013, 52(7): 1293-1299
- [3] Grégoire V, Chiti A. Molecular imaging in radiotherapy planning for head and neck tumors[J]. J Nucl Med, 2011, 52(3): 331-334
- [4] 艾松涛,余强.CT 灌注成像在头颈部肿瘤中的应用[J].放射学实践, 2008, 23(12): 1393-1395
Ai Song-tao, Yu Qiang. Application of CT perfusion imaging in head and neck cancer[J]. Radiologic Practice, 2008, 23(12): 1393-1395
- [5] Trojanowska A, Trojanowski P, Drop A, et al. Head and neck cancer: value of perfusion CT in depicting primary tumor spread [J]. Med Sci Monit, 2012, 18(2): CR112-118
- [6] Cengiz M, Özyiğit G, Yazici G, et al. Salvage reirradiation with stereotactic body radiotherapy for locally recurrent head-and-neck tumors[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 81(1): 104-109
- [7] 钟琼,陈丽. CT-MRI 融合技术在头颈肿瘤靶区勾画中的应用进展研究[J]. 赣南医学院学报, 2011, 31(1): 22-24
Zhong Qiong, Chen Li. Progress in research and application of CT-MRI fusion technique in the target area of the outline of head and neck cancer [J]. Journal of Gannan Medical University, 2011, 31(1): 22-24
- [8] 胡裕效,卢光明,朱虹,等. PET/CT 与磁共振灌注成像在脑胶质瘤分级诊断中的应用[J]. 医学研究生学报, 2010, 23(1): 67-71
Hu Yu-xiao, Lu Guang-ming, Zhu Hong, et al. Application of PET/CT and perfusion magnetic resonance imaging in the diagnosis of brain gliomas[J]. Journal of Medical Postgraduates, 2010, 23(1): 67-71
- [9] 朱向帆,康铮,何侠.磁共振弥散加权成像对鼻咽癌靶区勾画和复发转移预测的临床价值研究 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(2): 105-107
Zhu Xiang-zhi, Kang Zheng, He Xia. The value of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in gross tumor volume definition and tumor recurrence/metastasis prediction in nasopharyngeal carcinoma [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(2): 105-107
- [10] 徐俊玲,李永丽,连建敏,等. 二维氢质子磁共振波谱分析鉴别胶质瘤[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(4): 639-642
Xu Jun-ling, Li Yong-li, Lian Jian-min, et al. Differentiation of postoperative recurrent glioma and radiation injury with two-dimensional proton MR spectroscopy[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2010, 26(4): 639-642
- [11] Joo YH, Yoo IeR, Cho KJ, et al. Standardized Uptake Value and Resection Margin Involvement Predict Outcomes in pN0 Head and Neck Cancer[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2013, 149(5): 721-726
- [12] Lee JW, Lee SM, Lee DH, et al. Clinical utility of 18F-FDG PET/CT concurrent with 131I therapy in intermediate-to-high-risk patients with differentiated thyroid cancer: dual-center experience with 286 patients[J]. J Nucl Med, 2013, 54(8): 1230-1236 (下转第 3876 页)

- Nailing of Ununited Fractures [J]. Bone Joint Surg Am, 2007, 89(1): 177-188
- [11] Yang Yi-min, Ren Zhi-wei, Li Meng. Selective use of ceramics in kyphoplasty bone cement leakage prevention effect [J]. Xi'an Jiaotong University: Medical Sciences, 2012, 33(4): 494-497
- [12] Rabbani F, Cordon-Cardo C. Mutation of cell cycle regulators and their impact on superficial bladder cancer [J]. Urol Clin N Am, 2000, 27: 83-102
- [13] 徐勇强, 王愉思, 阎戈, 等. 急诊应用 VSD 与延期内固定治疗胫骨远端骨折的对比分析[J]. 现代生物医学进展, 2013, 13(2): 303-305
- Xu Yong-qiang, Wang Yu-si, Yan Ge, et al. Comparison of Distal Tibial Fractures Treated with ORIF and VSD in Early Stage and after Improvement of Soft Tissue Conditions [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2013, 13(2): 303-305
- [14] Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, et al. Biomechanics of locked plates and screws[J]. J Orthop Trauma, 2004, 18(8): 488-493
- [15] Rijal L, Sagar G, Mani K, et al. Minimizing radiation and incision in minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) of distal tibial fractures[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2013, 23(3): 361-365
- [16] 王军琳, 朱皓东, 马许宁, 等. 整体填充和颗粒填充 β -TCP 植骨材料对修复腔隙性骨缺损的影响[J]. 现代生物医学进展, 2013, 13(9): 1648-1650
- Wang Jun-lin, Zhu Hao-dong, Ma Xu-ning, et al. The effect of β -TCP with unitary filling and particle filling methods on reconstruction of lacunar bone defect of rabbits[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2013, 13(9): 1648-1650
- [17] Hung Han-biao, Chen Kai-zheng, Chen Jian, et al. Lograft clinical application[J]. Chinese Journal of Modern Drug Application, 2012, 6(1): 47-48
- [18] Fuessel S, Herrmann J, Ning S, et al. Chemosensitization of bladder cancer cell by survivin-directed antisense oligodeoxy. Nucleotides and siRNA[J]. Cancer Lett, 2006, 232(1): 243-254
- [19] Ujant J, Henderson C E, Madey S M, et al. Locked plating of distal femur fractures leads to inconsistent and asymmetric callus formation [J]. J Orthop Trauma, 2010, 24(3): 156-162
- [20] Dhar NB, Campbell SC, Zippe CD, et al. Outcomes in patients with urothelial carcinoma of the bladder with limited pelvic lymph node dissection[J]. BJU Int, 2006, 98(6): 1172-1175

(上接第 3996 页)

- [13] Quon H, Brizel DM. Predictive and prognostic role of functional imaging of head and neck squamous cell carcinomas[J]. Semin Radiat Oncol, 2012, 22(3): 220-232
- [14] 蔡莉, 张川, 李彦生, 等. 人脑胶质瘤 ~(18)F-FDG 摄取与乏氧诱导因子-1 α 表达及微血管密度的相关性[J]. 中华核医学杂志, 2010, 30(1): 55-58
- Cai Li, Zhang Chuan, Li Yan-sheng, et al. Correlation study between 18 F-FDG uptake and hypoxia inducible factor-1 α level, microvessel density in human gliomas [J]. Chinese Journal of Nuclear Medicine, 2010, 30(1): 55-58
- [15] Sham ME, Nishat S. Imaging modalities in head-and-neck cancer patients[J]. Indian J Dent Res, 2012, 23(6): 819-821
- [16] Sun L, Su XH, Guan YS, et al. Clinical usefulness of 18 F-FDG PET/CT in the restaging of esophageal cancer after surgical resection and radiotherapy[J]. World J Gastroenterol, 2009, 15(15): 1836-1842
- [17] Koshy M, Paulino AC, Howell R, et al. F-18 FDG PET-CT fusion in radiotherapy treatment planning for head and neck cancer [J]. Head Neck, 2005, 27(6): 494-502
- [18] Yao M, Graham MM, Hoffman HT, et al. The role of post-radiotherapy FDG PET in prediction of necessity for post-radiotherapy neck dissection in locally advanced head-and-neck squamous cell carcinoma[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 59(4): 1001-1010
- [19] 王俊杰, 冉维强, 姜玉良, 等. 超声引导放射性 125 I 粒子植入治疗头颈部复发或转移癌[J]. 中国微创外科杂志, 2007, 7(2): 120-122
- Wang Jun-jie, Ran Wei-qiang, Jiang Yu-liang, et al. Ultrasound guided 125 I seed interstitial brachytherapy for recurrent or metastatic head and neck cancer [J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2007, 7(2): 120-122
- [20] 王振华, 袁建军, 魏常华, 等. 血管回声跟踪技术评价头颈部肿瘤患者放射治疗早期颈总动脉弹性[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(3): 520-523
- Wang Zhen-hua, Yuan Jian-jun, Wei Chang-hua, et al. Vascular echo tracking technology evaluation of head and neck tumor patients during radiotherapy of early carotid artery elasticity [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2011, 27(3): 520-523
- [21] Belloli S, Brioschi A, Politi LS, et al. Characterization of biological features of a rat F98 GBM model: a PET-MRI study with 18 F-FAZA and 18 F-FDG[J]. Nucl Med Biol, 2013, 40(6): 831-840