

·综述·

## 放射性心脏损伤诊断方法的研究进展

高丽<sup>1</sup> 张洪明<sup>2</sup> 李险峰<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 山西医科大学第一临床医学院，太原 030001；<sup>2</sup> 山西医科大学第一医院放疗科，太原 030001

通信作者：李险峰，Email：[lixianfeng-lxf@263.net](mailto:lixianfeng-lxf@263.net)

**【摘要】** 放疗是胸部恶性肿瘤的主要治疗方法之一。放疗过程中心脏不可避免地会受到照射，引起早期或晚期的心脏结构或功能损伤，严重降低了放疗患者的生活质量。随着放疗在胸部恶性肿瘤中的应用，其所致心脏损伤的发病率也在逐步升高。因此，对诊断放射性心脏损伤的方法(如血液学和影像学等)的研究，力求早发现和指导早干预是当代临床医师所面临的重大问题。

**【关键词】** 放射疗法；心脏损伤；诊断

DOI：[10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.007](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.007)

### Progress of diagnostic methods for radiation-induced heart damage

Gao Li<sup>1</sup>, Zhang Hongming<sup>2</sup>, Li Xianfeng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The First Clinical Medical College of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China;

<sup>2</sup>Department of Radiotherapy, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

Corresponding author: Li Xianfeng, Email: [lixianfeng-lxf@263.net](mailto:lixianfeng-lxf@263.net)

**【Abstract】** Radiation therapy is one of the primary treatments for chest malignant tumors. The heart is exposed inevitably under radiation, therefore, caused early or late structural or functional heart damage and even reduced severely the survival benefit of the radiotherapy patients. With the application of radiotherapy in chest malignant tumors, the morbidity of heart injury caused by radiotherapy increases accordingly. Therefore, the research on the method of diagnosis (hematology, imaging, etc.) of radioactive heart damage, and the early detection and guidance of early intervention are the major problems faced by modern clinicians.

**【Key words】** Radiotherapy; Cardiac injuries; Diagnosis

DOI：[10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.007](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.007)

放疗所致心脏损伤(radiation-induced heart damage, RIHD)是因为在胸部肿瘤放疗过程中，心脏不可避免地受到照射，继而发生一系列心脏疾病，包括心包疾病、心肌纤维化、心肌病、冠状动脉疾病、瓣膜病和心律失常等<sup>[1]</sup>。20世纪50年代放疗开始应用于临床，直到20世纪90年代，在一项关于早期乳腺癌的随机试验中，人们才发现严重的RIHD的影响完全超出了放疗所带来的生存获益<sup>[2]</sup>。现今，心脏病学及肿瘤学专家已经对RIHD进行了持久的研究，如何做到早期诊断及明确诊断已成为当下研究的首要热点。现将RIHD的诊断方

法总结如下。

### 1 血液学检查

#### 1.1 提示心肌细胞损伤的相关指标

肌酸激酶(creatine kinase, CK)及其同工酶(creatine kinase isoenzyme MB, CK-MB)、心肌肌钙蛋白I(cardiac troponin I, cTnI)和脑钠肽(brain natriuretic peptide, BNP)均为血清中可检出的提示心肌损伤的重要指标且具有较高的特异度及灵敏度。有研究结果表明，检测血清中CK、CK-MB和BNP等水平均可早期发现RIHD。赵继伟等<sup>[3]</sup>

研究结果显示, cTnI、CK、CK-MB 和 BNP 等水平均于放疗后第 6 周开始升高( $P<0.05$ )。周卫兵等<sup>[4]</sup>发现, 受照射的新西兰白兔心脏的 cTnI 水平从照射后 12 h 开始上升, 持续至照射后 4 个月开始逐渐下降。cTnI、CK-MB 和 BNP 只存在于心肌细胞中且在心肌细胞中的含量最高, 这就决定了其检测心肌损伤的特异性, 心肌细胞损伤时血清中三者的含量明显增加是急性心肌梗死及心力衰竭的诊断及评估预后的可靠指标。此外, 目前已能检测到的高敏心肌肌钙蛋白则具有更高的灵敏度和特异度。因此, 于放疗早期发现血清中该项指标升高, 这提示放疗可致早期心脏损伤。

## 1.2 心肌细胞纤维化的相关指标

心脏在接受照射后, 病理表现主要为炎症细胞浸润、心肌细胞变性及坏死、心肌细胞纤维化等。刘丽娜等<sup>[5]</sup>构建成年雄性 SD 大鼠 RIHD 模型, 发现急性 RIHD 病理学表现为心肌细胞水肿、细胞间质大量炎症细胞浸润、成纤维细胞增多和胶原纤维增多, 这可能与心肌组织核因子 κB 激活有关, 同时放射可引起其下游通路缺氧诱导因子 1α、结缔组织生长因子在蛋白和基因水平表达上调, 这可能提示其在放射性心肌炎症向纤维化发展的过程中起到重要作用。Monceau 等<sup>[6]</sup>实验结果表明, 低剂量的心脏照射可引起小鼠心脏功能发生轻微的改变, 小鼠心脏发生结构性病变伴有心肌细胞肥大、巨噬细胞浸润和心肌纤维化, 这与转化生长因子 β1 和效应物的释放有关, 并且高水平的白细胞介素 6 促进巨噬细胞极化, 随后激活纤维化。因此, 检测到血清中转化生长因子 β1、白细胞介素 6、核因子 κB 及其下游通路的缺氧诱导因子 1α、结缔组织生长因子的表达上调, 这可能提示心肌细胞发生损伤并向心肌纤维化转变。

## 2 心电图

心电图是最常用的心脏检查方法, 其在心律失常的诊断方面还没有任何一种检查能够取代, 在对放疗后患者心律失常的研究中, 心电图检查也充当了关键的角色。陈晓婕等<sup>[7]</sup>对 126 例经胸部肿瘤调强放疗后的患者行 24 h 动态心电图, 结果发现放疗后偶发房(室)性心律失常、ST-T 段改变较放疗前明显增加, 直至放疗后半年与放疗前比较均无明显差异, 表现为可逆性心律失常。王波等<sup>[8]</sup>对

161 例肺癌患者行调强放疗前后 24 h 动态心电图检查, 结果发现偶发房(室)性心律失常、频发房(室)性心律失常、传导阻滞以及 ST-T 段的改变均较治疗前明显增加, 但治疗后 6 个月较刚治疗时明显下降。该研究结果表明, 心电图检查发现放疗可致心律失常, 而心律失常(除外先天异常)常见于各种器质性心脏疾病, 因此放疗后心脏可能发生了一定的器质性改变。但研究中的心律失常多是可逆的, 这可能提示放疗相关的心脏器质性改变为一过性, 也可能与心肌细胞自身修复有关, 或者心肌细胞病理改变正由炎症反应向纤维化转变。下一步可继续进行跟踪研究, 观察放疗后患者心律失常是否完全恢复正常。

## 3 超声心动图

超声心动图是一种广泛可用的、可重复的和非侵入性的方式, 可以对心脏功能进行安全和连续的评估<sup>[9]</sup>。超声心动图参数显示心肌质量增加和左室收缩功能的常规测量值保持不变, 但其背向散射周期性变化值(心动周期中舒张末期和收缩末期组织背向散射积分的差值)是检测早期放疗诱导心肌变化的灵敏方法, 有助于筛查需要密切随访的患者<sup>[10]</sup>。左室射血分数是目前最常被使用的心脏功能参数, 可以独立预测“心血管事件”中患者短期和长期的病死率。有研究结果显示, 在肿瘤相关治疗期间, 斑点追踪超声心动图(speckle tracing echocardiography, STE)的左心室整体纵向应变程度在肿瘤相关治疗早期降低 10%~15%, 其原因被认为是左室射血分数的下降, 这似乎是早期检测心脏不良反应最有用的参数<sup>[11]</sup>。斑点追踪成像技术是近年来不断发展并逐步应用于临床的超声心动图技术。二维 STE 技术能对心肌纵向、径向、周向及心室扭转运动进行定量检测, 可反映局部心肌收缩功能及左室整体收缩功能; 三维 STE 技术较二维 STE 技术能够更全面、准确地分析心肌的功能, 且检查时间较短; 实时三维超声心动图可用于显示整个心室的立体三维结构, 获取更为准确的左室射血分数, 通过动态三维图像重建, 可定量反映心室的形态结构与功能<sup>[12]</sup>。STE 的高度自动化特别适合不同超声心动图的重复性随访检查<sup>[13]</sup>。对于心脏瓣膜的分析, 经胸多普勒超声心动图则是首选的成像技术<sup>[14]</sup>。创新的迷你超声设备在评估左室收缩功

能、检测室壁运动异常、诊断心包大量积液和心脏瓣膜病时，缩短了扫描和报告的时间，但却并不影响良好的精确度<sup>[15]</sup>。因此，对于因放疗发生的心肌功能的损伤、心包疾病和瓣膜病等，超声心动图可以作为随访的首选方法。

#### 4 心脏 CT

McWilliam 等<sup>[16]</sup>对 1101 例行根治性放疗的肺癌患者行心脏高分辨率 CT 检查，得到在规定时间内存活的患者心脏的平均放疗剂量分布，并以所有 CT 图像和放疗剂量分布作为参考，确定与规定时间内未存活的患者相关的心脏受照区域，结果发现，心脏基部受照剂量较高的区域与患者存活率相关。这种新方法首次将心脏识别为剂量敏感区域。CT 图像上表现出的心包积液是环绕心脏周围的低密度影，能够显示出心包积液的位置及多少、心包是否纤维化或钙化以及心室壁厚度等。心脏 CT 血管造影及三维成像可用来观察冠状动脉，对于冠状动脉性心脏病也具有一定的诊断作用。与其他成像方式相比，心脏 CT 的优点包括空间分辨率高、检查时间短和对钙化组织灵敏度高，这是唯一能够可靠地完成冠状动脉成像的非侵入性技术。其缺点是需要含碘造影剂、具有电离辐射、需要屏气、需要降低心率以及存在设备之间的辐射剂量差异，限制心脏 CT 用于随访检查的一个重要因素是心脏的检测全周期均有较高的辐射剂量暴露<sup>[14]</sup>。

#### 5 心脏 MRI

心脏 MRI 是检测心室容量和功能的“金标准”。心脏 MRI 的最新发展包括引入了高分辨率心肌灌注显像，与标准分辨率成像相比，其在诊断冠状动脉疾病方面具有更高的准确率<sup>[17]</sup>。研究结果表明，延迟增强 MRI 扫描可提示放疗诱导的心肌纤维化<sup>[18]</sup>。另外，MRI 能够早期发现 RIHD 引起的心包积液、心肌高信号及心功能的改变，这是一种评价胸部肿瘤患者 RIHD 的灵敏度、特异度和准确率均较高的无创性的检测方法，并可以从心脏结构、功能、灌注和活性等全方面进行评价<sup>[19]</sup>。心脏 MRI 为非侵入性地发现组织表征(如心肌水肿、炎症和纤维化)提供了可能，在鉴定癌症患者的早期和晚期心脏不良反应中起着重要作用<sup>[20]</sup>。但其较高的成本、缺乏普遍可用性以及患者相关因素(如心

脏起搏器和幽闭恐怖症等)限制了其被广泛使用<sup>[21]</sup>。

#### 6 核心脏病学

SPECT 在检测或排除冠状动脉疾病领域已经使用了几十年，PET 和 PET/CT 的应用也越来越普遍<sup>[17]</sup>。

<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI SPECT 门控心肌灌注显像可以检测到食管癌放疗期间(放射剂量为 40 Gy 时)心脏损伤的发生，室壁运动、室壁增厚、舒张末期灌注和收缩末期灌注作为 RIHD 的早期指标可能是有价值的<sup>[22]</sup>。SPECT 的心肌灌注显像技术可高度准确地测量左心室收缩末期容积值、舒张末期容积值及射血分数值，并可进行重复验证和预测验证<sup>[14]</sup>。

<sup>13</sup>NH<sup>4</sup> PET/CT 心肌灌注显像可以动态检测心肌灌注的变化以及辐射诱发的全部和局部左心室功能障碍，这可能是一种有价值的监测 RIHD 的方法<sup>[23]</sup>。Yan 等<sup>[24]</sup>对心脏受照后的小猎犬行心脏 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像，结果发现，其照射野中较高的<sup>18</sup>F-FDG 摄取可能与微血管损伤和线粒体损伤引起的放射性心肌损伤有关，并且扫描前高脂肪饮食可提高检测放疗相关心脏不良反应的灵敏度。<sup>13</sup>NH<sub>4</sub> PET 或<sup>82</sup>Ru PET 心肌灌注显像具有固有的高分辨率、高计数率和更强大的衰减校正功能等优势特征，可以准确地定量心肌血流量，可作为纵隔肿瘤照射现存者的筛查工具。PET 的可用性受到较多限制，大多数 PET 示踪剂需要现场回旋加速器生产<sup>[14]</sup>，并且高昂的价格也使其的应用受到影响。

PET/MRI 是一种新兴的检查方式，但目前主要局限于研究算法。组合使用 PET/MRI 不仅能够采集关于心脏结构和功能的变化参数，也可减少辐射暴露。对可能已经接触过大量辐射的癌症患者进行成像时，具备重要的优势<sup>[21]</sup>。

#### 7 结语

RIHD 的表现多种多样，诊断方式各有优劣：①血清指标提示放疗所致心肌细胞早期发生的损伤可能有纤维化趋势；②心电图可以发现心律失常，但表现多为一过性，需进一步随访；③STE 可以无创、定量地评价左室心肌局部和整体运动功能；④心脏 CT 可直观地描述心包病变，CT 血管造影检查对冠状动脉病变也有一定的作用，但辐射暴露面积较大；⑤心脏 MRI 可从结构、功能、灌注和

活性等全方面进行评价，但对受检者有要求；⑥核心脏病学可早期、直观、定量、重复和动态检测RIHD，具有更高的准确率和分辨率的特点，但对医院条件和诊断费用等有一定要求。这需要临床医师权衡利弊，选择合适的方式评估患者的心脏功能，以便及时干预，保障患者的远期生存。

**利益冲突** 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展，不涉及任何利益冲突。

**作者贡献声明** 高丽负责文献的检索、综述的撰写；张洪明负责综述的修改；李险峰负责综述的审阅。

## 参 考 文 献

- [1] Taunk NK, Haffty BG, Kostis JB, et al. Radiation-induced heart disease: pathologic abnormalities and putative mechanisms [J/OL]. *Front Oncol*, 2015, 5: 39[2019-02-04]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4332338/>. DOI:10.3389/fonc.2015.00039.
- [2] Sardaro A, Petruzzelli MF, D'Errico MP, et al. Radiation-induced cardiac damage in early left breast cancer patients: Risk factors, biological mechanisms, radiobiology, and dosimetric constraints[J]. *Radiother Oncol*, 2012, 103(2): 133–142. DOI: 10.1016/j.radonc.2012.02.008.
- [3] 赵继伟, 李青山, 梁君伟, 等. 脑钠肽、肌钙蛋白I及心肌酶评价胸部放疗对心脏损伤的临床价值[C]//中国抗癌协会、中华医学学会肿瘤学分会. 第八届中国肿瘤学术大会暨第十三届海峡两岸肿瘤学术会议论文汇编. 济南: 中国抗癌协会, 中华医学学会肿瘤学分会, 2014: 793.  
Zhao JW, Li QS, Liang JW, et al. Evaluation of brain natriuretic peptide, cardiac troponin I and myocardial enzyme on the clinical value of chest radiotherapy for heart damage[C]/China Anti-Cancer Association, Oncology Society of the Chinese Medical Association. Essays Compilation of the 8th Chinese Oncology Conference and the 13th Cross-Strait Oncology Conference. Ji'nan: China Anti-Cancer Association, Oncology Society of the Chinese Medical Association, 2014: 793.
- [4] 周卫兵, 罗全勇, 冯炎, 等. 兔心脏单次照射损伤的检测与观察[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2007, 16(3): 230–234. DOI: 10.3760/j.issn:1004–4221.2007.03.015.  
Zhou WB, Luo QY, Feng Y, et al. Radiation-induced heart disease due to intrathoracic tumor radiotherapy of a single dose to the rabbits' heart[J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2007, 16(3): 230–234. DOI: 10.3760/j.issn:1004–4221.2007.03.015.
- [5] 刘丽娜, 王升, 武亚晶, 等. NF-κB 及下游通路与大鼠急性期放射性心肌纤维化相关性研究[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2017, 26(4): 453–458. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004–4221.2017.04.018.
- Liu LN, Wang S, Wu YJ, et al. Association of NF-κB and its downstream pathway with acute radiation-induced myocardial fibrosis in rats[J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2017, 26(4): 453–458. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004–4221.2017.04.018.
- [6] Monceau V, Meziani L, Strup-Perrot C, et al. Enhanced Sensitivity to Low Dose Irradiation of ApoE-/ Mice Mediated by Early Pro-Inflammatory Profile and Delayed Activation of the TGFβ1 Cascade Involved in Fibrogenesis[J/OL]. *PLoS One*, 2013, 8(2): e57052[2019-02-04]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0057052>. DOI: 10.1371/journal.pone.0057052.
- [7] 陈晓婕, 覃晓波, 张琴, 等. 胸部肿瘤调强放疗后动态心电图异常的研究[J]. *中国医药导报*, 2014, 11(7): 78–80, 84.  
Chen XJ, Qin XB, Zhang Q, et al. Study on changes of dynamic electrocardiogram in patients with thoracic neoplasm after intensity modulated radiation therapy[J]. *Chin Med Rep*, 2014, 11(7): 78–80, 84.
- [8] 王波, 宋伟男, 曹文颖, 等. 肺癌调强放疗后动态心电图改变及影响因素分析[J]. *现代生物医学进展*, 2017, 17(16): 3144–3147. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2017.16.037.  
Wang B, Song WN, Cao WY, et al. Influence Factors of DCG Change after IMRT for Patients with Lung Cancer[J]. *Prog Mod Biomed*, 2017, 17(16): 3144–3147. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2017.16.037.
- [9] Curigliano G, Cardinale D, Dent S, et al. Cardiotoxicity of anticancer treatments: Epidemiology, detection, and management [J]. *CA Cancer J Clin*, 2016, 66(4): 309–325. DOI: 10.3322/caac.21341.
- [10] Tuohinen SS, Skyttä T, Huhtala H, et al. Detection of early radiotherapy-induced changes in intrinsic myocardial contractility by ultrasound tissue characterization in patients with early-stage breast cancer[J]. *Echocardiography*, 2017, 34(2): 191–198. DOI: 10.1111/echo.13433.
- [11] Thavendiranathan P, Poulin F, Lim KD, et al. Use of Myocardial Strain Imaging by Echocardiography for the Early Detection of Cardiotoxicity in Patients During and After Cancer Chemotherapy: A Systematic Review[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(25): 2751–2768. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.01.073.
- [12] 雷佳瑞, 郭瑞强. 超声心动图评价心脏瓣膜病患者心功能与心肌受损的研究进展[J]. *临床超声医学杂志*, 2018, 20(2): 114–117. DOI: 10.3969/j.issn.1008–6978.2018.02.014..  
Lei JR, Guo RQ. Progresses of echocardiography in evaluating cardiac function and impaired myocardium in patients with valvular heart disease[J]. *J Clin Ultras Med*, 2018, 20(2): 114–117. DOI: 10.3969/j.issn.1008–6978.2018.02.014..
- [13] Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and Evolving Echocardiographic Techniques for the Quantitative Evaluation of Cardiac Mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology and Indications Endorsed by the Japanese Society of Echocardiography[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2011, 12(3): 167–

205. DOI: [10.1093/ejehocard/jer021](https://doi.org/10.1093/ejehocard/jer021).
- [14] Lancellotti P, Nkomo VT, Badano LP, et al. Expert Consensus for Multi-Modality Imaging Evaluation of Cardiovascular Complications of Radiotherapy in Adults: A Report from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(9): 1013–1032. DOI: [10.1016/j.echo.2013.07.005](https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.07.005).
- [15] Gianstefani S, Catibog N, Whittaker AR, et al. Pocket-size imaging device: effectiveness for ward-based transthoracic studies[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(12): 1132–1139. DOI: [10.1093/ehjci/jet091](https://doi.org/10.1093/ehjci/jet091).
- [16] McWilliam A, Kennedy J, Hodgson C, et al. Radiation dose to heart base linked with poorer survival in lung cancer patients[J]. *Eur J Cancer*, 2017, 85: 106–113. DOI: [10.1016/j.ejca.2017.07.053](https://doi.org/10.1016/j.ejca.2017.07.053).
- [17] Gaemperli O, Marsan NA, Delgado V, et al. The year in cardiology 2014: imaging[J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(4): 206–213. DOI: [10.1093/eurheartj/ehu481](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu481).
- [18] Umezawa R, Ota H, Takanami K, et al. MRI findings of radiation-induced myocardial damage in patients with oesophageal cancer[J]. *Clin Radiol*, 2014, 69(12): 1273–1279. DOI: [10.1016/j.crad.2014.08.010](https://doi.org/10.1016/j.crad.2014.08.010).
- [19] 武瑞凤, 苏晋生, 宋建波. 核磁研究犬心放射性损伤早期改变[J]. *实用医学影像杂志*, 2015, 16(3): 215–217. DOI: [10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2015.03.009](https://doi.org/10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2015.03.009).
- Wu RF, Su JS, Song JB. Canine heart radioactive damage early function change of MRI observed[J]. *J Pract Med Imaging*, 2015, 16(3): 215–217. DOI: [10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2015.03.009](https://doi.org/10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2015.03.009).
- [20] Thavendiranathan P, Wintersperger BJ, Flamm SD, et al. Cardiac MRI in the Assessment of Cardiac Injury and Toxicity from Cancer Chemotherapy: A Systematic Review[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2013, 6(6): 1080–1091. DOI: [10.1161/CIRCIMAGING.113.000899](https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.113.000899).
- [21] Bloom MW, Hamo CE, Cardinale D, et al. Cancer Therapy-Related Cardiac Dysfunction and Heart Failure: Part 1: Definitions, Pathophysiology, Risk Factors, and Imaging[J/OL]. *Circ Heart Fail*, 2016, 9(1): e002661 [2019-02-04]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4709035/>. DOI: [10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002661](https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002661).
- [22] Zhang P, Hu XD, Yue JB, et al. Early detection of radiation-induced heart disease using <sup>99m</sup>Tc-MIBI SPECT gated myocardial perfusion imaging in patients with oesophageal cancer during radiotherapy[J]. *Radiother Oncol*, 2015, 115(2): 171–178. DOI: [10.1016/j.radonc.2015.04.009](https://doi.org/10.1016/j.radonc.2015.04.009).
- [23] Song JB, Yan R, Wu ZF, et al. <sup>13</sup>N-Ammonia PET/CT Detection of Myocardial Perfusion Abnormalities in Beagle Dogs After Local Heart Irradiation[J]. *J Nucl Med*, 2017, 58(4): 605–610. DOI: [10.2967/jnumed.116.179697](https://doi.org/10.2967/jnumed.116.179697).
- [24] Yan R, Song JB, Wu ZF, et al. Detection of Myocardial Metabolic Abnormalities by <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and Corresponding Pathological Changes in Beagles with Local Heart Irradiation[J]. *Korean J Radiol*, 2015, 16(4): 919–928. DOI: [10.3348/kjr.2015.16.4.919](https://doi.org/10.3348/kjr.2015.16.4.919).

(收稿日期: 2019-02-05)

## · 消息 ·

### 《国际放射医学核医学杂志》变更为月刊的通知

《国际放射医学核医学杂志》自 1977 年创刊以来，在中华医学会的正确领导下，在广大读者、作者、编委、和各级领导、专家的支持和帮助下，学术水平和编辑质量不断提升，为推动我国相关学科的发展搭建了一优秀交流平台和智库。

为加快杂志的论文发表周期，及时刊登更多的国内外学者的优秀论文，进一步促进学术交流和杂志的影响力，经主管主办单位同意，天津市新闻出版局批准，本刊自 2020 年起由双月刊正式改为月刊。

杂志编辑部热忱欢迎各界专业人士不吝赐稿，一如既往地支持杂志的工作。