



· 综 述 ·

PET影像组学在乳腺癌中的研究进展

刘 进¹, 张惟元², 张智琦¹, 漆雪婷¹, 陈 翼¹

1. 中国人民解放军联勤保障部队第920医院PET/CT中心, 云南昆明650032;
2. 昆明医科大学第一附属医院医学影像科, 云南昆明650032

[摘要] 影像组学是近年来临床医学的热门研究课题, 目前已在许多肿瘤中取得一些较满意的研究进展, 其中包括乳腺癌。尽管传统影像学模式仍是当前诊断和评估乳腺癌的主要方法, 但鉴于正电子发射断层成像 (positron emission tomography, PET) /计算机断层成像 (computed tomography, CT) 或PET/磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 影像组学因能同时显示形态和功能的高维特征信息而在乳腺癌的诊治过程中具有临床应用潜能和优势。最近, 基于PET/CT或PET/MRI影像组学的乳腺癌研究报道如雨后春笋般涌现, 特别是近两年来, PET影像组学在鉴别诊断、转移评估、分子分型预测、疗效监测和预后预测等方面都取得了一定的进步。因此, 本文综述了PET/CT或PET/MRI影像组学在乳腺癌中的最新研究进展以及所面临的挑战和可能的解决方法。

[关键词] 正电子发射断层成像; 影像组学; 乳腺癌

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2022.04.017

中图分类号: R737.9; R445.6 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2022)04-0449-06

Advance of PET radiomics on breast cancer LIU Jin¹, ZHANG Weiyuan², ZHANG Zhiyi¹, QI Xueting¹, CHEN Yi¹ (1. PET/CT Center of Hospital 920, Joint Logistics Support Force of PLA, Kunming 650032, Yunnan Province, China; 2. Department of Medical Imaging, The First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, Yunnan Province, China)

Correspondence to: CHEN Yi E-mail: cheniydoctor@sohu.com

[Abstract] In recent years, radiomics, as hot topic in the research of clinical medicine, has been widely explored in various tumors (including breast cancer) and achieved satisfying progresses. Although the traditional imaging modes remains most common methods for diagnosing and evaluating breast cancer, positron emission tomography (PET)/computed tomography (CT) or PET/magnetic resonance imaging (MRI) based radiomics represent great potential to clinical application for therapeutic and diagnostic purpose due to its ability of simultaneously presenting morphological and functional characteristics. Recently, the studies on PET/CT or PET/MRI based radiomics in breast cancer have emerging on the literature over the world, especially in the last two years, PET radiomics have made great progress in differential diagnosis, metastasis assessment, molecular typing prediction, efficacy of monitoring prediction and prognosis prediction. In this manuscript, a comprehensive review of PET/CT or PET/MRI based radiomics in breast cancer were provided, its facing challenges and possible solution were also included.

[Key words] Positron emission tomography; Radiomics; Breast cancer

乳腺癌是中国女性最常见的恶性肿瘤, 其发病率和死亡率逐年升高, 日益威胁女性生命健康^[1]。近年来, 在高通量计算技术的推动下, 影像组学突破了传统影像学模式的局限, 从大量影像学图像中提取特征性数据, 逐渐成为一种融合影像、临床等多学科资源进行综合

诊断、治疗监测和预测的新技术^[2]。其中, 基于正电子发射断层成像 (positron emission tomography, PET) /计算机断层成像 (computed tomography, CT) 和PET/磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 的影像组学不仅融合了功能代谢与解剖结构信息, 还实现了一次性显

基金项目: 云南省科技厅-昆医联合专项重点项目 (202101AY070001-029)

通信作者: 陈 翼 E-mail: cheniydoctor@sohu.com

示全身组织器官的整体信息, 从而为乳腺癌的诊断、治疗和预后评估提供了全面、系统、精准的临床帮助^[3]。在这方面, 尽管已有许多文献^[4-6]对其进行了介绍, 但大多都更关注基于PET/CT影像组学预测分型、疗效及预后的效果, 本文将对包括基于PET/CT和PET/MRI的影像组学应用于乳腺癌鉴别诊断、转移评估、受体与分子类型预测、疗效监测、预后预测等方面的研究进行综述, 并讨论其前景与不足, 以期给未来的研究方向提供一定参考价值。

1 影像组学的主要内容

基于肿瘤解剖形态改变与蛋白质等生物分子的改变密切相关的理论, 2012年荷兰学者Lambin等^[7]提出了“影像组学”这一概念, 随后该理念获得了不断的发展和完善。影像组学正是通过高通量地对影像图像进行定量分析, 从而提取大量影像学数据特征进行模型构建, 使得人眼视觉无法直接观察到的细胞乃至分子转化为高维信息数据, 为临床提供了更丰富的诊断支持、疗效监测和预后预测。其操作流程可以总结为: ① 影像图像的获取; ② 肿瘤区域的勾画和分割; ③ 图像特征的提取和量化; ④ 数据分析和建立模型以利于诊断和预测。其中, 提取影像组学特征进行定量分析是影像组学的关键内容^[8]。具体而言, 首先获取PET/CT或PET/MRI图像后进行一定的预处理; 然后根据病变范围进行人工或半自动的病灶区域分割; 紧接着对分割后的图像进行分析并按一定比例将数据分为训练组和验证组。训练组数据通过线性回归法、最小绝对收缩和选择算子回归法、决策树法、支持向量、神经网络等方法建立数学模型, 最终在验证组中以及外部数据中验证模型的效能以评估其临床应用的价值。由此所得的影像组学特征一般可分为三类: 一阶特征, 即基于单体素值的强度特征; 二阶特征, 即基于双体素的灰度分布的纹理特征; 高阶特征, 即基于多体素空间关系的纹理特征^[9-10]。通过对这些特征的分析, 寻找蕴藏在影像数据背后的肿瘤生物学信息, 是目前影像组学发展和研究的主要方向。近年来, 大量研究^[11-12]表明, 影像组学可以从多模态影像中

自动化、无损伤、可重复地提取肿瘤内部的影像信息, 定量分析肿瘤的异质性, 将临床影像的观察层面延伸到整体的分子水平, 从而为肿瘤的诊断、分期、监测等提供了一个全面的观察视角。因此, 影像组学在近几年来受到了越来越多的关注, 并在肺癌、肝癌、直肠癌等肿瘤的诊治方面取得了一些重要的成果和进步^[11]。

2 PET影像组学在乳腺癌的研究

目前, PET影像学技术(主要是PET/CT)已广泛应用在临床实践中, 相较于其他影像学检查技术, 其能够显示肿瘤的功能代谢信息, 并一次性获得全身扫描图像。以最大标准摄取值(maximum standard uptake value, SUV_{max})、肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)以及总病变糖酵解(total lesion glycolysis, TLG)为代表的PET参数, 实现了对肿瘤内部异质性和代谢特征的定量或半定量分析, 为早期发现和识别肿瘤及其分子表型提供了新的角度和方法^[13]。PET/CT的影像组学既可提供功能代谢的数据又结合了形态解剖的信息, 同时应用高通量特征提取和分析技术, 可以更加详尽全面地展现肿瘤内部异质性的特征。近年来, PET影像组学的研究多集中在肺癌, 特别是非小细胞肺癌^[16], 而关于乳腺癌的PET影像组学探索相对较少, 主要涉及乳腺癌的鉴别诊断、分子分型、放化疗反应评估、预后预测等方面。此外, PET/MRI的影像组学因其强大的多参数优势也受到了越来越多的关注。

2.1 PET影像组学诊断乳腺癌

虽然传统的影像学检查如B超、乳腺X线摄影、CT、MRI和PET/CT等在乳腺癌的诊断方面已经取得了极大的进步, 但对于乳腺癌与乳腺淋巴瘤的鉴别诊断仍较困难。乳腺淋巴瘤因其发生率低、影像学鉴别特征不明显而常常被误诊为乳腺癌^[17]。最近, Ou等^[18]对44例患者的67个乳腺结节的¹⁸F-FDG PET/CT图像进行纹理分析并获取 SUV_{max} 后, 分别构建 SUV_{max} 模型、PET影像组学模型、联合 SUV_{max} 与PET/CT影像组学模型, 经过分析后发现联合 SUV_{max} 与PET/CT影像组学模型不仅可以反映肿瘤内部空间分布和异质

性,且相较于前两组模型具有更高的灵敏度和特异度。该团队随后的另一试验^[19]表明,患者年龄作为临床参数可以有效提高基于机器学习法的¹⁸F-FDG PET/CT影像组学模型对乳腺癌和乳腺淋巴瘤的鉴别诊断能力。以上结果提示,PET影像组学不仅可以将乳腺癌的代谢信息与CT形态信息相结合,更可以融合性别、年龄、吸烟史等临床信息,从而提高鉴别诊断效能。除了PET/CT,最近一项研究^[20]表明,应用机器学习对PET/MRI图像进行自动化建模可以明显提高对乳腺恶性结节的诊断灵敏度,其中MRI的时空纹理特征具有很大的诊断价值。这提示基于PET/MRI影像组学可能为乳腺癌的鉴别诊断提供多参数、多阶纹理特征,具有优越的临床应用潜能。事实上,已有研究^[21]展示了MRI影像组学在乳腺良性恶性疾病鉴别甚至乳腺癌与其他恶性肿瘤之间鉴别的良好诊断效能。因此,融合MRI的PET影像组学可能成为今后乳腺癌鉴别诊断的一个重要研究方向,但PET/MRI影像组学的效能是否优于PET/CT影像组学尚有待新的证据。

2.2 PET影像组学预测乳腺癌受体/分子分型

临床上,按照是否表达雌激素受体(estrogen receptor, ER)、孕激素受体(progesterone receptor, PR)、人表皮生长因子受体2(human epidermal growth factor receptor 2, HER2)以及Ki-67增殖指数等生物标志物,可将乳腺癌分为Luminal A型、Luminal B型、HER2型和三阴性型。不同类型的乳腺癌的治疗方案及预后均不相同,尽早判定乳腺癌分子分型对医师选择不同治疗方案是极为重要的^[22]。近年来,许多研究者^[23]成功利用影像组学无创性地获取肿瘤内部异质性信息,并建立模型以预测不同乳腺癌分子分型,具有较高的准确度。PET影像组学在这方面也有了初步的探索。

Soussan等^[24]通过对54例浸润性乳腺癌患者的¹⁸F-FDG PET/CT图像进行纹理分析以获得肿瘤异质性特征时,发现三阴性乳腺癌与其他非三阴性乳腺癌相比表现出较高的SUV_{max}和较低的异质性,而利用SUV_{max}联合PET影像组学特征来判别三阴性乳腺癌比单纯利用SUV_{max}指标判别得更加

准确,受试者工作特征曲线的曲线下面积(area under curve, AUC)为0.83(单纯利用SUV_{max}判别的AUC为0.77)。最新的一项研究^[25]显示,利用¹⁸F-FDG PET/CT影像基因组学对乳腺癌中HER2表达的预测效能比传统PET代谢参数高,预测模型中的5个纹理特征指标(灰度均值、相关性、对比度、惯性及逆差矩)均能预测HER2表达。Antunovic等^[26]也发现相较于传统的PET代谢参数(SUV_{max}、MTV、TLG),原发灶的高阶纹理特征与乳腺癌细胞的受体状态、淋巴结转移及Ki-67增殖指数具有显著的相关性。另一项研究^[27]表明,ER阴性乳腺癌、三阴性乳腺癌、病理学等级高的乳腺癌多与PET/CT影像组学纹理特征相关,从而间接提示PET纹理分析或许能鉴别局部晚期乳腺癌受体亚型和预测病理学分级。

近年来,基于PET/MRI影像组学也开始出现在许多报道中。Huang等^[28]采用PET/MRI图像提取乳腺癌患者的纹理特征,发现即使仅进行简单的聚类分析也展现出不同乳腺癌亚型间的纹理特征差异。另一项研究^[29]显示,利用PET/MRI影像组学对不同分子类型预测具有很高的效能,其中对ER的AUC为0.87,对PR的AUC为0.88,对Ki-67的AUC为0.997,均高于单独应用MRI影像组学所构建的预测模型。这提示PET/MRI影像组学在预测乳腺癌分子分型上具有潜在优势,需要进一步研究。

2.3 PET影像组学预测/评估乳腺癌淋巴结转移

乳腺癌前哨淋巴结转移是影响患者预后的重要因素,直接影响临床进行乳腺癌个性化治疗决策。除了MRI影像组学,基于PET/CT影像组学的淋巴结转移预测模型也出现在最近的研究^[30]中。Song等^[30]回顾并分析100例浸润性导管乳腺癌患者原发灶的PET/CT影像组学特征并建立预测模型,发现PET/CT影像组学模型对预测淋巴结转移的灵敏度、特异度和准确度分别高达90.9%、71.4%、80.1%,均明显优于PET/CT参数所构建的预测模型。但目前尚未见到利用PET/MRI影像组学评估乳腺癌淋巴结转移的相关报道。

2.4 PET影像组学预测/评估乳腺癌治疗反应

新辅助化疗 (neoadjuvant chemotherapy, NAC) 是乳腺癌主要治疗方式之一,既可以在术前缩小肿瘤体积、降低复发转移风险,也是局部晚期乳腺癌患者的首选治疗方法^[31]。早期评估NAC对乳腺癌的疗效能够为患者及时选择最佳的化疗方案提供指导。Antunovic等^[32]发现经NAC的局部晚期乳腺癌患者的¹⁸F-FDG PET/CT纹理特征参数能够预测其病理学完全缓解 (pathologic complete response, pCR) 率,其AUC为0.70~0.73,并且不同分子表型乳腺癌患者之间pCR率均不相同,这意味着PET影像组学特征可以作为局部晚期乳腺癌患者pCR的预测因子。Li等^[33]回顾并分析100例经NAC治疗的患者,并提取2 210个PET/CT影像组学纹理特征,分别用有监督和无监督的机器学习方法构建预测模型后发现其预测pCR率的AUC高达0.722,若将年龄因素也纳入模型后,预测效能明显提高 (AUC升至0.958)。同时,在此研究中也证实PET/CT影像组学纹理特征与乳腺癌分子/受体分型及T分级具有很高的相关性。Ha等^[34]将73例局部晚期乳腺癌患者的¹⁸F-FDG PET/CT影像组学特征进行聚类分析后发现这些影像组学特征能够预测pCR和复发风险。此外,也有研究^[35]指出,监测¹⁸F-FDG PET/CT影像组学特征在放疗期间的动态变化所构建的模型比仅单次提取影像组学特征的模型具有更好的pCR率预测效能,这为今后PET影像组学对乳腺癌化疗反应评估的研究提供了新的思路。

2.5 PET影像组学预测乳腺癌患者预后

对乳腺癌患者预后的准确预测可以尽可能避免无效治疗或有助于及时调整治疗方案。与基因组学、转录组学一样,影像组学也被认为是一种具有预测疾病预后的生物标志物而被广泛研究^[6]。临床上常用总生存期、无进展生存期、无复发生存期和无不良事件生存期等指标评估患者预后。但迄今为止仅有少量研究^[27-28]探索PET影像组学与乳腺癌的这些预后指标相关性。Huang等^[28]在研究PET/MRI影像组学与乳腺癌分子分型的相关性的同时也发现PET/MRI影像组

学具有预测无复发生存率的潜在价值 (AUC为0.75)。因此,PET影像组学在评估乳腺癌患者预后方面仍有很大的发展空间。

3 展望与挑战

PET影像组学将以PET为代表的分子影像技术与以数据分析为特点的组学方法相结合,既能够观察到乳腺癌组织的形态学和功能学的变化,又从海量数据里提取特征性数据识别肿瘤的早期变化,从而对乳腺癌的诊疗,尤其对治疗方案的选择和预后评价等方面起到指导和帮助作用。

但目前PET影像组学在乳腺癌中的探索还处于初级阶段,国内外文献都相对较少,特别是PET/MRI影像组学更是近两年才开始引入乳腺癌的研究中。相较而言,PET/MRI影像组学因其高软组织分辨率和代谢参数等优势,可能成为今后研究的热点方向。现有的文献都仅采用普通MRI纹理特征,而MRI的诸多定量参数如容量转移常数、速率常数、细胞外容积分数等,若能纳入PET/MRI影像组学联合构建诊断/预测模型可能更有利于发挥MRI优势,提高模型的效能。

除成像技术外,PET影像组学也应覆盖乳腺癌诊断、预测、监测等各个方面,特别是PET影像组学在乳腺癌淋巴结转移和远处转移方面的诊断/预测效能研究。PET的优势在于能一次性全身显像,将转移灶和原发灶一起进行影像组学分析,也许能提供更加精确和丰富的肿瘤生物学信息,从而实现个性化治疗。而怎样实现转移灶和原发灶的PET影像组学信息整合也将成为一个重要课题。此外,已有研究^[33]表明,在正常乳腺组织中不同年龄受试者之间的PET影像组学特征具有较明显差异,而在三阴性乳腺癌患者中,年龄对PET影像组学特征的影响更加明显^[36]。因此,今后乳腺癌PET影像组学的研究将年龄等更多的临床指标纳入模型也可能是一个重要的趋势。

尽管PET影像组学在乳腺癌的诸多方面都具有潜在的优势,但是在转化为临床实践上仍面临诸多挑战。首先,在研究过程中采用不同的靶区勾画方法、应用不同的组学软件、选择不同的图像分析方法以及不同层厚、矩阵大小的图像等都

可能造成研究结果的不一致,甚至相反,从而影响PET影像组学的重现性。其次,缺乏标准化的操作规范也使得不同研究间的影像组学模型缺乏公认的对比如标,可比性较差。最后,现有的研究大多样本量较小且主要为回顾性研究,期待开展多中心、大样本和前瞻性的临床试验。

总而言之,PET影像组学在乳腺癌诊治中具有广阔的应用前景。随着影像组学相关技术的进步和多中心临床试验的开展,PET影像组学可能会为乳腺癌的个性化和精准化治疗发挥更为有效地指导作用。

【参 考 文 献】

- [1] 李贺,郑荣寿,张思维,等. 2014年中国女性乳腺癌发病与死亡分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2018, 40(3): 166-171.
- [2] VALDORA F, HOUSSAMI N, ROSSI F, et al. Rapid review: radiomics and breast cancer [J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2018, 169(2): 217-229.
- [3] COOK G J R, AZAD G, OWCZARCZYK K, et al. Challenges and promises of PET radiomics [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2018, 102(4): 1083-1089.
- [4] 张宇帆, 刘建井, 李小凤, 等. 乳腺癌PET影像组学研究进展[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(11): 871-874.
- [5] 张琦, 宋富桂, 吕哲昊, 等. 影像组学在预测乳腺癌分子分型中的研究进展[J]. 放射学实践, 2020, 35(11): 1476-1478.
- [6] SOLLINI M, COZZI L, NINATTI G, et al. PET/CT radiomics in breast cancer: mind the step [J]. *Methods*, 2021, 188: 122-132.
- [7] LAMBIN P, RIOS-VELAZQUEZ E, LEIJENAAR R, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis [J]. *Eur J Cancer*, 2012, 48(4): 441-446.
- [8] GILLIES R J, KINAHAN P E, HIRCAK H. Radiomics: images are more than pictures, they are data [J]. *Radiology*, 2016, 278(2): 563-577.
- [9] 谢凯, 孙鸿飞, 林涛, 等. 影像组学中特征提取研究进展[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(12): 1792-1796.
- [10] 张利文, 方梦捷, 臧亚丽, 等. 影像组学的发展与应用[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(1): 75-77.
- [11] 郭翌, 周世崇, 余锦华, 等. 影像组学的前沿研究与未来挑战[J]. 肿瘤影像学, 2017, 26(2): 81-90.
- [12] 苏会芳, 周国锋, 谢传森, 等. 放射组学的兴起和研究进展[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(7): 553-556.
- [13] 谢飞, 朱朝晖. PET代谢影像组学的研究进展[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(3): 183-186.
- [14] 程木华. PET代谢影像组学研究进展与挑战[J]. 新医学, 2018, 49(9): 619-623.
- [15] 任静芸, 霍力, 李方. 影像组学在核医学影像中的应用进展[J]. 中国医学装备, 2019, 16(2): 131-134.
- [16] 吉衢山, 张龙江, 朱虹. 肺癌PET-CT影像组学研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(2): 154-157.
- [17] 黄瑛, 徐卫, 李建勇. 原发乳腺淋巴瘤的研究进展[J]. 中华血液学杂志, 2015, 36(12): 1056-1058.
- [18] OU X J, WANG J, ZHOU R F, et al. Ability of ^{18}F -FDG PET/CT radiomic features to distinguish breast carcinoma from breast lymphoma [J]. *Contrast Media Mol Imaging*, 2019, 2019: 4507694.
- [19] OU X J, ZHANG J, WANG J, et al. Radiomics based on ^{18}F -FDG PET/CT could differentiate breast carcinoma from breast lymphoma using machine-learning approach: a preliminary study [J]. *Cancer Med*, 2020, 9(2): 496-506.
- [20] VOGL W D, PINKER K, HELBICH T H, et al. Automatic segmentation and classification of breast lesions through identification of informative multiparametric PET/MRI features [J]. *Eur Radiol Exp*, 2019, 3(1): 18.
- [21] 王中一, 毛宁, 谢海柱. 乳腺癌MRI影像组学的研究进展[J]. 磁共振成像, 2021, 12(1): 109-111.
- [22] HARBECK N, PENAULT-LLORCA F, CORTES J, et al. Breast cancer [J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2019, 5(1): 66.
- [23] 唐泽慧, 高喜臻, 宋宏萍. 影像组学在乳腺癌中应用研究进展[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2019, 33(12): 1239-1241.
- [24] SOUSSAN M, ORLHAC F, BOUBAYA M, et al. Relationship between tumor heterogeneity measured on FDG-PET/CT and pathological prognostic factors in invasive breast cancer [J]. *PLoS One*, 2014, 9(4): e94017.
- [25] 张宇帆, 刘建井, 李小凤, 等. ^{18}F -FDG PET传统参数与影像组学特征在免疫组织化学难以明确HER2表达乳腺癌中的价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2019, 39(11): 641-646.
- [26] ANTUNOVIC L, GALLIVANONE F, SOLLINI M, et al. ^{18}F -FDG PET/CT features for the molecular characterization of primary breast tumors [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2017, 44(12): 1945-1954.
- [27] ACAR E, TURGUT B, YIGIT S, et al. Comparison of the volumetric and radiomics findings of ^{18}F -FDG PET/CT images with immunohistochemical prognostic factors in local/locally advanced breast cancer [J]. *Nucl Med Commun*, 2019, 40(7): 764-772.
- [28] HUANG S Y, FRANC B L, HARNISH R J, et al. Exploration of PET and MRI radiomic features for decoding breast cancer phenotypes and prognosis [J]. *NPJ Breast Cancer*, 2018, 4: 24.
- [29] UMUTLU L, KIRCHNER J, BRUCKMANN N M, et al. Multiparametric integrated ^{18}F -FDG PET/MRI-based radiomics for breast cancer phenotyping and tumor decoding [J]. *Cancers (Basel)*, 2021, 13(12): 2928.
- [30] SONG B I. A machine learning-based radiomics model for the prediction of axillary lymph-node metastasis in breast cancer

- [J] . Breast Cancer, 2021, 28(3): 664–671.
- [31] MARTÍ C, SÁNCHEZ-MÉNDEZ J I. The present and future of neoadjuvant endocrine therapy for breast cancer treatment [J] . Cancers (Basel), 2021, 13(11): 2538.
- [32] ANTUNOVIC L, DE SANCTIS R, COZZI L, et al. PET/CT radiomics in breast cancer: promising tool for prediction of pathological response to neoadjuvant chemotherapy [J] . Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 46(7): 1468–1477.
- [33] LI P L, WANG X Y, XU C R, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT radiomic predictors of pathologic complete response (pCR) to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients [J] . Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(5): 1116–1126.
- [34] HA S, PARK S, BANG J I, et al. Metabolic radiomics for pretreatment ¹⁸F-FDG PET/CT to characterize locally advanced breast cancer: histopathologic characteristics, response to neoadjuvant chemotherapy, and prognosis [J] . Sci Rep, 2017, 7(1): 1556.
- [35] CHENG L, ZHANG J P, WANG Y J, et al. Textural features of ¹⁸F-FDG PET after two cycles of neoadjuvant chemotherapy can predict pCR in patients with locally advanced breast cancer [J] . Ann Nucl Med, 2017, 31(7): 544–552.
- [36] BOUGHDAD S, NIOCHE C, ORLHAC F, et al. Influence of age on radiomic features in ¹⁸F-FDG PET in normal breast tissue and in breast cancer tumors [J] . Oncotarget, 2018, 9(56): 30855–30868.
- (收稿日期: 2022-01-10 修回日期: 2022-03-26)

《抗癌》2022年征订启事

《抗癌》杂志于1988年创刊, 主管单位为上海市科学技术协会, 主办单位为上海市抗癌协会。《抗癌》杂志坚持以读者为导向, 架起读者与医院之间的桥梁, 介绍抗癌防癌的科学知识, 倡导健康的生活方式, 宣传癌症患者战胜病魔的动人事迹, 努力为广大癌症患者和家属服务。杂志刊号: CN 31-1664/R, ISSN 1008-3065。欢迎广大读者订阅。

杂志为季刊, 每期48页。本刊季末出版, 每期8元, 全年共32元整。订购请通过邮政局汇款。

通信地址: 上海市东安路270号10号楼415室《抗癌》杂志社收

邮 编: 200032

电 话: (021)64175590转83574

电子信箱: anti-cancer@163.com

《抗癌》杂志社