

论著

联合应用¹⁸F-FDG PET CT和MRI在颈动脉粥样硬化斑块评价的应用*

河南省信阳市中心医院急诊科

(河南 信阳 464000)

刘忠明

【摘要】目的 研究联合应用¹⁸F-FDG PET CT和MRI在颈动脉粥样硬化斑块评价的应用价值。**方法** 选取我院2016年2月至2018年2月80例颈动脉粥样硬化斑块患者为研究对象，均在2周内接受¹⁸F-FDG PET CT和MRI检查，在斑块周围勾画感兴趣区(ROI)，获取标准化摄取值(SUV)，计算靶-本底比值(TBR)；观察纤维帽完整性及厚度，将斑块分为无纤维帽、厚纤维帽、薄纤维帽、纤维帽碎裂；根据斑块成分分组，包括胶原组、钙化组、脂质组、出血组。**结果** 80例颈动脉粥样硬化斑块患者，剔除图像质量不佳的7名患者，累计扫描1930层，大部分斑块处于颈动脉分叉处周围。根据纤维帽厚度分组，无纤维帽1065层，厚纤维帽547层，薄纤维帽202层，纤维帽破裂116层；根据斑块成分分组，胶原236层，钙化796层，脂质730层，出血168层。纤维帽破裂组TBR显著高于其他三组($P < 0.05$)，薄纤维帽组TBR显著高于厚纤维帽组与无纤维帽组($P < 0.05$)，厚纤维帽组TBR显著高于无纤维帽组($P < 0.05$)。出血组TBR显著高于脂质组、钙化组、胶原组($P < 0.05$)，脂质组TBR显著高于钙化组、胶原组($P < 0.05$)。**结论** MRI可对纤维帽及斑块成分进行定性评估，¹⁸F-FDG PET CT可反映斑块的炎症活动程度，二者联合对颈动脉粥样硬化斑块的稳定性具有重要提示作用。

【关键词】 颈动脉；粥样硬化斑块；磁共振成像；正电子发射断层扫描

【中图分类号】 R445.2；R814.42

【文献标识码】 A

【基金项目】 河南省科技攻关项目
(142102310246)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2019.01.020

通讯作者：刘忠明

Combined Use of ¹⁸F-FDG PET CT and MRI in the Evaluation of Carotid Atherosclerotic Plaque*

LIU Zhong-ming. Department of Emergency, Xinyang Central Hospital, Xinyang 464000, Henan Province, China

[Abstract] **Objective** To study the value of ¹⁸F-FDG PET CT combined with MRI in the evaluation of carotid atherosclerotic plaque. **Methods** A total of eighty patients with carotid atherosclerotic plaques who were admitted to the hospital during the period from February 2016 to February 2018 were selected as study subjects. All patients were examined with ¹⁸F-FDG PET CT and MRI within 2 weeks. The region of interest (ROI) was drawn around the plaque to obtain the standardized uptake value (SUV), and the target-to-background ratio (TBR) was calculated. The integrity and thickness of fibrous cap were observed, and plaques were divided into non-fibrous cap, thick fibrous cap, thin fibrous cap and ruptured fibrous cap. They were grouped according to the composition of plaques, including collagen group, calcification group, lipid group and bleeding group. **Results** Of the 80 patients with carotid atherosclerotic plaques, 7 patients with poor image quality were excluded. A total of 1930 layers were scanned. Most of the plaques were located around the bifurcation of the carotid artery. There are 1065 layers without fibrous cap, 547 layers with thick fibrous caps, 202 layers with thin fibrous caps, and the other 116 layers with ruptured fibrous caps. Grouping according to the composition of plaques showed that there were 236 layers of collagen, 796 layers of calcification, 730 layers of lipids and 168 layers of bleeding. The TBR in the fibrous cap rupture group was significantly higher than that in the other three groups ($P < 0.05$). The TBR in the thin fibrous cap group was higher than the thick fibrous cap group, and higher than the non-fibrous cap group ($P < 0.05$). The TBR in the bleeding group was significantly higher than that in the lipid group, calcification group or collagen group ($P < 0.05$). The TBR in the lipid group was significantly higher than that in the calcification group or the collagen group ($P < 0.05$). **Conclusion** MRI can evaluate the fibrous cap and composition of plaques qualitatively. ¹⁸F-FDG PET CT can reflect the degree of inflammatory activity of the plaque. The combined use of the two methods plays an important role in evaluating the stability of carotid atherosclerotic plaques.

[Key words] Carotid Artery; Atherosclerotic Plaque; Magnetic Resonance Imaging; Positron Emission Tomography

脑梗死是一种急性脑血管疾病，我国每年新发病患者约有200万，并继续呈上升趋势，给社会带来沉重负担，在各种病因中颈动脉粥样硬化最为常见，据统计约15%~35%的脑梗死由颈动脉粥样硬化导致^[1-2]。有学者指出，颈动脉粥样硬化斑块的性质也会影响脑缺血事件的发生^[3]。因此准确判断颈动脉粥样硬化斑块的性质对预测脑梗死风险及指导治疗具有重要意义。目前常用颈动脉斑块无创检查方法包括B超、CT、MRI等，不同影像学检查方法各有其优缺点。超声检查经济便宜，临床应用广泛，对斑块的稳定性有一定提示作用^[4-5]。MRI可以清晰显示斑块内部结构，根据不同成像序列斑块信号变化，识别斑块成分，为斑块稳定性评估提供重要参考，无辐射损伤，安全性较高^[6]。¹⁸F-FDG PET CT是一种分子成像技术，在肿瘤、心脏、神经系统等多种疾病的诊断中均有重要应用。近年来研究发现，¹⁸F-FDG PET CT可用来识别炎症斑块，为颈动脉粥样硬化斑块的稳定性评估提供临床依据^[7]。本研究选取我院2016年2月至2018年2月80例颈动脉粥样硬化

斑块患者为研究对象，联合应用¹⁸F-FDG PET/CT和MRI评价颈动脉粥样硬化斑块，为治疗方案的选择提供参考，现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2016年2月至2018年2月80例颈动脉粥样硬化斑块患者为研究对象。纳入标准：(1)经B超证实有颈动脉粥样硬化斑块者，斑块厚度≥2mm；(2)2周内接受¹⁸F-FDG PET/CT和MRI检查；(3)血清葡萄胎≤150mg/dL；(4)患者或其家属均了解本研究，签署知情同意书。排除标准：(1)体内有心脏起搏器或金属植入物；(2)幽闭恐惧症；(3)孕妇；(4)对比剂过敏史；(5)肾功能不全者；(6)既往颈动脉剥脱术史。本组患者中，男54例，女26例，年龄41~73岁，平均(57.88±12.73)岁；病程1~9年，平均(5.50±1.21)年；基础疾病：高血压31例，糖尿病24例，高脂血症19例。

1.2 颈部PET/CT检查 采用美国GE公司Discovery VCT 64 PET/CT扫描仪，检查前患者常规禁食、禁饮6h，在安静、避光环境下，静脉注射5.5MBq/Kg氟代脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)，休息1.0~1.5h。患者取仰卧位，先行CT平扫，扫描参数：管电压120kV，管电流100mA，进床速度为5s/圈，旋转时间0.5s，层厚1mm，矩阵512×512，扫描时间20~30s。相同范围行PET扫描，采用三维采集，每3min一个床位。计算机自动生成PET/CT融合图像，以有序子集最大期望值法(ordered-subset expectation maximization, OSEM)进行图像重建。在斑块周围勾画感兴趣区(region of interest, ROI)，获

取标准化摄取值(mean standard uptake value, SUV)，计算靶-本底比值(target-background ratio, TBR)，TBR=ROI颈总动脉SUV值/对侧颈静脉区域SUV值。由2名高年资影像科医师完成图像分析，意见不一时，讨论解决。

1.3 颈部MRI检查 仪器为美国GE公司Signa HDxt 3.0T超导型磁共振扫描仪，采用颈动脉8通道表面线圈。患者取仰卧位，线圈置于颈部两侧，嘱患者平静呼吸，避免吞咽、咳嗽等活动。先行横断位2D-TOF序列成像，获取斑块及颈动脉分叉位置。定位线置于斑块中心，行3D-TOF序列(TR 26ms, TE 6.9ms)、DIR-T1WI序列(TR 750ms, TE 18ms)、FSE-T2WI序列(TR 1500ms, TE 40ms)扫描。扫描参数：层厚4mm，层间距2mm，视野(FOV)120mm×180mm，矩阵512×512，激励次数4次。最后行MRI增强成像，经肘静脉注射钆喷酸葡胺注射液0.2mmol/Kg，注射速率3.0mL/s，全部扫描时间约30min。图像上传至工作站，由2名高年资影像科医师完成图像分析，意见不一时，讨论解决。

(1)判断斑块表面状态，观察有无纤维帽及其完整性，纤维帽在3D-TOF序列上表现为低信号，在DIR-T1WI、FSE-T2WI序列上表现

为等信号或稍高信号，纤维帽完整在3D-TOF序列上表现为血流、斑块间的完整低信号带，纤维帽破碎在3D-TOF序列上表现信号带上出现断裂、缺损。测量完整纤维帽厚度，>200μm的纤维帽定义为厚纤维帽，其余定义为薄纤维帽。(2)对斑块成分进行定性分析，胶原成分在3D-TOF序列上表现为等信号或稍低信号，在DIR-T1WI、FSE-T2WI序列上表现为稍高信号或高信号；钙化成分在3D-TOF、DIR-T1WI、FSE-T2WI序列上均表现为低信号；脂质成分在3D-TOF序列上表现为等信号，在DIR-T1WI、FSE-T2WI序列上表现为等信号或稍高信号；斑块内出血在3D-TOF、DIR-T1WI、FSE-T2WI序列上均表现为高信号。

1.4 统计学方法 用统计学软件SPSS19.0对研究数据进行分析和处理，计量资料(±s)表示，组间TBR比较采用单因素方差分析，两两比较进行t值检验，以P<0.05为有统计学意义。

2 结果

2.1 颈部MRI检查结果 80例颈动脉粥样硬化斑块患者，剔除图像质量不佳的7名患者，累计扫描1930层，大部分斑块处于颈动

表1 不同纤维帽厚度斑块的TBR比较

纤维帽厚度	斑块层数	TBR	F	P
无纤维帽	1065	1.172±0.258	26.407	0.000
厚纤维帽	547	1.209±0.265③		
薄纤维帽	202	1.265±0.279②③		
纤维帽破裂	116	1.383±0.304①②③		

注：①与薄纤维帽组比较，P<0.05；②与厚纤维帽组比较，P<0.05；③与无纤维帽组比较，P<0.05

表2 不同成分斑块的TBR比较

斑块成分	斑块层数	TBR	F	P
胶原	236	1.200±0.216	44.597	0.000
钙化	796	1.228±0.221		
脂质	730	1.311±0.236②③		
出血	168	1.409±0.254①②③		

注：①与脂质组比较，P<0.05；②与钙化组比较，P<0.05；③与胶原组比较，P<0.05

脉分叉处周围。根据纤维帽厚度分组，无纤维帽1065层，厚纤维帽547层，薄纤维帽202层，纤维帽破裂116层；根据斑块成分分组，胶原236层，钙化796层，脂质730层，出血168层。

2.2 不同纤维帽厚度斑块的TBR比较 纤维帽破裂组TBR显著高于薄纤维帽组、厚纤维帽组、无纤维帽组($t=5.402$ 、 9.078 、 11.509 , $P=0.000$ 、 0.000 、 0.000)，薄纤维帽组TBR显著高于厚纤维帽组与无纤维帽

组($t=3.627$ 、 6.463 , $P=0.010$ 、 0.000)，厚纤维帽组TBR显著高于无纤维帽组($t=3.751$, $P=0.008$)。

2.3 不同成分斑块的TBR比较 出血组TBR显著高于脂质组、钙化组、胶原组($t=7.067$ 、 13.154 、 12.776 , $P=0.000$ 、 0.000 、 0.000)，脂质组TBR显著高于钙化组、胶原组($t=9.994$ 、 9.147 , $P=0.000$ 、 0.000)，钙化组TBR与胶原组比较差异无统计学意义($t=2.331$, $P=0.099$)。

3 讨 论

颈动脉存在于脊椎动物颈部，是脑部主要供血血管，也是动脉粥样硬化的好发部位，与脑梗死发生存在紧密联系。MRI是一种无放射性的影像学检查方法，空间分辨率与软组织分辨率较高，在动脉粥样硬化斑块的检查中具有一定优势^[8]。颈动脉位置较浅，靠近体表，表面线圈在颈动脉MRI检查中具有重要应用。本

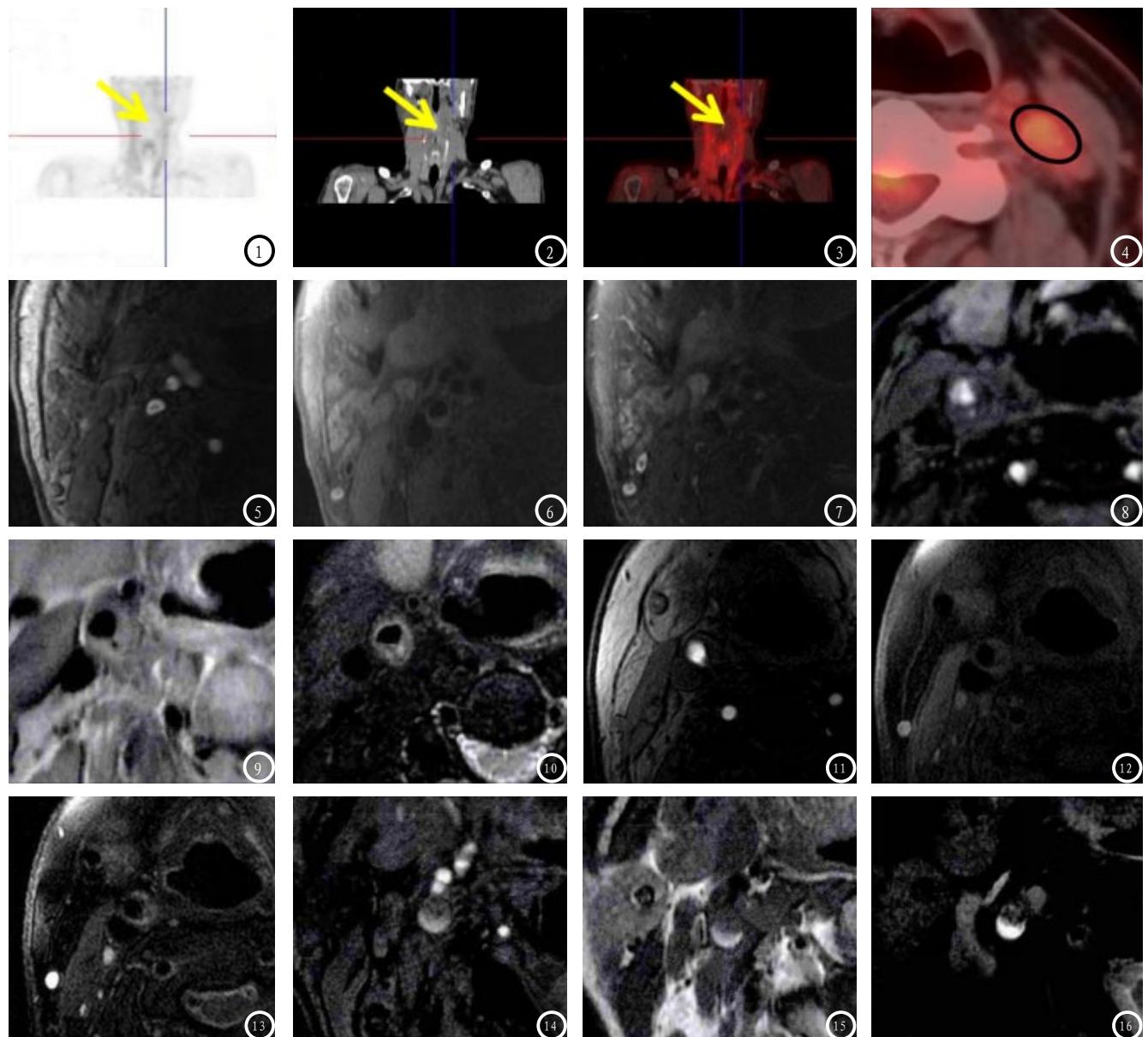


图1-4 图1为颈动脉粥样硬化斑块的PET图像，图2为颈动脉粥样硬化斑块的CT图像，图3为PET与CT融合图像，图4为融合图像上勾画的ROI。图5-7为斑块胶原：图5 3D-TOF序列上呈等信号，图6 DIR-T1WI序列上呈稍高信号，图7 FSE-T2WI序列上呈稍高信号。图8-10为斑块钙化。图8 3D-TOF序列上呈等信号，图9 DIR-T1WI序列上呈低信号，图10 FSE-T2WI序列上呈低信号。图11-13为脂质核心坏死。图11 3D-TOF序列上呈等信号，图12 DIR-T1WI序列上呈等信号，图13 FSE-T2WI序列上呈稍高信号。图14-16为斑块内出血。图14 3D-TOF序列上呈高信号，图12 DIR-T1WI序列上呈高信号，图13 FSE-T2WI序列上呈高信号。

研究所用颈动脉8通道表面线圈，材质柔软，由多个小表面线圈组成，相较于传统4通道线圈，成像质量更高，显示范围更广，可清晰获取斑块相关信息。目前颈动脉MRI检查常用成像序列包括3D-TOF、DIR-T1WI、FSE-T2WI等，3D-TOF利用白血技术，基于血液流入的增强效应，仅需较短采集时间，即可实现斑块钙化与纤维帽的观察；DIR-T1WI与FSE-T2WI则利用黑血技术，又称预饱和技术，虽然相较于白血技术采集时间较长，但可以更清楚的呈现血管壁结构与斑块内不同成分。随着颈动脉MRI检查的推广与使用，其在颈动脉粥样硬化斑块检查中的定位与定性能力得到验证^[9]。但也有部分研究者指出，单纯颈动脉MRI检查无法准确鉴别所有易损斑块，而大部分脑血管缺血性时间常与易损斑块破裂有关，导致漏诊的易损斑块成为日后心脑血管事件的潜在风险^[10]。PET CT是一种新型影像设备，PET CT将功能代谢显像与解剖结构显像两种影像技术有机结合，通过向人体注射微量的正电子核素示踪剂¹⁸F-FDG，利用体外探测仪PET观察分子层面靶目标变化，由于PET空间分辨率低，在CT技术引导下FDG信号可实现精确定位^[11-2]。为更准确评估颈动脉粥样硬化斑块的稳定性，本研究联合应用¹⁸F-FDG PET CT与MRI技术，以期为易损斑块鉴别提供更多影像学信息。

纤维帽是脂质核上的结缔组织，由胶原纤维、蛋白聚糖、巨噬细胞、平滑肌细胞等组成，纤维帽变薄、破裂的原因目前尚未完全明确，一般认为与基质降解合成失衡有关。有学者指出，纤维膜中的基质金属蛋白酶参与动脉粥样硬化进程，并增加斑块不稳定性风险，其被激活后，可加

速细胞外基质降解，促进巨噬细胞浸润，而巨噬细胞浸润又会增加基质金属蛋白酶活性，形成正反馈调节机制，加剧炎症反应，最终导致纤维帽变薄、破裂^[13]。本研究显示，不同纤维帽厚度斑块的TBR比较差异有统计学意义，纤维帽破裂>薄纤维帽>厚纤维帽>无纤维帽，证实纤维帽在颈动脉粥样硬化斑块稳定性的重要性。本研究中PET CT对颈动脉粥样硬化斑块纤维帽厚度的识别主要通过¹⁸F-FDG实现，FDG属于葡萄糖衍生物家族，可以反映器官组织葡萄糖代谢水平，目前已被大量研究证明其与巨噬细胞密度存在紧密联系，提示斑块局部的炎症反应^[14]。本研究根据颈动脉MRI检查结果对颈动脉粥样硬化斑块进行分类，分别为出血、脂质、胶原与钙化。斑块内出血是斑块变性的结果，指新生血管或纤维帽破裂导致斑块内血肿的现象，可加速斑块进展，使稳定斑纹转变为易损斑块。相关研究显示，斑块内出血是斑块发展中危险指征，提示脂质沉积、巨噬细胞进入，斑块内压力上升，斑块稳定性下降^[15]。本研究显示，出血组的TBR显著高于其他三组，证实斑块内出血的危险性。斑块内脂质坏死核心的主要成分是胆固醇与胆固醇酯，其发生与平滑肌细胞、巨噬细胞凋亡有关，在T1WI上呈等信号或稍高信号，在T2WI上呈低信号。脂质核心>40%是易损斑块的重要标志，可加速斑块偏心生长，导致纤维帽破裂概率提高^[16]。本研究显示，脂质组TBR显著高于胶原组与钙化组，TBR低于出血组，提示斑块内脂质坏死核心的炎症程度仅次于斑块内出血。斑块内胶原与钙化属于粥样硬化斑块进展中的早期阶段，稳定性较高，不易脱落。本研究显

示，胶原组与钙化组TBR显著低于出血组与脂质组，证实这两种斑块的相对稳定性。

综上，联合应用¹⁸F-FDG PET CT和MRI可以从形态学与功能学角度评估颈动脉粥样硬化斑块，识别易损斑块，为临床干预提供重要影像学依据。

参考文献

- [1]陈彩华,郑叶祥,查达珍,等.脑梗死患者颈动脉粥样硬化斑块分析及其对患者复发的影响[J].河北医学,2016,22(12):1939-1942.
- [2]张维文,王晓莉,崔永健,等.无症状脑梗死的临床特征及危险因素分析[J].解放军医药杂志,2016,28(8):81-84.
- [3]张丽雅.急性脑梗死患者脑动脉狭窄与炎性因子的相关性分析[J].实用医院临床杂志,2017,14(2):67-69.
- [4]黄瑞瑜,潘广伟,黄伟雄,等.颈动脉彩超结合Lp-PLA2检测在动脉粥样硬化性脑梗死预测及病情评估中的临床应用[J].中华生物医学工程杂志,2017,23(2):162-165.
- [5]王海俊.颈动脉超声检查对缺血性脑血管疾病的临床意义[J].山西职工医学院学报,2016,26(4):45-46.
- [6]吕蕾.颈动脉易损斑块的MRI相关研究进展[J].实用放射学杂志,2017,33(3):463-466.
- [7]何亚男,于珊珊,李萍,等.¹⁸F-FDG PET/CT在心肌显像中的应用进展[J].医学影像学杂志,2016,26(12):2308-2311.
- [8]师占红,王洪亮,武君,等.HR-MRI在复发性脑卒中患者中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2018(5):18-20.
- [9]黄晓星,凌文通,肖学红,等.多模态MRI在症状性动脉粥样硬化性颅内动脉狭窄诊断中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(3):1-3.
- [10]王丽华,管霞,孟磊,等.高分辨磁共振血管成像在检测症状性颈动脉狭窄中的诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(3):14-16.
- [11]尹亮,林志春,岳建兰,等.结核性与肿瘤性腹膜弥漫性病变的¹⁸F-FDG PET/CT鉴别诊断价值[J].中华肿瘤防治杂志,2016,23(16):1104-1108.

(下转第 152 页)