

论 著

# PET-CT/MRI融合图像诊断直肠癌淋巴结转移的价值分析\*

1. 哈尔滨医科大学附属第一医院

放射线科 (黑龙江 哈尔滨 150001)

2. 重庆市涪陵中心医院

(重庆 408000)

马文波<sup>1</sup> 刘 胡<sup>2</sup>

**【摘要】目的** 探讨PET-CT/动态增强磁共振成像(MRI)融合图像诊断直肠癌淋巴结转移的价值分析。**方法** 回顾性分析46例经手术病理结果证实为直肠癌患者的资料,患者术前1周均接受3.0T盆腔MRI和PET-CT检查,对比PET-CT、MRI分别诊断直肠癌转移淋巴结和非转移淋巴结的长短径、SUV值、ADC值,采用speaman相关分析转移淋巴结SUV值与ADC值相关性,并以手术病理结果为金标准,对SUV<sub>max</sub>值、ADC<sub>standard</sub>值进行ROC曲线分析,确定最佳诊断阈值,对比PET-CT、MRI和PET-CT/MRI融合图像诊断直肠癌区域淋巴结转移阴性、阳性时的诊断效能。**结果** 转移淋巴结的长径平均值短于非转移淋巴结,短径平均值显著大于非转移性淋巴结,经PET-CT诊断的转移淋巴结SUV<sub>max</sub>值、SUV<sub>min</sub>值、SUV<sub>avg</sub>值显著高于非转移淋巴结,经MRI-DWI测定转移淋巴结的ADC<sub>standard</sub>、ADC<sub>slow</sub>、ADC<sub>fast</sub>显著低于非转移淋巴结;经speaman-Brown相关分析发现,转移淋巴结SUV值与ADC值呈负相关性( $P < 0.05$ );以手术病理结果作为金标准,PET-CT诊断淋巴结转移时灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率分别为88.68%、90.78%、93.78%、83.66%和89.50%,MRI诊断效能分别为87.33%、83.69%、89.35%、80.82%和85.91%,PET-CT结合MRI的效能分别为94.57%、94.33%、96.31%、91.72%和94.48%。**结论** PET-CT/MRI融合图像诊断直肠癌淋巴结转移的诊断价值显著,其诊断效能显著高于两者单纯检测。

**【关键词】** 直肠癌淋巴结转移; PET/CT; 动态增强磁共振成像

**【中图分类号】** R73

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 黑龙江省卫生计生委科研课题(2014-273)

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.03.014

通讯作者: 刘 胡

# Value of PET-CT/MRI Fusion Imaging in the Diagnosis of Lymph Node Metastasis of Rectal Cancer\*

MA Wen-bo, LIU Hu. Department of Radiology, First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Haerbin 150001, Heilongjiang Province, China

**[Abstract] Objective** To explore the value of PET-CT/dynamic enhanced magnetic resonance imaging(MRI) fusion imaging in the diagnosis of lymph node metastasis of rectal cancer. **Methods** The data of 46 patients with rectal cancer confirmed by surgical pathology were analyzed retrospectively, and they accepted 3.0 T pelvic MRI examination and PET-CT examination 1 week before surgery. The long diameter and short diameter of the lymph nodes, SUV value and ADC value of PET-CT or MRI were compared between the metastatic lymph nodes and non-metastatic lymph nodes in rectal cancer. The correlation between SUV value and ADC value of metastatic lymph nodes was analyzed by Spearman correlation, and the surgical pathological results were used as the gold standard, and the SUV<sub>max</sub> value and ADC<sub>standard</sub> value were performed by ROC curve analysis, and the optimal diagnostic threshold was determined, and the diagnostic efficacies of PET-CT, MRI and PET-CT/MRI fusion images were compared in the diagnosis of positive or negative regional lymph node metastasis of rectal cancer. **Results** The mean long diameter value of metastatic lymph nodes was shorter than that of non-metastatic lymph nodes, and the mean short diameter value was significantly larger than that of non-metastatic lymph nodes, and the SUV<sub>max</sub> value, SUV<sub>min</sub> value and SUV<sub>avg</sub> value of metastatic lymph nodes diagnosed by PET-CT were significantly higher than those of non-metastatic lymph nodes, and the ADC<sub>standard</sub>, ADC<sub>low</sub> and ADC<sub>fast</sub> of metastatic lymph nodes diagnosed by MRI-DWI were significantly lower than those of non-metastatic lymph nodes. The Spearman-Brown correlation analysis showed that the SUV value of metastatic lymph nodes was negatively correlated with the ADC value ( $P < 0.05$ ). The surgical pathological results were used as the gold standard, the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy rate of PET-CT in the diagnosis metastatic lymph nodes were 88.68%, 90.78%, 93.78%, 83.66% and 89.50% respectively, and the diagnostic efficacies of MRI were 87.33%, 83.69%, 89.35%, 80.82% and 85.91%, and the efficacies of PET-CT combined with MRI were 94.57%, 94.33%, 96.31%, 91.72% and 94.48% respectively. **Conclusion** PET-CT/MRI fusion imaging has significant diagnostic value in the diagnosis of lymph node metastasis of rectal cancer, and its diagnostic efficacy is significantly higher than that of single detection.

**[Key words]** Lymph Node Metastasis of Rectal Cancer; Dynamic Enhanced Magnetic Resonance Imaging; PET-CT

直肠癌的发病率和死亡率较高,分别位居我国恶性肿瘤的第3位和第5位,严重影响患者预后<sup>[1]</sup>。相关研究指出,临床对直肠癌患者进行癌灶淋巴结转移情况的精确诊断有助于为临床治疗方案提供指导依据和患者预后评估<sup>[2]</sup>。正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography, PET)/计算机断层扫描技术(CT)在诊断恶性肿瘤疾病及淋巴结转移情况方面有一定诊断价值,但对淋巴结内部结构的显示存在一定局限,从而影响淋巴结转移情况诊断的精确性<sup>[3]</sup>。动态增强磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)-弥散加权成像(DWI)技术能够弥补PET/CT显像缺陷,可多序列、多方位成像鉴别直肠癌淋巴结转移情况特点,间接反映肿瘤侵袭性,但其特异性较低<sup>[4]</sup>,二者结合、是否能提高对直肠癌淋巴结转移的诊断准确性值得进一步探讨。本文现回顾性分析PET-CT/MRI融合图像技术在我院46例直肠癌患者淋巴结转

移情况的鉴别诊断价值, 报告如下。

## 1 资料与方法

**1.1 临床资料** 回顾性分析2017年4月~2018年4月期间在本院46例经结肠镜检查确诊为直肠癌患者的病例资料。纳入标准: 术前经结肠镜确诊, TNM分期在T<sub>2</sub>-T<sub>4</sub>期者; 受试前未经放疗、化疗等治疗者; 于检查前8h禁食者; 于影像学检查1周后均行直肠癌切除术+盆腔淋巴结清除术, 并签署手术知情同意书者。排除标准: 对本研究检查手段存在禁忌症者; 合并其他恶性肿瘤者; 经PET-CT和MRI扫描显示图像质量不佳者; 其他严重器质性病变者。46例患者男28例、女18例, 年龄在38~70(58.12±8.21)岁, 经手术病理证实淋巴结共362个, 其中转移淋巴结221个、非转移淋巴结141个。

### 1.2 检测方法

**1.2.1 MRI检测方法:** 采用GE公司的3.0T磁共振成像系统(德国Siemens公司, TRIO型), 对患者进行盆腔直肠常规MRI扫描。扫描区域: 自耻骨联合下缘至髂血管分叉水平, 扫描方式: 快速扰相位梯度回波序列进行定位扫描, 再快速自旋回波序列依次进行冠状位Cor T<sub>2</sub> FRFSE、轴位T<sub>1</sub> FSE、轴位T<sub>2</sub> FRFSE、轴位

T<sub>2</sub> FRFSE fs扫描, 扫描参数: Cor T<sub>2</sub> FRFSE(层厚、层间距、TR、TE、FOV、NEX及矩阵分别为5mm、1mm、3752、85、38×38cm、3、320×224)、轴位T<sub>1</sub> FSE(层厚为5mm、层间距为2mm、TR819、TE minimum、FOV 32×32cm、NEX为2、矩阵为320×224)、轴位T<sub>2</sub> FRFSE(层厚、层间距、TR、TE、FOV、NEX及矩阵分别为5mm、2mm、2500、85、32×32cm、2、320×224)、轴位T<sub>2</sub> FRFSE fs(层厚、层间距、TR、TE、FOV、NEX及矩阵分别为5mm、2mm、2560、85、32×32cm及320×224); 取13个扩散敏感梯度b值(0、50、100、150、200、300、500、800、1000、1300、1500、1700和2000)s/mm<sup>2</sup>。

**1.2.2 PET-CT扫描方法:** 应用64排宝石CT(美国GE公司, 型号: DISCOVERY HD CT750), 控制患者空腹血糖在8.1mmol/L, 静脉注射<sup>18</sup>F-FDG 3.7~4.44MBq/Kg后静卧1h, 再进行全身PET-CT扫描, 扫描范围: 头部至大腿中部; 扫描技术及方法: 三维成像模式, 取6~8个床位, 每个床位扫描2.5分钟; 扫描参数: 管电压: 120kV, 管电流200mAs, 层厚和层间距为3.75mm、0mm, 重建算法为FBP(滤波反投影法)。

### 1.3 图像处理分析

**1.3.1 磁共振数据处理:** 将b值(b=1000s/mm<sup>2</sup>)DWI序列图像传入

GE ADW4.6工作站, 利用Functool软件进行分析处理, 在工作站确定T<sub>1</sub>WI和T<sub>2</sub>WI序列并明确病灶和淋巴结位置, 在淋巴结最明显层面选取感兴趣区(ROI), 注意避开周边低信号坏死区, 在每个淋巴结取3个不同层面测量ADC<sub>standard</sub>、ADC<sub>slow</sub>、ADC<sub>fast</sub>, 以上数据取三次测量数据的平均值。

**1.3.2 PET-CT数据处理:** 应用GE PET-VCAR后处理软件自动测定病灶PET-CT图像, 采用固定阈值法显示盆腔PET多平面PET、CT及PET-CT图像, 在PET-CT图像上确定癌灶和淋巴结的大小、位置及到直肠癌灶距离, 勾画出ROI, 在每个淋巴结取3个不同层面测量SUV<sub>max</sub>, SUV<sub>avg</sub>、SUV<sub>min</sub>, 以上数据取三次测量数据的平均值。

**1.3.3 PET-CT图像与MRI图像融合:** 应用的Integrated Registration融合软件(美国GE公司生产), 将PET-CT图像与MRI图像传入并进行融合, 在AWserver平台上运行, 在同一层面显示PET-CT、PET-T<sub>1</sub>WI、PET-DWI等图像, 在已配准数据集上放置ROI, 并进行分析处理。

**1.4 统计学方法** 以( $\bar{x} \pm s$ )记计量资料, 组间数采用独立样本t检验; 以n或%形式记录计数资料, 采用Spearman相关分析转移淋巴结SUV值与ADC值之间相关性, 对SUV值和ADC值进行制ROC曲线分析, 评估PET-CT、MRI和PET-

表1 转移淋巴结和非转移淋巴结的影像学相关参数数值对比( $\bar{x} \pm s$ )

淋巴结	n	长径(mm)			短径(mm)			长短径之比	SUV值			ADC值(mm <sup>2</sup> /s)		
		最大长径	最小长径	平均值	最大短径	最小短径	平均值		SUV <sub>max</sub>	SUV <sub>min</sub>	SUV <sub>avg</sub>	ADC <sub>shandard</sub>	ADC <sub>slow</sub>	ADC <sub>fast</sub>
转移淋巴结	221	10.89	3.08	6.32±1.29	11.49	4.53	7.68±1.56	1.33±0.25	2.24±0.68	1.18±0.63	1.39±0.43	0.83±0.15	0.80±0.11	0.68±0.08
非转移淋巴结	141	13.54	4.68	9.89±1.89	9.03	3.02	6.18±1.38	1.28±0.22	1.35±0.31	0.25±0.08	0.23±0.05	0.98±0.21	0.92±0.15	0.73±0.11
t/Z	-	-	-	21.353	-	-	9.324	1.943	14.598	17.431	31.880	7.917	8.762	4.997
P	-	-	-	<0.001	-	-	<0.001	0.053	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

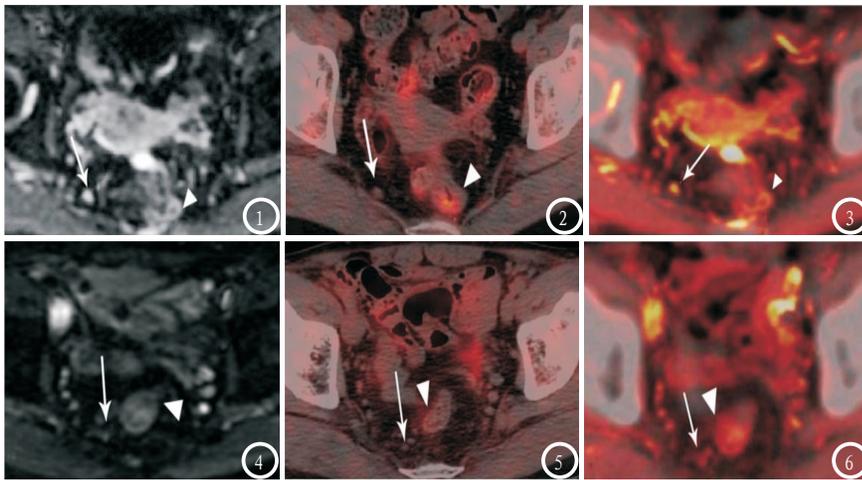


图1-3 为直肠癌转移淋巴结图，白色箭头示为癌灶，白色箭头示为转移淋巴结，淋巴结大小为12mm×6.8mm。图1 为MRI-DWI图(ADC为 $0.56 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )；图2 为PET-CT图(SUV值为2.825)；图3 为PET-CT/MRI融合图。图4-6 为直肠癌非转移淋巴结转移图，白色箭头为癌灶，白色箭头示为非转移淋巴结，淋巴结大小为8.7mm×4.2mm。图4 为MRI-DWI图(ADC为 $1.815 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )；图5 为PET-CT图(SUV值为1.328)；图6 为PET-CT/MRI融合图。

CT结合MRI对淋巴结转移的诊断效能，应用SPSS 19.0统计软件进行处理，当 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

转移淋巴结和非转移淋巴结影像图，见图1-6。

**2.1 转移淋巴结和非转移淋巴结的影像学相关参数值对比** 转移淋巴结的长径平均值短于非转移淋巴结，短径平均值显著大于非转移非转移淋巴结，经PET-CT诊断的转移淋巴结 $SUV_{max}$ 值、 $SUV_{min}$ 值、 $SUV_{avg}$ 值显著高于非转移淋巴结，经MRI-DWI测定转移淋巴结的 $ADC_{shandard}$ 、 $ADC_{slow}$ 、 $ADC_{fast}$ 显著低于非转移淋巴结。见表1。

**2.2 转移淋巴结SUV值与ADC值相关性比较** 采用Speaman-Brown相关分析，转移淋巴结SUV值与ADC值之间呈负相关关系( $r = -0.715$ ,  $P < 0.05$ )。

**2.3 PET-CT、MRI和PET-CT结合MRI对淋巴结转移的诊断效能** 将手术病理结果作为金标准，PET-CT检出转移淋巴结209个，非转移淋巴结153例；对PET-CT评估淋巴结阴阳性时SUV值进行

ROC曲线绘制和分析，转移淋巴结ROC曲线下面积(AUC)为0.928， $P < 0.05$ ，诊断效能高；当 $SUV_{max}$ 诊断阈值为2.05时，最大约登指数为0.835，PET-CT诊断淋巴结阴阳性灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率分别为88.68%、90.78%、93.78%、83.66%和89.50%。

以手术病理结果为参考标准，MRI检出转移淋巴结216个，非转移淋巴结146例；对MRI评估淋巴结阴阳性时进行ROC曲线绘制和分析，转移淋巴结ROC曲线下面积(AUC)为0.882， $P < 0.05$ ，诊断效能较高； $ADC_{standard}$ 诊断阈值为 $1.12 \times 10^{-3}$ 时，最大约登指数为0.750，MRI诊断淋巴结阴阳性时灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率分别为87.33%、83.69%、89.35%、80.82%和85.91%。

以病理结果作为金标准，当PET-CT结合MRI诊断淋巴结阴阳性时，即当 $SUV_{max} = 2.05$ 或 $ADC_{standard} = 1.12 \times 10^{-3}$ ，检出转移淋巴结217个，非转移淋巴结145例，灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率分别为94.57%、94.33%、96.31%、

91.72%和94.48%。

## 3 讨论

美国国家综合癌症网络(NCCN)报道指出，有无淋巴结转移是影响直肠癌任何T期患者预后的重要因素<sup>[5]</sup>。淋巴结作为人体最重要的免疫器官之一，可有效清除机体感染时的病毒、异物、癌细胞等物质，但淋巴结因病毒、癌细胞等侵袭而出现体积增大，因此，临床相关研究多以淋巴结的大小作为鉴别淋巴转移情况的依据。本研究中的转移淋巴结的长径平均值短于非转移淋巴结，短径平均值显著大于非转移淋巴结。王屹等<sup>[6]</sup>研究指出，淋巴结大小在5~10mm常作为判定淋巴结转移的标准，但单纯依靠淋巴结大小作为判定依据不够准确，因为淋巴结的大小还受到转移淋巴结中的炎性淋巴结增大和伴有转移的小淋巴结等情况影响，诊断特异性不高。

本文结果发现，经PET-CT诊断的转移淋巴结 $SUV_{max}$ 值显著高于非转移淋巴结，经MRI-DWI测定转移淋巴结的 $ADC_{shandard}$ 显著低于非转移淋巴结，提示 $SUV_{max}$ 和 $ADC_{shandard}$ 用于鉴别淋巴结转移情况有一定诊断价值。PET-CT作为一种融合功能显像和形态显像于一体的影像学手段，对结肠直肠癌良恶性鉴别、淋巴结特点及转移等判断、术后复发监测和癌灶寻找等方面较常规影像学手段有一定优势，但对于直肠癌区域淋巴结的鉴别诊断效能，各文献报道不一<sup>[7]</sup>。MRI-DWI在利用测量ADC鉴别直肠癌淋巴结转移情况，是以ADC可伴随组织内细胞增殖数量和密度变化而变化为理论基础，

(下转第 102 页)

当淋巴结区域内癌细胞出现转移、浸润时,可之直接影响淋巴结内部细胞间隙和微循环,造成细胞增殖数量增加,而细胞外容积密度减少,可间接反映直肠癌细胞的侵袭性<sup>[8-9]</sup>。而本研究中以手术病理结果作为金标准,在诊断淋巴结阴阳性时,PET-CT诊断灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率分别为88.68%、90.78%、93.78%、83.66%和89.50%,MRI诊断效能分别为87.33%、83.69%、89.35%、80.82%和85.91%,均低于PET-CT结合MRI的94.57%、94.33%、96.31%、91.72%和94.48%,提示PET-CT结合MRI融合图像诊断结肠直肠癌淋巴结转移情况的诊断效能高。分析原因,PET/CT诊断直肠癌淋巴结转移情况的灵敏性不如特异性高可能是因为对淋巴结的半定量分析或视觉分析仅能反映癌灶内某一像素的代谢水平;ADC

值则是利用组织内水分子弥散能力差异性来区分、鉴别移性淋巴结转移情况,但炎症、缺血等因素均会影响ADC值水平,造成ADC值降低,而PET-CT结合MRI融合图像可明显提高两者诊断手段的可比性和诊断结果的准确性。因此,PET-CT结合MRI融合图像在预测直肠癌区域淋巴结转移情况的诊断效能高,与赵升等<sup>[10]</sup>报道相似。

综上所述,PET-CT结合MRI融合图像用于鉴别转移和非转移淋巴结可进一步提高诊断的精确性和可比性,其诊断效能显著高于两者单纯应用。

### 参考文献

[1] 刘芳腾, 欧阳喜, 张官平, 等. 循环核糖酸在结肠直肠癌中的应用及研究现状[J]. 广东医学, 2016, 37(11): 1734-1738.  
[2] 冯凯. 高分辨率MRI评估直肠癌淋巴结转移情况的临床价值分析[J]. 结直肠肛门外科, 2018, (2).  
[3] 刘青青, 王振光, 王楠, 等. 非霍奇金淋巴瘤与广泛淋巴结转移癌的

<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 淋巴结影像特征比较[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2016, 36(2): 142-145.

[4] 叶文钦, 陈译文, 陈忠, 等. 多参数MRI在结直肠癌诊断中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(5): 135-138.  
[5] 纪云. 结直肠癌淋巴结切除数目的变化与预后[J]. 中国药物与临床, 2017, 17(6): 903-904.  
[6] 王屹. 直肠癌转移性淋巴结影像诊断及临床应用[J]. 中华胃肠外科杂志, 2016, 19(6): 630-633.  
[7] 高晶晶, 李绍东, 李江山, 等. PET/CT-MRI三模式在直肠癌局部分期中的应用[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2017, 23(2): 185-190.  
[8] 刘移忠, 孙维利. 术前螺旋CT与MRI判断结肠癌区域淋巴结转移与分期的应用价值比较[J]. 结直肠肛门外科, 2018, 24(2): 174-178.  
[9] 邹海华, 戴鑫, 李燕, et al. 动态增强MRI时间-信号曲线联合形态学分析在直肠癌转移/非转移淋巴结鉴别诊断中的价值[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2018, 38(3): 386-370.  
[10] 赵升, 田墨涵, 于丽娟, 等. 直肠癌原发灶PET/CT代谢参数和MRI-DWI预测区域淋巴结转移的研究[J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 489-495.

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2019-01-18