

论 著

异机融合¹⁸F-FDG PET/MRI对癫痫灶的定位诊断价值

伍雪晴 李建东 路 莉
赵海珊 韩翠平* 徐 凯
徐州医科大学附属医院影像科
(江苏 徐州 221000)

【摘要】目的 研究了异机融合¹⁸F-FDG PET/MRI在治疗癫痫方面的效果定位诊断价值。**方法** 回顾性分析2018年8月~2022年8月于徐州医科大学附属医院确诊为难治性癫痫的患者41例,患者均行正电子发射断层成像/计算机断层显像(¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography, ¹⁸F-FDG PET/CT)及磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查,以立体定位脑电图(stereo-electroencephalography, SEEG)及术中皮层脑电图(electrocorticography, ECoG)作为诊断的金标准,探讨PET/MRI异机融合图像对于癫痫灶的定位诊断价值。41例患者均通过手术或颅内神经刺激器植入进行干预。**结果** 41例患者中男性23例,女性18例。MRI显像阳性率65.9%(27/41),定侧准确率58.5%(24/41),定位准确率46.3%(19/41);¹⁸F-FDG PET/CT阳性显像率95.1%(39/41),定侧准确率82.9%(34/41),定位准确率78.0%(32/41);¹⁸F-FDG PET/MRI融合检查阳性率97.6%(40/41),定侧准确率95.1%(39/41),定位准确率90.2%(37/41)。41例患者中结节性硬化2例,海马硬化11例,局灶性皮质发育不良(FCD)7例,胚胎发育不良性神经上皮肿瘤(DNET)2例,海绵状血管瘤1例,均与MRI报告提示一致;余18例未发现明确病因。**结论** ¹⁸F-FDG PET/MRI对癫痫病灶检出及定侧、定位价值高于传统的MRI检查,而¹⁸F-FDG PET/CT显像和¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像在难治性癫痫患者病灶检出阳性率和致病灶定侧定位准确性上不存在显著差异。MRI对病因诊断更为明确。对于病因明确的患者及MRI阴性而¹⁸F-FDG PET/CT显像阳性患者,其术后疗效好。

【关键词】 癫痫; 磁共振成像; 正电子发射计算机断层扫描; 异机融合
【中图分类号】 R742.1; R445.2
【文献标识码】 A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.003

Diagnostic Value of Registration Imaging ¹⁸F-FDG PET / MRI in Localization of Epileptic Foci

WU Xue-qing, LI Jian-dong, LU Li, ZHAO Hai-shan, HAN Cui-ping*, XU Kai.
Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of ¹⁸F-FDG PET/MRI in the localization and diagnosis of epileptic foci. **Methods** A retrospective analysis of 41 patients diagnosed with refractory epilepsy in the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from August 2018 to August 2022 was performed. All patients underwent positron emission tomography / computed tomography (¹⁸F-FDG PET/CT) and magnetic resonance imaging (MRI). Stereo-electroencephalography (SEEG) and intraoperative electrocorticography (ECoG) were used as the gold standard for diagnosis to explore the diagnostic value of ¹⁸F-FDG PET / MRI images for localization of epileptic foci. All 41 patients were intervened by surgery or intracranial nerve stimulator implantation. **Results** There were 23 males and 18 females in 41 patients. The positive rate of MRI imaging was 65.9 % (27 / 41), the accuracy of lateralization was 58.5 % (24/41), and the accuracy of localization was 46.3 % (19/41). The positive imaging rate of ¹⁸F-FDG PET / CT was 95.1% (39/41), the accuracy of lateralization was 82.9 % (34/41), and the accuracy of localization was 78.0 % (32/41). The positive rate of ¹⁸F-FDG PET / MRI examination was 97.6% (40/41), the lateralization accuracy was 95.1% (39/41), and the localization accuracy was 90.2% (37/41). Among the 41 patients, there were 2 cases of nodular sclerosis, 11 cases of hippocampal sclerosis, 7 cases of focal cortical dysplasia (FCD), 2 cases of dysembryoplastic neuroepithelial tumor (DNET) and 1 case of cavernous hemangioma, all of which were consistent with MRI reports. No definite cause was found in the remaining 18 cases. **Conclusion** The value of ¹⁸F-FDG PET / MRI in the detection, localization and localization of epileptic foci was higher than that of traditional MRI examination, while there was no significant difference between ¹⁸F-FDG PET / CT imaging and ¹⁸F-FDG PET / MRI fusion imaging in the positive rate of lesion detection and the accuracy of localization and localization of epileptic foci in patients with refractory epilepsy. MRI is more clear in the diagnosis of etiology. For patients with clear etiology and patients with negative MRI and positive ¹⁸F-FDG PET / CT imaging, the postoperative efficacy is good.

Keywords: Epilepsy; Magnetic Resonance Imaging; ¹⁸F-fluorodeoxyglucose Positron Emission Computed Tomography; Registration Imaging

癫痫是人们描述为一种慢性的神经系统疾病,影响到全球大约1%的人口^[1]。癫痫发病的原因众多,包括其结构与遗传、感染、代谢、免疫以及不明原因等^[2]。该病主要通过药物控制,尽管现阶段大多数癫痫患者的癫痫发作症状可以通过药物疗法得到有效控制,但是,还有一小部分病患在面对药物治疗的反应时表现不尽如人意,使得癫痫发作变得难以管控,称为难治性癫痫(refractory epilepsy, RE)。癫痫灶(epileptogenic zone, EZ)是导致癫痫发作的异常结构区域,癫痫灶的正确定位与癫痫患者良好的预后密切相关,临床上常常通过影像学的检查方法无创的识别EZ。MRI是识别引起癫痫病变的有力工具,有研究表明,约有近三分之一的癫痫患者MRI不能发现任何明显的异常^[3]。PET在临床上已被用于可疑癫痫灶的提示。以前的一项研究显示, PET可以在MRI/脑电图阴性的癫痫患者中显示有益的信息^[4]。然而,据报道,使用PET或PET/CT对癫痫病人的EZ的检测率仅为36-73%^[4]。因此,由于缺乏软组织对比,在PET/CT上检测EZ仍然很困难^[5]。这一缺陷要求进行额外的、单独的MRI检查。融合¹⁸F-FDG PET/MRI显像有可能在一次检查中结合MRI优越的软组织对比度和¹⁸F-FDG PET的代谢特征从而对病灶进行更为准确的定位。这可能成为EZ检测的理想工具,因为它可以同时评估解剖学和功能学信息。而且融合¹⁸F-FDG PET/MRI显像已经被应用于癌症研究,如脑部、头颈部、肺部、肌肉骨骼和胰腺的肿瘤^[6]。国外¹⁸F-FDG PET/MRI在神经系统疾病的诊断及癫痫术前的定位诊断方面应用较多,但国内研究仍较少。本研究对41例癫痫患者采用¹⁸F-FDG PET/MRI检查,探讨其在临床中的应用价值。

1 资料和方法

1.1 资料 回顾性分析2018年8月至2022年8月于徐州医科大学附属医院行PET/MRI检查患者41例。入组标准:所有参与手术的患者都被医学医生确诊为难以治疗的癫痫病例,这意味着他们至少接受了至少两种或更多的抗癫痫药物治疗,尽管这些治疗手段在接受两年或更长时期的正规治疗后,疗效尚未达到预期;在癫痫发作的间隔期,患者接受了¹⁸F-FDG PET/CT的脑代谢成像以及头颅的高分辨率MRI(癫痫序列)检测;进行¹⁸F-FDG PET/CT查的时间间隔超过了最近一次癫痫发作的48小时,并且MRI与¹⁸F-FDG PET/CT检查之间的时间间隔少于一个月;病患被送到立体定向脑电图和手术时进行皮层脑电图的观察,同时在脑电生理检测中也出现了病病似的放电现象,如棘波、尖波等;在确诊

【第一作者】伍雪晴,女,硕士研究生,主要研究方向:分子影像。E-mail: 2273567277@qq.com

【通讯作者】韩翠平,女,教授,主要研究方向:分子影像学。E-mail: hancp@xzhu.edu.cn

为致痫灶之后，所有患者都接受了手术治疗(即切除致痫灶)或者进行了颅内神经器的植入；病人临床资料完善。排除标准：在患者的脑电生理检测中，没有发现癫痫发作时的典型痫状放电模式；该病患还展现出了其他重大的神经损伤以及心理健康问题；在临床实践中进行诊断和治疗的时候，许多患者的治疗配合程度表现得相当低，他们提供的病历可能并不完整或缺乏实时查阅。

1.2 MRI检查 利用MR扫描机对头颅进行多方位扫描，包括轴位T₁、T₂及T₂ flair序列、矢状位T₁序列及冠状位T₂ flair cube序列扫描。由2名影像专业医师(工作年限均>5年)阅片，进行综合判读，判断有无异常信号灶。

1.3 PET/CT检查 41名患者在发病期间都接受了¹⁸F-FDG PET/CT显像，这些数据是由GE公司的Discovery PET/CT 690 Elite软件提供的。放射性追踪剂使用了¹⁸F-FDG(放化纯度超过98%)，并确保患者没有MRI 检查的禁忌。在进行检查之前，患者需要禁食不少于4小时，并按照5-7mCi/kg的剂量静脉注入¹⁸F-FDG。注射结束后，患者需要卧床休息40分钟，并开始进行PET/CT扫描。图像采集：使用PET技术在1个床位上进行采集，整个采集过程持续5分钟。完成扫描后，利用CT扫描数据来进行PET的衰减修正。由两位经验丰富的核医学专家(他们的工作经验超过5年)共同进行双盲视频阅读,通过视觉分析来评估各个部位的放射性分布，如果对侧同源区域或相应部位的摄取不对称超过15%，那么这可能是致病的原因^[7]。在对不愿意合作的病人进行检查之前，给予他们口服10%的水合氯醛溶液以达到镇静效果。

1.4 PET/MRI异机图像融合方法及图像分析 在750W MRI配备的AW4.6后处理工作站上将PET与MRI轴位的T₂ flair图像进行融合，并进行冠状位及矢状位重建。异机融合的图像是由影像科和核医学科的医生共同解读的，他们确定了¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合图像中的异常部分，而MRI和¹⁸F-FDG PET/MRI 的图像分析技术可以参考上述描述。

1.5 统计学处理 我们使用SPSS 22.0统计软件对收集到的数据进行了详细的整理和分析。在计数资料方面，我们采用了卡方检验。如果存在理论频数为0或理论频数小于5的单元格超出20%的情况，我们将使用Fisher确切概率法进行统计分析。在P<0.05的情况下，这种差异在统计上是有意义的。

2 结 果

2.1 一般资料 在此项调查研究里，我们识别出了41位符合条件的癫痫患者，其中男性患者23例，年龄范围1岁-53岁，中位年龄10岁，BMI系数(16.23±2.47)。女性患者18例，年龄范围3周-36岁，中位年龄13岁，BMI系数(15.89±3.41)。所有患者一般身体情况均良好，既往体健，无输血史、药物过敏史。所有患者都接受了非侵入性和侵入性的脑电生理检测(VEEG、SEEG、ECoG等)、正电子发射断层成像/计算机断层显像、头颅高分辨率磁共振成像癫痫序列检查，以及¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合脑显像。有23例患者在MRI上存在有明确的结构异常，其中结节性硬化2例，海马硬化11例，局灶性皮质发育不良(FCD)7例，胚胎发育不良性神经上皮肿瘤(DNET)2例，海绵状血管瘤1例，经综合分析，所有存在结构异常的患者其术后缓解率为100%(Engel I - II级)。41例患者经过综合评估，确定致痫灶位置后均行外科致痫灶切除术或颅内神经器置入术进行治疗，患者术后缓解率达82.9%(34/41)(Engel I - II级)。

2.2 MRI检查结果 MRI的结果表明，27名患者的解剖构造或者信号表现出异常。在检测出27名MRI呈阳性的患者中，有24名的MRI侧向检查结果与脑电生理测量结果高度一致；在MRI检测中，有2例病患的病变显示为两侧多出现，这使我们不能精确判定致病病变的走向，另外1例病患在确定方向时产生了误差。另外，观察到某些病例因为病变部位深或触及重要功能区域，这使得影像学的诊断变得具有挑战性。在24名能够准确鉴定致病部位不同的患者里，有19名患者的MRI扫描显示与侵入式脑电生理检测结果一致，然而，还有5名患者在确诊位置时出现了误差。所有病患都未表现出明确的癫痫症状或是其他的神经相关表现。在MRI的检测里，阳性病变被发现的比率是65.9%(27/41)，关于致痫灶

定侧的精确度，我们获得了58.5%(24/41)的准确率，而致痫灶的定位准确性则高达46.3%(19/41)(见下表)。

2.3 PET/CT检查结果 在进行¹⁸F-FDG PET/CT的大脑代谢成像时，39位病患呈现了解剖和代谢上的异常，其中34位病患中，致病部位的侧别与脑电生理检测的数据相当一致。34例正确定侧的难治性癫痫患者中，有32例患者¹⁸F-FDG PET/CT脑代谢显像所示的解剖或代谢异常区域与脑电生理检查结果一致。最终，¹⁸F-FDG PET/CT显像阳性率为95.1%(39/41)，定侧准确率为82.9%(34/41)，定位准确率为78.0%(32/41)(见下表)。14例MRI检查阴性癫痫患者中，12例在¹⁸F-FDG PET/CT 显像上存在异常，此外，有9名患者成功地确定了侧位，7名患者准确地确定了致病的病灶位置。2例MRI检查示病灶双侧多发，无法明确定侧致痫灶的患者在¹⁸F-FDG PET/CT所示结果相似(多发病灶)；1例MRI定侧错误者，¹⁸F-FDG PET/CT检查定侧正确。在5名MRI正确定侧但定位错误的患者中，3名患者的¹⁸F-FDG PET/CT检查定位正确，另外2名¹⁸F-FDG PET/CT检查也定位错误。通过Pearson卡方的检测方法，我们在致病的部位发现了阳性反应、定侧和定位准确性上MRI和¹⁸F-FDG PET/CT均存在显著差异($\chi^2=11.182$ 、 $P=0.001$ ； $\chi^2=8.765$ 、 $P=0.003$ ； $\chi^2=5.891$ 、 $P=0.015$)，与MRI检查相比，¹⁸F-FDG PET/CT脑代谢显像在检测致痫灶的阳性率、定侧和定位方面具有明显的优势。14名MRI检查结果为阴性，但¹⁸F-FDG PET/CT显像呈阳性的患者，在手术后癫痫发作的控制满意度(Engle I 级)达到了78.6%(11/14)。

2.4 PET/MRI检查结果 在进行¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像的过程中，40名癫痫患者都显示出解剖结构、磁共振信号或葡萄糖代谢的异常。而在MRI和¹⁸F-FDG PET/MRI显像中均为阴性的1名患者，在¹⁸F-FDG PET/MRI 的显像结果中呈现为阳性。在¹⁸F-FDG PET/MRI 异机融合显像的39例中，致痫灶的侧别与脑电生理检查的结果是一致的。然而，有1例定侧失败的患者在MRI检查和¹⁸F-FDG PET/CT显像的定侧结果都是错误的。在39名使用¹⁸F-FDG PET/MRI 进行异机融合显像并准确定位了侧致痫灶的病人中，37名患者展示的解剖结构、磁共振信号或葡萄糖代谢异常区域与脑电生理检查的结果是一致的。在¹⁸F-FDG PET/MRI 的异机融合显像中，致痫灶的阳性检出率达到了97.6%(40/41),定侧准确率为95.1%(39/41)，定位准确率为90.2%(37/41)(见下表)。14名MRI检查结果为阴性的癫痫患者在PET/MRI的显像中都出现了异常，其中12名患者成功地确定了侧位，而11名患者准确地定位了致病的病灶。通过Fisher确切概率法检验或Pearson卡方检验，MRI和¹⁸F-FDG PET/MRI 异机融合显像在难治性癫痫患者的病灶检出阳性率和致痫灶定侧定位的准确性上表现出显著的差异($\chi^2=13.789$ 、 $P<0.001$ ； $\chi^2=15.414$ 、 $P<0.001$ ； $\chi^2=18.247$ 、 $P<0.001$)；而¹⁸F-FDG PET/CT脑代谢显像和¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像在难治性癫痫患者病灶检出阳性率和致痫灶定侧定位准确性上不存在显著差异($P=1.000$ ； $P=0.155$ ； $\chi^2=2.285$ 、 $P=0.131$)，将¹⁸F-FDG PET/CT和¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像对癫痫灶的定位情况进行Kappa一致性检验，得到Kappa=0.555，根据Fleiss提出的三级标准(Kappa≥0.75两者一致性较好；0.75>Kappa≥0.4两者一致性一般；Kappa<0.4两者一致性较差)划分为一致性一般，这表明两者在癫痫病灶的定位方面具有较高的一致性。

表1 三种检查方法阳性率比较[n=41]

检查方法	阳性[n(%)]	阴性[n(%)]
MRI	27(65.9)	14(34.1)
¹⁸ F-FDG PET/CT	39(95.1)	2(4.9)
¹⁸ F-FDG PET/MRI	40(97.6)	1(2.4)

注：MRI与¹⁸F-FDG PET/CT阳性率比较： $\chi^2=11.182$ 、 $P=0.001$ ；
MRI与¹⁸F-FDG PET/MRI阳性率比较： $\chi^2=13.789$ 、 $P<0.001$ ；
¹⁸F-FDG PET/CT与¹⁸F-FDG PET/MRI阳性率比较： $P=1.000$ 。

表2 三种检查方法定侧准确率比较[n=41]

检查方法	定侧正确[n(%)]	定侧错误[n(%)]
MRI	24(58.5)	17(41.5)
¹⁸ F-FDG PET/CT	34(82.9)	7(17.1)
¹⁸ F-FDG PET/MRI	39(95.1)	2(4.9)

注: MRI与¹⁸F-FDG PET/CT定侧准确率比较: $\chi^2=8.765$ 、 $P=0.003$;
MRI与¹⁸F-FDG PET/MRI定侧准确率比较: $\chi^2=15.414$ 、 $P<0.001$;
¹⁸F-FDG PET/CT与¹⁸F-FDG PET/MRI定侧准确率比较: $P=0.155$ 。

表3 三种检查方法定位准确率比较[n=41]

检查方法	定位正确[n(%)]	定位错误[n(%)]
MRI	19(46.3)	22(53.7)
¹⁸ F-FDG PET/CT	32(78.0)	9(22.0)
¹⁸ F-FDG PET/MRI	37(90.2)	4(9.8)

注: MRI与¹⁸F-FDG PET/CT定位准确率比较: $\chi^2=5.891$ 、 $P=0.015$;
MRI与¹⁸F-FDG PET/MRI定位准确率比较: $\chi^2=18.247$ 、 $P<0.001$;
¹⁸F-FDG PET/CT与¹⁸F-FDG PET/MRI定位准确率比较: $\chi^2=2.285$ 、 $P=0.131$ 。

3 典型病例

病例1 患者,女,8岁,间断抽搐2年余,诊断为难治性癫痫。视频脑电图(VEEG)提示:右侧额极、额、前中颞区棘波、棘慢波发放。NREM睡眠期放电指数约30%左右,清醒期监测到2次癫痫发作。长期口服吡仑帕奈、拉莫三嗪长期抗癫痫治疗,控制欠佳。患者MRI平扫可见右侧颞叶皮层下局部异常信号,¹⁸F-FDG PET/CT图像及¹⁸F-FDG PET/MRI融合图像均提示右侧颞叶局部代谢稍减低,但显示出清晰的脑组织结构。此外¹⁸F-FDG PET/MRI还发现右侧额顶叶代谢异常,而相应区域MRI未示明显异常,这与术中皮层脑电图所提示结果一致。

病例2 患者,男,5岁,无明显诱因出现抽搐3年余,在发作

过程中,患者的双眼会出现凝视,而嘴唇则会变得发绀,四肢阵挛,持续约20s后可自行缓解,抽搐后嗜睡,单日发作频率为十余次。长时间口服的抗癫痫药物效果不佳,因此被确诊为难以治疗的癫痫。24h视频脑电图提示清醒期、睡眠期出现尖波、棘波、棘慢波发放,可见左侧额区样放电。MRI平扫提示左侧额叶局部皮质稍厚,¹⁸F-FDG PET/CT脑代谢显像及PET/MRI融合显像均提示相应部位代谢减低。经过术前综合评估,手术切除左侧额叶致痫灶,患者术中皮层脑电图提示左侧额叶中下回前部可见异常信号,病理:右侧额叶大脑皮层组织胶质细胞增生,部分神经元变性,神经元排列紊乱。术后患者随访6个月,癫痫症状控制可。复查脑电图示术区低电压表现。

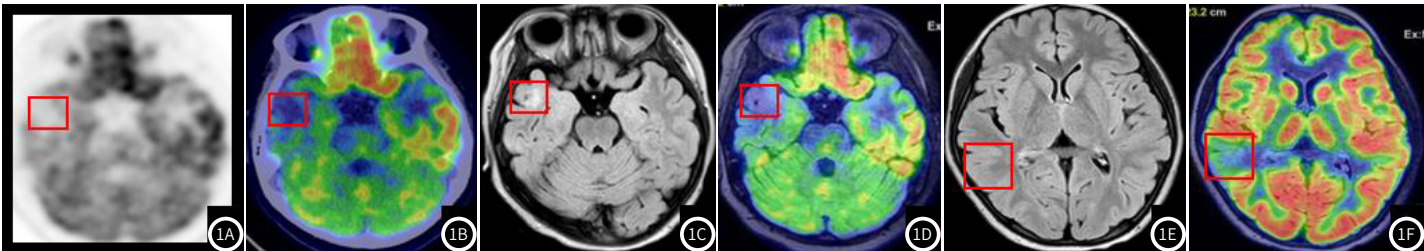


图1A-图1F ¹⁸F-FDG PET/CT显像(1A-1B)显示右侧颞叶局部代谢稍减低,MRI平扫(1C)可见相应区域异常信号,主要于皮层下,¹⁸F-FDG PET/MRI融合图(1D)显示出结构清晰的代谢减低区域。此外¹⁸F-FDG PET/MRI还提示右侧额顶叶代谢较对侧减低(1E),而相应区域MRI(1F)未示明显异常,这与术中皮层脑电图所提示结果一致。

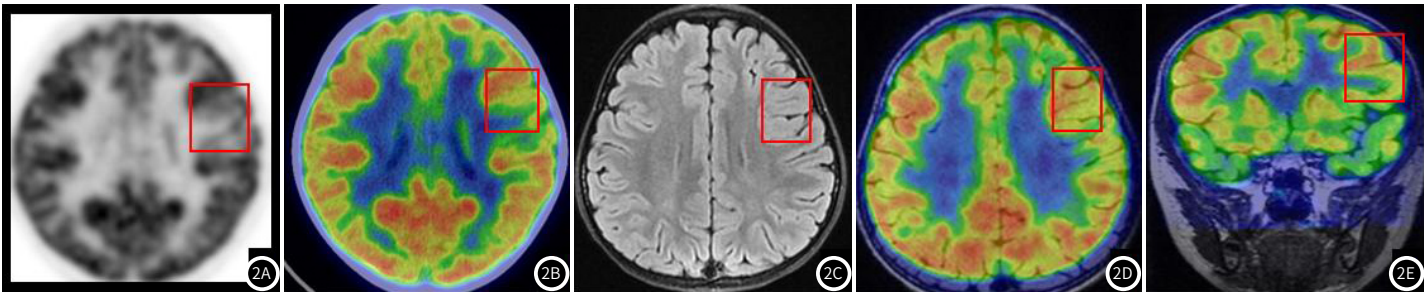


图2A-图2E MRI平扫示左侧额叶局部皮质稍厚,相应区域¹⁸F-FDG PET/CT显像提示代谢减低,¹⁸F-FDG PET/MRI融合图像上,多方位观察到增厚的皮质代谢减低。

4 讨论

癫痫被视为是被广泛看作一种普遍的慢性神经性疾病,其特征是反复自发性癫痫发作。尽管有超过25种药物可用于一线临床治疗,但仍有约三分之一的病例控制不佳^[8]。目前推荐手术切除癫痫病灶,并且在耐药患者中已经认识到手术结果与EZ识别准确性之间的显著关系,因为术前的精准定位对癫痫的预后有着至关重要的作用。

本项研究对41例难治性癫痫患者进行了回顾性分析,包括MRI、¹⁸F-FDG PET/CT、¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像和神经电生理检查的数据。我们采用立体定向脑电图或术中皮层脑电图作为“金标准”,以探讨¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像在药物难治性癫痫患者癫痫病灶定位中的应用价值。在这项研究里,MRI在检测癫痫病灶的阳性率和定位定侧的准确性上分别达到了65.9%(27/41)、58.5%(24/41)和46.3%(19/41),¹⁸F-FDG PET/CT显像技术在癫痫病灶检出阳性率和定位定侧准确性方面分别达到了95.1%(39/41)、82.9%(34/41)和78.0%(32/41)。经过MRI

和¹⁸F-FDG PET 异机融合技术的应用,这些指标在致病灶检出阳性率和定位定侧准确性方面分别提高到了97.6%(40/41)、95.1%(39/41)、90.2%(37/41),这得益于两者的联合配准弥补了潜在病灶在MRI上的假阴性及¹⁸F-FDG PET/CT比实际放电区域代谢改变范围大的缺陷。通过统计学的方法分析,我们发现MRI与¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像在致病灶的阳性检出率和定位定侧的准确性上都有明显的不同。然而,¹⁸F-FDG PET/CT与¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像之间的差异并不显著。通过对¹⁸F-FDG PET/CT和¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像技术在致病灶定位方面进行Kappa一致性检验,我们得出了Kappa等于0.555的结果,按照Fleiss提出的三级标准,它们被分类为一致性一般,这表明它们在确定致病灶的位置上具有较高的一致性。在我们所进行的研究里,¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像在检测病灶的阳性率和定位定侧方面都明显胜过MRI检查。这种差异与之前的研究结果非常相似。与传统的¹⁸F-FDG PET/CT脑代谢显像相比,¹⁸F-FDG

PET/MRI异机融合显像的一致性更高。但在检测致病灶的阳性率和定位定侧的准确性上,两者并没有明显的区别。这之前报道^[1,9-10]的一体化PET/MRI扫描系统在定位致病灶的准确性上稍显不足,但与^[11-12]等研究者的发现相似,¹⁸F-FDG PET和MRI在软件后处理后得到的¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合图像可能存在配准误差,这可能是造成这种情况的原因。

研究表明,对于明显的结构改变,如畸形、局灶性皮质发育不良、海马硬化、血管瘤等,MRI更能提供明确的致病病因,以此指导的癫痫病灶的切除,患者预后明显更好^[13]。本研究纳入的41例患者中,结节性硬化2例,海马硬化11例,局灶性皮质发育不良(FCD)7例,胚胎发育不良性神经上皮肿瘤(DNET)2例,海绵状血管瘤1例,均与MRI报告提示一致,而以上患者在PET/CT上仅表现为无特异性的代谢性减低或增高区,证实MRI对癫痫患者病因诊断更为有利。所有存在结构异常的23例患者其术后缓解率为100%(Engel I-II级),表明患者预后良好,与文献报道一致^[13]。

对于MRI阴性患者,既往研究^[14-15]表明PET/CT技术可以在MRI阴性癫痫患者的60-80%范围内检测到局部的代谢异常情况,本研究中,在PET/CT扫描中,14名MRI检测结果为阴性的癫痫患者都被发现有不正常的表现,这优于文献报道的阳性率,这是意料之外的事,这可能归因于临床选择偏差、阅片差异等。此外,PET阳性但MRI阴性的病例通常具有良好的预后,研究表明75%患者的术后疗效在5年内归类为Engel I级^[15]。本研究中14例MRI检查阴性而PET/CT显像阳性的患者中,其术后癫痫发作控制的满意程度(Engel I级)达到78.6%(11/14),比文献报道的缓解率要高,这种情况可能与患者手术后的护理措施和他们的个体差异密切相关。

本研究中41例患者均采取了干预措施如手术切除致病灶或颅内神经刺激器的置入,患者术后疗效好(Engel I-II级),这得益于¹⁸F-FDG PET与MRI的联合配准对癫痫灶的精准定位,提高了潜在病灶的检出率,降低了病人手术后癫痫复发的可能性。然而,本研究还有很多不足之处。第一,¹⁸F-FDG PET/MRI配准是对使用不同机器和时间获取的图像进行的,因此,失准或各种运动伪影可能会引入错误。第二,对于各种显像结果的判读,主观视觉因素对真实结果有一定的影响。第三,本研究的样本量较少,样本单一,且没有对患者术前后的¹⁸F-FDG PET/MRI及其他评估资料进行对比分析,单凭癫痫发作频次及程度进行术后疗效分析,缺乏强有力的证据支撑。

综上所述,¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像对癫痫灶定位诊断价值优于单独的MRI检查,¹⁸F-FDG PET/CT显像和¹⁸F-FDG PET/MRI异机融合显像在难治性癫痫患者病灶检出阳性率和致病灶定侧定位准确性上不存在显著差异。MRI对病因诊断更为明确,对于有明确病因的患者及MRI阴性而¹⁸F-FDG PET/CT显像阳性患者,其术后疗效好。

参考文献

- [1] Kikuchi K, Togao O, Yamashita K, et al. Diagnostic accuracy for the epileptogenic zone detection in focal epilepsy could be higher in FDG-PET/MRI than in FDG-PET/CT[J]. Eur Radiol, 2021, 31(5): 2915-2922.
- [2] Fisher RS, Cross JH, French JA, et al. Operational classification of seizure types by the international league against epilepsy: position paper of the ILAE Commission for Classification and Terminology[J]. Epilepsia, 2017, 58(4): 522-530.
- [3] Nguyen DK, Mbacfo MT, Nguyen DB, et al. Prevalence of nonlesional focal epilepsy in an adult epilepsy clinic[J]. Can J Neurol Sci, 2013, 40(2): 198-202.
- [4] Shang K, Wang J, Fan X, et al. Clinical Value of hybrid TOF-PET/MR imaging-based multiparametric imaging in localizing seizure focus in patients with MRI-negative temporal lobe epilepsy[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2018, 39(10): 1791-1798.
- [5] Paldino MJ, Yang E, Jones JY, et al. Comparison of the diagnostic accuracy of PET/MRI to PET/CT-acquired FDG brain exams for seizure focus detection: a prospective study[J]. Pediatr Radiol, 2017, 47(11): 1500-1507.
- [6] Sagiya K, Watanabe Y, Kamei R, et al. Multiparametric voxel-based analyses of standardized uptake values and apparent diffusion coefficients of soft-tissue tumours with a positron emission tomography/magnetic resonance system: preliminary results[J]. Eur Radiol, 2017, 27(12): 5024-5033.
- [7] Sun K, Ren Z, Yang D, et al. Voxel-based morphometric MRI post-processing and PET/MRI co-registration reveal subtle abnormalities in cingulate epilepsy[J]. Epilepsy Res, 2021, 171: 106568.
- [8] 李富建, 秦雪青, 宋留存, 等. MRI和CT联合定位诊断22例癫痫的价值及影像特征分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(3): 75-78, 149.
- [9] Shin HW, Jewells V, Sheikh A, et al. Initial experience in hybrid PET-MRI for evaluation of refractory focal onset epilepsy[J]. Seizure, 2015, 31: 1-4.
- [10] 张森, 黄鹏, 占世坤, 等. 一体化¹⁸F-FDG PET/MRI多模态分子影像在癫痫精准定位中的应用价值[J]. 诊断学理论与实践, 2019, 18(3): 271-277.
- [11] Paldino MJ, Yang E, Jones JY, et al. Comparison of the diagnostic accuracy of PET/MRI to PET/CT-acquired FDG Brain Exams for Seizure Focus Detection: a prospective study[J]. Pediatr Radiol, 2017, 47(11): 1500-1507.
- [12] Andersen FL, Ladefoged CN, Beyer T, et al. Combined PET/MR imaging in neurology: MR-based attenuation correction implies a strong spatial bias when ignoring bone[J]. Neuroimage, 2014, 84: 206-216.
- [13] Oldan JD, Shin HW, Khandani AH, et al. Subsequent experience in hybrid PET-MRI for evaluation of refractory focal onset epilepsy[J]. Seizure, 2018, 61: 128-134.
- [14] Morales-Chacon LM, Alfredo Sanchez Catusas C, Minou Baez Martin M, et al. Multimodal imaging in nonlesional medically intractable focal epilepsy[J]. Front Biosci (Elite Ed), 2015, 7(1): 42-57.
- [15] De Ciantis A, Barba C, Tassi L, et al. 7T MRI in focal epilepsy with unrevealing conventional field strength imaging[J]. Epilepsia, 2016, 57(3): 445-454.

(收稿日期: 2023-03-02)

(校对编辑: 姚丽娜)