

# <sup>18</sup>F-FDG PET 在记忆障碍患者中诊断阿尔茨海默病的效能

张焱<sup>1</sup> 张晨鹏<sup>1</sup> 黄干<sup>1</sup> 王成<sup>1</sup> 辛致<sup>1</sup> 邵泓达<sup>1</sup>  
王悦<sup>1</sup> 万良荣<sup>1</sup> 邱菊<sup>1</sup> 徐群<sup>2</sup> 李霞<sup>3</sup> 刘建军<sup>1</sup>

<sup>1</sup>上海交通大学医学院附属仁济医院核医学科, 上海 200127; <sup>2</sup>上海交通大学医学院附属仁济医院神经内科, 上海 200127; <sup>3</sup>上海交通大学医学院附属精神卫生中心老年精神科, 上海交通大学阿尔茨海默病诊治中心, 上海 200030

通信作者: 刘建军, Email: nuclearj@163.com

**【摘要】** 目的 研究<sup>18</sup>F-FDG PET 显像诊断记忆障碍患者中阿尔茨海默病(AD)的效能。方法 回顾性收集 2019 年 8 月至 2023 年 9 月上海交通大学医学院附属仁济医院 96 例初始诊断为记忆障碍的患者[男 40 例、女 56 例, 年龄 69.0(62.8, 74.0)岁]。以<sup>18</sup>F-AV45+<sup>18</sup>F-PI-2620 PET/CT+MRI 显像结果为 AD 诊断的淀粉样蛋白、tau、神经变性(ATN)标准, 应用视觉评估[颞、顶叶均代谢减低或后扣带回(PCC)代谢减低]和软件半定量分析[PET-SCORE 和 NeuroQ 软件 SUV 比值(SUVr)]评价<sup>18</sup>F-FDG PET 显像在 AD 患者中的诊断效能。用 $\chi^2$  检验比较视觉评估和半定量参数的诊断效能, 并对 PET-SCORE 与认知量表评分进行 Pearson 相关分析。**结果** 96 例患者中, 最终临床诊断为 AD 61 例, 非 AD 35 例。<sup>18</sup>F-FDG PET 显像颞、顶叶视觉评估的诊断灵敏度最高[91.80%(56/61)], 与 PET-SCORE[40.98%(25/61);  $\chi^2=29.03, P<0.001$ ]、PCC 视觉评估[77.05%(47/61);  $\chi^2=5.82, P=0.016$ ]差异有统计学意义; 而 PET-SCORE 的诊断特异性最高[100%(35/35)], 与视觉评估的特异性[颞、顶叶均代谢减低: 17.14%(6/35),  $\chi^2=27.03, P<0.001$ ; PCC 代谢减低: 54.29%(19/35),  $\chi^2=14.06, P<0.001$ ]差异有统计学意义。PET-SCORE 与患者简易精神状态检查量表(MMSE)、蒙特利尔认知评价量表(MoCA)、日常生活活动力量表(ADL)评分之间存在相关性( $r$  值: -0.38、-0.36、0.31, 均  $P<0.01$ )。**结论** 在初始诊断为记忆障碍的患者中,<sup>18</sup>F-FDG PET 图像视觉评估具有较高的 AD 诊断灵敏度, 半定量分析 PET-SCORE 具有较高的特异性。PET-SCORE 与反映患者认知下降严重程度量表评分相关。

**【关键词】** 记忆障碍; 阿尔茨海默病; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机; 氟脱氧葡萄糖 F18; 乙二醇类; 吡啶类; 磁共振成像

基金项目: 国家重点研发计划(2023YFC3603200)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240201-00051

## Diagnostic efficiency of <sup>18</sup>F-FDG PET for Alzheimer's disease in patients with memory impairment

Zhang Yan<sup>1</sup>, Zhang Chenpeng<sup>1</sup>, Huang Gan<sup>1</sup>, Wang Cheng<sup>1</sup>, Xin Mei<sup>1</sup>, Shao Hongda<sup>1</sup>, Wang Yue<sup>1</sup>, Wan Liangrong<sup>1</sup>, Qiu Ju<sup>1</sup>, Xu Qun<sup>2</sup>, Li Xia<sup>3</sup>, Liu Jianjun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China; <sup>2</sup>Department of Neurology, Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China; <sup>3</sup>Department of Geriatric Psychiatry, Shanghai Mental Health Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University; Alzheimer's Disease and Related Disorders Center, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China

Corresponding author: Liu Jianjun, Email: nuclearj@163.com

**【Abstract】** **Objective** To assess the diagnostic efficiency of <sup>18</sup>F-FDG PET for Alzheimer's disease (AD) in patients with memory impairment. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 96 patients (40 males, 56 females, age: 69.0(62.8, 74.0) years) initially diagnosed with memory impairment in Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University between August 2019 and September 2023. The amyloid-tau-neurodegeneration (ATN) criteria, based on <sup>18</sup>F-AV45+<sup>18</sup>F-PI-2620 PET/CT+MRI imaging results, were used as the diagnostic standard for AD. Visual analysis (temporoparietal or posterior cingulate cortex (PCC) hypometabolism) and semi-quantitative analysis methods (PET-SCORE and NeuroQ software analysis (SUV ratio, SUVr)) were applied to evaluate the diagnostic efficiency of <sup>18</sup>F-FDG PET imaging for AD. Diagnostic efficiencies of visual assessment and semi-quantitative parameters were compared

by  $\chi^2$  test. Additionally, Pearson correlation analysis was performed to examine the relationship between results of PET-SCORE and cognitive scales. **Results** Of the 96 patients initially diagnosed with memory impairment, 61 were clinically diagnosed with AD, while 35 were non-AD patients. Visual assessment of temporoparietal hypometabolism showed the highest sensitivity (91.80%, 56/61), which was significantly different from the sensitivities of PET-SCORE (40.98% (25/61);  $\chi^2 = 29.03$ ,  $P < 0.001$ ) and visual assessment of PCC hypometabolism (77.05% (47/61);  $\chi^2 = 5.82$ ,  $P = 0.016$ ). While semi-quantitative assessment using PET-SCORE demonstrated the highest specificity (100%, 35/35), which was significantly different from the specificities of visual assessment methods (temporoparietal hypometabolism; 17.14% (6/35),  $\chi^2 = 27.03$ ,  $P < 0.001$ ; PCC hypometabolism; 54.29% (19/35),  $\chi^2 = 14.06$ ,  $P < 0.001$ ). PET-SCORE exhibited statistically significant correlations with Mini-Mental State Examination (MMSE), Montreal Cognitive Assessment (MoCA), and Activities of Daily Living (ADL) scores ( $r$  values: -0.38, -0.36, 0.31, all  $P < 0.01$ ). **Conclusions** Among patients initially diagnosed with memory impairment, visual assessment in  $^{18}\text{F}$ -FDG PET imaging analysis demonstrates higher sensitivity, while semi-quantitative analysis using PET-SCORE exhibits higher specificity. PET-SCORE shows statistically significant correlation with the severity of cognitive decline.

**【Key words】** Memory disorders; Alzheimer disease; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18; Ethylene glycols; Pyridines; Magnetic resonance imaging

**Fund program:** National Key Research and Development Program of China (2023YFC3603200)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240201-00051

阿尔茨海默病 (Alzheimer's disease, AD) 是引起老年人认知障碍的常见神经系统退行性疾病之一。在中国有 1 507 万年龄超过 60 岁者患有痴呆, 其中 AD 占比最多 (约 983 万), 其次是血管性痴呆 (vascular dementia, VD) 和额颞叶痴呆 (frontotemporal dementia, FTD)<sup>[1]</sup>。在临床实践中, AD 与其他疾病的准确鉴别至关重要。2018 年美国国立老化研究所与阿尔茨海默协会 (National Institute on Aging-Alzheimer's Association, NIA-AA) 提出淀粉样蛋白、tau、神经变性 (amyloid-tau-neurodegeneration, ATN) 诊断框架: $^{18}\text{F}$ -AV45 是被美国食品与药品监督管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 批准的第 1 个  $\beta$ -淀粉样蛋白 ( $\beta$ -amyloid, A $\beta$ ) PET 显像剂, 可用来表征“A”;“T”可用第 2 代 tau PET 显像剂 $^{18}\text{F}$ -PI-2620 表征; MRI 或 CT 显示大脑皮质萎缩、海马高度下降或颞角扩大可以表征“N”<sup>[1-4]</sup>。

然而, 由于 A $\beta$  PET 和 tau PET 目前在国内尚未进入商品化阶段, 临床应用 ATN 框架对怀疑 AD 患者进行鉴别诊断受到限制。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET 显像是目前临床应用最广泛的分子影像技术, 在 FDG PET 用于 AD 的相关研究中, 多以主观量表作为判断 AD 的标准<sup>[5-6]</sup>。本研究以分子影像 ATN 诊断框架作为判断 AD 的标准, 在初始诊断为记忆障碍患者中评估 $^{18}\text{F}$ -FDG PET 显像诊断 AD 的效能, 探讨 $^{18}\text{F}$ -FDG PET 显像在 AD 患者中应用价值。

## 资料与方法

1. 研究对象。本研究为横断面回顾性研究。收集自 2019 年 8 月至 2023 年 9 月在上海交通大学医学院附属仁济医院行 $^{18}\text{F}$ -FDG、 $^{18}\text{F}$ -AV45、 $^{18}\text{F}$ -PI-2620

PET/CT 或 PET/MR 检查的记忆障碍患者 96 例, 其中男 40 例、女 56 例, 年龄 69.0 (62.8, 74.0) 岁。纳入标准: (1) 患者均以认知障碍为主诉并存在记忆障碍, 行临床体格检查, 并由受过专业训练的神经内科医师完成神经心理学检查量表评估, 包括简易精神状态检查量表 (Mini-Mental State Examination, MMSE)、蒙特利尔认知评价量表 (Montreal Cognitive Assessment, MoCA) 和日常生活活动力量表 (Activities of Daily Living, ADL); (2) 完成了上述影像学检查。排除标准: (1) 合并严重内科疾病 (如心肺功能衰竭等)、恶性肿瘤及颅内感染疾病 (如脑肿瘤、脑炎等); (2) 轻度认知障碍 (mild cognitive impairment, MCI) 或主观认知下降, 即认知障碍程度未达到 AD; (3) 至少 1 种显像结果不明确; (4) 最终诊断合并有 2 种或以上认知障碍疾病。患者由就诊医院 1 位高年资医师诊断, 并经就诊医院 1 位高级医师复核。AD 诊断标准: (1) 神经心理学评价及 MRI 或 CT 检查且符合《2018 中国痴呆与认知障碍诊治指南》AD 诊断标准<sup>[7]</sup>; (2)  $^{18}\text{F}$ -AV45,  $^{18}\text{F}$ -PI-2620 显像均阳性, MRI 或 CT 显示大脑皮质萎缩、海马高度下降或颞角扩大。

本研究 $^{18}\text{F}$ -AV45 (批准号: 2018-191)、 $^{18}\text{F}$ -PI-2620 (批准号: 2020-新技-004) 显像经上海交通大学医学院附属仁济医院医学伦理委员会批准, 所有受试者在检查前签署知情同意书。

2. 探针的制备与 PET 显像。 $^{18}\text{F}$ -FDG、 $^{18}\text{F}$ -AV45 和 $^{18}\text{F}$ -PI-2620 由上海交通大学医学院附属仁济医院核医学科制备 ( $^{18}\text{F}$  由日本住友 HM-10 加速器生产), 采用生产质量管理规范 (good manufacturing practice, GMP) 标准及 FDA 标准进行显像剂的生成

与质量控制,全部流程及质量控制过程接受美国 XingImaging 公司授权及监控。用 uEXPLORER PET/CT 或 uPMR790 PET/MR (均为上海联影医疗科技股份有限公司产品) 显像仪进行检查,<sup>18</sup>F-FDG 显像:检查前给予患者静脉注射<sup>18</sup>F-FDG [(185.0±18.5) MBq],随后患者在安静环境中等候 45~50 min,行 PET 扫描 10 min 或更长时间;<sup>18</sup>F-AV45 显像:显像剂注射剂量为(375.0±37.5) MBq,注射后患者在安静环境中等候 50 min,PET 扫描 20 min 或更长时间;<sup>18</sup>F-PI-2620 显像:显像剂注射剂量为(185.0±18.5) MBq,注射后患者在安静环境中等候 60 min,PET 扫描 20 min 或更长时间。<sup>18</sup>F-FDG、<sup>18</sup>F-AV45 PET 与<sup>18</sup>F-PI-2620 显像相隔 1 d 以上、2 个月之内。

3. 显像结果判定。由 3 位核医学医师独立进行视觉诊断,至少 2 位意见一致为最终诊断。(1) <sup>18</sup>F-AV45 PET 图像。视觉评估使用黑白色阶阅片,在横断面按颅底至颅顶的顺序依次阅片(必要时进行三维定位)。阴性标准:脑白质呈现明显高于周边灰质的生理性摄取,脑白质与灰质分界清晰可辨;阳性标准:脑白质与灰质分界不清(至少累及 2 个脑回)或脑灰质显像剂摄取、分布高于相邻白质(至少累及 1 个脑区),且需在相邻的 2 个层面同时确认<sup>[3]</sup>。大脑皮质任一区域视觉评估结果为阳性即视为阳性<sup>[8]</sup>。半定量分析指标采用 SUV 比值(SUV ratio, SUVr)。全大脑皮质与小脑的 SUVr 由 NeuroQ 软件(<https://www.syntermed.com/neuroq>)全自动化处理获得,当 SUVr≥1.10 时为阳性<sup>[3]</sup>。

(2) <sup>18</sup>F-PI-2620 PET 图像。视觉评估使用黑白和 Rainbow 色阶双重验证,在横断面按颅底至颅顶的顺序依次阅片(必要时进行三维定位),以小脑为参考区,确定是否存在大脑皮质区域 tau 沉积<sup>[9]</sup>。大脑皮质任一区域视觉评估结果为阳性即视为阳性。半定量分析指标采用 SUVr。用 PET/CT 医学影像处理软件(Uws-MI,上海联影医疗科技股份有限公司)对每个受试者 PET 图像与软件自带模板进行刚性配准,以小脑下部为参考区,全自动处理获得 PET 脑部图谱区域与小脑的 SUVr<sup>[10]</sup>。

(3) <sup>18</sup>F-FDG PET 图像。视觉评估以颞叶和顶叶较额叶都存在明显低代谢为阳性,或根据后扣带回(posterior cingulate cortex, PCC)代谢低于相邻顶叶代谢判定为阳性。半定量分析:① PET-SCORE。采用 Pmod 软件(德国 Bruker 公司)中 PALZ 模块,首先对患者实际摄取值和预计摄取值进行比较,得到体素水平的 *t* 值;然后计算 AD 相关 ROI(包括颞

叶、顶叶等区域)中异常 *t* 值的总和(*t*-sum),将 *t*-sum 转化为接近正态分布的 PET-SCORE,公式为 PET SCORE=log<sub>2</sub>(AD *t*-sum/11 089+1)<sup>[11]</sup>;再构建 ROC 曲线,由约登指数获得最佳阈值,将<sup>18</sup>F-FDG PET 结果分为阴性和阳性。②由 NeuroQ 软件自动获得患者 ROI 的 SUVr(参考脑区为全脑),并与软件内置对照组数据库比较,以 ROI 内代谢降低≥1.65 个标准差为阳性。

4. 统计学处理。使用 Python 3.11.5 进行统计分析,不符合正态分布的定量资料用  $M(Q_1, Q_3)$  表示,符合正态分布的定量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较行两独立样本 *t* 检验;定性资料以频数(百分比)表示,组间比较行  $\chi^2$  或配对  $\chi^2$  检验。通过 Pearson 相关分析探讨 PET-SCORE 与 MMSE、MoCA、ADL 评分之间的关系。以  $P < 0.05$  为差异或相关性有统计学意义。

## 结 果

1. 组间一般资料比较。96 例记忆障碍患者中,最终临床诊断 AD 61 例(男 22 例,女 39 例),非 AD 35 例(男 18 例,女 17 例)。AD 组与非 AD 组间年龄[(67.9±7.7)与(68.2±8.3)岁; $t = 0.16, P = 0.873$ ]和性别( $\chi^2 = 1.57, P = 0.210$ )差异无统计学意义。AD 组 MMSE 评分低于非 AD 组[(14.96±6.99)与(18.59±7.44)分; $t = 2.26, P = 0.026$ ];MoCA 评分分别为(11.00±6.41)与(12.90±4.96)分,ADL 评分分别为(22.11±9.91)与(20.66±7.92)分,差异均无统计学意义(*t* 值:1.40、-0.66,均  $P > 0.05$ )。

2. <sup>18</sup>F-FDG PET 对 AD 患者的诊断效能。<sup>18</sup>F-FDG PET 视觉评估为阳性的典型病例见图 1。ROC 曲线示,PET-SCORE 诊断 AD 的 AUC 为 0.69,由约登指数(0.41)得最佳阈值为 3.20。PET-SCORE 分析的典型病例图像见图 2。颞、顶叶视觉评估的 AD 诊断灵敏度最高[91.80%(56/61)],与 PET-SCORE ( $\chi^2 = 29.03, P < 0.001$ )、PCC 视觉评估( $\chi^2 = 5.82, P = 0.016$ )的灵敏度差异均有统计学意义;特异性最高的是 PET-SCORE[100%(35/35)],与颞、顶叶视觉评估及 PCC 视觉评估差异均有统计学意义( $\chi^2$  值:27.03、14.06,均  $P < 0.001$ );准确性最高的是 PCC 视觉评估[68.75%(66/96)],超过其他方法,但差异没有统计学意义( $\chi^2$  值:0.32、0.57、2.12,均  $P > 0.05$ )。PCC 视觉评估的准确性、灵敏度、特异性均较 PCC 半定量分析(NeuroQ 软件自动获得的 SUVr)高,但差异无统计学意义( $\chi^2$  值:2.12、0.10、2.29,均  $P > 0.05$ )。不同参数对 AD 的诊断效能具体见表 1。



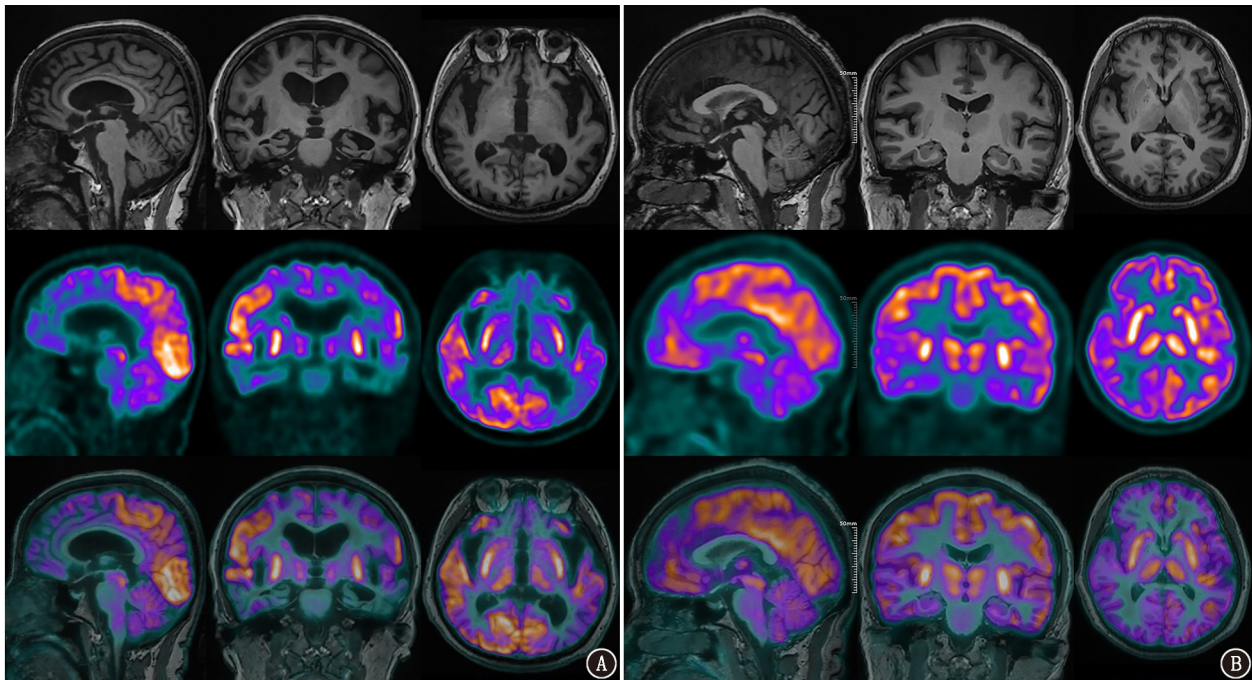


图 1 初诊记忆障碍患者的<sup>18</sup>F-FDG PET/MR 显像图(从上往下依次为 MRI、PET 和融合图;从左往右依次为矢状位、冠状位、横断位图)。A.符合淀粉样蛋白、tau、神经变性(ATN)框架的阿尔茨海默病(AD)患者,女,75岁,后扣带回和颞、顶叶 FDG 代谢减低;B.路易体痴呆(DLB)患者,女,65岁,后扣带回呈现明显高代谢,枕叶低代谢

3. 相关性分析。96 例患者 PET-SCORE 与 MMSE 评分( $r = -0.38$ )、MoCA 评分( $r = -0.36$ )呈负相关,与 ADL 评分( $r = 0.31$ )呈正相关,均有统计学意义(均  $P < 0.01$ )。

### 讨 论

AD 是最常见的引起痴呆的疾病,对于以记忆障碍为主诉的患者,首先需要考虑是否有 AD。尽管 NIA-AA 提出了 AD 诊断的 ATN 框架,但 A $\beta$  PET 和 tau PET 的证据相对难获得,因此更易获得的<sup>18</sup>F-FDG PET 在临床实践中仍有重要地位。

根据 FDG 摄取减低的模式与临床症状的类型密切相关,故可辅助诊断和鉴别 AD<sup>[12-13]</sup>。AD 患者的<sup>18</sup>F-FDG PET 典型代谢模式包括颞、顶叶的低代谢,楔前叶和 PCC 亦常常受累<sup>[14]</sup>。本研究 61 例 AD 患者中有 56 例颞、顶叶代谢减低,即这一分类标准具有高灵敏度(91.80%),但其特异性低(17.14%);有 47 例 PCC 代谢减低,该分类标准的灵敏度为 77.05%(47/61),特异性为 54.29%(19/35),准确性较半定量参数(NeuroQ SUVR、PET-SCORE)高但差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。PET-SCORE 可用于辅助诊断 AD。既往研究显示,该参数对 AD 患者和正常对照者的鉴别诊断灵敏度分别为 83%、78%,特异性分别为 78%、94%<sup>[15]</sup>。Brugnolo 等<sup>[11]</sup>比较了基于统计

参数图(statistical parametric mapping, SPM)方法和 PET-SCORE 半定量参数对于临床前期 AD 患者和正常对照者的鉴别作用,发现后者 AUC(0.87)高于 SPM 视觉分析的 AUC(0.79)。Morbelli 等<sup>[15]</sup>的研究显示,在记忆障碍型 MCI 患者和正常对照者的鉴别中,PET-SCORE 的特异性(91.7%)超过了有 3 年经验的中等熟练者(79.8%)。本研究中,为了更符合临床实践场景,将 AD 患者与非 AD 患者而非正常人进行鉴别,结果示 PET-SCORE 的灵敏度较低(40.98%),但与前述研究一样特异性较高(100%)。

Henkel 等<sup>[16]</sup>将皮质低代谢分数与 MMSE 评分进行回归分析,发现二者呈负相关( $r = -0.388$ ,  $P < 0.001$ ),表明<sup>18</sup>F-FDG PET 与认知减退的程度之间存在相关性。本研究发现 PET-SCORE 和 MMSE、MoCA、ADL 评分都具有相关性,再次印证该结论,凸显了<sup>18</sup>F-FDG PET 的疗效评估优势。

本研究的缺陷在于:(1)排除了 AD 合并其他认知障碍疾病的患者,这会产生选择偏倚,但本研究的病种分布基本在正常范围内;(2)患者总数偏少,需大样本量验证。

总之,本研究应用<sup>18</sup>F-FDG PET 的视觉评估及半定量参数在认知障碍患者中诊断及鉴别诊断 AD,发现颞、顶叶代谢减低的视觉评估标准灵敏度高,而 PET-SCORE 半定量分析提供了高特异性。因样



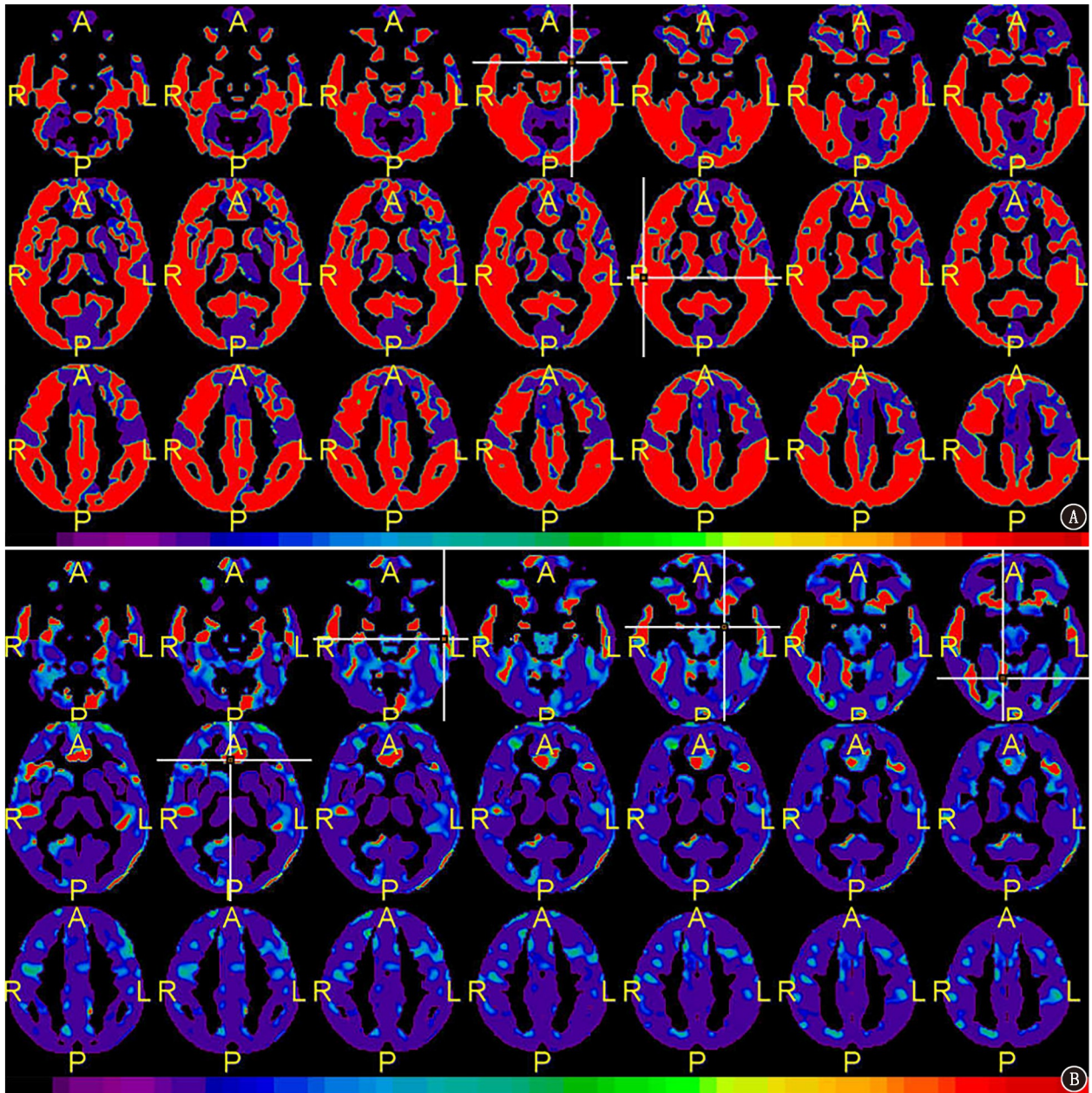


图 2 基于 Pmod 软件中 PALZ 模块分析<sup>18</sup>F-FDG PET 数据得到的初诊记忆障碍患者的 *t* 值图像 [A: 前, L: 左, P: 后, R: 右; 红色代表异常 (代谢减低) 区域]。A. 阿尔茨海默病 (AD) 患者, 女, 63 岁, 可见广泛的代谢减低, PET-SCORE 为 4.29 (阳性); B. 额颞叶痴呆 (FTD) 患者, 女, 66 岁, PET-SCORE 为 0.70 (阴性)

表 1 <sup>18</sup>F-FDG PET 显像不同评估方法对 96 例记忆障碍患者 AD 诊断的效能

评估方法	准确性	灵敏度	特异性	阳性预测值	阴性预测值
颞、顶叶视觉评估	64.58% (62/96)	91.80% (56/61)	17.14% (6/35)	65.88% (56/85)	6/11
PET-SCORE	62.50% (60/96)	40.98% (25/61)	100% (35/35)	100% (25/25)	49.30% (35/71)
PCC 视觉评估	68.75% (66/96)	77.05% (47/61)	54.29% (19/35)	74.60% (47/63)	57.58% (19/33)
PCC 半定量分析 <sup>a</sup>	61.46% (59/96)	73.77% (45/61)	40.00% (14/35)	68.18% (45/66)	46.67% (14/30)

注: <sup>a</sup>用 NeuroQ 软件分析获得 SUV 比值 (SUVr); AD 为阿尔茨海默病, PCC 为后扣带回; 括号中为相应例数比

本量有限, 本研究结论有待扩大样本量进一步证实。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 张焱: 研究实施, 数据采集与分析, 论文撰写; 张晨鹏、

黄干、王成: 研究实施, 数据采集; 辛枚、邵泓达、王悦、万良荣、邱菊、

徐群、李霞: 数据分析、技术支持; 刘建军: 研究设计与指导、论文修

改、经费支持

## 参 考 文 献

- [1] Ren R, Qi J, Lin S, et al. The China Alzheimer report 2022[J]. Gen Psychiatr, 2022, 35(1): e100751. DOI:10.1136/gpsych-2022-100751.
- [2] Jack CR Jr, Bennett DA, Blennow K, et al. A/T/N: an unbiased descriptive classification scheme for Alzheimer disease biomarkers[J]. Neurology, 2016, 87(5): 539-547. DOI:10.1212/WNL.0000000000002923.
- [3] 中华医学会核医学分会,北京认知神经科学学会.淀粉样蛋白 PET 脑显像技术规范专家共识[J].中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(12): 736-742. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200415-00150. Chinese Society of Nuclear Medicine, Beijing Cognitive Neuroscience Society. Expert consensus on technical specifications of amyloid PET brain imaging[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 40(12): 736-742. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200415-00150.
- [4] 王惟一,王莹,王梦洁,等.阿尔茨海默病中 tau 蛋白的<sup>18</sup>F-MK6240 PET 显像研究及认知相关分析[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(10): 583-587. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220709-00217. Wang WY, Wang Y, Wang MJ, et al. <sup>18</sup>F-MK6240 PET imaging of tau protein in Alzheimer's disease and cognitive correlation analysis[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(10): 583-587. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220709-00217.
- [5] Li W, Zhao Z, Liu M, et al. Multimodal classification of Alzheimer's disease and amnesic mild cognitive impairment: integrated <sup>18</sup>F-FDG PET and DTI study[J]. J Alzheimers Dis, 2022, 85(3): 1063-1075. DOI:10.3233/JAD-215338.
- [6] Chiaravalloti A, Barbagallo G, Martorana A, et al. Brain metabolic patterns in patients with suspected non-Alzheimer's pathophysiology (SNAP) and Alzheimer's disease (AD): is [<sup>18</sup>F] FDG a specific biomarker in these patients? [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 46(9): 1796-1805. DOI:10.1007/s00259-019-04379-4.
- [7] 中国痴呆与认知障碍写作组,中国医师协会神经内科医师分会认知障碍疾病专业委员会. 2018 中国痴呆与认知障碍诊治指南(二):阿尔茨海默病诊治指南[J].中华医学杂志, 2018, 98(13): 971-977. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.13.004. Writing Group of Dementia and Cognitive Impairment in China, the Cognitive Impairment Committee of China Neurologist Association. Guidelines for dementia and cognitive impairment in China(II): the diagnosis and treatment of Alzheimer's disease[J]. Natl Med J China, 2018, 98(13): 971-977. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.13.004.
- [8] 张晨鹏,王成,辛玫,等.<sup>18</sup>F-AV45 PET/CT 显像视觉分析及 SUVR 对不同认知障碍患者的辅助诊断价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(4): 201-206. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200225-00067. Zhang CP, Wang C, Xin M, et al. Value of visual analysis and SUVR during <sup>18</sup>F-AV45 PET/CT imaging in the diagnosis of mild cognitive impairment and Alzheimer's disease[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 40(4): 201-206. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200225-00067.
- [9] 刘丰韬,鲁佳炎,丁正同,等.常见原发性 tau 蛋白病的 tau 蛋白 PET 脑显像技术操作规范及报告解读专家共识[J].中国临床神经科学, 2022, 30(6): 601-609. Liu FT, Lu JY, Ding ZT, et al. Expert consensus on the operation specification and report interpretation of tau protein PET imaging for common primary tauopathies[J]. Chin J Clin Neurosci, 2022, 30(6): 601-609.
- [10] 黄干,张焱,王成,等.<sup>18</sup>F-PI-2620 PET 脑显像对不同认知障碍患者 tau 蛋白的辅助诊断价值及认知相关分析[J].中华核医学与分子影像杂志, 2024, 44(5): 273-278. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240129-00042. Huang G, Zhang Y, Wang C, et al. Significance of <sup>18</sup>F-PI-2620 PET imaging for diagnosing tau protein deposition in patients with different cognitive disorders alongside cognitive correlation analysis [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 44(5): 273-278. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240129-00042.
- [11] Brugnolo A, De Carli F, Pagani M, et al. Head-to-head comparison among semi-quantification tools of brain FDG-PET to aid the diagnosis of prodromal Alzheimer's disease[J]. J Alzheimers Dis, 2019, 68(1): 383-394. DOI:10.3233/jad-181022.
- [12] Rice L, Bisdas S. The diagnostic value of FDG and amyloid PET in Alzheimer's disease—a systematic review[J]. Eur J Radiol, 2017, 94: 16-24. DOI:10.1016/j.ejrad.2017.07.014.
- [13] Chételat G, Arbizu J, Barthel H, et al. Amyloid-PET and <sup>18</sup>F-FDG-PET in the diagnostic investigation of Alzheimer's disease and other dementias [J]. Lancet Neurol, 2020, 19(11): 951-962. DOI:10.1016/S1474-4422(20)30314-8.
- [14] Kato T, Inui Y, Nakamura A, et al. Brain fluorodeoxyglucose (FDG) PET in dementia[J]. Ageing Res Rev, 2016, 30: 73-84. DOI:10.1016/j.arr.2016.02.003.
- [15] Morbelli S, Brugnolo A, Bossert I, et al. Visual versus semi-quantitative analysis of <sup>18</sup>F-FDG-PET in amnesic MCI: an European Alzheimer's Disease Consortium (EADC) project[J]. J Alzheimers Dis, 2015, 44(3): 815-826. DOI:10.3233/JAD-142229.
- [16] Henkel R, Brendel M, Paolini M, et al. FDG PET data is associated with cognitive performance in patients from a memory clinic[J]. J Alzheimers Dis, 2020, 78(1): 207-216. DOI:10.3233/JAD-200826.

(收稿日期:2024-02-01)