

RSNA2023 分子影像学

刘宇飞, 苏厚铭, 丁玉洁, 邵皓月, 吴绍龙, 万吴瑞

【摘要】 2023 年 RSNA 年会以分子影像为主题的报告主要集中在以下几个方面: ① 分子靶向 PET/CT 和 PET/MRI 在脑肿瘤以及脑退行性疾病的诊断和生物标记物方面的应用。② 分子靶向 PET/CT 和 PET/MRI 在乳腺癌和结肠癌以及口咽部肿瘤的诊断和预测乳腺癌腋窝淋巴结分期以及靶向治疗方面的应用。③ PET/CT 在诊断, 鉴别前列腺癌手术分区及影响前列腺癌治疗, 预测术后病理分级改变等方面的应用。④ 分子靶向 PET/CT 和 PET/MRI 在淋巴瘤的诊断和生物标记物方面的应用。⑤ ^{99m}Tc -PYP 闪烁显像及 PET/CT 在心血管和肺部疾病的诊断方面的应用。⑥ 人工智能深度学习及大数据分析在疾病诊断方面的创新应用。

【关键词】 分子影像学; 核医学; 生物标志物; 靶向治疗; 人工智能

【中图分类号】 R814.42; R445.2; R-05 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)02-0141-06

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.02.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



2023 年 RSNA 分子影像学的内容比较丰富, 本文从正电子发射计算机断层显像(PET/CT)和正电子发射型磁共振成像(PET/MRI)技术在脑肿瘤、乳腺癌及前列腺癌等疾病中的应用, 影像组学、分子探针靶向成像技术、人工智能在疾病诊断和分级中的应用等方面对分子影像学的研究热点和创新进展进行阐述。

脑肿瘤、神经内分泌肿瘤以及神经退行性病变

Azadeh 等为了评估基线 ^{68}Ga -DOTATE PET/CT 与预处理临床病理生物标志物相结合的定量 PET 指标, 以预测神经内分泌肿瘤(NET)的治疗效果反应、无进展生存期(PFS)和总生存期(OS)。纳入 70 名接受 ^{177}Lu DOTATE 肽受体放射性核素治疗(PRRT)的分化良好的 NET 患者, 计划为 4 次静脉滴注(200 mCi), 间隔 8 周。基于深度学习的正常器官分割用于从 ^{68}Ga -DOTATE PET 图像中生成特定的肿瘤体积和总损伤掩模。结果发现 OS 与 SUV_{mean} 成正比, 其中 $\text{SUV}_{\text{mean}} > 15.39$ 显示出更好的总生存率($P=0.06$)。分析表明 OS 与阈值(TLV)呈负相关, 其中 $\text{TLV} < 136.21 \text{ cm}^3$ 显示出更好的总生存率($P=0.02$)。既往接受过全身治疗的患者 OS 明显较差($P < 0.001$)。在血液生物标志物中, OS 与嗜铬粒细胞(CgA)和碱性磷酸酶(ALP)呈反比, 其中 $\text{CgA} > 195.5 \text{ ng/mL}$ ($P=0.02$), $\text{ALP} > 99.6 \text{ U/L}$ ($P=0.02$)

分别显示出明显较差的 OS。同样, OS 分析的结果表明, PFS 与 TLV 呈负相关, 其中 $\text{TLV} > 119.02 \text{ cm}^3$ 显示出更差的无进展生存率($P=0.05$)。与 OS 类似, 在血液生物标志物中, PFS 与 CgA 和 ALP 呈反比, 其中 $\text{CgA} > 269 \text{ ng/mL}$ (48% , $P=0.001$), $\text{ALP} > 102 \text{ U/L}$ (57% , $P=0.04$) 分别显示出更糟糕的 PFS。这些结果显示 PET 衍生的冠名指标和生物标志物(即 CgA 和 ALP)可预测 NET 的 OS 和 PFS, 可以协助临床 ^{177}Lu -PRT 的患者选择。

Arvin 等为了识别 NET 诊断中 ^{68}Ga -DOTATE PET 成像假阴性(FN)结果的隐藏原因, 对 27 名接受 ^{68}Ga -DOTATE 扫描疑似 NET 的患者进行回顾性分析。其中 3 例 ^{68}Ga -DOTATE 扫描呈阴性(11.1%)。为了研究 FN 的遗传原因, 使用全外显子组测序(WES)来评估种系和体细胞突变。结果在 FN 组的一名患者中观察到 SSTR2 显著突变, 对已知受这些组织因子(TF)(尤其是 TEAD2)调节的基因的通路分析表明, DNA 甲基化、翻译过程和组蛋白修饰是 FN 组中可能发生改变的最重要的复合物。因此, 这些途径的功能低下或功能亢进可能导致 SSTR2 沉默和不稳定。结果表明 SSTR2 中的一个新的单核苷酸变异可能导致 ^{68}Ga -DOTATE PET 成像中的 FN。此外, 还发现在 ^{68}Ga -DOTATE PET 扫描阴性的患者中, TF 突变可能是 SSTR2 下调的最主要原因。

Jung 等为了研究多发性脑膜瘤患者病变 PET SUV 和 SUV 比值(SUVR)的受试者内异质性, 对 47 名有 3 个放射学上与脑膜瘤相符的病灶, 其中至少有

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介: 刘宇飞(1997-)男, 甘肃白银人, 博士研究生, 主要从事中枢神经影像诊断与研究、分子成像工作。

通讯作者: 朱文珍, E-mail: zhuwenzhen8612@163.com

一个经病理证实的患者进行回顾性分析,受试者内 SUV 和 SUVR 标准差的平均值、中位数和范围分别为 9.16、5.51、0.40~52.87 和 7.88、4.16、0.37~72.43。结果表明,患者 DOTATATE PET/MRI 上的新病变应根据已发布的诊断阈值进行个体化处理;先前存在病变的 SUV 范围并不决定未来病变的 SUV。

Liu 等回顾性分析了 76 例经病理证实的脑胶质瘤(HGG)患者的术前¹⁸F-FDG PET/MRI 数据,比较了肿瘤实质区域和胶质母细胞瘤周脑区(PBZ)中最大标准摄取值(SUV max)、相对脑血流量(rCBF)和最小表现扩散系数(ADC min)等影像特征的差异。高级别胶质瘤(HGG)在实质部分和邻近 5 mm 的 PBZ 显示出更高的 SUV max 和 rCBF,但 ADC min 较低;在 10 mm PBZ 中,ADC min 较低;在 15 mm 和 20 mm PBZ 中,rCBF 较高。实质部分的 SUV max 单独应用效果最佳,曲线下面积(AUC)为 0.865。实质部分 SUV max 与邻近 20 mm 的组合效果更好(AUC=0.881)。实质部分和相邻 20 mm 的三项指标结合表现最佳(AUC=0.928)。由实质部分和 20 mm PBZ 中的 SUV max、rCBF 和 ADC min 构成的诺模图预测 HGG 的 C 指数为 0.906。结果表明,对实质部分和 PBZ 进行的多参数¹⁸F-FDG PET/MRI 定量分析优于单一参数,在区分 HGG 和低级别胶质瘤(LGG)方面具有更好的性能。

肉瘤融合蛋白(FUS)是一种新发现的导致进行性痴呆的蛋白质病。Donna 等对 28 例阿尔兹海默症(AD)患者、10 例额颞叶痴呆(FTD)患者和 3 例 FUS 患者的 FDG PET 图像与 51 例年龄相仿的正常受试者进行比较。AD 组和 FTD 组的皮层灰质 FDG 摄取普遍减少(分别为-16%和-15%, $P<0.005$)。在比较 AD 和 FTD 时,AD 组顶叶联合皮质、颞叶联合皮质、扣带后皮质和楔前皮质的 FDG 摄取较 FTD 明显减少(分别为-24%、-20%、-23%、-22% vs. -15%、-15%、-16%、-14%)。相反,与 AD 相比,FTD 的额叶联合皮层、内侧额叶皮层和尾状核头部的 FDG 摄取明显减少(分别为-20%、-17%、-22% vs. -17%、-13%、-15%)。平均年龄小得多的 FUS 受试者表现出与 FTD 相似的 FDG 摄取减少的模式,其中前颞叶、眶前皮质和尾状核头的摄取显著减少(-33%,而 FTD 为-22%)。FTD 和 FUS 的前扣带皮层 FDG 摄取减少相同(分别为-20%和-22%)。结果表明 FDG-PET 显示了 AD 与 FTD 的不同模式。

Ana 等对 25 名受试者进行了¹⁸F-PI-2620 PET 检查,其中淀粉样蛋白阳性 AD 患者 15 例,对照组 10 例,并且受试者均接受了 T₁-MPRAGE MRI 扫描,用 SSM/PCA 工具箱和 SPM12 进行脑图分析,比较两组

参考小脑的标准摄取值比(SUVR)和灰质(GM)MRI 图。确定了脑灌注、tau、淀粉样蛋白和萎缩四种不同的 AD 相关模式(ADRP)协方差。这四种 ADRP 的受试者表达分数能够区分 AD 和 NC(AUC=0.99、0.93、1.00 和 0.80)。ADRP-tau5 和 ADRP-tau45 的分数准确预测了淀粉样蛋白状态(96%)。此外,ADRP-Tau5、ADRP-Tau45 和 ADRP-FBB 的受试者分数彼此之间强相关,且与疾病的临床指标之间存在显著的相关性。结果表明 PI-2620 作为单一生物标志物在认知障碍患者 A/T/N 分类中具有潜力。

乳腺癌、结肠癌及口咽部肿瘤

PARP-1 是一种通过 PARP 抑制物(PARPI)靶向治疗癌症的 DNA 修复酶。Anthony 等为了研究¹⁸F-FTT 的动力学和代谢与 PARP-1 的表达的联系,对 30 例乳腺癌患者进行动态¹⁸F-FTT PET/CT 检查,测量肿瘤活动性,并以正常乳腺和肌肉参考组织建模,以计算 PMOD 中的分布体积比(DVR)。在小鼠异种移植模型中,将肿瘤、血液和肌肉中的摄取和放射性代谢物浓度与组织学和 microPET 成像进行比较。结果乳腺癌中¹⁸F-FTT 的体内 DVR 与离体 PARP-1 表达相关($\rho=0.72, P=0.02, n=10$)。40~60 分钟时的 SUVR 与 DVR 估计值高度相关($r_2 \geq 0.88, P < 1 \times 10^{-13}, n=30$)。小鼠的¹⁸F-FTT 代谢比人类更快,肿瘤和肌肉也表现出类似的显著代谢物吸收。结果表明¹⁸F-FTT 可作为乳腺癌 PARPi 的生物标志物。

Metser 等将乳腺癌患者随机分为¹⁸F-FDG PET/CT 或常规分期(骨扫描、胸部/腹部和骨盆 CT),184 名患者被随机分配到全身 PET/CT 组,185 名患者被分配到传统分期组,其中,43 名(23%)PET/CT 组患者被提升至 IV 期,而传统分期组中只有 21 名(11%)患者被提升至 IV 期,绝对差异为 12.3%(95%置信区间为 3.9%~19.9%, $P=0.002$)。因此,在提升分期的 43 名 PET/CT 组患者中,有 35 名(81.3%)改变了治疗方案,在提升分期的 21 名传统分期组患者中,有 20 名(95.2%)改变了治疗方案。随后,PET/CT 组中有 149 名(81%)患者接受了综合性多模式治疗,而传统分期组中有 165 名(89.2%)患者接受了综合性多模式治疗,绝对差异为 8.2%。结果表明在局部晚期乳腺癌(LABC)患者中,PET/CT 比传统分期检测到更多的远处转移,并且接受治愈性联合治疗的 PET/CT 患者较少,证明了 PET/CT 分期策略的实用性。

Janna 纳入 208 名新诊断乳腺癌患者进行前瞻性研究,所有患者均接受全身¹⁸F-FDG PET/MRI、胸腹 CT、全身闪烁扫描和腋窝超声检查。在 N 分期中,常规影像学检查(腋窝超声和 CT 结合)的敏感度为

80.9%，特异度为 99.2%，阳性预测值为 98.6%，阴性预测值为 87.4%，准确率为 91.4%。MRI 的相应值为 79.6%、100.0%、100.0%、87.0% 和 91.4%，¹⁸F-FDG PET/MRI 的相应值为 86.5%、94.1%、91.7%、90.3% 和 90.9%。常规成像与 PET/MRI ($P < 0.001$) 以及 MRI 与 PET/MRI ($P = 0.005$) 之间的差异均具有统计学意义。¹⁸F-FDG PET/MRI 将 94.8% 的淋巴结阳性患者分类为正确的 cN 分期 (cN1~cN3c)。MRI 和常规成像的结果分别为 82.9% 和 75.0%。对于 M 分期，常规成像 (CT 和骨显像相结合) 的敏感度为 83.3%，特异度为 98.5%，阳性预测值为 76.9%，阴性预测值为 98.9%，准确率为 97.6%。MRI 和 ¹⁸F-FDG PET/MRI 的对应值分别为 100.0%、98.5%、80.0%、100.0% 和 98.6%。结果表明，在原发性乳腺癌患者的淋巴结分期中，¹⁸F-FDG PET/MRI 显示出明显优于单独 MRI 和常规分期的诊断性能，但在远处转移的检测中没有发现显著差异。

Aliza 等对 20 名首次发病或疑似复发乳腺小叶癌的女性进行了两次 PET/CT 扫描，每次扫描后静脉注射平均 9.7 ± 1.04 (7.14~10.9) mCi 的 ¹⁸F-fluciclovine 和平均 4.9 ± 0.7 (2.9~5.5) mCi 的 ⁶⁸Ga-PSMA。传统影像在 20 名患者中的 7/60 个区域 (2 个腋窝、2 个非腋窝和 3 个远处) 检测到了 5 个患者的转移病变。⁶⁸Ga-PSMA PET/CT 在 20 名患者中的 7/60 个区域 (4 个腋窝和 3 个远处) 检测到了 7 个患者的转移病变。¹⁸F-fluciclovine 在 20 名患者中的 13/60 个区域 (5 个腋窝、3 个非腋窝和 5 个远处) 检测到了 9 个患者的转移病变。所有在 PSMA 上阳性的区域在 ¹⁸F-fluciclovine 上也是阳性的。然而，在 ¹⁸F-fluciclovine 上阳性的 6 个区域中，⁶⁸Ga-PSMA 是阴性的。¹⁸F-fluciclovine 的平均 SUV_{max} 和 T:B (肿瘤:背景) 分别为 5.25 ± 3.3 和 3.7 ± 2.3 (n=13)。⁶⁸Ga-PSMA 的平均 SUV_{max} 和 T:B 分别为 3.84 ± 3.42 和 3.29 ± 2.65 (n=9)。¹⁸F-fluciclovine 和 ⁶⁸Ga-PSMA 的 SUV_{max} 差异没有统计学意义 ($P = 0.34$)，T:B 差异也没有统计学意义 ($P = 0.70$)。结果表明 ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT 对脑转移的检出更高，但在区域水平 (同侧腋窝、腋外、远处) 无明显差异，而 ¹⁸F-fluciclovine PET/CT 在患者和区域水平上对转移的检出更高。

Daniel 等对一名患者注射了 1.1 mCi 的 ¹⁸F-FGln，扫描了 29 分钟，随后注射了 11.3 mCi 的 ¹⁸F-FDG 并扫描了 60 分钟。在肿瘤和左心室上绘制了两个感兴趣区域，分别代表肿瘤和血浆放射性。在单次扫描中获得了具有诊断质量的 PET 图像和 ¹⁸F-FGln 和 ¹⁸F-FDG 的动力学参数。¹⁸F-FGln 的平均标准摄取值 (SUV_{mean}) 和分布容积 (VD) 分别为 2.2 和

0.857 mL/cm³。结果表明通过 PennPET 探测器使用相同放射性同位素 (¹⁸F) 和可接受的 PET 示踪剂剂量进行双示踪剂成像是可行的。

溶酶体相关膜蛋白 1 (LAMP-1) 主要在溶酶体膜上表达，其细胞表面定位被认为与癌症进展、侵袭和转移有关。Bahar 等将抗 LAMP-1 单克隆抗体与去铁胺共轭，并用锆-89 标记。MDA-MB-231 乳腺癌和 Ca-co2 结肠癌细胞系被皮下植入裸鼠中。小鼠分别使用抗 LAMP-1 或对照探针成像。注射后 24、72 和 168 小时进行 PET/CT 成像。肿瘤在注射后最早 24 小时就在 PET 上可见。在两个模型中，LAMP-1 探针在三个成像时间点的摄取量均明显高于对照 IgG 探针。在恶性前列腺、胰腺、结肠和乳腺的组织芯片 (TMA) 核心中，LAMP-1 的平均荧光信号强度显著高于正常组织。结果表明乳腺癌和结肠癌中细胞表面表达的 LAMP-1 可通过免疫 PET 进行成像，并且 LAMP-1 有可能成为癌症的治疗靶点。

Brian 等纳入了确诊为口咽部不对称摄取的患者 337 人进行回顾性分析，与良性病例相比，恶性病变关注部位的最大标准摄取值 (SUV_{max} IL) (8.7 vs. 5.3 , $P < 0.01$) 和 SUV_{max} 比率 (3.0 vs. 1.6 , $P < 0.01$) 显著升高。CT 异常的患者发生口咽恶性肿瘤 (OPX) 的可能性是对照组的 5 倍以上 (OR 5.3, 95% CI: 1.7~14.8, $P = 0.002$)。在 SUV 的测量中，SUV_{max} 比率具有最高的 ROC 曲线下面积 (86.2%)，最佳临界值为 1.98，敏感度为 72.2%，特异度为 91.1%。结果表明，在 PET 扫描中意外发现口咽部不对称摄取的患者中，在一小部分但不可忽视的患者中发现了新的 OPX 恶性肿瘤。相关 CT 异常的存在，SUV_{max} IL 测量的摄取水平，特别是 SUV_{max} 比率，可能有助于对患者进行风险分层，以确定是否需要进行更具侵入性的检查和组织采样。

前列腺癌

Duan 等对 100 例患者进行前瞻性研究，以评估 ⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 与单独 MRI 的诊断性能。特异度相对较高 (100.0%，95% CI: 82.4%~100.0% vs. 94.7%；95% CI: 74.0%~99.9%；达到终点；⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 显示出明显高于单独 MRI 的检测率 (分别为 143 vs. 96 个病变； $P < 0.001$)；敏感度 (85.2%，95% CI: 75.6%~92.1% vs. 49.4%，95% CI: 38.1%~60.7%， $P = 0.303$)。结果表明 ⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 对生化复发性前列腺癌的诊断优于单纯 MRI，检出率、敏感度和准确率均显著提高，证明 ⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 不仅优于传统的 MRI 成像，而且显示出更高的可靠性和检测到的病变数量，这些病变可能会影

响后续的患者管理。

Sean 等回顾性分析了 15 例新诊断活检证实的前列腺癌患者,均接受了带有或不带有对比剂的前列腺 MRI 和 ^{68}Ga PSMA PET/CT。1 例患者诊断为前列腺影像报告和数据系统(PIRADS) 3 级病变,6 例患者诊断为 PIRADS 4 级病变,8 例患者诊断为 PIRADS 5 级病变。 SUV_{\max} 值为 3.3~29.9。15 例患者中有 14 例 ^{68}Ga PSMA 和 mpMRI 病变的前列腺分区位置一致。在这 14 例患者中,12 例具有较高的病变 SUV_{\max} (6.2~29.9)和较高的 PIRADS 评分(4 或 5 分)。其余 2 例患者中,1 例具有较低的 SUV_{\max} (3.3)和低的 PIRADS 评分(3 分),1 例具有较高的 SUV_{\max} (22.7)和低的 PIRADS 评分(3 分)。结果表明,新诊断前列腺癌患者 ^{68}Ga PSMA PET/CT 病变 SUV_{\max} 与相应的 MRI PIRADS 评分存在相关性。

Ismahel 等为了观察 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 与 ^{18}F -fluciclovine PET/CT 示踪剂排泄模式的差异是否影响前列腺床区(PBR)病变的检测,将前列腺切除术后可检测到 PSA 的患者随机分为 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 和 20 mg 放射示踪剂注射呋塞米或常规 ^{18}F -fluciclovine PET/CT 两组,其中 69 例患者完成 ^{68}Ga -PSMA PET/CT,66 例完成 ^{18}F -fluciclovine PET/CT。 ^{18}F -fluciclovine PET/CT 对病变的检出率高于 ^{68}Ga -PSMA PET/CT(87.88%比 37.68%)。在 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 检查的 26 例复发 PBR 患者中,35 例复发病灶,而 ^{18}F -fluciclovine PET/CT 检查的 58 例复发病灶为 104 个。 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 检出膀胱尿道角(VUA)病灶 14 个, ^{18}F -fluciclovine PET/CT 检出 52 个。因此, ^{18}F -fluciclovine PET/CT 诊断前列腺癌复发时,膀胱输尿管吻合处的病变检出率比 ^{68}Ga -PSMA 联合速尿更佳。

Ning 等为根治性前列腺切除术提供智能和更好的分层,部署高通量机器学习模型来合并多个组学。对 146 例前列腺癌患者在根治性前列腺切除术前行 ^{68}Ga -PSMA-11 PET/MR 扫描。建立了 KNN、RF、SVM、IGR、XGB 等 5 个基于机器学习(ML)的模型。这些 ML 算法应用于临床参数、放射组学数据、基因组学数据和病理数据的整合。结果显示 5 种基于 ML 的随机森林(RF)分类算法的 AUC、准确率(ACC)、敏感度(SNS)、特异度(SPC)、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)分别为 0.87、0.78、0.83、0.72、0.80、0.80。与针刺活检相比,机器学习算法预测 Gleason 分级的性能更好。特异度、阳性预测值、准确率和曲线下面积分别提高 18% (0.61 vs. 0.72)、7% (0.75 vs. 0.80)、1% (0.77 vs. 0.78) 和 11% (0.75 vs. 0.87),敏感度和阴性预测值分别降低 7% (0.89 vs. 0.83) 和 1%

(0.81 vs. 0.80)。证明多组学机器学习模型在预测 Gleason 分级方面比目前的临床基线具有更好的性能,这可能有助于前列腺癌的临床决策和个性化管理,可以促进前列腺癌患者根治性前列腺切除术的精确分层。

Surekha 等对 25 名接受放射性配体疗法(RLT)治疗的转移性去势抵抗性前列腺癌(mCRPC)患者进行回顾性研究,在第一个周期(C1)和第二个周期(C2)后,使用 MRT 剂量测定软件(MIM Software Inc., Cleveland, US)对治疗后 24 小时的 SPECT 进行半定量分析。在 21 名患者中,有 10 名(47%) 在 C2 后达到了 PSA50 反应。实现 PSA50 反应的患者相较于未实现 PSA50 的患者,其平均吸收剂量减少显著更高(PSA50 者为 54.32%,非 PSA50 者为 28.9%, $P=0.0047$)。两组之间的基线吸收剂量没有差异(PSA50 者为 5.7 Gray,非 PSA50 者为 3.9 Gray, $P=0.1678$)。反应者的骨骼病变减少了 55%,而淋巴结病变减少了 51%。未实现 PSA50 的非反应者骨骼和淋巴结病变的平均吸收剂量从 C1 到 C2 的减少较小,分别为 26% 和 40%。结果表明吸收剂量减少较多的患者更有可能在 C2 后实现 PSA50 反应。

Andrew 等采用 128 例 mCRPC 患者的 PSMA-PET/CT 扫描图像作为训练集。根据放射性示踪剂亲和性的增加或病灶大于 2 mm 的增加,对病变进行了渐进或非渐进的分类。训练基于基线 PSMA PET/CT 的深度多模态融合 3D 卷积神经网络(CNN)来预测随访成像中病变的治疗反应。结果表明,基于 PET/CT 的模型在将病变分类为渐进与非渐进方面取得了 0.819 的准确度,0.615 的 AUC,0.899 的 F1 分数,0.838 的精确度和 0.970 的召回率。生存分析的 C 指数为 0.61。

Olayinka 等为了评估 ^{18}F -fluciclovine 和 ^{68}Ga -PSMA PET 对在前列腺切除根治术后生化复发的患者进行挽救放疗(RT)治疗决策的影响,纳入 134 名术后前列腺特异性抗原(PSA)升高的男性患者,其中 65 名(中位数 PSA 0.28 ng/mL) 接受了 ^{18}F -fluciclovine PET,而 69 名(中位数 PSA 0.35 ng/mL) 接受了 ^{68}Ga -PSMA PET。与 ^{68}Ga -PSMA 相比, ^{18}F -fluciclovine 在前列腺癌复发的阳性率显著更高(分别为 95.4% 和 60.9%, $P<0.001$)。在 ^{18}F -fluciclovine 中检测到的局部复发率为 72.3%,而在 ^{68}Ga -PSMA 中为 37.7% ($P<0.001$)。结果表明, ^{18}F -fluciclovine PET 的全身和局部复发的阳性率显著高于 ^{68}Ga -PSMA PET。在前列腺切除患者中, ^{18}F -fluciclovine 和 ^{68}Ga -PSMA 对挽救性放疗的临床决策产生了显著影响。

Lutetium-177-PSMA(Lu-PSMA)是对转移性去

势抵抗前列腺癌 (mCRPC) 患者有效的治疗方法。Ahmad 等对 185 名 mCRPC 患者进行回顾性研究。首次接受 Lu-PSMA 周期时的年龄中位数 (四分位距) 为 70 岁 (67 ~ 76), PSA 中位数 (四分位距) 为 11.8 ng/mL (2.3 ~ 76.4), ECOG 表现状态为 0、1、2、3 的分别为 114 例 (61.6%)、59 例 (31.9%)、10 例 (5.4%)、2 例 (1.1%)。在首次 Lu-PSMA 周期时通过 ^{68}Ga 或 ^{18}F PSMA 靶向 PET/CT 检测发现 123 例 (66.5%) 患者存在淋巴结转移, 164 例 (88.6%) 患者存在骨转移, 54 例 (32.4%) 患者存在内脏转移。在治疗期间或治疗后不久已知与 Lu-PSMA 相关的副作用中, 最常见的是胃肠起源的, 包括恶心 36 例 (19.5%)、呕吐 36 例 (19.5%)、腹痛 17 例 (9.2%)、便秘 16 例 (8.6%) 和腹泻 9 例 (4.9%)。其他不良反应包括疲劳 54 例 (29.2%)、食欲减退 15 例 (8.1%)、非意愿体重减轻 10 例 (5.4%) 和口干 9 例 (4.9%)。总共有 16 例 (8.6%) 患者在接受 Lu-PSMA 后在急诊室就诊。在这 16 名患者中, 2 例 (1.1%) 患者出现贫血和血小板减少症, 2 例 (1.1%) 患者患有肺炎、胸腔积液和急性呼吸衰竭, 2 例 (1.1%) 患者出现腹痛和呕吐, 2 例 (1.1%) 患者表现为败血症和脓毒症休克, 1 例 (0.5%) 患者出现肠梗阻和阑尾穿孔。此外, 2 例 (1.1%) 患者住院, 其中 1 例 (0.5%) 严重贫血, 另一例 (0.5%) 病理性脊椎骨折。结果表明, 由于 Lu-PSMA 治疗而导致的轻度至中度短期副作用并不罕见, 但大多数患者可以在门诊中得到有效管理。

淋巴瘤

Nils 等将 32 名初次确诊淋巴瘤的儿童纳入了 105 个 ^{18}F -FDG PET/MRI 数据集, 结果在 105 次检查中有 65 次 (62%) 显示有活动性淋巴瘤。在基于患者的分析中, PET/MRI-1 和 PET/MRI-2 均在 90/105 (86%) 的儿童中确定了 IPNHLSS 肿瘤分期。基于区域的分析正确识别了 119/127 (94%) 受淋巴瘤影响的区域。对于 PET/MRI-1 和 PET/MRI-2 阅读协议的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值和诊断准确率分别为 94%、97%、90%、99%、97%。结果表明 ^{18}F -FDG PET/MRI 在儿童淋巴瘤患者中的可行性和较高的诊断准确性, 以及在 ^{18}F -FDG PET/MRI 检查中使用 MRI 对比剂对儿童淋巴瘤患者的初期和随访分期没有额外的积极效益。

Bastien 等对 70 名患者进行 81 次 WB-2- ^{18}F -FDG-PET/MRI 扫描, WB-2- ^{18}F -FDG-PET/MRI 成像在 20% 的患者中至少发现了一个滤泡型淋巴瘤 (FL)。PET 发现了 17/70 例 (24%) 患者的弥漫性骨髓侵犯, MRI 发现了 14/70 例 (20%, NS) 患者的弥漫

性骨髓侵犯。结合 PET/MRI 评估, 24/70 (34%) 名患者可检测到弥漫性骨髓侵犯。结果表明 MRI 在 SMM 中检测局灶性骨病变方面比 PET 更敏感。MRI 和 PET 在检测弥漫性骨髓侵犯方面同样有效, 但结合 PET/MRI 评估比单独使用 PET 和 MRI 能提高弥漫性骨髓侵犯的检测率。

Doris 等为了评估 ^{18}F -FDG PET/CT 成像特征是否能预测接受 CAR-T 细胞疗法治疗的大 B 细胞淋巴瘤 (LBCL) 患者出现反应和免疫毒性 [即细胞因子释放综合征 (CRS) 和神经毒性] 的可能性。纳入 181 名接受自体 CD19 定向 CAR-T 治疗的 LBCL 患者进行回顾性分析, 从 CAR-T 细胞输注开始计算无进展生存期 (PFS) 和总生存期 (OS), PFS 事件包括死亡、复发和疾病进展。通过单变量逻辑回归和 Cox 回归模型研究了 PET 成像特征与预后之间的关系。结果表明, LBCL 中的定量 PET 成像特征可能作为 CAR-T 细胞治疗毒性和治疗失败可能性的生物标志物。

心血管系统和肺部疾病

Jin 等使用 DixonMR 数据, 提出一种结合 DCNN 架构的方法 URcGANmod。通过使用 15 个训练数据集, 基于 DCNN 的方法 (URcGAN 和 URcGANmod) 实现了更高的 SUVs 的准确性, 平均误差小于 0.007 g/mL, 误差小于 10%, 标准差小于 6%。结果表明 DCNN 和分割相结合以提高躯干 FDG-PET/MR 的基于 MR 图像的 PET 衰减校正 (MRAC) 准确性是可行的。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PYP 闪烁显像是一种用于诊断转甲状腺素蛋白心脏淀粉样变 (ATTR-CA) 的非侵入性的影像检查方法。Shinichiro 等对 8 名接受 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PYP 闪烁显像和心内膜心肌活检的患者进行回顾性评估。其中 4 名患者通过活检明确诊断为 ATTR-CA, 而另外 4 名患者最初疑似 ATTR-CA, 但最终诊断为高血压性心肌病 (非 CA)。在注射后 5 分钟采集的平面图像上可观察到心肌对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PYP 的摄取。在注射后 5 分钟获取的平面图像上, ATTR-CA 患者和非-CA 患者之间的心脏与对侧肺比值 (H/CL) 显示出显著差异 (分别为 1.88 和 1.46, $P=0.032$)。从注射后 5 分钟开始使用动态数据重建的所有平面图像中, ATTR-CA 患者的 H/CL 比值显著高于非 CA 患者 ($P<0.05$)。根据检测 ATTR-CA 的 ROC 曲线分析, 注射后 5 分钟的 AUC 为 0.9375, 注射后 6 分钟后的 AUC 为 1.0。最佳临界值为 1.6 (在 5 分钟时), 敏感度为 100%, 特异度为 75%。结果表明, 超早期 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PYP 闪烁显像有助于在注射后仅 5 分钟就区分 ATTR-CA 和非 ATTR-CA。

David 等前瞻性招募 45 名系统性硬化症相关间质性肺炎 (SSc-ILD) 患者进行¹⁸F-FDG-PET/CT 检查。使用 Kaplan-Meier 分析确定与死亡相关的因素。同时进行了 PET 指标和 PFTs 之间的关联分析。最后比较了 PET 指标与已建立的间质性肺疾病评分标准 (ILD-GAP) 评分系统 [性别 (G)、年龄 (A) 和两项肺生理学指标 (FVC 和 TLCO)] 之间的关联, 以预测死亡风险。在平均 53.8 个月的随访期间, 共有 15 人死亡。平均 $SUV_{max} \pm SD$ 为 3.2 ± 1.1 , TBR 为 6.8 ± 2.6 。死亡率与肺部的高 SUV_{max} 、高 SUV_{min} 、高靶区本底浓度比值 (TBR) 以及用力肺活量 (FVC)、肺部一氧化碳扩散系数 (KCO) 和低转移因子 (TLCO)、高 ILD-GAP 评分和高 ILD-GAP 指数有关。 SUV_{max} 与 FVC 之间存在中度相关性。Cox 回归分析显示, 肺 SUV_{min} 与 ILD-GAP 分类无关。将¹⁸F-FDG-PET 与 ILD-GAP 数据相结合, 可提高预测死亡率的能力。结果表明¹⁸F-FDG 的高肺摄取量 (SUV_{max} 和 TBR) 可预测 SSc-ILD 患者的死亡风险增加。

Lars 等回顾性地纳入了 60 例接受主动脉夹层和胸主动脉移植手术并且进行 PET/CT 检查的患者。使用最大标准化摄取值 (SUV_{max}) 和 SUV_{max} 与肝脏背景的比值 (SUV_{ratio}) 对所有移植物的 FDG 摄取进行量化, 并确定摄取是否为局灶性、弥漫性和/或与移植物吻合口相关。胸主动脉移植手术后 PET/CT 显示局部 FDG 摄取频繁 (54/60, 90%), 通常较高, 在感染的

移植物中较非感染的移植物更高, 并且随时间可能非常缓慢地下降, 在感染和非感染的移植物之间的斜率无差异。没有证据表明 SUV_{ratio} 的斜率和截距与外科粘合剂 (BioGlue®) 的使用之间存在交互作用, 并且没有证据表明与移植物材料有关 (明胶 $P=0.97$, 胶原蛋白 $P=0.98$)。45% 的患者 (27/60) 发现了与吻合位置相关的局灶性 FDG 摄取, 非感染移植物比感染移植物更常见。在使用 BioGlue® 时, FDG 摄取与吻合位置的相关性较弱。结果表明胸主动脉移植手术后 PET/CT 中 FDG 的摄取在感染的移植物中较非感染的移植物更高。

Pu 等纳入 243 例病理证实并接受了 PET/CT 检查的非小细胞肺癌 (NSCLC) 患者, 幸存者的中位随访时间为 29.5 个月, 其中 83 人死亡。高分辨率 PET (HD PET) 的全身最大摄取值 (SUV_{max} WB) 显著高于标准分辨率 PET (SD PET), 82 名患者的 639 个肿瘤病灶的 SUV_{max} 的 TBR 显著高于 HD-PET。单变量 Cox 回归分析显示, HD PET 和 SD PET 的 SUV_{max} WB 与总生存率显著相关, 相对危险度 (RR) 分别为 1.03 和 1.05。在多因素 Cox 回归分析中对临床 TNM 分期进行调整后, 发现 SD PET 的 SUV_{max} WB 与生存率显著相关。结果表明在 NSCLC 患者中, HD PET 在统计学上提供了更高的 SUV_{max} WB 和 TBR; 但与 SD PET 成像相比, 预测预后价值较低。

(收稿日期: 2024-01-21)