

RSNA2021 分子影像学

高璐月, 刘宇飞, 苏厚铭, 朱虹全, 邵皓月, 朱文珍

【摘要】 2021 年 RSNA 年会以分子影像为主题的报告主要集中于以下几个方面: ①分子影像在诊断 COVID-19, 评价其活动性病灶及其神经系统皮质低代谢及疫苗注射后腋窝淋巴结摄取方面的应用。②PET/CT 在影响前列腺癌治疗及拯救性放疗临床决策, 预测术后病理分级改变, 评估 PSMA 分子表达, 评估淋巴结及远处转移, 监测 HIFU 治疗效果方面的应用。③分子靶向 PET/CT 在乳腺癌诊断方面的应用、PET/CT 和 PET/MRI 及影像组学在预测乳腺癌腋窝淋巴结状态方面的应用, 分子影像在缺氧肿瘤区域, 肝癌和结直肠癌生物标记物方面的应用。④膀胱癌放射性核素治疗、分子影像在淋巴瘤随访及治疗方面的应用; ⑤细菌感染显像新技术、核医学影像用于强制性脊柱炎疗效监测和骨髓瘤肿瘤负荷。⑥分子成像技术新进展。本文对上述相关研究进展进行综述。

【关键词】 分子影像学; 核医学; COVID-19; 对比剂; 人工智能; 深度学习

【中图分类号】 R81; R73; R-05 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)02-0152-05

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.02.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



COVID-19 分子成像

Wray 等对 31 例新型冠状病毒肺炎(COVID-19)患者进行氟代脱氧葡萄糖正电子发射计算机断层显像(FDG PET/CT)扫描, 结果显示扫描阳性的患者中有症状感染率和住院率显著高于扫描阴性患者。FDG PET/CT 检测 COVID-19 的敏感度为 41.9%, 且在逆转录 PCR(RT-PCR)前行 FDG PET/CT 扫描的敏感度显著低于 RT-PCR 后。因此, FDG PET/CT 检测 COVID-19 感染敏感度有限。然而, PET 扫描阳性与有症状感染和较高的住院风险相关, 这可能有助于预测疾病的严重程度。

Martini 等对 9 例既往有新型冠状病毒(SARS-CoV-2)急性感染并伴有新发神经系统症状的患者和 5 例有神经系统症状并正持续急性 SARS-CoV-2 感染的患者进行 FDG-PET 扫描。结果显示持续感染者出现几乎累及所有的大脑皮质的广泛低代谢, 既往感染者仅在接近急性期时出现相当广泛的皮质低代谢, 并且随着临床和认知症状的缓解, 皮质低代谢区随时间递减。

Skawran 等对 140 例注射过辉瑞或现代生物科技疫苗的 COVID-19 患者进行 FDG PET/CT 检查的。

结果显示 54% 的患者出现 FDG 阳性淋巴结, 且接种了现代生物科技疫苗的患者发生率更高。Eifer 等对 377 名新近接种 COVID-19 疫苗的受试者进行 PET/CT 扫描。结果显示约一半的受试者出现腋窝淋巴结摄取阳性, 这与患者年龄、免疫抑制治疗和有无血液病呈显著负相关, 与距离最后一次接种疫苗的天数和接种剂量显著正相关, 但在三角肌摄取方面没有发现这种关联。

Sayman 等对 4 例 SARS-CoV-2 感染患者进行了 Tc-维生素 C 单光子发射计算机断层显像(SPECT/CT)成像。结果显示活动性肺部病变表现为 Tc-维生素 C 高摄取, 治疗后及 3 个月随访未发现异常摄取。因此, 多灶性肺部摄取 Tc-维生素 C 可被认为是 SARS-CoV-2 活动性肺部受累的一个特征。

神经退行性病变、神经内分泌肿瘤以及脑肿瘤

Mahajan 等将 124 例临床怀疑进行性核上麻痹(PSP)的患者分为五个亚型: 理查森综合征型 PSP、显性帕金森症型 PSP、言语/语言表现型 PSP、以额叶表现为主的 PSP 和以眼部表现为主的 PSP。所有患者分 2 天进行多巴胺转运体显像剂^{99m}Tc TRODAT-1 SPECT 和¹⁸F-FDG PET/CT 扫描。结果显示所有受试者^{99m}Tc TRODAT-1 扫描均异常。理查森综合征型 PSP 患者表现为弥漫性低代谢。言语/语言和额叶表现为主的 PSP 患者表现为多变的前额叶和中额叶以及岛叶和前颞叶皮质受累。因此^{99m}Tc TRODAT-1 SPECT 有助于确诊退行性帕金森病。特征性低代谢

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: 高璐月(1998-), 女, 湖北潜江人, 硕士研究生, 主要从事中枢神经系统影像诊断和研究工作。

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

基金项目: 国家自然科学基金(81730049, 81801666)

可能有助于鉴别临床症状重叠的 PSP 亚型。

帕金森病(PD)的特征是错误折叠的 α -突触核蛋白在大脑中沉积。Tanifum 等制备了一种新型 α -突触核蛋白靶向 MRI 分子显像剂。使用 A53T α -突触核蛋白转基因系 M83 小鼠, 实验组($n=6$)以 0.20 mmol Gd/kg 剂量静脉注射靶向显像剂(TgT), 4 天后延迟扫描。对照组包括注射靶向制剂的野生型小鼠(WtT, $n=6$)和注射非靶向制剂的转基因小鼠(TgNT, $n=6$)。结果显示实验组小鼠磁共振的信号明显强于对照组并与组织学分析区域分布一致。

神经内分泌肿瘤(NET)由于缺乏免疫细胞, 其对免疫检查点抑制剂(ICI)的反应率非常低。多肽受体放射治疗(PRRT)可以导致肿瘤炎症反应和肿瘤抗原释放, 从而提高对 ICI 的反应率。Esfahani 等构建小鼠 NET 模型, 分别给予生理盐水、派姆珠单抗(anti-PD-1)、高剂量(HD) PRRT、高剂量(HD)、中剂量(MD)、低剂量(LD) PRRT+派姆珠单抗治疗。在基线和治疗 6 天后进行⁶⁸Ga-NOTA-hGZP PET/MR 检查。结果显示与其他组和基线相比, HD 和 MD PRRT+派姆珠单抗组肿瘤最大标准摄取值(SUV-max)都显著增加, 与其他组相比肿瘤体积显著减小。LD PRRT+派姆珠单抗组和单派姆珠单抗组肿瘤生长明显低于对照组, 但肿瘤仍在生长。单纯 HD PRRT 组的肿瘤体积显著低于 LD PRRT+派姆珠单抗和单派姆珠单抗组而高于 HD 和 MD PRRT+派姆珠单抗组。HD 和 MD PRRT+派姆珠单抗组组织染色显示广泛的细胞外颗粒酶 B 表达。因此, PRRT 和 ICI 联合治疗能显著增加颗粒酶 B 在肿瘤中的表达, 降低肿瘤的生长。

DLL3 是一种 NET 中过表达的特异膜蛋白。Agee 等对新确诊或复发的 DLL3 高表达($\geq 50\%$ 细胞 DLL3 免疫组化为阳性)小细胞肺癌(SCLC)患者注射 Zirconium-89 标记的人源抗 DLL3 单克隆抗体 SC16.56(⁸⁹Zr-DFO-SC16.56), 并于注射后 1~4 小时、1 天、3 天、7 天进行 PET 显像。结果显示注射后 3 天可早期检测到所有已知的肿瘤部位($n=13$), 甚至亚厘米级转移, 肿瘤 SUV 继续增加至注射后 7 天。因此这是首次人体试验证明了活体放射学检测肿瘤 DLL3 表达的可行性, 并表明⁸⁹Zr-DFO-SC16.56 PET 成像是一种有前景的、首创的检测肿瘤 DLL3 表达的影像生物标志物, 作为 NET 诊断、预测和预后的生物标志物以及在 DLL3 靶向治疗中具有潜在应用价值。

前列腺癌

Abiodun-Ojo 等将 68 例前列腺切除术后可监测到前列腺特异抗原(PSA)的患者随机分配到 A 组接

受 fluciclovine PET/CT 和 B 组接受 Ga-PSMA PET/CT 检查, 并由检查结果决定拯救性放疗(RT)方案。对每一组 PET 扫描前后的治疗决策进行比较。结果显示 A 组总的放疗决策改变率为 28.1%, B 组为 36.4%。两组的总体放疗决策和部位的改变都具有显著性差异。因此, fluciclovine 与 Ga-PSMA PET/CT 都对 RT 的治疗决策有显著影响。

术前 Gleason 评分分级(GS)分组(GG)是前列腺癌分期和制定治疗方案的重要参数。Abiodun-Ojo 等对 56 例前列腺癌患者术前行¹⁸F-fluciclovine PET/CT 检查, 并根据活检结果和 PSA 分级, 术后进行病理学分级, 比较其变化。对 PET 结果与 GS/GG 和分级变化进行相关性分析。结果显示 16.1% 的患者 GG 显著性改变。分级降低的患者 SUV_{max} 显著性降低, 分级升高的患者摄取显著升高。受试者操作特征(ROC)曲线分析(AUC=0.78, 95% CI: 0.59~0.97)显示 SUV_{max} 截断值为 7.3 时, fluciclovine PET 预测级别升高的敏感度为 80%, 特异度为 79%。因此, fluciclovine PET 摄取可预测原发性前列腺癌患者术后的级别升高, 这对于精准分期、治疗方案制定和疗效至关重要。

Ferda 等对 40 例男性前列腺癌患者的前列腺病理切片进行了评估, 患者接受⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/MRI 扫描进行分期。对所有患者进行 Gleason 评分。采用 Spearman 相关系数比较各参数之间的相关性。结果显示肿瘤 PSMA 表达与⁶⁸Ga-PSMA-11 积聚量相关, 尤其在评分为 3 或 4 分的患者中具有更高相关性。ADC 与 PSA 及 4 和 5 分的 Gleason 评分及⁶⁸Ga-PSMA-11 总积聚量相关。因此,⁶⁸Ga-PSMA-11 积聚与 Gleason 评分呈弱相关, 与前列腺细胞膜 PSMA 分子的表达相关。

Dias 等对 108 例活检证实的前列腺癌患者进行 PSMA PET 扫描。比较 PET 与传统影像学检查(CI: 骨扫描, CT/MRI)对盆腔淋巴结及远处转移的诊断能力。记录检查前的预期治疗与 PET 检查后的治疗比较。结果显示 CI 和 PSMA PET 诊断盆腔淋巴结转移的敏感度为 0.79 和 0.97, 特异度为 0.74 和 0.97; 诊断远处转移的敏感度为 0.75 和 1.00, 特异度为 0.82 和 0.98。PSMA PET 后 39% 分期改变, 23% 治疗决策改变。因此, 对于活检诊断前列腺癌患者, PSMA PET 初始分期比 CI 检测到更多的淋巴结和远处转移, 并导致 $>20\%$ 的患者改变治疗方案。

SKooraki 等对 34 例行诊断性多参数 MRI (mpMRI)扫描的前列腺癌患者注射(9 ± 1) mCi ¹⁸F-DCFPyL 约 60 分钟后行全身 PET/CT 扫描。结果显示在 73.5% 的 PET/CT 与 mpMRI 对前列腺内病灶

诊断一致。mpMRI 还在 32.3% 的患者中检测到前列腺包膜外侵犯,而 PET/CT 对此不敏感。淋巴结转移的 PET/CT 检出率为 32.3%,mpMRI 为 2.9%。骨转移的 PET/CT 检出率为 17.6%,mpMRI 为 2.9%。根据 PET/CT 结果,44.1% 患者分期发生改变。因此,¹⁸F-DCFPyL PET/CT 对于淋巴结和骨转移的诊断更敏感。

前列腺特异性膜抗原(PSMA)和胃泌素释放肽受体(GRPR)在前列腺癌(PC)中均有过表达。Duan 等纳入 9 例新诊断为 PC 的男性。患者接受前列腺活检、前列腺 mpMRI、⁶⁸Ga-PSMA11 和 ⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 检查。采用 PET/MRI 评估高强度聚焦超声(HIFU)治疗的反应。结果表明活检显示 16 个病灶,Gleason 评分(GS)≥7,mpMRI 显示 10 个病灶。⁶⁸Ga-PSMA11 和 ⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 分别显示 20 和 19 个阳性病变。HIFU 治疗了 21 个病灶,其中 20 个病灶 PET/MRI 阳性,1 个病灶 ⁶⁸Ga-RM2 阴性、⁶⁸Ga-PSMA11 阳性。HIFU 治疗后进行 PET/MRI 随访。所有治疗区域的 PET/MRI 均为阴性,SUV 显著降低,PSA 及其密度显著降低。因此,⁶⁸Ga-PSMA11 和 ⁶⁸Ga-RM2 PET/MRI 可识别 HIFU 的优势病变并准确地监测患者对治疗的反应。

乳腺癌、肺癌、肝癌及结直肠癌

Covington 等对 9 例组织学证实为乳腺浸润性小叶癌(ILC)的患者进行 ¹⁸F-氟雌二醇 PET/CT(FES-PET/CT)及 FDG-PET/CT 显像。结果显示 14 个活检部位被确诊为 ILC,其中 12 处雌激素受体(ER)阳性。所有 14 个病灶均显示 FES-PET/CT 阳性摄取。6 例患者的 10 个病灶行 FDG-PET/CT 检查,9 个病灶显示阳性摄取。因此初步分析显示 ILC 所有部位呈 FES-PET/CT 阳性。1 例 ER 阳性 ILC 在 FES-PET/CT 上显示异常摄取,而在 FDG-PET/CT 上未见明显摄取。

Morawitz 等对 182 例初诊乳腺癌患者进行胸部/腹部/骨盆增强 CT 和全身 ¹⁸F-FDG PET/MRI 和 MRI 成像。结果显示 PET/MRI 比 MRI 和 CT 能正确检测出更多的淋巴结转移患者。CT 与 MRI 差异无统计学意义。对不同淋巴结站的亚组分析显示,PET/MRI 在每个位置(腋窝 I~III 级、锁骨上、内乳淋巴结链)检测到的淋巴结转移明显多于 MRI 和 CT。仅在腋窝 I 级淋巴结中 MRI 优于 CT。因此,PET/MRI 对淋巴结转移的检测优于 CT 或 MRI,其敏感度最高,而 CT 特异度最高。

Romeo 等对 74 例乳腺癌患者病变及其腋窝淋巴结进行 ¹⁸F-FDG PET/MRI 显像,从图像中提取定量

参数和影像组学特征并生成不同的模型。结果显示建立的 8 个影像组学模型中,从 DCE、ADC 和 PET 图像提取的影像组学特征模型预测淋巴结状态的准确率最高(AUC 0.784,95% CI 0.697~0.871),其敏感度、特异度、PPV 和 NPV 分别为 75.5%、66.8%、68.8%、73.9%。因此,使用 ¹⁸F-FDG PET/MRI 影像组学特征的模型可以预测乳腺癌患者腋窝淋巴结状态。Gruneisen 等进行类似的工作得出所有 MR 序列在区分管腔 A、B 方面达到了最高的 AUC 和准确率(AUC 为 0.98,准确率为 97.3%)。基于所有 MR 和 PET 数据,AUC 预测激素受体状态和增殖率的结果最佳(ER AUC 0.87,PR AUC 0.88,Ki-67 AUC 0.997)。PET 对肿瘤分级的判断最佳(AUC 0.71),而 MR 和 PET 对淋巴结转移和远处转移的判断结果最佳(AUC 分别为 0.81 和 0.99)。因此,利用同时获得形态、功能和代谢数据的优势,¹⁸F-FDG PET/MRI 能够为乳腺癌分型和肿瘤解码进行全面的放射组学分析。

¹⁸F-氟咪唑(FMISO)PET 在临床试验中用于定位肿瘤缺氧部位。Gertsenshteyn 等对 16 只经尾静脉注射 230 μ Ci FMISO 两小时后 SCC7 鳞状细胞癌小鼠通过电子顺磁共振(EPR)/PET 混合成像仪成像,注入氧敏感自旋探针获得接近 pO₂ 绝对值的 EPR 图像以作为缺氧的参考标准。HE 染色和 CD31 免疫组化(IHC)染色用于识别肿瘤内坏死区域和血管。结果显示 EPR 和 PET 中显示的肿瘤缺氧区域以及低 K_{trans} 和高 v_e 特征,与显示坏死的 HE 切片和几乎没有血管的 CD31 切片一致。肿瘤边缘区域显示出更大、更密集的血管和肿瘤细胞,与 EPR/PET 中显示的高 K_{trans} 和低 v_e 含氧区域一致。因此,使用 HE 和 CD31 染色显示了肿瘤深度缺氧区域与无血管的坏死区域以及其与低 K_{trans} 和高 V_e 的定性相关关系,从而验证了 pO₂ EPR 图像。

Suman 等对手术切除的 148 例肝癌组织进行前列腺特异性膜抗原(PSMA)免疫组化评分以确定 PSMA 表达情况,结果显示 PSMA 阳性表达与较高的肝细胞癌(HCC)肿瘤分级相关,与肿瘤大小、纤维化、肝硬化、乙型肝炎病毒(HBV)或丙型肝炎病毒(HCV)无相关性。无 PSMA 表达的 HCC 的生存率有提高的趋势(中位总生存期(OS):术后 4.2 比 1.9 年;P=0.273)。对 20 例首次治疗的 HCC 患者行 Ga-PSMA PET/CT (n=15)或 PET/MRI(n=5)检查,结果显示 61% 的病灶有高 PSMA 摄取,且其发生背景性肝硬化的相对频率更高。因此,PSMA 有潜力成为 HCC 患者的影像学生物标志物。

Inampudi 等对 850 例活检或 AFP 确诊的肝细胞癌患者进行 PET/CT 评估,间隔一天使用 FDG 和

^{68}Ga FAPI 对这些肿瘤的 SUV_{max} 进行了研究和比较。结果表明 781 个病灶摄取 FDG, 69 个病灶未显示 FDG 摄取, 而所有 850 名接受 ^{68}Ga FAPI 检查的患者均显示病灶摄取。肝细胞癌的 FDG 平均 SUV_{max} 为 4.39, ^{68}Ga FAPI 平均 SUV_{max} 为 12.29。FDG 检测肝细胞癌的敏感度为 92%, ^{68}Ga FAPI 的敏感度为 100%。因此 ^{68}Ga FAPI PET 是一种有效的诊断肝细胞癌的成像工具, 在诊断 HCC 的准确性方面得分高于 FDG PET。

CDCP1 是一种在结直肠癌中过度表达的跨膜糖蛋白, 10D7 是其单克隆抗体。Cuda 等在一系列小鼠模型中评估了锆-89 (^{89}Zr)-10D7 PET 成像检测大肠癌的亲合力。在治疗阶段, 用放射性配体镧-177 (^{177}Lu)-10D7 治疗患有大肠癌的小鼠, 评估其肿瘤反应。结果显示, ^{89}Zr -10D7 显示出明显高于对照放射性配体的高特异性亲和力。 ^{177}Lu -10D7 在延缓结直肠癌肿瘤生长方面明显比常规化疗更有效。 ^{177}Lu -10D7 也提高了常规化疗的疗效。因此, 在临床前模型中, 靶向 CDCP1 的分子成像对大肠癌具有高度特异性。以 CDCP1 为靶点的放射性核素治疗可作为独立治疗剂或协同剂, 为转移性结直肠癌患者提供一种新的治疗思路。

膀胱癌和淋巴瘤

Mintz 等给正常大鼠膀胱内注射 ^{68}Ga 生物素-亲和素 4 小时后, 生理盐水冲洗 3 次, micro PET 成像显示大鼠体内分布。结果显示 ^{68}Ga 生物素-亲和素未显示膀胱外的显著性全身分布。将原位种植荧光素酶表达的 MB49 系小鼠膀胱癌细胞种植 3 天后膀胱内注射 250 μCi 的 ^{90}Y 生物素-亲和素, 2 小时后用生理盐水清洗。肿瘤种植 10 天后生物发光成像显示治疗小鼠比对照组的肿瘤负荷显著降低且未观察到毒性。因此, 膀胱内放射性核素治疗膀胱癌是安全和有效的。

Winkelmann 等对 28 名复发性或难治性 (r/r) 弥漫性大 B 细胞淋巴瘤 (DLBCL) 患者进行基线 CT 成像 (BL), 并在 CAR-T 细胞输注治疗后 3 个月 (随访, FU) 进行 CT 或 PET/CT 检查。结果显示平均基线病灶体积之和 (STLV) 为 189 mL。对于 23 例进行随访 PET/CT 成像的患者, 其 SUV_{max} 中位数为 4.3。14 名患者出现完全代谢反应 CMR (多维尔评分 1~3), 9 名患者无 CMR (多维尔评分 4~5)。基线肿瘤负担与随访肿瘤负担或随访 SUV_{max} 无显著相关性。因此, 基线检查时的肿瘤负担对于 3 个月后的疗效、无进展生存期 (PFS) 或 OS 的预后价值有限。临床患者选择 CAR-T 细胞治疗不应仅因为广泛的肿瘤负担而被排除在外。

胃粘膜相关淋巴组织 (MALT) 淋巴瘤 CXCR4 过表达, Mayerhoefer 等合成新型 CXCR4 示踪剂 ^{68}Ga Pentixafor, 并分析了 26 例幽门螺杆菌根除后的胃淋巴瘤患者以及 20 例头颈癌或胰腺癌对照组患者的 ^{68}Ga Pentixafor-PET/MRI 检查结果。结果显示, ^{68}Ga Pentixafor-PET 的准确率、敏感度和特异度分别为 95.5% (CI: 86.4%~98.6%)、95.0% (CI: 80.9%~98.8%) 和 96.2% (CI: 77.2%~99.5%); 阳性预测值 (PPV) 和阴性预测值 (NPV) 分别为 97.4% (CI: 83.1%~99.7%) 和 92.6% (CI: 74.8%~98.1%)。MALT 淋巴瘤平均 SUV_{max}、SUV_{mean}、TBR-肝脏和 TBR-血液分别为 7.1 ± 3.0 、 3.7 ± 0.8 、 5.1 ± 3.4 和 3.6 ± 2.1 。因此, CXCR4 靶向的 ^{68}Ga Pentixafor-PET 成像在治疗后随访检测胃 MALT 淋巴瘤是可行的, 显示了高敏感度和特异度, 并提供高病灶/背景的对比值。

Maruyama 等研究钇-90 标记的替伊莫单抗放射免疫疗法 (^{90}Y -IT) 对复发或难治性非霍奇金淋巴瘤 (NHL) 患者的疗效。对接受 ^{90}Y -IT 治疗的 68 名 NHL 患者的回顾性研究中, 包括 47 例滤泡性淋巴瘤 (FL)、15 例粘膜相关淋巴组织淋巴瘤 (MALT) 和 6 例套细胞淋巴瘤 (MCL)。使用 ^{18}F -脱氧葡萄糖 PET/CT 等在 ^{90}Y -IT 治疗后 3 个月评估疗效。结果显示治疗总有效率 (ORR) 为 87% (完全缓解 (CR) 率为 63%, 部分缓解 (PR) 率为 24%)。年龄对其没有影响。Kaplan meier 估计所有患者治疗后 50 个月的 OS 和 PFS 发生率分别为 88% 和 53%。在组织学亚组中, 无应答者的快速进展降低了 MCL 组的中位 OS。因此, 钇-90 标记的替伊莫单抗放射免疫疗法是治疗复发或难治性 B 细胞 NHL, 尤其是 FL 和 MALT 的一种非常有效的药物。

细菌感染与骨关节疾病

Polvoy 等研究了新型细菌特异性 PET 放射性示踪剂 D- ^{11}C 蛋氨酸 (^{11}C D-Met) 的生物分布、剂量学和诊断性能。对 6 名健康对照 (HV, 3 名男性, 3 名女性) 和 3 名疑似假肢关节感染 (PJI) 患者注射单次药物。HVs 进行了 6 次全身 PET/MRI 扫描, 计算每个器官的停留时间、吸收剂量和身体有效剂量。疑似 PJI 患者在感染部位接受动态 PET 扫描 30 分钟, 然后进行全身 PET/MRI 检查。结果显示有效剂量估计为 0.0040 mSv/MBq, 从肝胆 (慢) 和尿 (快) 途径清除。在 2/3 疑似 PJI 的患者中, ^{11}C D-Met 在早期聚焦扫描和延迟全身扫描中显示出感兴趣区域的病灶摄取增加。因此, ^{11}C D-Met 对 HVs 和感染患者均具有良好的耐受性。该制剂在疑似慢性感染的区域显示病灶摄

取增加,使其成为一种很有前途的感染显像剂。

Na ¹⁸F PET/MRI 可用于评估 TNF 抑制剂对中枢骨成骨细胞活性的影响。Bruckmann 等对临床活动性强直性脊柱炎(r-axSpA)患者接受 TNF 抑制剂治疗前(基线 BL)和治疗后 6 个月(随访, FU)进行 Na ¹⁸F PET/MRI SIJ(n=16 例)和全脊柱(n=10 例)成像。在骶髂关节象限(SIJ-Q)和椎体象限(VQ)记录炎症、结构损害和 Na ¹⁸F F 摄取情况。结果显示在 BL 中,Na ¹⁸F F 摄取率在 SIJ-Qs 中骨髓水肿(BME)为 96.0%,硬化为 94.2%,脂肪病变(FL)为 88.3%。在 FU 中,SIJ-Qs 中 BME 为 65.3%,硬化为 33.8%,FL 为 24.5%。在 BL 中,Na ¹⁸F F 摄取率在 VQ 中硬化为 81.5%,FL 为 41.9%,BME 为 33.7%。在 FU 中,Na ¹⁸F F 摄取率减少,VQ 中 BME 为 73.5%,FL 为 53.3%,硬化为 55.6%。因此,抗肿瘤坏死因子治疗导致成骨细胞活性在 4 个月内显著降低,这在炎症部位最为明显。

Gebreslassea 等比较了 103 例多发性骨髓瘤患者骨髓活检中浆细胞浸润(PCI)和 ¹⁸F-FDG 骨髓摄取的 3 种可视化模式(不规则、弥漫性小于或等于肝脏、弥漫性大于肝脏)。结果显示 84 例患者出现弥漫性骨髓摄取。其中 25 例摄取大于肝脏,PCI≥60%,59 例摄取小于或等于肝脏,其中 PCI<10%占 57.6%,PCI≥10%占 42.4%。19 例患者骨髓摄取不规则。其中 21.1%患者 PCI<10%,78.9%患者 PCI≥10%。在所述的三种 FDG 摄取模式中 PCI 的中位数百分比有显著差异(P=0.0001)。因此,骨髓活检和 F-FDG PET/CT 显示骨髓弥漫性摄取 F-FDG 在评估多发性骨髓瘤患者肿瘤负荷方面具有较好的一致性。然而,骨髓活检可能低估了 F-FDG 摄取不规则模式患者的肿瘤负担,从而存在治疗不足的潜在风险。

分子成像技术进展

Haq 等对 10 名肺基底部分(n=7)或肝脏(n=3)的活动性恶性肿瘤患者进行 PET/CT 成像。进行四次 PET 重建:①未进行运动校正(未校正);②仅使用呼气末计数(EE-gate);③使用 EMCD 校正计数至参考门,由 Anzai 系统告知(Anz-EMCD);④使用 EMCD 通过纯数据驱动的方法校正计数至参考门(DD-EMCD)。结果显示未校正图像的代谢性肿瘤体积(MTV)明显高于其他三种图像,其 SUV-max 和 MTV 的 SUV 平均值明显低于其他三种图像。相对于 EE-gate 图像,Anz-EMCD 和 DD-EMCD 图像的图像噪声更低。因此,与未校正的 PET 图像相比,使用 Anzai 或数据驱动的呼吸信号的 EMCD 会产生更高的 SUV 最大值,更小的 MTV,以及更高的 MTV

SUV 平均值,并且图像噪声比传统呼吸门控更低。

Knopp 等对 275 例肿瘤患者进行全身 FDG PET/CT 显像,采用传统的每床 90s 体位和研究性的每床 9s 体位采集。超快速采集用 BMI 自适应正则化重建方法,90s 使用目前的系统默认设置。结果显示对于 BMI<35 的患者,使用正则化自适应重建的超快速(2 分钟)低剂量(5mCi)全身 FDG PET/CT 与使用 10 倍长采集时间获得的传统 PET/CT 具有相同的诊断效果。对于 BMI≥35 的患者,缩短 5 倍的采集时间就能达到完全的诊断等效性。

Bubon 等根据美国国家电气制造商协会(NEMA)NU-4 标准评估了 Radialis PET 相机的图像质量。在空间分辨率、敏感度、计数率性能、散射分数和图像质量方面做了一些修改以适应平面探测器的设计。对所开发的相机和全身(WB)PET 获得的临床图像质量进行了并列比较。结果显示与全身 PET 和器官靶向 PET 系统相比,Radialis PET 相机具有更高的敏感度,适合在活动水平显著降低的情况下进行高分辨率成像。

Leithner 等对接受两台不同厂商 PET/CT 或 PET/MRI 的 200 名癌症患者的 ¹⁸F-FDG-PET 数据集进行回顾性分析。在其肝脏、脾脏和骨髓中放置固定大小的 2.5cm 球形感兴趣体积,并计算放射学特征。应用 ComBat 协调法校正扫描仪之间的技术差异,并对集合数据集中的三种组织进行分离。结果显示在肝、脾和骨髓分离方面,ComBat 协调的 PET 放射组学特征优于未协调的特征。因此,ComBat 协调显著提高了基于 ¹⁸F-FDG-PET 放射组学的所有放射组学特征分类的组织分类,甚至在汇集 PET/CT 和 PET/MRI 数据的时候也是如此。

Petrover 等对 167 例 [F]-florbetaben PET/CT 进行了回顾性研究。由两个独立阅片者视觉判读以确定淀粉样蛋白状态。判读完成后,使用 MIMneuro 软件对扫描进行后处理,生成区域性半定量 Z 分数,指示皮质淀粉样蛋白负荷。结果显示视觉评估和半定量分析提供了高度一致的结果。

Li-Fraumeni 综合征(LFS)患者 p53 突变,抑制正常 DNA 修复,对电离辐射诱发的恶性肿瘤易感性增加。Smith 等将健康人(WT)和 LFS 患者的外周血单个核细胞(PBMCs)与放射性保护剂[RPA:阿托伐他汀 0.016mg/mL,白藜芦醇 0.2mg/mL,N-乙酰半胱氨酸(NAC)3mg/mL]一起培养 24 小时。然后用 0.1Gy 或 1Gy 的电离辐射照射细胞。辐照 1 小时后,通过共聚焦显微镜评估细胞的双链 DNA 断裂的标记物 γ -H2AX 并将其量化。结果显示 WT PBMCs 的背景 γ -H2AX 灶/细胞计数为 2.4,在 0.1Gy 辐射下增加

到 29.8, 在 1Gy 辐射下增加到 30.2。从 LFS 供体中分离的 PMBCs 的背景 γ -H2AX 聚焦计数为 2.4 个/细胞, 在 0.1Gy 和 1Gy 时分别增加到 10.4 和 20.7 个。唯一持续显示 γ -H2AX 降低的药物是 NAC, 其导致辐照后每个细胞的 γ -H2AX 降低到接近或低于本底水平。因此 NAC 可减少电离辐射对 WT 和 LFS PB-MCs 的 DNA 损伤。

NP-59(6 β -碘甲基-19-去甲胆固醇)用于无创检测原发性醛固酮增多症为主的肾上腺皮质疾病中的异常胆固醇利用。Viglianti 等描述了从胆固醇合成氟化 NP-59(FNP-59)的开发与验证, 大鼠体内 1~6 小时的辐射剂量与分布, 毒理学研究, 正常小鼠和 ApoE 敲除小鼠及兔模型中的 PET 成像验证。最后, 在一正常患

者注射后 1、3、6 小时进行扫描, 这是 FNP-59 PET/CT 成像在人体的首次应用。结果显示成功制备了 FNP-59, 6 小时后大鼠肾上腺与肝摄取比为 5:1。与 I-131NP-59 的历史数据相比, FNP-59 辐射剂量显著降低, 尤其是在性腺与甲状腺中。动物毒理学研究表明当剂量超过 PET/CT 成像 1000 倍时也没有不良反应。小鼠与兔的成像显示了预期部位(包括有胆固醇累积的病理区域)的摄取。首次人体成像也显示了在肝和肾上腺组织的显像。因此, FNP-59 已被成功制备并在初步研究中显示了安全性, 使无创胆固醇代谢成像成为可能, 使旧技术再次重新被应用。

(收稿日期: 2022-01-07)

《放射学实践》杂志入选 中国医学科学院医学科学卓越期刊目录(2021 版)

近日, 华中科技大学同济医学院附属同济医院《放射学实践》杂志入选中国医学科学院医学科学卓越期刊目录, 是该目录中文杂志放射影像领域仅有的两本杂志之一。《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。

《放射学实践》创刊于 1986 年。创刊时杂志主要内容是将德国著名医学影像学杂志《Roentgenpraxis》原文翻译成中文, 向中国广大放射学工作者介绍德国最新的医学影像学信息, 是我国改革开放后最早的国际合作译文期刊。1996 年开始刊登国内专家学者的文章, 以论著为主, 涉及医学影像学的方方面面。以时代性、权威性、群众性作为刊物的定位品格, 博采众长、兼收并蓄, 受到广大放射学工作者的喜爱。现为 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊, 并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。