

肺结节 ^{18}F -FDG PET-CT 数据采集与标注 质量控制专家共识(2024 版)

中华医学会放射学分会 中华医学会核医学分会

通信作者:吴宁,国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心),北京 100021,Email:cjr.wuning@vip.163.com;
李思进,山西医科大学第一医院核医学科 分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心,太原 030001,Email:lisjnm123@163.com;刘士远,海军军医大学第二附属医院放射诊断科,上海 200003,Email:cjr.liushiyan@vip.163.com

【摘要】 ^{18}F -FDG PET-CT 对肺结节检出、诊断及肺癌的疗效评价和预后评估具有灵敏度高、特异度强、定量精准等特点,其临床价值已得到国内外认可。随着影像组学与人工智能技术应用于 ^{18}F -氟脱氧葡萄糖(FDG) PET-CT 领域的逐渐开展,数据标注和质量控制对深度学习模型准确性和鲁棒性起着重要作用。该共识旨在为肺结节 ^{18}F -FDG PET-CT 的数据采集、标注以及质量控制提出初步指导意见,以促进肺结节 ^{18}F -FDG PET-CT 数据集标准化,为人工智能算法和产品研发、调优、验证等提供重要依据,推动细分领域产品的快速发展。

【关键词】 肺肿瘤; 氟脱氧葡萄糖 F18; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机; 标注; 质量控制

基金项目:上海市促进产业高质量发展专项(人工智能专题)(2023-GZL-RGZN-01014);科技创新 2030-“新一代人工智能”重大项目(2020AAA0109500);上海市科学技术委员会科研计划项目(19411951300)

Expert consensus on the rule and quality of pulmonary nodules acquisition and annotation based on ^{18}F -FDG PET-CT (2024 Edition)

Chinese Society of Radiology of Chinese Medical Association, Chinese Society of Nuclear Medicine of Chinese Medical Association

Corresponding author: Wu Ning, Department of Nuclear Medicine (PET-CT Center), National Cancer Center, National Clinical Research Center for Cancer, Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100021, China, Email: cjr.wuning@vip.163.com;
Li Sijin, Department of Nuclear Medicine, First Hospital of Shanxi Medical University, Collaborative Innovation Center for Molecular Imaging of Precision Medicine, Taiyuan 030001, China, Email: lisjnm123@163.com; Liu Shiyuan, Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200003, China, Email: cjr.liushiyan@vip.163.com

胸部 CT 肺结节人工智能 (artificial intelligence, AI) 辅助诊断技术已日趋成熟,有助于

影像医师快速准确地进行肺结节识别及诊断。AI 在 ^{18}F -氟脱氧葡萄糖 (fluorodeoxyglucose, FDG)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20230831-00147

收稿日期 2023-08-31 本文编辑 史晓娟

引用本文:中华医学会放射学分会,中华医学会核医学分会.肺结节 ^{18}F -FDG PET-CT 数据采集与标注质量控制专家共识(2024 版)[J].中华放射学杂志,2024,58(3):258-265. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20230831-00147.



PET-CT 肺结节定性、肺癌分期及疗效评价等方面同样具有重要辅助作用和意义^[1-7],但基本处于研究阶段,距临床应用推广还有很大差距。其中对肺结节¹⁸F-FDG PET-CT 图像的采集、标注及质量控制缺乏统一、规范的标准,很大程度上影响了 AI 模型的优化、验证和推广。为促进标准化肺结节¹⁸F-FDG PET-CT 图像数据库的建立及相关 AI 辅助诊断产品的研发,本共识组专家经过反复讨论,制定了《肺结节¹⁸F-FDG PET-CT 数据采集与标注质量控制专家共识》。该共识结合了理论与实践,对基于 AI 辅助¹⁸F-FDG PET-CT 肺结节诊断的图像采集及重建、数据集标注、质量控制等技术环节提出了相关规范和建议。

一、适用范围及定义

肺结节是指肺内直径 ≤ 30 mm 的类圆形或不规则形边界清楚的密度增高病灶。CT 图像中根据肺结节是否完全为钙化成分分为钙化结节和非钙化结节,当结节完全为钙化成分时,判为钙化结节。然后再依据非钙化结节的密度不同将非钙化结节分为 3 类:实性结节、部分实性结节、纯磨玻璃密度结节。

PET-CT 分子成像技术融合了 PET 技术和 CT 技术,可同时反映病变功能代谢和解剖形态,是对肺结节进行精准影像诊断的最有效技术之一。PET-CT 评价肺结节的准确度在很大程度上取决于结节的大小和密度,PET-CT 检查适用于实性成分 ≥ 8 mm 的实性结节或部分实性结节^[8-10]。随着 PET-CT 技术的进步和 PET 图像空间分辨率的提高,这一阈值可能会下降。PET 在纯磨玻璃密度结节诊断中的作用尚未确定,应采用胸部薄层 CT 检查^[11]。

国内多篇指南指出,¹⁸F-FDG PET-CT 是肺癌诊断、分期与再分期、疗效评价和预后评估的优选方法之一^[12-14]。¹⁸F-FDG PET-CT 应用于肺结节诊疗方面的意义在于:(1)对肺结节进行定性诊断。既往荟萃分析表明,¹⁸F-FDG PET-CT 诊断肺癌的灵敏度为 89%(95%CI 86%~91%)、特异度为 75%(95%CI 71%~79%)^[15]。(2)对肺癌进行分期及治疗决策。另一项荟萃分析表明,¹⁸F-FDG PET-CT 在确定纵隔淋巴结分期方面的灵敏度和特异度分别为 72%(95%CI 65%~78%)和 91%(95%CI 86%~94%),而用于检出所有胸外转移的综合灵敏度和特异度分别为 77%(95%CI 47%~93%)和 95%(95%CI 92%~97%)^[16]。(3)指导放射治疗计划的制定。在放射治

疗计划中使用¹⁸F-FDG PET-CT 可以更精确地确定靶区,保证肿瘤接受准确、足量的照射,并减少正常组织的受辐射剂量。AI 技术可以实现放疗靶区的自动勾画,能够有效提高靶区勾画的时效性并且降低手动勾画结果的差异性。(4)评价肺癌疗效。¹⁸F-FDG PET-CT 在肺癌疗效评估中也可发挥重要作用,病变治疗前后¹⁸F-FDG 代谢改变往往早于形态学变化,可参照实体瘤治疗疗效 PET 评价标准 (PET Response Criteria in Solid Tumors, PERCIST)^[17]。

二、数据采集与质量控制

(一)数据采集及图像重建

1.¹⁸F-FDG 的制备和使用:目前,国内各医疗机构通常使用多功能自动化合成模块制备放射性显像剂。¹⁸F-FDG 的制备应严格执行标准流程,制剂经质量控制分析合格后(符合 2020 年版《中国药典》规定),方可供受试者使用。根据具体需求独立分装¹⁸F-FDG 溶液于注射器内并记录放射性活度,采取相应放射性防护措施进行转运。

静脉注射显像剂¹⁸F-FDG 注射活度依赖于采集系统参数配置、每个床位采集持续时间和患者体重。推荐最小注射活度的计算方法如下:对于床位重叠 $\leq 30\%$,最低注射药物活性=每个床位 $14 \text{ MBq}\cdot\text{min}/\text{kg}\times$ 患者体重(kg)/每个床位采集持续时间(min);对于床位重叠 $>30\%$,最低注射药物活性=每个床位 $7 \text{ MBq}\cdot\text{min}/\text{kg}\times$ 患者体重(kg)/每个床位采集持续时间(min)^[18]。

2.采集设备:PET-CT 采集设备应当是处于产品年度“状态检测”的有效期内、符合质控要求的合格设备。采集设备应尽可能涵盖在国内医院具有一定占有率的 PET-CT 设备品牌。

3.PET-CT 检查技术:注射显像剂¹⁸F-FDG 后,推荐安静休息 60~70 min,排尿后行 PET-CT 检查。通常采取仰卧位,双臂上举越过头顶,以避免双臂放置于身体两侧引发 X 线硬化伪影及由此所致的 PET 衰减校正伪影。

根据具体需求,确定 PET-CT 扫描范围。胸部 PET-CT 局部扫描范围至少从肺尖至肋膈角(包括全肺);PET-CT 体部扫描范围至少从颅底至大腿中段;PET-CT 全身扫描范围至少从颅顶至大腿中段。

先行 CT 扫描,随后进行 PET 扫描。根据 CT 检查目的,确定 CT 扫描参数(如管电流、管电压、层厚、旋转时间和螺距等)。如仅为 PET 数据衰减校正和获取 PET 定量参数使用,可采用低剂量 CT 扫

描。建议常规行胸部屏气 CT 扫描^[19]。推荐 PET 扫描采用三维采集模式。

根据诊断需要或研究方案可选择性进行 PET-CT 延迟显像,通常于注射显像剂 1.5~3.0 h 后进行^[20]。有文献报道,延迟显像可以提高¹⁸F-FDG PET-CT 在评估肺结节病变中的准确性^[21]。

4. 数据校正、图像重建及融合:(1)PET 数据校正。PET 采集的原始数据需经过一系列的校正才可用于图像重建,包括衰减校正、探测效率归一化校正、衰变校正、散射校正、随机符合校正和死时间校正等,同机 CT 数据用于 PET 数据的衰减校正和散射校正。(2)PET 和 CT 图像重建。①根据机型选择合适的 PET 重建算法和重建参数,如重建矩阵、放大倍数、散在校正、平滑算法与滤波核大小等。目前,常用重建方法包括有序子集最大期望值(ordered subset expectation maximization, OSEM)、分块顺序正则化最大期望值(block sequential regularized expectation maximization, BSREM)等。②¹⁸F-FDG PET-CT 中的 CT 图像应根据不同机型选择相应重建参数(如层厚、层间距等),可采用标准算法(或软组织算法)进行重建。对胸部屏气 CT 图像,常规层厚 5.0 mm 和薄层 ≤ 1.25 mm 重建,层厚 ≤ 1 mm 时,可以无间隔连续重建;层厚 > 1 mm 时,重建间隔选择 $\leq 80\%$ 的层厚,纵隔窗采用标准算法(或软组织算法),肺窗采用标准算法(或软组织算法)或标准算法(或软组织算法)加肺算法^[22]。推荐肺窗(窗位 $-700 \sim -600$ HU,窗宽 1 500~2 000 HU),纵隔窗(窗位 30~70 HU,窗宽 350~400 HU);其他窗宽、窗位可以用于辅助读片,例如骨窗。(3)图像融合和显示。通过专用图像分析软件处理,将 PET 图像与同机 CT 图像进行空间位置匹配后融合进行显示,获得横断面、冠状面、矢状面图像。

5. 多次随访 PET-CT 相关质量控制:肺结节 PET-CT 多次随访评价中,建议各次显像均采用同型号 PET-CT 扫描仪和同样采集参数。按照体重计算显像剂用量,¹⁸F-FDG 注射活度差异应控制在 20% 以内。注射显像剂后的静息时间差异控制在 15 min 以内。

6. 检查风险和禁忌证:人体内¹⁸F-FDG 一般 24 h 后可基本清除,过敏反应罕有发生。目前 PET-CT 检查在临床上无绝对禁忌证。建议孕期女性非必须不要进行此项检查。需要检查的哺乳期女性,注射¹⁸F-FDG 后 12 h 内应限制与婴儿密切接触。对于糖尿病患者,当血糖 ≥ 11 mmol/L 时不主张

行¹⁸F-FDG PET-CT 检查,待血糖调整至符合要求再行检查。

7. 图像质量要求:检查前充分的准备工作是图像质量的重要保证。检查前的准备主要包括:(1)受检者在检查前 24 h 内应避免剧烈运动,并严格禁食 4~6 h,包括禁含糖饮品及肠外营养液等;(2)受检者空腹状态下的血糖水平不超过 11 mmol/L,血糖浓度升高会导致病灶的摄取减低,并增加本底摄取;(3)注射显像剂后,受检者应安静休息,注意保暖,避免棕色脂肪摄取影响图像质量;(4)检查前尽可能去除体表金属物体。

图像质量要求:(1)受检者图像无移动伪影,病灶在 PET 图像与 CT 图像中位置匹配良好;(2)无体外金属物体引起的衰减校正图像伪影;(3)图像无缺失、无形变、无影响诊断的伪影。

(二)图像解读与定量参数

标准摄取值(standard uptake value, SUV),尤其是最大标准摄取值(maximum standard uptake value, SUV_{max})是目前临床最常用的定量参数。 SUV_{max} 的高低与肿瘤病理类型、分化程度、病灶大小以及临床分期有关,一般认为肿瘤恶性程度越高, SUV_{max} 也越高。临床上常通过 SUV_{max} 的阈值来区分肺结节的良性与恶性,但由于良性与恶性病变之间 SUV_{max} 存在一定重叠,导致产生假阳性或假阴性结果,且不同 PET-CT 设备采集的图像所测得的 SUV_{max} 也存在明显差异。因此肺结节的性质需结合 PET 图像 SUV_{max} 和 CT 图像形态学特征综合评估。

此外,由于¹⁸F-FDG 在白色脂肪中没有显著积累,脂肪含量的差异会影响 SUV 测量。瘦体重标准化摄取值(standard uptake value of lean body weight, SUL)以瘦体重作为体重,是去除脂肪组织对病灶¹⁸F-FDG 摄取计算的影响之后获得的代谢参数,更能准确地反映病灶¹⁸F-FDG 摄取情况^[23]。根据 PERCIST 标准,采用瘦体重校正 PET 显像,应用瘦体重标准摄取峰值(SUL_{peak})取代 SUV,可减少脂肪含量改变而导致的误差。

PET 代谢相关参数还包括肿瘤代谢体积(metabolical tumor volume, MTV)、糖酵解总量(total lesion glycolysis, TLG)等。TLG 和 MTV 能够反映肿瘤代谢负荷,对肺结节进行多参数量化评估的方式有利于精准医疗和个体化治疗的发展。

三、数据标注

(一)数据标注要求

1. 标注及审核人员:标注团队应包括标注医



师、审核医师以及仲裁医师。标注医师建议在三甲医院从事 PET-CT 诊断阅片工作 3 年及以上, 职称为主治医师及以上。标注医师应当统一接受数据集标注培训, 且通过由权威专家进行审核的预标注测试。审核医师建议在三甲医院具有 PET-CT 诊断经验 5 年及以上, 职称副主任医师及以上, 仲裁工作可由审核医师代替完成。

2. 标注平台: 推荐使用规范化标注的软件或平台, 如专用第三方开源标注软件或平台 (ITK snap、MITK 或 3D Slicer 等)、已上市的人工智能厂家的标注软件或平台等。应满足如下条件: (1) 具有详细的标注操作说明书; (2) 能读取标准 DICOM 图像, 将 PET 图像计数转化成 SUV 显示, 且使用统一的标注数据保存格式, 如 Nifity、Json、Xml 等; (3) 能满足 PET-CT 图像浏览及测量功能, 如多序列同步、缩放、测量、调整窗宽窗位、多平面重组、PET 图像伪彩色显示、PET 与 CT 图像配准功能等; (4) 能满足不同标注任务类型的要求, 如矩形框标注、边缘轮廓勾画、勾画结果删除等; (5) 能实现不同的标注流程需求, 如 1 个病例多次标注及审核; (6) 能保证稳定运行, 可定期检查运行情况及工作日志; (7) 标注平台应采取安全措施保障数据安全, 可采取加密存储手段, 确保不被删除、篡改及窃取, 若采用云平台进行数据上传、加载及标注, 需满足国家网络安全等级保护认证 (三级); (8) 标注结果需具有可追溯性, 方便标注过程、审核环节的记录与复现。

3. 标注环境: 标注环境应相对安静、光线柔和, 其余无特殊环境要求。需配备高性能台式电脑和医用显示屏进行标注任务。

4. 标注数据: 标注数据应为获得医院伦理委员会批准或者豁免的临床脱敏数据, 且为使用标准 DICOM 格式的原始影像数据, 原始图像、头文件以及附加文件中均不包含涉及患者隐私的任何信息或字段。CT 图像矩阵不低于 512×512 , PET 图像矩阵不低于 128×128 。不得对图像进行任何修改、编辑, 不得利用有损压缩图像进行标注, 标注后图像不得以有损压缩存储。每个病例的图像应当保持连续完整, 不得出现缺层、错层等情况。标注数据应记录采集设备的具体型号, 以及扫描时采集设备的相关配置参数。

(二) 标注规则

1. 语义信息标注: 指医师以诊断经验及解剖知识为基础对肺结节及其相关描述进行语义信息标注, 如肺结节的位置、密度、大小、形态、边缘、放射

性摄取程度、延迟前后的放射性摄取程度变化、病灶内 ^{18}F -FDG 分布等, 主要用于肺结节良性与恶性分类的任务。标注结果具有一定的主观性, 通过具有丰富经验的审核医师确认后的标注结果可被认定为金标准。

2. 位置标注: 指在肺结节周围用矩形框标记病灶大致范围, 确保肺结节可以被包含在框内即可, 主要用于目标检测等对肺结节边界精细度要求较低的任务。标注时要求矩形框的边界应紧密包裹结节边缘, 且结节范围不能超出矩形框。

3. 分割标注: 是指医师以诊断经验及解剖知识为基础对肺结节边缘进行精准的像素水平勾画, 主要用于肺结节分割、影像组学特征提取等对病灶边界精细度要求较高的任务。可以采取手动或半自动分割方法进行标注。

(1) CT 图像标注规则: 在屏气时胸部 CT 图像的肺窗下进行结节边界标注, 医师应明确结节边界, 围绕结节标记, 在结节外的第一层像素作为结节轮廓, 勾画结节本体部分, 对于结节本体以外部分 (如血管、胸膜等) 不予勾画 (图 1~6)。具体结节边界标注方法可参考《胸部 CT 肺结节数据标注与质量控制专家共识 (2018)》^[22]。

(2) PET 图像标注规则: 标注前, 标注医师可根据具体标注任务、结节边缘形态确定具体标注方法。当 PET 图像中肺结节边界清晰、 ^{18}F -FDG 摄取明显时, 标注医师可先使用基于阈值的辅助标注方法, 然后针对错标或漏标区域进行手动调整。当 PET 图像中肺结节体积较小、 ^{18}F -FDG 摄取较低或不均匀、边缘模糊或与周围组织结构分界不明确 (如肺门区淋巴结、不张肺组织等) 时, 标注医师使用基于阈值的辅助标注方法不能有效得到准确的结节边界, 则需通过视觉判别评估病灶边缘及其他影响因素, 然后沿肺结节边缘逐层手动标注 (图 7~14)。如有延迟显像, 也可按照上述步骤进行标注。

(3) 基于阈值的辅助标注方法: 多数 ^{18}F -FDG PET-CT 图像的肺结节标注均可使用基于阈值的自动分割方法, 然后辅以手动修正。目前常用的阈值标注方法是将肺结节区域 SUV_{max} 的一定百分比 (通常范围为 $15\% \sim 50\% \text{SUV}_{\text{max}}$) 或 $\text{SUV}_{\text{max}} = 2.5$ 作为阈值进行自动勾画。所有摄取程度高于此阈值的体素都包含在分割体积中。由于 PET 图像空间分辨率较低、摄取区域边界模糊, 目前没有标准值适用于所有情形, 标注医师应根据实际情况调整百分比或固定阈值。

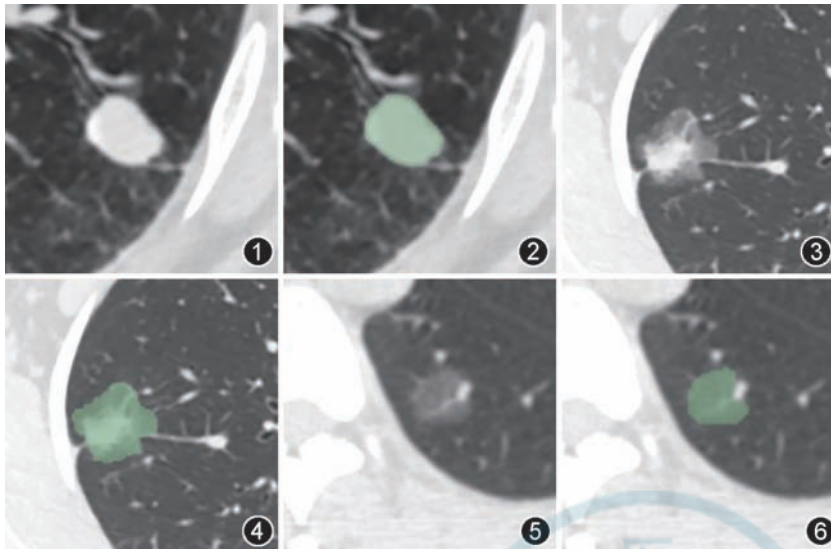


图 1,2 肺内实性结节分割示意图。图 1 为屏气时胸部 CT 图像肺窗下的肺内实性结节。图 2 为屏气时胸部 CT 图像肺窗下的肺内实性结节区域分割示例,绿色像素代表拟分割的结节区域 **图 3,4** 肺内部分实性结节分割示意图。图 3 为屏气时胸部 CT 图像肺窗下的肺内部分实性结节。图 4 为屏气时胸部 CT 图像肺窗下的肺内部分实性结节区域分割示例,绿色像素代表拟分割的结节区域 **图 5,6** 肺内磨玻璃密度结节分割示意图。图 5 为屏气时胸部 CT 图像肺窗下的肺内磨玻璃密度结节。图 6 为屏气时胸部 CT 图像肺窗下的肺内磨玻璃密度结节区域分割示例,绿色像素代表拟分割的结节区域,结节外血管部分已剔除

除了基于阈值的辅助标注方法外,源-背景比率法与固定阈值相比提供了更大的灵活性,也可以作为 ¹⁸F-FDG PET-CT 肺结节的辅助标注方法,该方法由肺结节摄取程度和周围肺组织摄取程度的相关函数确定分割阈值^[24]。未来还可以使用基于 AI

算法的辅助标注方法以提高标注效率,便于进行大规模样本数据集的构建。上述方法本共识不做具体讨论,研究者可根据实际情况进行相关算法的标注工具开发,在使用前需注意对辅助标注工具的性能进行评价。

标注注意事项:(1)标注前需对 CT 和 PET 图像进行预处理,将 PET 图像从计数转化为 SUV;(2)标注医师需参考 PET-CT 融合图像、CT 图像,明确结节位置、大小、形态等相关信息后,在 PET 图像中逐层进行标注;(3)对于肺内多发结节时,标注医师需在胸部屏气 CT 图像的肺窗下标注满足具体标注任务要求的所有结节,在 PET 图像中仅需标注 ¹⁸F-FDG 摄取阳性结节;(4)PET 图像中部分结节的边界不易区分时,建议与其他标注医师或审核医师讨论后再进行标注;(5)由于结节组成复杂、变化多样,包括坏死、钙化、出血等,PET 图像中结节边缘或中央区域表现为 ¹⁸F-FDG 低摄取,对于使用半自动/自动标注方法后,标注医师需对标注轮廓进行核查及手动修改,避免出现勾画不准确的情况;(6)标注医师可根据具体标注任务进行肺结节

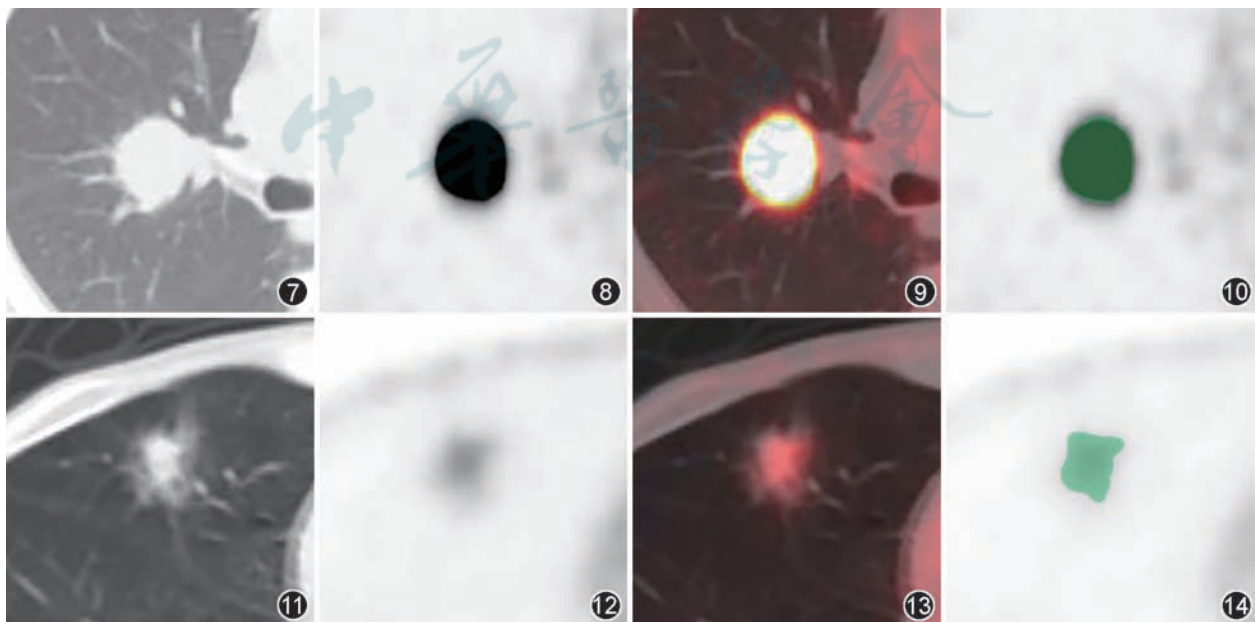


图 7~10 PET 图像中肺内实性结节分割示意图。图 7~9 分别为 CT 图像(图 7)、PET 图像(图 8)、融合图像(图 9)。图 10 为 PET 图像中肺内实性结节区域分割示例,绿色像素代表拟分割区域 **图 11~14** PET 图像中肺内部分实性结节分割示意图。图 11~13 分别为 CT 图像(图 11)、PET 图像(图 12)、融合图像(图 13)。图 14 为 PET 图像中肺内部分实性结节区域分割示例,绿色像素代表拟分割区域

单一或多层面的标注(如结节最大层面标注、全层面标注),在全层面标注中标注医师需进行逐层标注,不要遗漏病灶始末两层,完成标注后标注医师应进行自检,避免漏标或错标;(7)针对肺癌分期 AI 模型的训练,标注任务可根据需要进行区域淋巴结以及远处转移标注。

4. 结节大小计算:在胸部屏气 CT 图像的肺窗下计算结节大小,计算方式包括:(1)结节最大横截面长径及短径,首先对结节所有横截面计算其平均直径,以平均直径最大者为最大横截面,平均直径=(长径+短径)/2,精度保留 1 位小数,单位为 mm;(2)结节空间最长直径,根据医师对结节的分割结果,计算出该结节立体空间内最远两点距离,精度保留 1 位小数,单位为 mm;(3)结节体积,根据医师对结节的分割结果,依照结节所包含体素的数量计算结节体积,精度保留整数位,单位为 mm³。

四、标注程序的实施与质量控制

(一)预标注

正式标注任务开展之前,可进行小规模预标注。预标注的主要目的如下:(1)检验标注培训效果和标注医师水平;(2)检验标注方案和标注策略是否可行;(3)为确立最终的标注策略提供数据分布和标注质量评定的参考;(4)预估标注耗时和成本。

(二)正式标注

1. 检出环节:建议不少于 2 名标注医师独立标注,然后用计算机自动判断检出的一致性,以所有人标注结果的并集作为结果。

2. 分类环节:标注医师背靠背进行分类,分类结果同样由计算机自动判断一致性和进行合并,同时保留不同意见。

3. 审核环节:由审核医师和仲裁医师各自独立对检出和分类结果进行审核与修改,纠正漏诊、误诊和误判。如果遇到疑难问题,仲裁医师可以进行集体讨论与确认。如果标注结果不合格,审核医师可将数据返回给标注医师修改或重新标注。

4. 边界分割与尺寸测量:在检出与分类完成之后,由于边界分割相对简单,建议普通病例的边界分割由 1 名标注医师执行,由 1 名审核医师进行审核。遇到复杂征象时,可酌情增加审核医师 1~2 名,以保证标注质量。

(三)标注结果验收

标注任务完成后,可进行标注结果验收,应考虑标注结果的准确性、一致性、可读取、解释性及可

追溯性等方面。标注结果验收可采取全样检验、多重抽样检验等方式。

(四)标注流程

结合实际临床工作和研究项目的需要,参照中华医学会放射学分会提出的胸部 CT 肺结节、中枢神经系统肿瘤的标注专家共识中的标注流程^[25],简要流程图见图 15。

五、结语

PET-CT 将 PET 和 CT 两种影像采集技术相结合,提供了肺结节的功能代谢和解剖形态信息。医学影像 AI 进入了快速发展时期,但基于¹⁸F-FDG PET-CT 的 AI 尚处于初步阶段。因此,笔者结合我国肺结节¹⁸F-FDG PET-CT 临床实践和 AI 发展状况制定此共识,为肺结节¹⁸F-FDG PET-CT 在理论和临床研究应用 AI 技术提供指导。基于本共识为基本的建议性参考文件,难免有未提及的相关内容。本共识随¹⁸F-FDG PET-CT 和 AI 技术的不断发展将适时更新。

执笔者:张泽伟[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、陶秀丽[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]

专家组成员(按姓氏拼音排序):陈起航(北京医院放射科)、段小艺(西安交通大学第一附属医院 PET-CT 室)、范丽(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、郭佑民(西安交通大学第一附属医院医学影像科)、胡春洪(苏州大学附属第一医院放射科)、胡海(中山大学孙逸仙纪念医院肿瘤科)、李方(北京协和医院核医学科)、李静[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、李思进(山西医科大学第一医院核医学科 分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心)、李小萌[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、刘凯(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、刘士远(海军军医大学第二附属医院放射诊断科)、刘瑛[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、柳学国(中山大学附属第七医院放射科)、施裕新(上海市公共卫生临床中心影像科)、史河水(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、史景云(上海市肺科医院放射科)、宋伟(北京协和医院放射科)、陶秀丽[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、汪静(空军军医大学西京医院核医学科)、王培军(同济大学附属同济医院医学影像科)、王雪鹃[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、王云华(中南大学湘雅二医院核医学科/PET 影像中心)、吴宁[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、伍建林(大连大学附属中山医院影像科)、夏黎明(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)、萧毅(海军军医

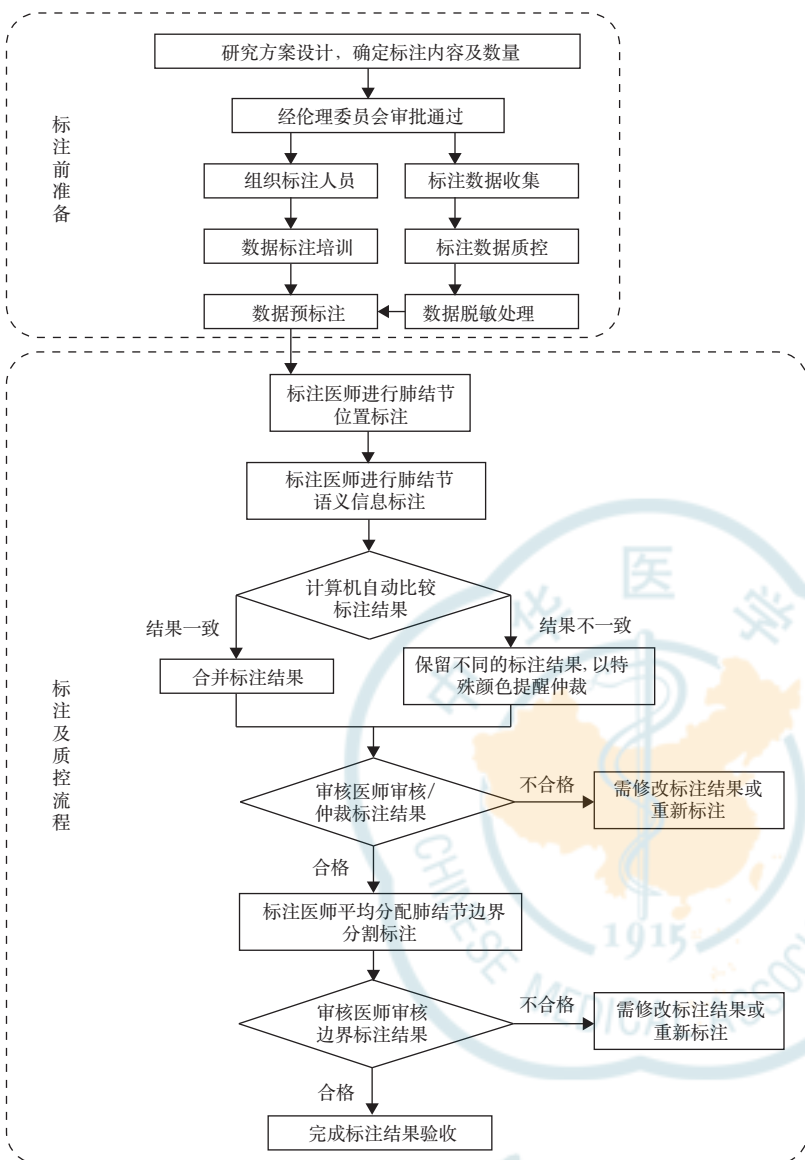


图 15 ¹⁸F-FDG PET-CT 肺结节标注的简要流程示意图

大学第二附属医院放射诊断科)、辛军(中国医科大学附属盛京医院核医学科)、徐浩(暨南大学附属第一医院核医学科)、许茂盛(浙江中医药大学附属第一医院影像科)、杨立(解放军总医院第一医学中心放射诊断科)、叶剑定(上海市胸科医院放射科)、叶兆祥(天津医科大学肿瘤医院放射科)、于红(上海市胸科医院放射科)、张惠茅(吉林大学第一医院放射科)、张立娜(中国医科大学附属第一医院放射科)、张敏鸣(浙江大学医学院附属第二医院放射科)、张泽伟[国家癌症中心 国家肿瘤临床医学研究中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院核医学科(PET-CT 中心)]、赵绍宏(解放军总医院第一医学中心放射诊断科)、郑敏文(空军军医大学西京医院放射科)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

志谢 本共识参考引用了国内外相关研究的杰出成果,对完成这些研究的广大学者表示深深的敬意。本共识先后有四十余位放射影像、PET-CT 分子影像、人工智能领域专家进行了多次审慎修改,确保了专家共识的权威性和科学指导价值,对大家的辛勤付出表示深深的感谢

参 考 文 献

- [1] 程远,王振光,杨光杰,等.¹⁸F-FDG PET/CT 孤立性肺结节恶性风险预测模型的建立及效能评价[J].中华核医学与分子影像杂志, 2019, 39(3):129-132. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.03.001.
- [2] 吕律,刘瑛,王小艺,等.PET-CT 对临床 I A 期肺腺癌隐匿性淋巴结转移的预测价值[J].中华肿瘤杂志, 2019, 41(6): 441-447. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.06.008.
- [3] 周见远,邹思娟,汤明,等.基于¹⁸F-FDG PET 影像组学区分结节/肿块性肺结节与非小细胞肺癌[J].放射学实践, 2021, 36(6): 700-706. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.06.002.
- [4] Teramoto A, Fujita H, Yamamuro O, et al. Automated detection of pulmonary nodules in PET/CT images: ensemble false - positive reduction using a convolutional neural network technique [J]. Med Phys, 2016, 43(6): 2821-2827. DOI: 10.1118/1.4948498.
- [5] Kumar A, Fulham M, Feng D, et al. Co-learning feature fusion maps from PET-CT images of lung cancer[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2019, 39(1):204-217. DOI: 10.1109/TMI.2019.2923601.
- [6] Teramoto A, Fujita H, Takahashi K, et al. Hybrid method for the detection of pulmonary nodules using positron emission tomography/computed tomography: a preliminary study[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2014, 9(1): 59-69. DOI: 10.1007/s11548-013-0910-y.
- [7] Moitra D, Mandal RK. Classification of non-small cell lung cancer using one-dimensional convolutional neural network[J]. Expert Syst Appl, 2020, 159: 113564. DOI: 10.1016/j.eswa.2020.113564.
- [8] Groheux D, Quere G, Blanc E, et al. FDG PET-CT for solitary pulmonary nodule and lung cancer: literature review[J]. Diagn Interv Imaging, 2016, 97(10):1003-1017. DOI: 10.1016/j.diii.2016.06.020.
- [9] Patel VK, Naik SK, Naidich DP, et al. A practical algorithmic approach to the diagnosis and management of solitary pulmonary nodules: part 2: pretest probability and algorithm[J]. Chest, 2013, 143(3): 840-846. DOI: 10.1378/chest.12-1487.
- [10] American College of Radiology Committee on Lung-RADS®. Lung-RADS Assessment Categories 2022[EB/OL]. (2023-1-1). <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/Lung-RADS/Lung-RADS-2022.pdf>.
- [11] Mortensen J. Assessing nodules detected in lung cancer screening: the value of positron emission tomography[J]. Eur Respir J, 2015, 45(2):314-316. DOI: 10.1183/09031936.00192714.
- [12] 国家卫生健康委办公厅.原发性肺癌诊疗指南(2022年版)[J].协和医学杂志, 2022, 13(4):549-570. DOI: 10.12290/xhyxzz.2022-0352.
- [13] 中华医学会肿瘤学分会,中华医学会杂志社.中华医学会肺癌临床诊疗指南(2023版)[J].中华肿瘤杂志, 2023, 45(7):

539-574. DOI: 10.3760/cma.j.cn112152-20230510-00200.

[14] 国家卫生健康委办公厅. 国家卫生健康委办公厅关于印发肿瘤专业医疗质量控制指标(2023年版)的通知(国卫办医政函〔2023〕66号)[EB/OL]. (2023-03-13). <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7657/202303/d61a0abf132f4aaf9ebbb6d094764ad2.shtml>.

[15] Deppen SA, Blume JD, Kensinger CD, et al. Accuracy of FDG-PET to diagnose lung cancer in areas with infectious lung disease: a meta-analysis[J]. JAMA, 2014, 312(12): 1227-1236. DOI: 10.1001/jama.2014.11488.

[16] Wu Y, Li P, Zhang H, et al. Diagnostic value of fluorine 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for the detection of metastases in non-small-cell lung cancer patients[J]. Int J Cancer, 2013, 132(2): E37-E47. DOI: 10.1002/ijc.27779.

[17] Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, et al. From RECIST to PERCIST: evolving considerations for PET response criteria in solid tumors[J]. J Nucl Med, 2009, 50(Suppl_1): 122S-150S. DOI: 10.2967/jnumed.108.057307.

[18] Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2015, 42(2): 328-354. DOI: 10.1007/s00259-014-2961-x.

[19] 刘瑛, 吴宁, 郑容, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 对肺结节的诊断价值[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(1):18-21.

[20] 中华医学会核医学分会. 肺占位病变¹⁸F-FDG PET/CT 显像技术操作和临床应用指导原则(试行版·2008)[J]. 中华核医学杂志, 2008, 28(5): 359-360. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2008.05.026.

[21] Matthies A, Hickeson M, Cuchiara A, et al. Dual time point ¹⁸F-FDG PET for the evaluation of pulmonary nodules[J]. J Nucl Med, 2002, 43(7): 871-875.

[22] 中国食品药品检定研究院, 中华医学会放射学分会心胸学组. 胸部 CT 肺结节数据标注与质量控制专家共识(2018)[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(1):9-15. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.01.004.

[23] Tahari AK, Chien D, Azadi JR, et al. Optimum lean body formulation for correction of standardized uptake value in PET imaging[J]. J Nucl Med, 2014, 55(9): 1481-1484. DOI: 10.2967/jnumed.113.136986.

[24] Daisne J F, Sibomana M, Bol A, et al. Tri-dimensional automatic segmentation of PET volumes based on measured source-to-background ratios: influence of reconstruction algorithms[J]. Radiother Oncol, 2003, 69(3): 247-250. DOI: 10.1016/s0167-8140(03)00270-6.

[25] 中国医师协会放射学分会“互联网+”影像学组. 中枢神经系统肿瘤的 MRI 影像标注专家共识[J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(4):378-384. DOI: 10.19300/j.2021.S19165.

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊地址和通讯方式

《中华放射学杂志》编辑部

通信地址:北京市西城区东河沿街69号505室
邮政编码:100052

编辑部工作人员及联系方式

张琳琳, 编辑部主任
联系电话:010-51322326
Email:zhanglinlin@cmaph.org
分管专业:心血管放射学、介入放射学、影像技术学

胡凌, 编辑
联系电话:010-51322325
Email:huling@cmaph.org
分管专业:头颈部放射学、腹部放射学、骨骼肌肉系统放射学、儿童放射学

联系电话:010-51322321
Email:cjr@cmaph.org

史晓娟, 编辑
联系电话:010-51322329
Email:shixiaojuan@cmaph.org
分管专业:中枢神经系统放射学、胸部放射学、乳腺放射学

李毅, 编务
联系电话:010-51322321
Email:liyi@cmaph.org

(本刊编辑部)

