

RSNA2023 心脏 CT 及 MRI

潘子怡, 赵赞, 唐媛媛, 温金扬, 杨朝霞, 冉玲平, 李浩杰, 朱慧, 包雨微, 严祥虎, 罗毅, 向春林, 黄璐, 夏黎明

【摘要】 2023 年 RSNA 关于心脏 CT 及 MRI 方面研究的热点主要包括以下几个方面:①人工智能在心血管影像中的应用;②光子计数探测器 CT 成像;③心脏 CT 成像;④心脏磁共振临床应用研究;⑤心脏磁共振新技术和新诊断参数。本文针对上述内容进行综述。

【关键词】 心脏;人工智能;光子计数探测器;冠状动脉;磁共振成像

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

【文章编号】 1000-0313(2024)02-0147-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.02.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



2023 年 RSNA 心脏影像学内容丰富,本文从人工智能在心血管影像中的应用、光子计数探测器 CT 成像、心脏 CT 成像、心脏磁共振临床应用研究以及心脏磁共振新技术和新诊断参数等方面对研究热点和进展进行阐述。

人工智能在心血管影像中的应用

人工智能是近几年心血管影像研究的热点,本次大会在冠状动脉计算机断层血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)、钙化积分、CT 灌注和心脏磁共振成像(cardiac magnetic resonance, CMR)等方面有较多研究展示。

超分辨率深度学习重组(super-resolution deep learning reconstruction, SR-DLR)是一种使用深度卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)的新型 CT 图像重建技术,能显著提高空间分辨率,改善图像质量。Ko 等研究发现,与滤波反射投影(filtered-back projection, FBP)、混合迭代重建(hybrid iterative reconstruction, HIR)、深度学习重组(deep learning reconstruction, DLR)相比,SR-DLR 能改善 CCTA 图像质量,更清晰显示冠状动脉远端的轮廓。Tomizawa 等发现,与基于模型的迭代重建(model-based iterative reconstruction, MBIR)相比,SR-DLR 在检测冠状动脉 $>50\%$ 狭窄方面与冠状动脉造影具有相当的诊断性能。而 Shigematsu 等也比较了 SR-DLR 与 FBP、HIR、MBIR 和正常分辨率深度学习重组(normal resolution deep-learning reconstruction, NR-DLR)算法对冠状动脉钙化(coronary artery calcium, CAC)的定

量作用,SR-DLR 可以改善图像质量,能较准确定量 CAC。Xu 等还发现 SR-DLR 能显著提高冠状动脉支架评估的准确性和可信度。Morikawa 等研究发现,在动态心肌 CT 灌注成像中,SR-DLR 在图像噪声和心肌边缘清晰度方面优于 HIR 和 DLR。

Tremamunno 等发现,在非肥胖患者中,与常规 100 kVp-自适应统计迭代重建算法-V 方案相比,高强度深度学习图像重组在“双低”(低辐射剂量和对比剂剂量)条件下,可以提高 CCTA 图像质量。Liang 等研究发现,在保持对比剂方案相同的前提下,不同浓度对比剂的 CCTA 图像质量和辐射剂量上没有明显差异,但在总碘量恒定的条件下,高浓度对比剂可以降低注射速率。Huang 等评估基于 CNN 的 CCTA 评估的新冠冠状动脉疾病报告和数据系统 2.0 版本在预测疑似 CAD 患者的主要不良心血管事件的作用,其表现出良好的性能,并可作为非侵入性成像标记应用于风险分层中。Rothenberg 等开发一种全自动人工智能算法(AI Cardiomegaly v0.9),在常规胸部或腹部 CT 有效地筛查心脏肥大,高度预测未来主要心血管疾病事件的发生。Raghu 等开发一个深度学习模型(CT-CV-Risk),可以基于单一胸部 CT 图像,预测 10 年的心血管死亡率。

Dong 等基于卷积神经网络,将输入的模拟静态 CT 灌注(computed tomography perfusion, CTP)转换为心肌血流量(myocardial blood flow, MBF)并输出,其与动态心肌 CTP 检查获得的参考 MBF 具有足够的一致性和相关性。Yoshiur 等比较多层 CT 与经食管三维超声心动图(three-dimensional transesophageal echocardiography, 3D TEE)测量主动脉瓣环的准确性,发现采用全心运动校正(motion correction, MC)算法的多层 CT 可以减少主动脉瓣环运动伪影,实现经导管主动脉瓣植入术(transcatheter aortic valve

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: 潘子怡(2000-),女,安徽宿州人,硕士研究生,主要从事心血管影像诊断及研究工作。

通讯作者: 夏黎明, E-mail: lmxia@tjh.tjmu.edu.cn

implantation, TAVI) 术前主动脉瓣环的精确测量。Somasundaram 等在预测单个心脏节段的预训练模型上使用迁移学习技术, 开发优化模型来预测供体和儿童心脏移植患者的心脏总体积 (total cardiac volumes, TCV)。TCV 是器官移植中供体器官匹配的重要指标, 优化的深度学习 TCV 分割模型对于器官尺寸匹配是有益的。

Tanaka 等使用深度解析技术在单次呼吸中获得多层心肌 T_2 WI 和 T_2 -mapping (MS- T_2 WI/Map), 保持图像质量的同时缩短采集时间, 能够对局灶性疾病进行多层面评估。An 等开发一种基于深度学习的网络, 结合心脏磁共振特征跟踪 (cardiac magnetic resonance feature tracking, CMR-FT) 和 MRI 标记的优势, 在传统电影图像中评估局部心脏功能, 无需采集 MRI 标记图像, 缩短了 MRI 扫描时间, 有助于早期发现心血管疾病。Mahmoodi 等提出了一种深度学习策略来实现自动化相位和层面检测, CNN 能够从 Real-time 稳态自由进动 (steady-state free precession, SSFP) 推断心脏相位和层面位置, 以实现心脏体积测量, 测量结果与 SSFP 电影相当, 不容易受到运动和伪影的影响, 有望为心律失常或无法屏气的患者提供更可靠的 MRI 检查。Yang 等基于 2D 卷积神经网络模型及 VGG16 模型等, 实现了晚期钆增强图像对肥厚型心肌病、扩张型心肌病、心脏淀粉样变和正常对照的自动分类。

光子计数探测器 CT 成像

光子计数探测器 CT (photon-counting detectors CT, PCD-CT) 是近年来 CT 成像领域的重大技术突破。与传统能量积分探测器 CT (energy-integrating detector CT, EID-CT) 相比, 具备更高的空间和时间分辨率以及更低的噪声。本次大会展示了 CCTA 图像质量、血流储备分数、斑块成分和支架内再狭窄等方面的研究成果。

Pinos 等研究发现, 与 EID-CCTA 相比, PCD-CCTA 具有更好的客观和主观图像质量, 可为多种患者提供更好的冠状动脉显示, 尤其是高身体质量指数 (BMI) 患者。Van Der Bie 等也发现了在超大体型患者中, 120 kV 的 PCD-CT 在不增加辐射剂量或不影响血管可检测性的情况下提高空间分辨率。Zsarnoczay 等对 PCD-CT 和 EID-CT 系统的血流储备分数 (fractional flow reserve, CT-FFR) 进行比较, 发现基于 PCD-CT 的 CT-FFR 评估是可行的, 并且与基于 EID-CT 的 CT-FFR 具有良好的相关性。

Kroger 等使用标准分辨率模式 (standard resolution mode, SRM) 和超高分辨率模式 (ultra-high-reso-

lution mode, UHR) 的 PCD-CT 评估体模中的冠状动脉支架内狭窄, UHR 模式下的 PCD-CT 可以评估小直径冠状动脉支架的支架内狭窄, 通过优化支架成像的图像重建卷积核来进一步提高支架内狭窄的可评估性。Sun 等探讨 UHR PCD-CT 在体模中不同卷积核对冠状动脉支架图像质量的影响, 发现采用 Bv60 ~ Bv68 的卷积核是冠状动脉支架评估的最佳参数。Hagar 等以有创冠状动脉造影 (invasive coronary angiography, ICA) 作为参考标准, UHR PCD-CTA 能够无创评估冠状动脉支架的通畅性, 提高图像质量和诊断准确性, 较高的阴性预测值有助于排除既往支架植入患者支架内狭窄。Funama 等发现专用高分辨率 (high resolution, HR) 斑块内核的 PCD-CT, 能改善冠状动脉斑块的可视化, 提高 CCTA 中支架内狭窄的可视性, 更准确地评估支架内狭窄。Zou 等定量评价 UHR PCD-CT 在高压电压 (140 kVp) 和标准管电压 (120 kVp) 下的冠状动脉支架图像质量, 研究发现量子迭代重建 (QIR) 强度为 3 的情况下, 140 kVp 和 120 kVp 下具有相似的图像质量和支架清晰度。PCD-CT 的 UHR 扫描和锐利卷积核结合显著提高了支架成像的清晰度。Pourmorteza 等展示了 UHR PCD-CT 对冠脉支架内的高清显示能力, 对比噪声比 (CNR) 提高了 56.5%, 图像噪声降低 29.5%, 辐射剂量显著减少 49.7%, 使得 200 μ m 及以下的空间分辨率对冠状动脉和支架内管腔特征进行详细分析成为可能。

Chang 等开发了一种基于去噪卷积神经网络的 UHR PCD-CT, 有效提高了有支架或致密钙化患者的 CCTA 图像质量, 增强了对狭窄评估的信心。Haag 等研究发现, 通过 PCD-CT 能量解析算法的创新, 纯净钙化 (Pure Calcium) 算法可以从冠脉 CTA 图像中重建出与真实钙化积分扫描结果高度相关的图像, 有望替代真实的钙化积分扫描, 减低患者的辐射风险。Tatsugami 等研究表明, 在所有辐射剂量水平下, PCD-CT 的图像噪声水平低于 UHR-CT, CNR 高于 UHR-CT, 可以更准确地检测冠状动脉钙化。心脏运动已被证明会影响基于真实非对比剂 (true non-contrast, TNC) 的冠状动脉钙化评分, PCD-CT 能够改进多种材料的光谱分离, 从而基于对比增强扫描创建虚拟非碘 (virtual non-iodine, VNI) 重组。Emrich 等在 PCD-CT 分析中发现, 心脏运动和血管内衰减影响 VNI 冠状动脉钙化评分 (VNI-CACS), 但在计算 Agatston 评分时影响最小, VNI-CACS 比 VNC-CACS 更准确。Fink 等研究发现, 与 TNC-CACS 相比, 使用 PCD-CT 进行 VNI-CACS 对小密度和低密度斑块的性能有限, 可以使用提出的体内 CACS“安全网”重组

来改善。Fink 等提出一种辐射剂量更小、可重复性更好的 PCD-CT 为基础的 CACS 方案,在 120 kVp 下,使用薄层、降低 25% 剂量的方案,可以改善标准的基于 PCD-CT 的 CACS 的评分变异性和钙化检出率。

Halfmann 等研究发现,与定量冠状动脉造影(quantitative coronary angiography, QCA)的参考标准相比,PCD-CT 的 UHR-CCTA 最大限度地减少了冠状动脉狭窄的高估,减少不必要的随访成像。Zsarnoczay 等对比使用 UHR 采集和虚拟非钙化(virtual non-calcium, VNCa)重组技术对冠状动脉狭窄评估的准确性,使用 UHR 采集或 VNCa 重组技术的 PCD-CT 可提高狭窄定量的准确性,而在心率高达 80 bpm 时,UHR PCD-CT 可提供准确的狭窄分级。Wolf 等评估 PCD-CT 的虚拟单能重组(virtual monoenergetic image, VMI)对冠状动脉狭窄量化的影响,VMI 重建有可能提高 CCTA 量化狭窄的准确性,克服 CCTA 钙晕的影响,从而有助于减少狭窄量化的偏倚。

Pourmorteza 等探讨深硅 PCD-CT 在表征冠状动脉斑块和支架方面的作用,其在碘定量方面表现出良好的准确性,可以准确地分解两种对比剂的混合物。与最先进的双能 EID-CT 相比,其空间分辨率可使图像更清晰,使晕状伪影减少 50%,通过提供 150 μm 分辨率的光谱信息,有助于提高斑块和支架的可视化。Yu 等研制了一种以碲锌镉(CdZnTe)为探测器的 PCD-CT,使用模拟 CCTA 的结构化体模来评估 PCD-CT,发现它显著提高空间分辨率,但是噪声增加,PCD-CT 的高分辨率模式有助于 CCTA 更精确地评估狭窄和冠状动脉支架的通畅性。

Ayx 等基于 PCD-CT,探讨与 CACS 升高相关的主动脉周围脂肪的放射组学纹理特征,支持血管周围脂肪组织炎症或纤维化活动的可能影响。Overhoff 等研究发现,PCD-CT 的 VMI 可以减少对比剂,并通过减少辐射剂量优化图像质量,一站式获取瓣膜评估的结果和高质量的冠脉图像,可用于术前 TAVI 患者的冠状动脉分析。Oda 等进行了原型 PCD-CT 定量心肌细胞外容积(extracellular volume, ECV)的初步验证,PCD-CT 定量心肌 ECV 时,VMI 的 keV 水平会引起定量值的差异和测量值的变化,该 PCD-CT 系统可在 50 keV 和 60 keV、150 mAs 和 300 mAs 条件下准确定量心肌 ECV。

心脏 CT 成像

Ellis 等研究发现,门控能谱 CTA 在诊断急性心肌梗死方面具有一定的诊断性能,通过测量局部缺血演变的心肌 HU 值,调查在紧急情况下可疑的急性胸痛表现,可以避免不必要的检查来缩短干预时间。

Kim 等探讨非缺血性扩张型心肌病(nonischemic dilated cardiomyopathy, NIDCM)患者使用心脏 CT 进行心肌纤维化定量,采用 4-SD 技术的 70 keV CT 的心肌延迟强化定量结果与延迟钆增强(late gadolinium enhancement, LGE)一致性最强,是 NIDCM 患者心血管结局的独立预测因子。Hayashi 等研究发现,在心脏淀粉样变性(cardiac amyloidosis, CA)患者中,心脏 CT 可量化心肌 ECV,并产生与 MRI 相当的结果,ECV 与高敏心肌肌钙蛋白强相关、整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)中度正相关、左心室射血分数负相关。Umar 等通过心内膜电压标测来评估伴或不伴心房心肌病的房颤患者心外膜脂肪组织(epicardial adipose tissue, EAT)的关系,研究发现无左心房间肌病的房颤患者,EAT 也可能参与房颤的发病,监测和减少 EAT 可能有助于改善房颤患者的心律控制。

Shimomiya 等应用多期心脏 CT 对拟行经导管肺动脉瓣置入术(transcatheter pulmonary valve implantation, TPVI)修复的法洛四联症(repaired tetralogy of Fallot, rTOF)患者评估,发现右心室(right ventricle, RV)应变的降低和 RV 流出道中异常肌束的存在表明 rTOF 中存在肺动脉高压(pulmonary hypertension, PH),应谨慎考虑是否可以行 TPVI。Yoshiura 等研究发现,与标准碘对比剂的 64 层 CT 相比,256 层 CT 减少了术前 TAVI 的碘对比剂体积导致辐射剂量减少,并维持或改善主动脉瓣环和入路血管的血管增强,保持图像质量。Beetz 等比较 2022 和 2010 ACC/AHA 指南建议的马凡综合征(Marfan syndrome, MFS)主动脉直径测量方法,2022 年更新的影像建议可以提高 MFS 患者 ECG 触发的 CT 和经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)测量之间的一致性,但是 CT 和 TTE 之间的测量差异仍然很高。Kim 等使用 ECG 门控心脏 CT 对左心房憩室分流到右心房或下腔静脉进行可视化评估,分流发生率为 9.9%,分流的形态为管状、囊状、网状,部分患者有两处以上分流。

Okuda 等研究发现,4D-CT 心肌最大应变分析可以作为量化评估心肌活力的一种新选择,特别是在心脏 MRI 禁忌症的患者中。半自动快速长轴应变是左房应变(left atrial strain, LAS)分析的一种新型简化方法,可提高重现性并缩短分析时间。Hosokawa 等提出快速手动左心房长轴应变(fast manual left atrial long-axis strain, FM-LALS),FM-LALS 是通过测量左房室交界处与 LA 后壁之间的三个阶段(舒张末期、收缩末期和舒张中期)的距离计算获得,可以在不使用专用软件的情况下实现快速且高度可重复的 LAS 分

析,可作为阵发性房颤患者 LAS 分析方法。

心脏 MRI

1. 心肌应变

Liu 等发现代谢综合征 (metabolic syndrome, MetS) 可能会加剧心肌梗死 (myocardial infarction, MI) 对左心房 (left atrium, LA) 和左心室 (left ventricle, LV) 功能障碍的不良影响。左室周向和纵向应变是左室三相功能的稳定预测因子;左心室肥厚与左心房导管功能独立相关。Gao 等研究发现,糖尿病 (diabetes mellitus, DM) 对限制型心肌病 (restrictive cardiomyopathy, RCM) 患者的左室功能和变形有额外不良影响, LGE 分型和 DM 与左室整体纵向应变降低有关。Urbain 等在经活体证实的与心脏受累无关的心外结节病患者中,发现即使左室射血分数在正常范围内, LV GLS 和 GRS 也会出现异常,左室应变可用于检测心外结节病患者的亚临床左室功能障碍,有助于早期发现疾病。

Zhu 等回顾性纳入经修订的工作组标准 (revised Task Force Criteria, rTFC) 确诊的致心律失常性右室心肌病患者,采用 CMR-FT 对所有受试者的右室 GLS、整体周向应变 (global circumferential strain, GCS) 和整体径向应变 (global radial strain, GRS) 进行评估。联合应用 CMR-FT 的右心室 GLS 和 rTFC 现有的 CMR 指标,可提高诊断的准确性,尤其是对于临界诊断的患者。Galnaitiene 等评估 CMR-FT 得出的全心心肌应变参数对非缺血性扩张型心肌病 (nonischemic dilated cardiomyopathy, NIDCM) 患者早期预后的预测价值,左心室 GLS 是 NIDCM 患者早期不良预后的重要独立预测因子。Chalian 等研究发现,左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 正常和轻微纤维化的肥厚型心肌病 (hypertrophic cardiomyopathy, HCM) 患者,心肌质量指数的增加可独立引起心肌收缩异常,尽管 EF 正常且心肌瘢痕指数最小,但左心室应变受损明显,心肌质量指数可能是预测患者结局的潜在影像标记物。Guo 等评估 II 期轻链心脏淀粉样变性 (light-chain cardiac amyloidosis, AL-CA) 患者左心房应变的预后价值,左心房储存应变是 II 期 AL-CA 患者的一个强有力的独立预后预测指标,优于左心房射血分数和左心房纵向应变,并逐渐优于 ECV,在 II 期 AL-CA 的风险分层中应纳入左心房应变评估。Ohara 等探讨 CMR 心房应变区分 CA 和 HCM 的能力,左、右心房应变的诊断性能明显高于左心室应变,还可以反映两者之间的病理生理学差异,这种简单方便的方法有助于鉴别诊断 CA 和 HCM。

Yin 等在大鼠模型上应用 7T 心脏磁共振成像探

讨亚硒酸钠 (sodium selenite, SS) 对肺动脉高压右心室结构和功能的影响,发现 SS 治疗显著增加 RVEF、GLS 和 GCS,从而改善肺动脉高压继发右心室功能。Chen 等利用 7T CMR 评估高海拔地区的低氧环境引起大鼠的心血管系统的生理变化,发现 CMR 衍生的结构和功能参数允许早期和定量评价慢性低氧暴露期间的双心室重构,并可作为评估心肌功能障碍的诊断指标。Liang 等采用 7.0T 高场 CMR 测量大鼠左室功能、整体应变,并采用电影组织追踪法进行分析,发现苍艾挥发油可以通过氧化应激相关指标减轻高原低压缺氧引起的心脏损伤和异丙肾上腺素诱导的心室肥厚。

2. T_1/T_2 -mapping 和 ECV

Khalil 等通过测量心肌梗死后左心室血栓的初始 T_1 值来评估其在 CMR 上的表现,从而确定血栓形成的阶段,近期血栓的 T_1 值比陈旧性血栓低。该方法为确定左心室血栓的成熟度和阶段提供了一种新方法。Chun 等引入一个新概念——“褪色边缘征” (faded edge sign),增强后 T_1 -mapping 左心室心肌/腔信号强度为 0.8~1.2,该参数诊断 CA 的敏感度和特异度分别为 71.4% 和 97.0%,有助于提高心脏淀粉样变性的诊断能力。

Dominici 等研究发现,银屑病患者的炎症性心肌损害 (inflammatory myocardial involvement in psoriasis, P-IMI) 常被低估,CMR 可表现为不同程度的心肌信号异常,CMR 能提高亚临床 P-IMI 的检出率。Erley 等应用 CMR 探讨肝硬化对心脏结构和功能的影响,发现肝硬化患者心脏扩大和双心室收缩功能亢进,环向收缩力增加和心肌增厚。此外,初始 T_2 弛豫时间延长,可能提示轻微的炎症或水肿。Chamberlin 等研究发现,心脏结节病的左心室心肌的 T_2 值差异显著,发现活动性疾病的最佳阈值为 $T_2 > 50$ ms,排除活动性疾病的最佳阈值为 $T_2 < 47$ ms,局部心肌 T_2 值升高 (尤其是在室间隔及下壁) 对活动性疾病具有高度特异性。Talib 等评估 COVID-19 疫苗接种后疑似心肌炎患者的 CMR 结果与临床表现和成像时间的关系,发现 CMR 对心肌水肿的识别高度依赖于接种疫苗后的成像时间,疑似急性心肌炎患者应在症状发作后尽早进行 CMR 检查,几周后检测到心肌水肿的可能性大幅下降。

Kim 等比较蒺环类药物诱导的心脏毒性大鼠模型早期死亡组和存活组的 CMR 参数,两组的初始 T_1 、 T_2 值和 ECV 增加, LVEF 降低,而早期死亡组的初始 T_1 值、ECV 更高。CMR 定量测定初始 T_1 值和 ECV 可能有助于预测蒺环类药物引起的心脏毒性。Monti 等进行系统评价和荟萃分析,发现 ECV 可以作

为肿瘤治疗的患者心脏毒性的早期生物标志物,以识别心功能障碍的高风险人群并制定有效的预防措施。Guo 等使用心脏磁共振评估 AL-CA 患者化疗的反应,化疗后右心室纵向应变和心肌 T_2 较化疗前显著增加,CMR 是监测 AL-CA 患者化疗初期变化的有效工具,它提供了心室功能恢复和组织特征变化的信息,有利于实现个体化的疗效评估。

3.4D Flow

Wong 等采用心室内四维血流磁共振成像(four-dimensional flow MRI, 4D Flow MRI)技术分析心衰患者的左心室血流成分与动能的变化,左室内血流可分为 4 个部分:直接流入(direct flow, DF)、延迟射出(delayed ejection, DE)、保留流入(retained inflow, RI)和残余容量(residual volume, ReV)。4D 血流 DF 体积和动能比例随 LVEF 增加而增加,随左室舒张末期容积指数(left ventricular end-diastolic volume index, LVEDVI)减少而减少。ReV 的体积和动能比例随 LVEF 而减小,但随 LVEDVI 而增大。4D Flow 可视化心室内血流,得到的左室 DF 和 ReV 参数可用于评价心衰患者的严重程度,并将其与无症状对照区分开来,为心衰患者的临床评估和管理提供了新的生物标志物。

心脏磁共振成像新技术和新诊断参数

Penning 等研究发现,压缩感知(compressed sensing, CS)加速单次屏气 3D 各向同性 LGE 可以获得和标准屏气 LGE 相当的图像质量和评估的置信度,同时改善了较小 LGE 病灶显示,大大减少了 LGE 采集时间。Xu 等基于心血管磁共振自由呼吸压缩感知(free breathing compressed sensing, FB CS)对儿童左心室应变进行评估,发现在屏气差的儿童中,FB CS 电影在定量评估左心室应变参数中具有很大潜力,是一种有效并且可靠的方法,能显著缩短扫描时间。Qian 等验证一种新型三维超快速 CMR 技术在单次屏气状态下评估心室功能及应变的临床可行性,该技术通过静态外容积减法采集单次屏气 3D 电影增强灵敏度编码(enhanced SENSE by static outer volume subtraction, ESSOS),3D 电影的图像质量略低于 2D 平衡稳态自由进动(balanced steady state free precession, bSSFP)电影,但能够实现电影图像的快速采集和良好的一致性,快速评估心脏功能和应变。ESSOS 序列可作为心脏疾病筛查及不能耐受长时间检查的患者的检查方法。Cummings 等提出一种在单次屏气采集中同时获得心脏 T_1 、 T_2 、 T_2^* 和脂肪分数的玫瑰花形轨迹采集的磁共振指纹成像(MR fingerprinting, MRF)方法,缩短患者扫描时间,同时为心肌评估提供全面的定

量信息。Shiotani 等研究发现,黄金角径向稀疏并行-容积内插检查(Golden-angle radial sparse parallel imaging-volumetric interpolated breath-hold examination, GRASP-VIBE)可以在自由呼吸条件下采集无运动伪影的心肌灌注图像,无需心电同步。Gietzen 等探究了 MFS 患者使用经胸超声心动图和新型 3D 非血流依赖性 MR 血管造影术—非对比增强无触发弛豫增强血管成像(relaxation-enhanced angiography without contrast and triggering, REACT)测量主动脉直径的差异,发现在所有测量水平上,REACT 与 TTE 均有很强的相关性。Lee 等开发一种新的成像技术——基于 T_1 -mapping 的合成双反转晚期钆增强,使用商用体模(T_1 MES)进行体模实验,验证了该成像技术的有效性。使用合成双反转晚期钆增强可以改善心内膜下梗死的检测,提高心肌梗死的检出率。

Huang 等发现了一种新型 CMR 指标——右心室扇形指数(right ventricular scalloping index, RVSI), RVSI 是一种能够较好地地区分致心律失常性右室心肌病(arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy, ARVC)和特发性右室流出道室性心律失常(idiopathic right ventricular outflow tract ventricular arrhythmia, RVOT-VA)患者的定量方法。ARVC 组的 RVSI 显著高于 RVOT-VA 组, RVSI 与右室舒张末期容积指数(right ventricular end-diastolic volume index, RVEDVI)呈中度线性相关。Park 等使用 T_1 MES 体模,在多中心和多供应商之间开发独立于复杂外部因素的标准化 T_1 -mapping Z 分数,能够在无参考值的情况下实现 T_1 值的量化,并可能降低不同中心和扫描仪之间的差异。Xiang 等应用自动化的定量测量方法评价分形分析,并探讨小梁复杂性对 DCM 患者预后的预测价值,研究发现左心室最大基底分形维数(fractal dimensions, FD)是不良结局的独立预测因子,分形分析可能有助于改善 DCM 患者的风险分层。Ohta 等研发了一种基于 T_1 -mapping 的药代动力学方法来评估心肌钆浓度随时间的变化,并通过优化弹性形变配准来提高准确性。利用药代动力学模式生成的钆 map 图,与传统 LGE 比较,虽然对比度不如 LGE,但 5 分钟后可在与 LGE 相同的部位检测到病变,5~30 分钟后也可以测量病变 ECV。钆 map 图可以更早检出病变,并可利用在病变部位的对比剂动力学变化评估心肌特征。

Segeroth 等在健康志愿者和患者中进行了一项新型商用 0.55T 扫描仪的低场电影心血管磁共振成像参数的非劣效性预实验研究,0.55T 的心血管电影成像与 1.5T 的常规成像相比,在定量容积和功能参数方面没有劣势,0.55T 系统内径较大,舒适度更高,成本更

低,未来可能扩展到更大的患者群体。Schoennagel 等探讨应用心脏多普勒超声门控技术的特征追踪 MRI (feature tracking MRI, FT-MRI) 评价胎儿左、右心室 GLS 的可行性,结果显示,与健康胎儿相比,先天性心脏病胎儿的左室和右室 GLS 值显著降低。使用多普

勒超声门控的 FT-MRI 评价胎儿心功能提供了一种新的定量方法,可能成为提高对胎儿心功能认识的新工具。

(收稿日期:2024-01-21)

• RSNA2023 聚焦 •

RSNA2023 胸部影像学

谢开,孙希子,唐媛媛,陈冲,赵延洁,周舒畅,夏黎明

【摘要】 2023 年 RSNA 年会的主题是“引领变革”,强调了放射学领域的不断发展,旨在让放射学专业人士在变革中起到引领作用。今年关于胸部影像学方面的研究热点和重点包括以下几个方面:人工智能、深度学习、影像组学、气道病变与慢性阻塞性肺疾病、肺弥漫性疾病、肺结节与肺癌筛查、胸部恶性肿瘤、血管疾病、肺部感染性疾病、胸部 MRI 和能量 CT。本文针对上述内容进行较全面的综述。

【关键词】 人工智能;深度学习;影像组学;慢性阻塞性肺疾病;间质性肺病;肺癌筛查;磁共振成像;能量 CT

【中图分类号】 R814.42;R816.4;R-05 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)02-0152-12

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.02.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



人工智能/深度学习

胸部 X 线片(CXR)是放射科最常见的检查。Pant 等使用人工智能(AI)模型 DeepTek AI 回顾性地将四家医院(A、B、C 和 D)17500 例正位 CXR 分为“可能正常”或“疑似异常”,在不同的阈值下,DeepTek AI 从 A、B、C 和 D 区分出“可能正常”的比例分别为 21%、28%、31%、20%和 45%、55%、63%、37%,错误率(实际异常但评估为可能正常的比例)分别为 4%、3%、1%、3%和 11%、6%、8%、8%,医生从 A、C 和 D 区分出“可能正常”的比例为 41%、65%和 76%,错误率为 11%、3%和 11%,AI 评估的结果与医生的一致性高达 95%。DeepTek AI 可以有效地区分正常和异常 CXR,从而优化放射科工作流程。Lee 等评估了正常过滤(NF)AI 模型检测异常 CXR 的敏感度及报告的正常 CXR 的比例,发现当 NF 模型阈值特异度设定为 50%时,可以减少 22.0%的正常 CXR 的报告工作量,总体敏感度为 97.8%。研究还联合了可检测 CXR 异常的商用(CA)AI 模型,CA 模型检测出了 16.7%的

漏诊异常病例。NF 模型具有减少放射科医生工作量的潜在价值,而与 CA 模型的联合使用有助于防止漏诊。

CXR 的诊断错误率一直保持不变,AI 的应用有助于提高诊断正确率。Talwar 等基于一种商用 AI 系统(Annalise Enterprise CXR)回顾性分析了一家教学医院的 1559 例 CXR,并与原始影像报告进行了对比。AI 共发现 169 例 CXR 存在重要病变,而其中 97 例原始报告经医生确认为漏诊,常见的漏诊病变有肺结节(16%)、胸腔积液(16%)、椎体压缩性骨折(12%)等。Frias 等通过基于自然语言处理(NLP)的影像报告搜索引擎(Microsoft Nuance)查询了 3760 例 CXR 是否存在孤立性肺结节(SPN)、肺炎和气胸等,每份影像报告(Rad1)由医生进行人工审核,并用多发现 AI 算法(Annalise.AI)确认诊断是否一致,结果发现 NLP/Rad1 和 AI 具有较高的真阳性和真阴性一致性,NLP/AI 模式可以识别 CXR 的误诊和漏诊。Luchs 等应用 AI 模型回顾性地分析了 519 例 65 岁以上患者的 CXR,用于评估是否存在骨质疏松和椎体楔形骨折。AI 模型检测出的骨质疏松和椎体楔形骨折分别为 76 例(14.6%)和 58 例(11.2%),而放射报告中分别为 8 例(1.5%)和 0 例(0.0%),模型与报告不一致的原因主要是放射科医生的未报告。他们还利用 AI 模型回顾性分析了 1261 例门诊老年(≥ 65 岁)患者的 CXR

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:谢开(1999-),女,湖北汉川人,硕士研究生,主要从事胸部影像诊断工作。

通讯作者:夏黎明, E-mail:lmxia@tjh.tjmu.edu.cn