

带者应避免进行乳腺 X 线筛查,尤其是对 40 岁以下的妇女,从而降低这类患者的辐射风险。对于这类妇女,25~40 岁时可每年进行一次 MRI 检查,40 岁以后可每半年进行一次 MRI 检查或对比增强数字化乳腺 X 线摄影(CEDM)。斯朗科特林纪念医院癌症中心放射科主任 Hedvig Hricak, MD 作了“超越影像——放射学的明天”的新视野报告,她指出:“在未来的 10 年放射学者可利用新的分子影像探针和技术以及先进的计算机技术来研究图像识别、深度学习和人工智能。这些新技术和工具使得影像学在肿瘤精准治疗中发挥核心作用,从而使放射学再次焕发生机,进一步强化了学科的地位”。

每次会议期间 RSNA 年会的组委会都邀请与医疗相关的新闻媒体来参会,旨在通过印刷、电视或网络等多种形式的媒体报道,让公众对放射学及其在医疗卫生领域中的作用能有更多的了解。本次会议前及会议期间共举行了 6 场新闻发布会,涉及约 13 个主题内容:1)青少年肥胖可导致骨量的持续丢失;

2)音乐培训可使儿童建立新的脑功能连接;3)研究者成功建立了胎儿的虚拟现实模型;4)吸烟合并糖尿病的患者死亡率高;5)对 Zika 病毒的研究不断深入;6)相关研究已发现了宇航员视力损害的病因;7)大样本研究结果表明,并无证据能证明可基于年龄来制订乳腺筛查方案;8)高中足球运动员受到脑部撞击将导致其脑部出现异常改变;9)在全地形车(ATV)事故后儿童患者极易出现胸部损伤;10)并无证据显示饮酒会对冠状动脉产生影响;11)士兵抑郁症与外伤后脑组织损害有关;12)有氧运动有助于保持大脑体积,改善认知功能;13)短期睡眠剥夺将影响心脏功能。

每年的 RNSA 年会提供了大量的专业信息,我们仅选择了与放射科医师临床诊断和科研联系比较紧密的大会科学报告(Scientific paper)和部分展板(poster)的相关内容,按不同的专业方向进行归纳和总结,为广大读者能及时了解这一年来放射领域的最新研究进展和研究方向打开一扇窗。

RSNA2016 心脏 MRI/CT

冉玲平,黄璐,赵培君,包雨微,夏黎明

【摘要】 2016 年 RSNA 年会选取的关于心脏的科学报告的主要研究方向包括:①心脏 MRI,主要是定量序列在多种心肌病变中的应用;②心脏 MR 4D 血流技术的应用;③CT 灌注成像和延迟成像对心肌组织特征的研究;④CT 低剂量在冠状动脉血管成像中的应用;⑤心脏 CT 和 MRI 在心脏瓣膜疾病及先天性心脏病中的应用。本文对相关内容进行了综述。

【关键词】 体层摄影术,X 线计算机;磁共振成像;心脏;冠状动脉;心肌病;心肌梗死

【中图分类号】 R445. 2;R814. 42;R445. 1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)01-0003-05

DOI:10. 13609/j. cnki. 1000-0313. 2017. 01. 002

2016 年 RSNA 年会科学报告在心脏领域共收录摘要 200 余篇,研究热点主要集中在心脏 MRI 定量序列、CT 灌注成像对心脏形态和功能的评估及冠状动脉 CTA 等方面,现概述如下。

心脏 CMRI

CMRI 已广泛应用于评价多种心脏疾病,其中 MR 定量序列的应用是近年的研究热点。急性心肌炎在临床较常见,但是诊断较困难,具有高发病率和死亡率。Doerner 等用 CMRI 多参数方法,包括 T_1 -Mapping、 T_2 -Mapping 及特征追踪分析评估心肌炎,发现特征追踪分析可以检测和定量评估急性心肌炎患者心功能障碍。这种方法为节段性心肌功能评价提供了新的方法,且不需要额外的专用序列,特别是在射血分数保留性心肌炎的患者。Luetkens 等研究表明在急性心肌炎患者中,心肌炎症的 CMRI 参数在几个随访检查中表现出快速且连续的降低。在疾病的早期阶段进行 CMRI 能可靠地检测出炎症性心肌的改变。心肌 T_1 和 T_2 弛豫时间是评价活动性炎症或水肿

的唯一参数,其甚至可以在疾病恢复期对心肌炎患者和对照受试者进行鉴别。此外,可重复的 CMRI 检查可以监测疾病活动,并可能有助于诊断持续性心肌炎患者。

心肌梗死(myocardial infarction, MI)急性期心肌的组织学变化主要是水肿为主,Kharabish 等用 T_2 -Mapping 和 Triple IR 序列评估急性 MI 患者中心肌水肿的节段一致性。水肿总量、基底段、中间段和心尖段水肿在两个序列间的差异无统计学意义,定量 T_2 -mapping 能可靠测量心肌水肿,可用于临床上测量急性心肌病变的水肿量。Tahir 等使用初始 T_1 -/ T_2 -Mapping、 T_2 WI、延迟强化(late gadolinium enhancement, LGE)、增强后 T_1 -Mapping 和细胞外容积(extracellular volume, ECV)定量技术,评价初始和对比增强 CMR 测量急性 MI 后病变大小的可重复性。两个观察者间测量急性 MI 后病变大小的一致性较好,但是与增强前序列相比,所有的增强后序列有更好的一致性。LGE 不能从瘢痕组织中分离出脂肪,因为它们在 LGE 图像中均表现为高信号。有研究者通过 MRI T_1 -Mapping 区分脂肪沉积、纤维化和完整心肌之间的差异。Cui 等研究发现 MI 患者瘢痕组织有脂肪沉积、无脂肪沉积及正常区域的心肌 T_1 值明显不同,分别为(521.0 ± 76.0)、(1001.9 ± 50.2)及(1171.1 ± 109.0)ms。因此,初始 T_1 值可用于识别 MI 患者中心肌瘢痕的组织特征,而不需要对比剂。心肌 T_1 值在脂肪沉积区域较低,

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: 冉玲平(1994—),女,青海海东人,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: cjr. xialiming@vip. 163. com

基金项目: 国家自然科学基金(81471637)

而在心肌纤维化区域高于完整的心肌。通过新 T_1 -Mapping 和 T_2 -Mapping 心脏磁共振技术量化心肌组织特征可以为鉴别急性性和慢性 MI 提供更多的信息, Tahir 等用新 Mapping 技术对比标准 T_2 WI 鉴别急、慢性 MI, 梗死心肌的初始 T_1 值是急性性和慢性心肌梗死之间的最佳鉴别参数, 可用作区分 MI 急性性和慢性阶段的特异的定量参数。

已有许多研究表明肥厚型心肌病 (hypertrophy cardiomyopathy, HCM) 存在心肌纤维化, CMRI T_1 -Mapping 和 LGE 技术是检测心肌纤维化的工具, 但 LGE 不能很好地检测在弥漫性纤维化, 并且结果可以随着正常参照心肌的不同选择而改变。Xu 等研究表明在 HCM 患者中, 心肌纤维化的初始 T_1 值、ECV 和 LGE 都高于正常。 T_1 -mapping 技术以高度的可重复性获得 T_1 值和 ECV, 是一种检测心肌纤维化的准确方法。HCM 的临床表现有很大的变化, 识别患者不良后果的风险是本病最重要的问题之一。Jaramillo 等分析了 MRI 上与不良事件和房颤的相关因素, 表明左心房 (left atrium, LA) 体积和 LA 体积指数是不良事件的主要标志。HCM 患者 LA 体积和 LA 体积指数预测心血管不良事件的预后价值比纤维化更敏感。心尖部发育不良被认为是 HCM 的一个独立的危险因素。该亚群在 LGE 中表现不同。心尖部 LGE 阳性在室间隔梗阻性肥厚型心肌病 (MVHOCM) 患者中提示预后不良。Avanesov 等利用新 HCM 患者心源性猝死 (sudden cardiac death, SCD) 风险评分定量分析心脏磁共振 (CMRI) 参数识别 HCM 患者心源性猝死 (SCD) 预期风险的能力, 其中 CMRI 序列主要包括 T_1 -Mapping 和 ECV 成像等。ECV 在所有 CMRI 参数中是预测效能最佳, 并且与 LGE 相比能更好地预测 HCM 患者 SCD 的风险。ECV 可用于 HCM 心源性猝死的风险预测模型。在患者因超声心动图声窗降低或病史不详而限制 HCM SCD 危险评分准确性的情况下, ECV 具有辅助诊断价值。

扩张型心肌病 (dilated cardiomyopathy, DCM) 在成年人群中的患病率约为 1:2500, 遗传解释了 30%~50% 的“特发性”病例。近年来, CMRI 已经成为这一领域中有价值的成像模式。Sousa 等描述了遗传性 DCM 患者的 CMRI 表现。LGE 可能在临床识别遗传性 DCM 的患者 (即具有 MYH7 突变的患者) 中具有一定作用。DCM 患者中有和无阳性遗传的患者主要 CMRI 表现没有显著不同。Hong 等评价了基于对比增强 T_1 -Mapping 的 ECV 在非缺血性 DCM 患者的预后价值, 并与传统的参数 LGE 比较, 表明非缺血性 DCM 患者的平均 ECV ($32.0\% \pm 5.7\%$) 和初始 T_1 值 [$(1326.3 \pm 91.1) \text{ ms}$] 均高于对照组 [$25.8\% \pm 2.2\%$ 、 $(1213.9 \pm 37.4) \text{ ms}$]。基于对比增强 T_1 -Mapping 的 ECV 能独立预测非缺血性扩张型心肌病患者的临床结果。

致心律失常性右室心肌病 (ARVC/D) 的诊断具有挑战性, Ghasabeh 等用心脏磁共振应变分析法去评估疑似 ARVC/D 患者的心室壁局部或整体运动, 对来自三级医疗中心的 ARVC 疑似患者进行大型的、多中心研究, 右心室纵向应变分析可以确切的区分 ARVC 和非 ARVC 患者。危险患者的右心室功能下降, 其应变值中位数介于正常人和表型阳性 ARVC 患者之间。因此, 磁共振的右室纵向应变分析被期待作为诊断 ARVC 一种客观定量的测量方法。

Wu 等采用心肌扩散加权成像和 T_1 -Mapping 评估高血压

合并左心室肥厚患者、高血压患者不合并左室肥厚 (LVH) 患者纤维化程度及与 ADC 值之间的关系, 发现无对比剂的无创性定量 DWI 是初始 T_1 值的可行替代, 并且建立了对比增强的 ECV 用于检测高血压性心脏病患者中的弥漫性心肌纤维化。与高血压非 LVH 和对照受试者相比, 高血压 LVH 患者具有更广的弥漫性纤维化和降低的圆周应变和圆周应变率。尽管弥漫性纤维化与恶化的周围应变呈线性相关, 但 LVH 患者中 ADC 的变化可能提供 HTN 患者中纤维化和心肌细胞肥大的差异表达的信息。ADC 值测量可作为一种有用的新方法监测 HTN 患者的疗效。Arimateia 等研究发现 ECV 和初始 T_1 值测量能够提供一种重要的无创性方法评估左心室心肌致密化不全 (LVNC) 的间质性心肌受累, 并且比 LGE 成像更敏感地检测到这些患者中的弥漫性心肌纤维化。

由于心脏结节病心肌炎症和随后的心肌纤维化危及生命, 使其早期诊断成为必要。已经有学者提出初始 T_1 -Mapping 和 T_2 -Mapping 可作为无创性评估弥漫性心肌纤维化和水肿的可靠方法。Dabir 等研究这两种方法在评估心肌受累的结节病中的价值, 发现具有结节病伴心脏受累的患者中, T_1 弛豫时间显著增加可作为弥漫性心肌纤维化的征兆, 而扩散性心肌水肿和结节病的心脏受累之间没有关系。局灶性心肌病是心脏结节病的特征之一。FDG-PET 和 CMR-LGE 在评价这种局灶性心肌病中起重要作用。Watanabe 等研究表明使用基于 MR 标记成像的应变分析方法能有效地检测到由于心脏结节病引起的局灶性心肌病, 该技术不需要任何对比剂或辐射暴露。

西方国家的癌症死亡率正在缓慢下降, 但许多患者现在遭受长期的化疗副作用, 最重要的一个远期并发症就是心脏毒性。Habets 等研究了 CMRI 量化检测化疗引起心肌损伤的能力, 发现心脏磁共振成像能够显示接受心脏毒性化疗患者的心肌异常, 甚至在左室射血分数表现为正常时也可发现。化疗后的心脏毒性影响 10%~20% 的接受化疗的患者, 并可能导致急性或慢性心力衰竭。CMRI 技术可以更早的进行毒性检测, 从而便于更早的干预。Rahsepar 等初步研究结果显示与对照相比, 疑似心脏毒性的患者中 TPM 衍生的心肌速度较低。与对照组相比, 患者 T_1 和 ECV 值较高, 且整体射血分数 (EF) 与局部心肌速度和 ECV 相关。因此, 多参数 CMRI 可以作为早期检测潜在的心脏毒性化疗患者的心肌异常的替代方法。Takagi 等提示升高的初始 T_1 值和 ECV 可以证明食管癌放疗后的患者有辐射介导的亚临床心肌损伤。Takagi 等用初始 T_1 值和 ECV 评价原发醛固酮增多症患者亚临床心肌纤维化程度, 发现原发醛固酮增多症患者组的心肌初始 T_1 值和 ECV 明显高于对照的高血压患者组。这些结果提示无心血管病史的原发醛固酮增多症患者有心肌纤维化增加的风险。Wu 等评估了 T_1 -Mapping 和 ECV 检测系统性红斑狼疮 (SLE) 患者亚临床心肌病的心肌纤维化的效用, 发现与正常对照相比, 亚临床心肌病的 SLE 患者具有明显更高的原始 T_1 值和 ECV 值, 其圆周应变力峰值相应减少。初始 T_1 -mapping 和 ECV 可以提供检测心肌纤维化的潜在的价值, 用于预防 SLE 患者早期的心肌病进展和接受治疗。

CMRI 心肌应变分析有利于无创性地评估局灶性心肌功能, 以及早期检出收缩功能障碍。Seitaro 等发现 CMRI 心肌应力分析有助于检测 LGE 阳性的心肌淀粉样变性, 并且不需要

钆对比剂,这种淀粉样变性的预后较差。通过专用追踪算法分析的 MR 标记技术可以非常精确的测量心肌运动和局灶性心肌功能的特征。Tudisca 等定量评估重型地中海贫血(TM)患者的心肌收缩性,并将其与心脏铁超负荷和整体双心室功能相联系,发现 TM 患者与健康受试者相比显示出显著较低的心脏收缩力,但这种的收缩力的改变与心脏的铁沉积和功能不相关。因此,经后处理的标记成像有望成为一种有效的替代方法来检测重型地中海贫血病人的心脏功能和收缩力的改变。

肺动脉高血压(pulmonary hypertension, PH)以肺血管阻力的增加为特征,肺血管阻力的增加导致右心室(RV)压力超负荷和心衰。通过心室相互依赖,变化的 RV 压力和体积影响 LV 充盈动力学和功能。Manijeh 等发现在 PH 的背景下,降低的 RV 功能与伴随降低的 LV 纵向收缩功能相关,然而纵向舒张功能和圆周应变力较少受影响。PH 对心脏功能的负面影响不仅限于 RV,也可能与 LV 收缩功能的降低有关,这点可能是导致患者出现症状的原因并且与患者的治疗相关。Silanath 等发现进行血管扩张剂治疗的 PH 患者中,心脏 MRI 评估 RV 体积是高度可重复的。使用肺动脉瓣血流(PVF)测量的心搏出量(CO)与右心导管检查(RHC)CO 相比可以表现出的小的负偏差,但是与 RHC CO 高度相关。RV 体积和 CO 的 MRI 测量可能足以跟踪血管扩张剂治疗反应的趋势。因此,心脏 MRI 可以帮助指导治疗越来越多的需要长期血管扩张治疗的 PH 患者。Xiao 等发现在结缔组织疾病相关的肺动脉高血压患者中,心脏 MRI 电影成像技术评估的 RVEF 和径向应变是明显受损的,并且该技术有助于识别无 LGE 患者的早期心功能障碍。

心脏 MRI 对于房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)患者的分流分数(Q_p/Q_s)的定量是有价值的。然而,常规心脏 MRI 用于 ASD 的可视化是具有挑战性的,特别是当缺损相对较小时。Chelu 等发现使用 4D 血流 MRI 技术可以实现多重可视化策略,用于 ASD 的可视化。矢量速度叠加可以帮助传达不容易出现在颜色覆盖可视化上的方向性。简化渲染在区分房间隔左向右分流比从右向左分流方面更有效。因此,心脏 4D 血流 MRI 技术可以补充常规心脏 MRI,用于可视化和量化 ASD 患者的房间分流。监测主动脉病变的进展对于先天性主动脉瓣疾病患者至关重要。尽管如此,仍很难预测哪些患者可能处于动脉瘤或夹层的风险中。异常跨瓣血流,例如高速射流和反常的血流动力学室壁剪切应力(WSS)可以检测那些处于风险之中的环境介导的主动脉病发展。Rahman 等应用 4D 血流 MRI 研究二瓣化(BAV)或三瓣(TAV)主动脉瓣患者的跨瓣血流动力学和局部主动脉大小的进展变化。发现 BAV 和 TAV 患者的主动脉最大速度随时间显著增加。此外,BAV 患者的主动脉扩张伴随着 WSS 的减少,潜在地说明了在高速度跨膜射流和高 WSS 的情况下特异性 BAV 对重塑的敏感性高。对二瓣化主动脉瓣患者进行主动脉病变包括血流动力学在内的相关因素的评价对于提高检出与主动脉病变进展相关的高风险特征的能力至关重要。

二尖瓣返流程度的量化对决定瓣膜修复很有必要。经胸超声心动图(TEE)已被证明在观察者间的可靠性较差,而传统 MRI 有其技术上的局限性。Feneis 等发现相对于传统 MRI 相对比(2D-PC)法,心脏 4D 血流 MRI 能准确定量二尖瓣、三尖瓣返流,说明 4D 血流 MRI 有可能成为评估瓣膜疾病更有效的

方法。二尖瓣脱垂(MVP)是一种常见的病症,是由病变的瓣叶向心房脱垂造成;常常无症状,也可能带来明显的并发症,如严重的室性心律失常,但无血流动力学损伤。Cava 等通过将心室及二尖瓣功能和解剖的评估与作为潜在的致心律失常风险基础的结构改变的评估相结合,发现 CMRI 能显示二尖瓣瓣叶偏移的特点,并且在 LV 基底的收缩期膨胀的患者中更加明显。因此,心脏磁共振是显示 MVP 特征的可靠工具。

CMRI 新技术的应用

二维反转恢复(IR)序列常常作为钆剂延迟增强的参考成像,但是它的采集时间过长。Yoshida 等比较了 3T 磁共振钆剂延迟强化的 3D 水脂分离和 2D IR 技术的临床应用价值,结果显示在 3T MRI 钆剂延迟扫描成像中,3D 水脂分离成像技术(3D-DIXON)在缩短扫描时间的同时可获得质量并不比 2D 反转恢复序列的扫描图像要差。

心脏磁共振成像的先决条件是图像采集与心动周期的充分同步。然而,ECG 是固有的电测量,并且随着较高的磁场强度失真增加。Fabian 等将多普勒超声(DUS)作为新的触发方法应用于 7T 心脏 MRI,其具有不受 MRI 的电磁场影响的优点,可以在高场强下提供用于心脏成像的可靠的触发方法。

Longere 等发现压缩传感(CS)实时电影序列(Sparse 2D cine)单次屏气成像能提供左室功能、容积、质量以及右室功能和容积,与传统的多次屏气 SSFP 成像有可比性。压缩传感实时电影成像缩短了 CMRI 扫描时间,同时提供了在心脏疾病患者中有可比性的测量数据,可避免患者反复屏气。

小鼠模型可以帮助研究复杂的心血管疾病的基础的分子机制。心肌局部室壁运动的评估在几种心血管疾病的诊断和管理中起着非常重要的作用,并且可以与许多基础生物过程相关联。Naresh 等开发了一种小鼠组织相位 Mapping 方法作为定量成像生物标志物来研究心肌局部室壁运动,发现小鼠的 2D 电影心肌组织相位图可用于全面分析小鼠的局部心肌室壁运动,总扫描时间少于 20min。未来的心脏 MRI 研究在转基因小鼠中利用这种技术将有助于追踪心血管疾病的进展,并且能阐明其特征的基础生物过程。

耗氧量是心肌代谢的关键参数,与运动耐量有关,目前没有确定的在体内可以量化心肌耗氧量的成像技术。Nagao 等利用 T_2^* 心脏磁共振(T_2^* CMRI)的血氧水平依赖(BOLD)效应提出了一种新的量化耗氧量的成像技术,并探讨其在心力衰竭(heart failure, HF)中与心肺运动试验(CPX)运动负荷的关系,结果显示 HF 患者中 ΔT_2^* 比增加的 $M-T_2^*$ 更能反映吸氧,表明了降低的耗氧量。难治性心衰患者中 ΔT_2^* 能反映心功能储备。因此, T_2^* 成像 BOLD 技术能够无创性定量评估体内的心肌氧代谢, ΔT_2^* 能预测难治性 HF 的预后,并且可以作为心脏移植的指征。

心脏 CT

心肌 CT 灌注成像(CT perfusion, CTP)在近几年取得了不少进展。用于负荷 CTP 的药物会增加心率,通过回顾性扫描或广填充的前瞻性扫描可以实现收缩和舒张期的采集,获得无运动图像。这两种技术需要较高的辐射剂量,以覆盖收缩期和舒

张期。Carrascosa 等仅使用收缩、舒张的诊断性能,或两者结合 CTP 的评价,发现负荷 CTP 扫描技术可根据患者的心率调整,仅在患者心率 >75 次/分时需要收缩期和舒张期结合。Toon 等表明对于心肌灌注的评估,心肌-主动脉峰值增强率(peak enhancement rate, PER)是一个定量检测心肌缺血可行的方法,它具有较高的诊断性能。Pelgrim 等研究了基于动态 CT MPI 采集确定 CT 心肌灌注成像动脉首过的最佳时间,发现在时间区间 (8.6 ± 3.8) s 内能够很好地鉴别正常心肌和缺血心肌。为了在这一时间扫描,可用升主动脉(AA)或降主动脉(DA)中的团注示踪来识别延迟时间。动态 CTP 可以用于定量分析绝对心肌血流,但是图像质量由于运动伪影而受到限制。时间平均和迭代重建可以提高图像质量,但是它们使得图像锐利度变差。Feger 等研究了时间平均和自适应迭代剂量缩减 3D(AIDR 3D)对动态心肌 CTP 的轮廓清晰度的影响,发现使用较高水平的平均和更高的 AIDR 3D 会降低动态心肌 CTP 的客观轮廓清晰度参数。Yan 等发现第三代双源 CT 三磷酸腺苷负荷动态心肌 CTP 图像质量和单期相 CCTA 图像的诊断价值很好,并且一种心肌 CTP 扫描有替代 CTP 及 CTA 检查的可行性。

Coulden 等比较 CT 和 CMR 测量的心室功能参数,发现 CT 和 CMR 测量的功能参数具有良好的相关性,但有一些差异,CT 较 CMR 会低估 LV 舒张末期容积(EDV)和 LV 收缩末期容积(ESV),而高估 LV 心肌质量、RV EDV 和 RV ESV。LV 功能参数在 CT 和 CMRI 上均高度可重复,而 RV 功能参数仅心室功能参数的量化可在 CT 上重复。左心室心肌脂肪已经在 CT 上定义为慢性 MI 的征象。右心室脂肪通常被认为是老化的征象。Bader 等发现有心肌脂肪的患者具有较高的生存率,这表明心肌脂肪是保护性的或是有益的生理过程的生物标志物,甚至对于有过 MI 患者也是如此。

基于对比剂 K 边缘效应,能谱 CT(PCCT)成像可以增加对比度分辨率。Pourmorteza 等对慢性 MI 动物模型 3T 磁共振成像(MRI)和 PCCT 延迟强化成像进行比较,发现和传统 CT 延迟强化通过提供钆浓度定量图诊断心肌梗死相比,PCCT 的能谱信息可以提高慢性 MI 检出率。Chevance 等应用能谱 CT 测量心脏淀粉样变(CA)患者的心肌碘浓度,发现 CA 患者室间隔厚度明显大于非淀粉样变心肌肥厚患者(CH)及对照组。CA 患者心肌碘浓度明显高于 CH 及对照组。能谱 CT 显示心肌淀粉样变患者心肌碘浓度较高,可用于鉴别心肌淀粉样变和非淀粉样变心肌肥厚疾病。能谱 CT 心肌碘浓度测量可作为诊断心脏淀粉样变的新标准,尤其是有 MRI 检查禁忌症患者。

双能 CT 可以用不同的方法评价 CTP,比如虚拟单色评价或是物质分解的碘图。Carrascosa 等比较了单色评价与碘图在负荷-静息 CTP 中识别充盈缺损的诊断效能,发现利用双能 CT 检测 CTP 充盈缺损时,虚拟单色分析比碘图有更好的诊断效能,此外,在同类患者中单色评估结合碘图未增加诊断效能。Li 等比较首过和延迟双能 CT(DECT)对于检测急性 MI(AMI)的诊断效能,发现首过 DECT 显示 AMI 具有较高的诊断准确度,不低于延迟 DECT。因此,对于 AMI 早期的患者,首过 DECT 是一种简便的成像方法,它具有仅需要 1 次扫描便可显示冠状动脉狭窄严重程度和心肌梗死程度的能力。Hong 等评估基于体积分化的诊断价值,通过使用双能心脏 CT(CCT)来鉴别心脏肿瘤和血栓,并且比较定量 CCT 值与延迟钆增强心脏磁共

振(LGE-CMRI)的参数,发现使用基于体积碘测量的双能 CCT 可用于鉴别心脏肿瘤和血栓,因此双能 CCT 是在超声心动图或常规增强 CT 不能确定的情况下鉴别肿瘤和血栓的有效辅助方法。

在主动脉瓣狭窄(AS)患者,长期升高的左心室壁压力导致心肌细胞损伤及间质纤维化。从活检标本显示 AS 中心肌纤维化的程度与减低的左室射血分数(LVEF)和瓣膜置换后较差的生存率相关。心脏 CT 定量 ECV 是一种无创检测心肌纤维化的方法。Zimmerman 等用心脏 CT 测量 TAVR 严重 AS 患者的 ECV,发现主动脉狭窄患者用心脏 CT 测量的 ECV 增加与 LVEF 的减低相关,表明这类患者中有广泛的弥漫性(间质)纤维化。Ko 等评估在严重 AS 患者中心脏 CT 和经胸超声心动图(TTE)计算主动脉瓣面积(AVA)的差异,发现 CT 测量的 AVA 大于 TTE 测量的 AVA,在严重 AS 患者中两方法测量 AVA 之间的相关性较差。因此,TAVI 前用 TTE 测量 AVA 时需要考虑 CCT 和 TTE 测量 AVA 之间的差异。在没有先天性心血管畸形史的个体中,可以看到不同程度的主动脉瓣旋转,但其与主动脉管径大小的关系尚未被研究。Prosper 等应用心电门控 CTA 研究发现主动脉瓣的旋转角度与主动脉直径之间有着独立正相关关系;以 25° 旋转角为分界,每增加 10° 旋转角,主动脉扩张的风险几乎增加了一倍。主动脉瓣旋转角度增加的患者将会有较高的升主动脉扩张的风险。

人工瓣膜功能障碍(PVD)成像对于超声心动图有挑战性,延迟或误诊可能有高死亡率的风险和致命的后果。Plank 等多中心研究评估心脏 CTA 诊断 PVD 的准确性,与手术和 TEE 比较,发现心脏 CTA 是准确检测 PVD 的影像学方法,特别是对于瓣周病变、血栓或血管翥及瓣膜受累如裂开、假性动脉瘤优于 TEE。Agliata 等研究 MDCT 扫描疑似左心人工心脏瓣膜功能障碍病例的附加诊断价值,发现 256 排 MDCT 扫描鉴别正常和病理人工心脏瓣膜(PHV)以及 PHV 功能障碍准确性高。在梗阻性 PHV 中 MDCT 也能够准确地确定病因,提示潜在的治疗影响。

冠状动脉 CTA

钙化评分(CS)可反映冠脉钙化(CAC)的总量,已经确定是冠脉事件的预测因子,然而 CS 不能显示 CAC 分布的信息。Chu 等将冠脉钙化 CAC 模式分为五种类型,从 I 到 V,一般随着钙化的量增加。I 型的特点是单一的钙化,II 型是少数稀疏分布的钙化,III 型是局灶性聚集的钙化灶,IV 型是弥漫性分布的钙化,无聚集,V 型是严重的弥漫性钙化伴或不伴有钙化聚集。阻塞性冠脉狭窄(OCS)的定义是 CCTA 中发现有一处或多处 $>50\%$ 的狭窄。结果显示从 I 型到 V 型 CS 显著增加,OCS 占的比例在 III 型和 V 型更大,特别是 III 型中 OCS 的发病率比预期的更高。OCS 的发病率与 CAC 类型和 CS 相关。聚集的冠脉钙化 III 型比预期的 OCS 具有较高的发病率,这种模式可作为 OCS 独立的预测因子。Kini 等在有症状的胸痛患者行 CCTA,发现冠脉钙化评分(CCS)0 级与冠状动脉疾病(CAD)显著相关,有较高的阴性预测值。CAS=0 代表 CAD 低发生率,在低至中风险的南亚人群中的效用较低。Vonder 等以模型比较研究评价第三代双源 CT(DSCT)对冠脉钙化的检出率和评分,表明在第一代钙化积分分布和第二、三代双源 CT 间有差

异。因此,当比较第一代 DSCT 与二、三代 DSCT 钙化积分时要谨慎。Oda 等发现在 CAC 评分中,迭代重建模型(IMR)能降低图像噪声和伪影,从而降低了测量的 CAC 评分。IMR 能减少测量误差,并使测量更稳定和可重复。

在 CCTA 扫描中降低辐射剂量是近年的研究焦点。CT 上测量的冠脉钙化评分是冠脉粥样硬化的一个标志,使用 AIDR 3D 可以减少 CAC 测量辐射剂量而不影响冠状动脉钙化的量化。在低剂量 CT 研究中,AIDR 3D 不能减少伪影,且 CAC 评分可能被高估。前向投射模型为基础的迭代重建的解决方案(FIRST)是一个新的重建算法,重复图像重建过程中的前后向投射。FIRST 的优点包括较高的空间分辨率、较低的图像噪声和较少伪影。Yokomachi 等发现 CAC 测量中应用前向投射模型迭代重建解决方案(FIRST)可以降低 87% 辐射剂量,而不损害冠状动脉钙化的定量。而 Choi 等发现低剂量 FIRST 能减低 75% 的辐射剂量,获得标准的 FBP 相似的图像质量及临床等效的 CAC 评分。Sun 等发现高浓度对比剂结合低管电压能够降低辐射剂量,而不损失图像质量。Yang 等研究表明在胸痛三联血管 CT 检查中,和传统的扫描方案相比,前瞻性心电触发的能谱 CT 和低浓度对比剂在保持图像质量的同时及减少了辐射剂量又减少了对比剂剂量。Teschke 等发现降低辐射剂量至胸部 X 线片时,第三代双源 CT 锡过滤冠脉钙化评分与基于 Agatston 方法的标准采集方案的心脏风险模型有良好相关性和一致性,降低辐射剂量可用于先筛查健康受试者。自适应统计迭代重建(ASiR-V)能降低噪声和低信号引起的伪影,Fujioka 等应用 ASiR-V 在冠脉钙化质量不受损的情况下能降低 75% 的辐射剂量。Vonder 等发现高螺距螺旋模式对高心率患者心血管风险分层具有离散的影响,导致冠脉钙化扫描中辐射剂量减少 48%。Lee 等发现在 55~80 岁有吸烟史、低剂量 CT (LDCT)考虑肺癌的无症状人群中,心外膜脂肪组织(EAT)面积可用于预测冠脉粥样硬化。LDCT-EAT 与 CCTA-EAT 有很强的相关性,并且能独立预测冠脉粥样硬化。

在动脉粥样硬化的诊断中 CTA 趋于过时,特别是对于目前功能验证标准的血流储备指数(FFR),动态 CT 心肌灌注成像(CT-MPI)和 CT FFR 是提高冠状动脉功能性狭窄 CT 诊断准确性的不同途径,CT-MPI 成像是对比剂首过灌注在左室壁的分布,CTA-FFR 是在 CTA 数据上应用计算流体力学来模拟冠脉血流。CT-MPI 和 CT FFR 对检测冠状动脉功能性狭窄均有良好的效能,两者之间的一致性能提高诊断的准确性。Johan 等研究表明在 CCTA 狭窄 50%~70% 的有症状患者中 CT FFR 与 ICA-FFR 相比,诊断准确性更高,阳性预测值(PPV)更高,并且误诊减少。因此,利用 FFR CT 能够降低成本、风险和辐射剂量,并减少“不必要的”ICA-FFR 检查。Albrecht 等比较用于测量 CT-冠状动脉功能流量储备(cFFR)的两种技术:基于计算流体力学(cFFRCFD)和机器学习算法(cFFRML)的方

法,发现 cFFRML 具有更高的特异性,在检测损伤特异性缺血的诊断准确性上与 cFFRCFD 方法没有显著差异。两种方法在检测流量局限性狭窄都有很高准确性。

支架内再狭窄对经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后患者长期预后具有重要影响。虽然支架材料改良,CT 技术也有进展,但是无创 CT 成像精准评估 PCI 术后冠状动脉支架仍然极具挑战。现在新的双层探测器技术允许单能图像重建,可以减少冠状动脉支架造成的金属伪影。在适当的 keV 水平下,单能重建技术的利用极大地改善了评估冠状动脉支架参数的 CT 图像质量,对提高冠状动脉支架评估至关重要。

冠脉 CTA 是评价冠状动脉支架通畅性的重要和不可缺少的方法。然而,当 CT 图像进行 FBP 或混合迭代重建(IR)时,由于开花效应和条纹伪影,支架内再狭窄的诊断有时是有困难的。一种新型的全 IR 算法(FIRST)提高了图像分辨率并减少了伪影。Tatsugami 等发现由于 CCTA 中使用 FIRST 提高了冠脉支架的图像质量,与常规方法相比,可提高支架内再狭窄的检出率。Teschke 等用 CCTA 病变相关的定量标记评价 PCI 支架放置后患者中,冠脉造影(QCA)定义的支架内再狭窄(ISR),CCTA 粥样斑块的定量标记包括:总斑块体积(TPV)、钙化斑块体积(CPV)、非钙化斑块体积(NCPV)、斑块负荷(PB%)、重构指数(RI)和病变长度(LL)。评估这些标记预测 ISR 的性能。CCTA 的 CPV、NCPV、LL 和 RI 作为斑块解剖和病变活动的定量标记对 ISR 有预测价值,PCI 术前获得这些标记可以指导合适的重建以及后续策略的选择。Shimoyama 等发现与常规单螺旋模式相比,第三代 DSCT 的高节距双螺旋采集在评价冠状动脉搭桥术的通畅性时显著降低了辐射剂量,而且没有降低图像质量。

房颤(AF)患者不能在 CCTA 中应用传统的运动伪影校正,因为高心率会导致运动伪影。一种运动校正算法(MCA)能减少这种伪影。Sato 等发现应用新的 MCA 能改善高心率房颤患者的 CCTA 图像质量。Wen 等通过对 AF 患者行 256 排探测器 CT 检查评估 CCTA 在单心动周期中的图像质量和辐射剂量,发现大多数 AF 患者在单心动周期内的低辐射剂量的 CCTA 图像质量是令人满意的。因此,对 AF 患者在单次心脏周期进行扫描具有良好的可行性,并且 SSF 技术可以在相当低的辐射剂量下提高图像质量和扫描成功率。

单基因糖尿病是由于葡萄糖激酶基因突变(GCK-MODY),特点是轻度进行性血糖升高。这种情况与 2 型糖尿病相比,可能存在潜在的心血管(CV)低风险,但缺乏确定的证据。Szarf 等研究结果表明,在无症状患者中 CAC 评分比 Framingham 风险评分提供了更多的预测值。它也优于其他心血管危险分层工具,如 C-反应蛋白和颈动脉内膜中层厚度。尽管具有终身性高血糖,GCK-MODY 患者只有长期的 CAD 低风险。