

# 急性胸痛三联征多层螺旋 CT 检查技术专家共识

中华医学会影像技术分会

通信作者:余建明,华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科,武汉 430022, Email: cjr.yujianming@vip.163.com; 李真林,四川大学华西医院放射科,成都 610041, Email: lzlcd01@126.com

**【摘要】** 急性胸痛是心血管内科及急诊科最常见的疾病之一,其起病急,可危及生命,最常见的病因包括急性冠状动脉综合征、肺动脉栓塞和主动脉夹层,对病因进行早期明确及对高危胸痛患者进行有效筛查有利于减少并发症,降低死亡率。多层螺旋 CT 具有成像速度快、对急性胸痛早期诊断准确度高的优点,被广泛地应用于临床,而胸痛三联征检查一次扫描可同时观察冠状动脉、肺动脉和主动脉,大大提高了诊断效率。为进一步规范急诊胸痛三联征多层螺旋 CT 检查技术,为临床提供快速、准确的诊断,中华医学会影像技术分会牵头组织国内相关技术专家,结合国内外专家共识和参考文献,经国内专家多次讨论,对胸痛三联征多层螺旋 CT 检查技术的检查前准备、扫描方案、图像后处理、图像质量控制以及辐射剂量控制等内容达成共识,旨在规范急性胸痛三联征中多层螺旋 CT 检查方案,更好地服务于影像诊断和制定临床诊疗策略。

**【关键词】** 胸痛三联征; 体层摄影术, X 线计算机; 专家共识

## Expert consensus on triple-rule-out CT angiography examinations in patients with acute chest pain

Chinese Society of Imaging Technology, Chinese Medical Association

Corresponding author: Yu Jianming, Department of Radiology, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China, Email: cjr.yujianming@vip.163.com; Li Zhenlin, Department of Radiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China, Email: lzlcd01@126.com

胸痛三联征 (chest pain triple-rule-out, TRO) 是指表现为急性胸痛发作的 3 种疾病及并发症,包括急性冠状动脉综合征 (acute coronary syndrome, ACS)、肺动脉栓塞 (pulmonary embolism, PE) 和主动脉夹层 (aortic dissection, AD)<sup>[1]</sup>。其发病凶险,误诊率和病死率高,临床症状主要包括胸痛、呼吸困难和咯血等。急性胸痛是临床上最常见的症状之一,是以胸痛为主要表现的一组异质性疾病群。不同病因导致的胸痛,其症状既相似,又有不同特征,可表现为不同部位、不同性质和不同程度的疼痛,

伴随症状亦可不同。仅凭临床症状及实验室检查难以及时确诊,尽早明确病因、及时有效的处理是对急性胸痛患者急诊救治的关键<sup>[2]</sup>。实验室和超声等检查耗时长,不利于早期诊断,还容易忽略 AD 和 PE 等的检出<sup>[3]</sup>。

CTA 因其诊断准确、高效和非侵入性,被广泛应用于评估 ACS、PE 和 AD 等疾病。在临床工作中,大量患者在急诊室就诊时胸痛原因不明确,而 CTA 能够协助评估危及生命的胸痛症状,因此,将 3 个单独的 CTA 协议 (PE、AD、冠状动脉) 结合成

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20200102-00004

收稿日期 2020-01-02 本文编辑 张琳琳

引用本文:中华医学会影像技术分会. 急性胸痛三联征多层螺旋 CT 检查技术专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(1): 12-18. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20200102-00004.



1 个单一的成像研究,在 1 次 CT 扫描中同时评估冠状动脉、肺动脉和胸主动脉很有必要。

随着多层螺旋 CT 成像技术的快速发展,宽体探测器、高时间分辨率及低辐射剂量等技术逐步应用于临床,使冠状动脉、肺动脉及主动脉血管同时成像成为可能。胸部“一站式”CTA 扫描具有快速、准确、无创等特点,可同时评估肺动脉、主动脉及冠状动脉,缩短了病因诊断时间,是目前评估 ACS 患者的首选检查方法。对于冠状动脉 CTA 检查,国内外专家积累了一定的应用经验和医学研究证据,并发布了多篇专家共识或指南<sup>[4-9]</sup>。

目前,国内各医院的急性胸痛三联征 CT 检查存在较大差异,也未查见可供遵循的规范化成像方案,主要体现在缺乏数据采集标准化、图像后处理及对比剂注射规范等。笔者参阅国内外文献和最新指南,结合我国医学影像多位专家多次讨论凝集共识,旨在规范急性胸痛三联征多层螺旋 CT 检查技术,更好地服务临床和患者。

#### 一、检查前准备

急性胸痛三联征患者治疗的前提是尽早明确诊断。急诊科和放射科共同建立胸痛三联征影像检查绿色通道,确保快速高效地完成相关影像学评估。

放射科接到受检者检查的申请后,立即通知医师、技师和护士,做好检查前准备。放射科医师在第一时间要了解受检者的适应证和禁忌证,询问受检者的病情、是否有碘过敏史,心脏、甲状腺功能、肝肾功能及糖尿病史等相关情况;技师要做好设备和受检者的准备等;护士准备好高压注射器和对比剂,为受检者建立静脉通道等。行 CT 检查时,对受检者进行监护和提供安全保障,急诊科医师和受检者家属要全程陪同。

##### (一)适应证与禁忌证

1. 胸痛三联征 CTA 扫描适应证:急性胸痛患者,临床怀疑 ACS、PE 和 AD。

2. 绝对禁忌证:甲状腺功能亢进未治愈者;有碘对比剂过敏史、严重肾功能不全(不能血液透析)的患者。

3. 相对禁忌证:(1)心肺疾病;(2)妊娠和哺乳期妇女;(3)副蛋白血症,包括多发性骨髓瘤等;(4)高胱氨酸尿等。

##### (二)扫描前准备

1. 受检者准备:放射科医师或技师详细询问受检者的病情,尤其是过敏史,同时要受检者及陪

伴签署碘对比剂增强检查知情同意书。对于孕妇及育龄妇女检查前须签署 X 线辐射知情同意书。询问是否服用以下药物:西地那非、伐地那非、他达拉非;询问受检者能否配合检查,以及配合屏气等。了解受检者的一般情况,如身高、体质量和血压情况。询问受检者的基础心率,有无频发心律失常等情况,并给予解释<sup>[10-11]</sup>。

2. 受检者心率要求:胸痛三联征 CTA 检查属于急症检查,原则上要根据受检者的心率和 CT 设备情况采取不同的扫描方式,一般不建议患者在检查前口服  $\beta$  受体阻滞剂以降低心率。(1)对于 64 排 CT,建议心率 <70 次/min(bpm),双源 CT、宽体探测器 CT 建议心率 <90 bpm<sup>[11]</sup>。(2)对于受检者心率 >70 bpm(64 排 CT)或 >90 bpm(双源 CT、宽体探测器 CT),如受检者的情况允许,可口服  $\beta$  受体阻滞剂降低心率以提高成像质量<sup>[11]</sup>。(3)对于心律不齐受检者,建议心率控制低于 70 bpm 后进行扫描。如出现早搏导致的图像伪影,可通过心电编辑技术进行调整<sup>[11]</sup>。(4)根据临床医师的需求,对于高心率或心律不齐的危重症患者可不控制心率,建议采用回顾性心电门控技术采集全心动周期影像数据,后期采用心电编辑的方式,以获得最佳的冠状动脉图像。

3. 受检者呼吸和屏气:要求每次呼吸都是平静的呼吸(前后每次屏气幅度保持一致),观察并记录受检者屏气时的心率情况,心率变化不应超过基础心率的 10%。部分受检者屏气后会出现心率快速上升并缓慢下降,应及时发现这种趋势,并据此调整图像采集的开始时间,对于前瞻性门控扫描,还需调整相应的采集时相。采用宽体探测器 CT 成像,一次轴扫即可完成心脏检查,扫描速度非常短,使呼吸运动的影响远远小于心脏搏动,可在自由呼吸下进行检查,降低患者屏气不佳或不能屏气导致的扫描失败。

4. 硝酸甘油的使用:硝酸甘油可使血管扩张,有利于冠状动脉末梢细小血管的显示,但不做常规推荐使用,硝酸甘油使用应严格遵照硝酸甘油使用的适应证和禁忌证,可参照心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南<sup>[11]</sup>。

5. ECG 的连接:心电电极的放置可采用美国标准(白色导联:右锁骨中线、锁骨下;黑色导联:左锁骨中线、锁骨下;红色导联:左锁骨中线、第六或第七肋间;绿色导联:右锁骨中线、第六或第七肋间)或欧洲标准(红色导联:右锁骨中线、锁骨下;黄色导联:左锁骨中线、锁骨下;黑色导联:右锁骨中线、

第六或第七肋间;绿色导联:左锁骨中线、第六或第七肋间)。对于心电信号不佳、QRS 波形识别不好的受检者,多数是电极片接触不良所致,可用酒精棉球擦拭受检者胸壁皮肤后重新粘贴电极片或检测其他干扰因素,确保心电信号良好。心电信号识别标准为信号能被监测仪识别出 R 波,并且规律、无杂波干扰<sup>[11]</sup>。

## 二、CT 检查技术

由于冠状动脉 CTA 检查对设备要求较高,胸痛三联征检查要求为 64 排及以上 CT, X 线管旋转时间 $\leq 0.35$  s<sup>[9]</sup>。

### (一) 扫描体位

受检者取仰卧位,脚先进,双手上举置于头顶,受检者身体位于扫描野中心,胸部正中矢状面垂直于床面。

### (二) 扫描方法

1. 定位像:行正、侧位双定位像,便于扫描时心脏、胸主动脉及肺动脉位于视野的中心。

2. 心脏心电门控扫描:胸痛三联征 CT 扫描参数的设定应根据受检者的身高、体质量、心率和心律,以及前瞻性门控和回顾性门控等情况综合考虑。由于各厂家 CT 设备参数不同,需根据具体情况选择采集模式和扫描参数。(1) 心率 $\leq 65$  bpm 的受检者,使用前瞻性心电门控扫描模式进行数据采集(时间分辨率 $< 150$  ms 的 CT 设备,心率限制可放宽至 80 bpm)。受检者心率 $< 65$  bpm,且波动较小,可采用大螺距前瞻性门控方式采集数据,降低辐射剂量。(2) 对于高心率( $> 90$  bpm)和心律不齐受检者,采用回顾性心电门控模式采集数据。(3) 宽体探测器 CT, Z 轴覆盖达 16 cm, 2 个前瞻性门控扫描即可完成全胸段检查,对心率要求不高,并可降低辐射剂量<sup>[12]</sup>;可根据不同心率选择全剂量曝光窗控制,心率 $\leq 65$  bpm,全剂量曝光时间窗选择 65%~75% 的 R-R 间期;心率 65~80 bpm,全剂量曝光时间窗在 35%~75% 的 R-R 间期;心率 $> 80$  bpm,全剂量曝光时间窗选择 40%~60% 的 R-R 间期。(4) 回顾性心电门控螺旋采集模式,建议使用基于心电图(ECG)的管电流调制模式,根据不同心率选择全剂量曝光窗控制,心率 $\leq 65$  bpm,全剂量曝光时间窗选择 65%~75% 的 R-R 间期;心率 65~80 bpm,全剂量曝光时间窗在 35%~75% 的 R-R 间期;心率 $> 80$  bpm,全剂量曝光时间窗选择 40%~60% 的 R-R 间期。(5) 推荐所有具有迭代重建功能的 CT 设备使用该功能进行图像重建,使用时可降低一挡管电压

(如从 120 kV 降低到 100 kV)。(6) 推荐有管电压自动选择功能的 CT 设备使用该功能自动选择管电压,可通过降低管电压有效减少辐射剂量。(7) 运动校正算法:也称快速冻结技术(snap shot freeze, SSF),该技术可在高心率患者中部分消除冠状动脉运动所导致的伪影<sup>[13-14]</sup>,推荐在具有该技术的 CT 设备中常规使用。

3. CTA 扫描:胸痛三联征 CT 检查必须包括整个胸主动脉以及心脏。在定位图像上,扫描范围一般从主动脉弓上方 1 cm 处开始至心底部结束,起始位置通常位于锁骨头的下缘。因为受检者的辐射剂量与扫描长度成正比,所以不包括高于主动脉弓水平的肺尖。虽然 5% 的肺栓塞受检者有上肺叶栓塞,但主动脉弓水平以上的孤立亚段肺栓塞极为罕见<sup>[15]</sup>。胸痛三联征 CT 扫描一般采用头-足方向。但对于不能配合憋气或憋气时间较短的受检者,可采用足-头方向扫描,以减少冠状动脉运动伪影。

CTA 扫描时间:(1) 对比剂小剂量测试法:注射 10~20 ml 对比剂预注射测试,通过计算获得肺动脉、冠状动脉、主动脉达峰时间,可获得最佳的血管强化图像,但操作较复杂,耗时较长,对比剂使用量较大,对于危重急性患者一般不做推荐。(2) 团注追踪法:采用阈值触发的方式,在降主动脉区域内设置一个监测区 ROI,设定阈值为 100~150 HU, ROI 内 CT 值达到阈值后即启动扫描,可同时获得肺动脉、胸主动脉和冠状动脉的图像。

4. 扫描参数:管电压设置推荐使用具备 70 或 80 kV 管电压输出的 CT 设备,体质量 $\leq 60$  kg 的患者采用该管电压进行扫描<sup>[16-18]</sup>。体重 $\leq 90$  kg 的患者,推荐采用 100 或 120 kV 管电压进行扫描。根据噪声指数的设定,管电流采用自动调节技术。如设备具有迭代重建功能,建议采用迭代重建技术以降低图像噪声<sup>[19]</sup>。迭代权重不宜过大,一般推荐采用迭代权重比例 40%~60%。

### (三) 对比剂注射方案

对比剂的使用可参考对比剂使用指南<sup>[20]</sup>:(1) 建议使用双筒高压注射器,将 80~100 ml 对比剂和 80~100 ml 生理盐水分别抽入 2 个高压注射器针筒中,连接延长管,排气完毕后等待连接。(2) 用 20 G 以上静脉套管针穿刺手臂上粗大的静脉(桡静脉或肘静脉),必要时穿刺股静脉。右肘前静脉是最佳选择,其次是左肘前静脉。通过左肘前静脉进行对比剂注射,可能导致对比剂通过左侧头臂静脉时出现大量条纹伪影,降低图像质量。除非不能建立其

他合适的通道,应避免使用手部静脉(掌骨和背侧)。连接高压注射器后,将受检者手臂置于头部,保持伸直、放松,并告知受检者,在对比剂注射时有发热等正常现象。

对比剂注射流率:碘流率(iodine delivery, IDR)为每秒所注射的对比剂碘量(mg I/s),即碘流率=碘对比剂浓度(mg I/ml)×对比剂注射流率(ml/s)。受检者同等体重下,动脉血管的强化程度取决于碘流率<sup>[21-22]</sup>。根据受检者体重选择不同的流率,推荐方案见表 1<sup>[11]</sup>。

表 1 根据受检者体质量推荐使用的不同浓度对比剂注射流率(ml/s)

对比剂浓度 (mg I/ml)	体质量(kg)				
	<50	50~<60	60~<70	70~<80	≥80
270	5.2	5.9	6.7	7.4	8.1
300	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3
320	4.4	5.0	5.6	6.2	6.9
350	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3
370	3.8	4.3	4.8	5.4	5.9
400	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

对于胸痛三联征 CT 扫描,合理的增强目标是冠状动脉 CT 值 300~450 HU<sup>[11]</sup>,肺动脉 CT 值高于 200 HU,主动脉 CT 值高于 250 HU<sup>[23]</sup>。采用冠状动脉 CTA 的注射方案会导致肺动脉 CT 值过低<sup>[12]</sup>,为了保证肺动脉的强化效果,延长对比剂注射时间,可在扫描期间保持右心房、右心室的对比度。然而,对比剂注射过量会造成上腔静脉对比剂伪影过大,影响临近肺动脉的诊断,右心对比剂浓度过高影响右冠状动脉的观察。所以胸痛三联征 CT 扫描对比剂注射推荐采用 3 相注射方案。I 期:根据受检者体质量和对比剂选择流率(表 1),总注射时长 10~14 s; II 期:流率 3 ml/s;注射 30 ml 对比剂; III 期:流率 3 ml/s,注射 30 ml 生理盐水。对于可以实现双筒双流功能的高压注射器,可采用以下方案, I 期:根据受检者体质量和对比剂选择流率(表 1),总注射时长 10~14 s; II 期:流率 3 ml/s; 50 ml 对比剂与盐水的混合液(50%对比剂+50%盐水),以降低上腔静脉和右心的对比剂浓度,减少射线硬化束伪影。

### 三、图像后处理技术

#### (一)常规图像后处理技术

以 1.0 mm 层厚、0.7 mm 层间距重建包括整个胸廓范围的轴面图像。在心脏区域,采用心脏大小显示视野(17.0 cm×17.0 cm~20.0 cm×20.0 cm)重建

图像,层厚 0.60~0.75 mm,层间距 0.40~0.50 mm。由设备自动重建最佳时相的图像。当冠状动脉出现运动伪影时,可手动选择适当的时相重建。观察血管,常规选择平滑的卷积核重建。观察肺野病变,可选择锐利的卷积核重建高分辨图像。

#### (二)三维重组后处理技术

主要包括多平面重组(multi-planar reformation, MPR)、曲面重组(curve planar reformation, CPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)和容积再现(volume rendering, VR)。MPR 重建主要用于多角度多方位观察的器官,特别适合对病灶的多方位观察,以了解其与临近组织的空间位置关系,MIP 和 CPR 图像主要用于观察管腔内结构,VR 图像主要用于观察肺动脉整体结构、胸主动脉走行、心脏外形和冠状动脉走行。VR 图像无法观察管腔内结构,不能用于狭窄的评估。

1. 肺动脉 CTA 重建:对于肺动脉栓塞受检者,可在轴面图像上寻找栓塞,通过 MIP、MPR、VRT 和 VE 等技术能够较真实地反映组织间的密度差异,显示血管内的栓塞及其分布范围,直观、立体地显示肺动脉的解剖、走行,尤其对于外周肺动脉的显示较好。

2. 胸主动脉 CTA 重建:对于主动脉夹层患者,可在轴面图像上寻找破口,主破口通常位于近心端;MPR 技术可以进行各角度和方向的旋转、重建,可以多个方位显示内膜破口的位置,全程显示病变,并进行夹层相关数据评估与测量;MIP 对管壁的钙化有较好的显示能力,但无法显示病变内部细节;VR 技术可以将血管的整体解剖结构进行较好地显示;CPR 技术能够较好显示被其他组织遮盖的内膜片形态、真假腔大小。

Stanford A 型主动脉夹层是手术的绝对适应证,而 Stanford B 型主动脉夹层多采用主动脉覆膜支架植入术,其对影像学指征具有严格的要求。建议以破口为中心旋转,显示破口最大直径,内膜片及真假腔的形态、走行,破口与主动脉弓上 3 支血管的关系,起源于真腔或假腔,假腔内有无血栓及多少等;同时测量破口的宽度,破口与左锁骨下动脉的距离和主动脉的内径等。

3. 冠状动脉 CTA 重建:主要采用 MIP、MPR 和 CPR 技术显示冠状动脉狭窄和斑块的情况,VR 用于立体观察心脏、冠状动脉和其他血管的三维空间结构,可清晰显示冠状动脉的走行及其变异。

MPR、CPR 和 MIP 用于显示冠状动脉管壁、管腔及其与邻近血管等组织结构的关系,了解管壁有无钙化、管腔有无狭窄及狭窄的位置和程度,并分辨强化的管腔、高密度的钙化斑块及非钙化性斑块。冠状动脉 VR 摄影建议尽可能参照经导管冠状动脉造影术摄影体位,其参考体位如下。

左冠状动脉:(1)左前斜位 60°;(2)左前斜位 60°+足位 20°;(3)左前斜位 60°+头位 20°;(4)右前斜位 30°;(5)右前斜位 30°+足位 20°;(6)右前斜位 30°+头位 20°。

右冠状动脉:(1)左前斜位 60°;(2)前后位;(3)右前斜位 30°。但由于冠状动脉解剖走行存在个体差异,且狭窄病变多为偏心性,选择固定的摄影体位可能无法准确地显示病变形态,因此摄影体位因人而异。

#### 四、胸痛三联征检查的质量控制

##### (一)图像质量控制

胸痛三联征 CT 检查有几个局限性影响其在急诊科急性胸痛受检者分类中的有效性。(1)稳定的心率与冠状动脉狭窄评估的图像质量和准确性密切相关<sup>[24]</sup>。临床工作中常使用 $\beta$ 受体阻滞剂使受检者的心率控制在 70 bpm 以内,但 15% 的急诊科受检者对 $\beta$ 受体阻滞剂有一定的禁忌证<sup>[25]</sup>。二代、三代双源 CT 和宽体 256 排 CT 对心率要求较低(< 90 bpm),大部分患者不需要使用 $\beta$ 受体阻滞剂。(2)大多数设备要求窦性心律正常的患者才能进行胸痛三联征 CT 扫描。近年来,设备硬件和软件都得到了极大的提高,部分高端设备对包括心房颤动在内的不规则心率的受检者也可进行检查。

##### (二)辐射剂量控制

胸痛三联扫描低辐射剂量扫描方案的可操作性,受所使用的 CT 扫描设备及受检者自身的特点所限制,如体质指数、软组织分布、心率、心脏节律、屏气时间等限制。(1)低电压:多项研究表明,降低管电压是一个简单有效的措施,适用于大多数临床 CT 系统。多位学者的研究表明,采用低管电压( $\leq 100$  kV)可使 64 层冠状动脉 CTA 有效剂量降低 40%~50%<sup>[17,26-29]</sup>。(2)迭代重建技术:随着计算机技术的不断进步,迭代重建技术已常规应用于临床工作中,相对于传统滤波反投影(FBP)重建技术,迭代重建技术可在保持相同图像质量的情况下降低 32%~65% 的辐射剂量<sup>[19,30-31]</sup>。(3)前瞻性心电门控、大螺距模式扫描技术的应用,对于心率<80 bpm 且稳定的受检者,Flash 大螺距前瞻性心电门控胸痛

三联征 CT 扫描辐射剂量仅为传统回顾性心电门控胸痛三联征 CT 扫描的 10%~20%<sup>[32]</sup>,而诊断效果相同,而采用前瞻性心电门控胸痛三联扫描降低受检者辐射剂量可达 70%<sup>[33-34]</sup>

胸痛三联征 CT 扫描具有较高的临床价值,其可同时显示冠状动脉、肺动脉、胸主动脉和邻近的胸腔内的情况,与常规检查相比,可减少患者所需的检查的次数和辐射剂量;但也有其局限性,设备的性能、受检者的准备和配合、对比剂注射方案和扫描技术选择都对高质量图像的获取至关重要。综上所述,应科学合理的选择适应证和检查方案、评价受检者的风险收益比,才能为胸痛患者提供快速准确的影像学诊断信息。本共识就胸痛三联征血管成像的规范化操作内容进行了阐述,供国内同行参考。

执笔者:杨明(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)

专家共识写作组成员(按照姓氏笔画为序):丁莹莹(昆明医科大学第三附属医院放射科)、牛延涛(首都医科大学附属北京同仁医院放射科)、吕滨(中国医学科学院阜外医院放射影像科)、吕发金(重庆医科大学附属第一医院放射科)、刘小明(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、刘义军(大连医科大学附属第一医院放射科)、刘杰(郑州大学第一附属医院放射科)、刘爱连(大连医科大学附属第一医院放射科)、孙存杰(徐州医科大学附属医院影像科)、李坤成(首都医科大学附属宣武医院放射科)、李大鹏(江苏省人民医院放射科)、李伟(山东省千佛山医院影像科)、李真林(四川大学华西医院放射科)、李健(陕西省人民医院影像中心)、杨明(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、吴岩(昆明医科大学第一附属医院医学影像科)、何玉圣(中国科学技术大学附属第一医院影像科)、余建明(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、汪启东(浙江大学医学院附属第一医院放射科)、宋彬(四川大学华西医院放射科)、张雪君(天津医科大学医学影像学院)、陈刚(复旦大学附属中山医院放射科)、陈英敏(河北省人民医院影像科)、陈晶(中南大学湘雅医学院附属海口医院放射科)、范文亮(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、周学军(南通大学附属医院影像科)、郑君惠(广东省人民医院放射科)、赵雁鸣(哈尔滨医科大学附属第二医院 CT 诊断科)、胡鹏志(中南大学湘雅三医院放射科)、洪泳(复旦大学附属华山医院放射科)、晏子旭(首都医科大学附属北京安贞医院医学影像科)、高剑波(郑州大学第一附属医院放射科)、袁元(四川大学华西医院放射科)、夏春潮(四川大学华西医院放射科)、郭建新(西安交通大学第一附属医院影像科)、黄小华(川北医学院附属医院放射科)、雷子乔(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、蔡维维(北京人民医院放射科)、暴云锋(河北省人民医院医学影像科)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参 考 文 献

[1] Ghersin E, Litmanovich D, Dragu R, et al. 16-MDCT

- coronary angiography versus invasive coronary angiography in acute chest pain syndrome: a blinded prospective study[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 186(1): 177-184. DOI: 10.2214/AJR.04.1232.
- [2] Chae MK, Kim EK, Jung KY, et al. Triple rule-out computed tomography for risk stratification of patients with acute chest pain[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2016, 10(4): 291-300. DOI: 10.1016/j.jcct.2016.06.002.
- [3] Monica MP, Merkely B, Szilveszter B, et al. Computed tomographic angiography for risk stratification in patients with acute chest pain--the triple rule-out concept in the emergency department[J]. *Curr Med Imaging Rev*, 2020, 16(2): 98-110. DOI: 10.2174/1573405614666180604095120.
- [4] Kramer CM, Budoff MJ, Fayad ZA, et al. ACCF/AHA 2007 clinical competence statement on vascular imaging with computed tomography and magnetic resonance. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 50(11): 1097-1114. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.07.006.
- [5] Jacobs JE, Boxt LM, Desjardins B, et al. ACR practice guideline for the performance and interpretation of cardiac computed tomography (CT) [J]. *J Am Coll Radiol*, 2006, 3(9):677-685. DOI: 10.1016/j.jacr.2006.06.006.
- [6] Abbara S, Arbab-Zadeh A, Callister TQ, et al. SCCT guidelines for performance of coronary computed tomographic angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2009, 3(3): 190-204. DOI: 10.1016/j.jcct.2009.03.004.
- [7] Mark DB, Berman DS, Budoff MJ, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2010, 76(2): E1-42. DOI: 10.1002/ccd.22495.
- [8] 吕滨, 张兆琪, 张立仁. 解读美国《冠状动脉 CT 血管成像专家共识》, 客观评价冠状动脉 CT 血管成像的临床价值[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(10):903-907. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.10.002.
- [9] Abbara S, Blanke P, Maroules CD, et al. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: a report of the society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee: Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI) [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2016, 10(6): 435-449. DOI: 10.1016/j.jcct.2016.10.002.
- [10] 中华放射学杂志心脏冠状动脉多排 CT 临床应用协作组. 心脏冠状动脉多排 CT 临床应用专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(1):9-17. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.01.003.
- [11] 中华医学会放射学分会心胸学组,《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排 CT 临床应用指南写作专家组. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(10):732-743.
- [12] Chen Y, Wang Q, Li J, et al. Triple-rule-out CT angiography using two axial scans with 16 cm wide-detector for radiation dose reduction[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(11): 4654-4661. DOI: 10.1007/s00330-018-5426-y.
- [13] 梁俊福, 王辉, 徐磊, 等. 256 层 CT 单个心动周期冠状动脉成像在高心率患者中应用的可行性研究[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(2): 108-113. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.02.006.
- [14] 范丽娟, 孙凤伟, 张计旺, 等. 冠状动脉追踪冻结技术对不控制心率受试者 CT 冠状动脉成像质量的影响[J]. *中华放射学杂志*, 2014, 48(2): 105-108. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2014.02.005.
- [15] Dodd JD, Kalva S, Pena A, et al. Emergency cardiac CT for suspected acute coronary syndrome: qualitative and quantitative assessment of coronary, pulmonary, and aortic image quality[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 191(3):870-877. DOI: 10.2214/AJR.07.3387.
- [16] 赵永霞, 左紫薇, 吴艳民, 等. 低管电压联合不同噪声指数和低浓度对比剂对肺动脉 CT 成像质量和辐射剂量的影响[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(6):451-455. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.06.011.
- [17] Takx R, Krissak R, Fink C, et al. Low-tube-voltage selection for triple-rule-out CTA: relation to patient size [J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(6): 2292-2297. DOI: 10.1007/s00330-016-4607-9.
- [18] Kim HS, Kim SM, Cha MJ, et al. Triple rule-out CT angiography protocol with restricting field of view for detection of pulmonary thromboembolism and aortic dissection in emergency department patients: simulation of modified CT protocol for reducing radiation dose[J]. *Acta Radiol*, 2017, 58(5): 521-527. DOI: 10.1177/0284185116663044.
- [19] Si-Mohamed S, Greffier J, Bobbia X, et al. Diagnostic performance of a low dose triple rule-out CT angiography using SAFIRE in emergency department[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2017, 98(12): 881-891. DOI: 10.1016/j.diii.2017.09.006.
- [20] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南(第 2 版)[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47(10): 869-872. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.10.001.
- [21] 邢艳, 潘存雪, 古丽娜·阿扎提, 等. 冠状动脉 CT 成像中个体化对比剂注射方案提高不同浓度对比剂强化均一性的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(11):853-857. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.11.011.
- [22] 马伟, 尹卫华, 于易通, 等. 基于碘流率注射方案实现冠状动脉 CT 血管成像质量均一化的可行性研究[J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(6): 492-496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.06.010.
- [23] 国晶晶. 解读“国际心血管 CT 协会 TAVI/TAVR 相关 CT 成像的专家共识”[J]. *国际医学放射学杂志*, 2019, 42(3): 334-340. DOI: 10.19300/j.2019.B7155.
- [24] Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46(3): 552-557. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.05.056.
- [25] Gallagher MJ, Raff GL. Use of multislice CT for the evaluation of emergency room patients with chest pain: the so-called "triple rule-out"[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2008, 71(1):92-99. DOI: 10.1002/ccd.21398.
- [26] Feuchtner GM, Jodocy D, Klauser A, et al. Radiation dose reduction by using 100-kV tube voltage in cardiac 64-slice computed tomography: a comparative study[J].

Eur J Radiol, 2010, 75(1): e51-56. DOI: 10.1016/j.ejrad.2009.07.012.

[27] Hohl C, Mühlenbruch G, Wildberger JE, et al. Estimation of radiation exposure in low-dose multislice computed tomography of the heart and comparison with a calculation program[J]. Eur Radiol, 2006, 16(8): 1841-1846. DOI: 10.1007/s00330-005-0124-y.

[28] Leschka S, Stolzmann P, Schmid FT, et al. Low kilovoltage cardiac dual-source CT: attenuation, noise, and radiation dose[J]. Eur Radiol, 2008, 18(9): 1809-1817. DOI: 10.1007/s00330-008-0966-1.

[29] 王蕊, 张保翠, 王霄英, 等. 80 kVp、低浓度对比剂冠状动脉 CTA 检查的初步研究[J]. 放射学实践, 2013, 28(5): 501-504. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0313.2013.05.007.

[30] Hara AK, Paden RG, Silva AC, et al. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: feasibility study[J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(3): 764-771. DOI: 10.2214/AJR.09.2397.

[31] Prakash P, Kalra MK, Digumarthy SR, et al. Radiation dose reduction with chest computed tomography using adaptive statistical iterative reconstruction technique: initial experience[J]. J Comput Assist Tomogr, 2010, 34(1): 40-45. DOI: 10.1097/RCT.0b013e3181b26c67.

[32] 汤连志, 姜洪, 吴宝金, 等. 双源 CT 大螺距前瞻扫描在胸痛三联症成像中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2015, 23(3): 200-203. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2015.03.012.

[33] Manheimer ED, Peters MR, Wolff SD, et al. Comparison of radiation dose and image quality of triple-rule-out computed tomography angiography between conventional helical scanning and a strategy incorporating sequential scanning[J]. Am J Cardiol, 2011, 107(7):1093-1098. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.11.038.

[34] Stolzmann P, Leschka S, Scheffel H, et al. Dual-source CT in step-and-shoot mode: noninvasive coronary angiography with low radiation dose[J]. Radiology, 2008, 249(1):71-80. DOI: 10.1148/radiol.2483072032.

## 《中华放射学杂志》第十一届编辑委员会成员名单

以下按姓氏汉语拼音排序

顾问	戴建平	高宏	高培毅	郭启勇	李坤成	刘玉清	石明国	徐克	滕皋军		
名誉总编辑	冯晓源										
资深编委	崔进国	范占明	郭志	韩萍	宦怡	黄仲奎	李健丁	史大鹏	唐光健	王德杭	
	王鸣鹏	王小宜	肖恩华	杨建勇	杨立	余卫	张兆琪	赵斌	周诚	朱铭	
	祖茂衡	胡道予									
总编辑	金征宇										
副总编辑	陈敏	程敬亮	梁长虹	刘士远	卢光明	田捷	王振常	余建明			
编委	Chi-shing Zee	白荣杰	曹代荣	陈敏	陈自谦	程敬亮	程晓光	单鸿	丁建平		
	冯逢	付海鸿	高剑波	葛英辉	龚启勇	顾建平	顾雅佳	管生	郭佑民	洪楠	
	胡春洪	纪建松	贾文霄	姜慧杰	江新青	蒋涛	金龙	金征宇	居胜红	黎海亮	
	李澄	李绍林	李天晓	李晓光	李欣	李真林	梁长虹	刘爱连	刘剑羽	刘佩芳	
	刘士远	刘文亚	刘再毅	刘兆玉	刘泓	刘筠	龙莉玲	娄昕	卢光明	吕滨	
	马林	马祥兴	母其文	倪红艳	彭卫军	彭芸	沙炎	沈钧康	沈文	施海彬	
	宋伟	孙钢	孙应实	陶晓峰	田捷	王光彬	王健	王良	王茂强	王梅云	
	王培军	王维	王锡明	王晓明	王振常	王怡宁	吴宁	吴仁华	伍建林	夏黎明	
	鲜军舫	肖江喜	肖越勇	谢晟	邢伟	徐磊	徐文坚	许建荣	许茂盛	薛华丹	
	严福华	杨健	杨正汉	叶慧义	叶兆祥	余建明	余永强	袁慧书	袁新宇	曾蒙苏	
	张辉	张惠芳	张龙江	张敏鸣	张伟国	张小明	赵绍宏	赵世华	赵心明	郑传胜	
	郑卓肇	周纯武	朱斌	朱文珍	邹英华						
通讯编委	敖国昆	毕万利	陈宏伟	翟水亭	龚沈初	韩丹	黄飏	李小虎	刘凤永	刘辉	
	刘建新	刘晋新	刘军	刘兆会	陆敏杰	罗德红	马晓海	牛焕章	牛金亮	牛延涛	
	潘诗农	秦乃姗	邱士军	宋法亮	苏丹柯	孙吉林	孙文阁	田为中	王峰	王海屹	
	王悍	王忠敏	吴飞云	伍筱梅	肖喜刚	谢传森	徐凯	许乙凯	杨本涛	杨运俊	
	杨智云	于春水	于德新	于海鹏	余日胜	袁庆海	曾献军	章伟敏	张冰	张靖	
	张水兴	张勇	赵中伟	郑君惠	朱绍成						