

· 规范与共识 ·

心脏冠状动脉多排 CT 临床应用专家共识

中华放射学杂志心脏冠状动脉多排 CT 临床应用协作组

多排 CT (multi-detector computed tomography, MDCT) 近 5 年来发展极为迅速。2004 年底全球首次推出 64 排 CT, 并迅速应用于临床心脏和冠状动脉成像, 目前在诊断和排查冠心病方面已经成为临床重要的无创影像检查手段。

当新的影像设备或新技术应用于临床工作, 积累了一定的应用经验和循证医学证据后, 应当制定相应的临床使用规范。以心脏冠状动脉成像为例, 美国心脏病协会 (AHA) 和心脏病学院 (ACC) 联合其他有关心脏影像技术协会多次发表心血管 CT、MRI 的应用能力和从业人员的培训建议^[1-6]。美国放射学院 (ACR) 已就心脏 CT 应用和诊断于 2006 年发表了指南^[7], 美国心血管 CT 协会 (SCCT) 在 2009 年发布了类似指南^[8], 2010 年, AHA 和 ACC 分别在其学会期刊 Circulation 和 JACC 上公布了完全相同的冠状动脉 CTA 的专家共识^[9-10], 足以见其重视程度。

我国在 MDCT 设备引进和临床应用方面与国外发达国家几乎同步, 但是应用相对不均衡、不规范。高端设备引进速度相对快于临床应用和诊断技术的普及和提高。如我国部分医院在临床技能、相关知识和诊断水平不足的情况下, 就开始从事心脏 CT 检查, 导致一系列不尽如人意的问題。心脏冠状动脉成像对技术人员有较高要求, 从业者需要进一步了解设备性能、掌握标准化操作规程、书写合格的诊断报告和加强自身培训; 对图像的解读也需要医师具有一定的心血管影像学知识, 所在医院在心血管病专业方面有较好的基础。

不同厂家推出的 MDCT 技术和成像参数不尽相同, 用户的临床操作基本上依赖于厂家的培训, 目前我国应用几年来在业界没有可供遵循的标准化和个性化扫描方案、图像后处理和质量控制, 以及对比剂注射方案, 特别是冠状动脉 CTA 的辐射剂量更成为热点关注问题, 亟需达成降低辐射剂量的共识^[11]。

对于 MDCT 心脏冠状动脉检查适应证、应用价值和限度等方面的认识, 放射科医师与临床医师 (特别是心内科医师) 有必要加强沟通和经验交流, 利用设备解决好临床问题, 让临床更多了解 MDCT 的成像能力和图像资料对诊断和指导治疗的价值, 制定更合理的治疗方案, 并从事一定的科学

研究, 以便更好地服务于患者。

基于上述种种原因, 推出 MDCT 心脏冠状动脉临床应用专家共识是必要和迫切的。

目前已经推向市场并用于临床的更高端 CT 设备, 如 Discovery HD-750 (宝石 CT)、Definition flash (新双源 CT)、Brilliance iCT (128 排 CT)、Aquilion One (320 排 CT), 进一步提高了成像能力和图像质量, 但是, 由于设备刚刚用于临床, 尚缺乏大量的论文、科研数据等循证医学证据, 暂不列为本次专家共识阐述和讨论的内容。

心脏冠状动脉 CT 应用基本要求

一、开展心脏冠状动脉 CT 检查对操作者能力培训的基本要求

AHA、ACR 和美国心脏病学院基金会 (ACCF) 联合公布了心脏 CT 临床能力培训要求 (表 1)^[1-7], 结合我国实际, 本共识提出以下要求。

1. 对医师能力的要求: (1) 熟悉 CT 物理学和成像原理, 强调对辐射和曝光知识的掌握; (2) 熟悉心脏和冠状动脉 MDCT 扫描参数、重建参数和后处理技术; (3) 熟悉心脏 CT 对比剂最佳注射方案、安全性、禁忌证、不良反应处理和碘过敏反应的治疗; (4) 熟悉心脏 CT 检查中使用的其他药物 (如 β 受体阻滞剂、硝酸甘油) 的适应证和禁忌证及其处理; (5) 具备冠心病和其他心血管病 (包括各种先天性和获得性心血管病) 的相应临床和病理生理改变的知识; (6) 掌握心脏、冠状动脉、冠状静脉、肺动脉和肺静脉等解剖; (7) 掌握常见胸部、纵隔和腹部疾病的 CT 诊断基本知识; (8) 具备基本的 ECG 诊断和心律失常诊断的知识。

2. 对医师培训的要求: 放射科医师独立从事心脏 CT 临床诊断工作, 必须具有执业医师资格和大型设备上岗证 (CT); 必须了解心脏冠状动脉检查适应证; 接受不同等级的培训 (表 1), 其中中级和高级水平以上方可独立操作和书写诊断报告。

3. 对技术员的要求: (1) 具有大型设备上岗证 (CT); (2) 了解心脏冠状动脉解剖和 CT 设备原理; (3) 了解心脏冠状动脉 CT 检查临床要求和检查的目的; (4) 熟悉各种优化扫描参数、图像质量控制、图像重建和三维后处理等; (5) 每日做常规质量控制的测试和维护; 熟悉降低辐射剂量的技术; (6) 在放射科医师指导下工作, 并接受每年 > 24 h 的继续教育培训。

4. 对护士的要求: (1) 具有护士执业证与上岗证; (2) 具有 3 年以上的临床护理工作经历; (3) 了解心脏冠状动脉、

DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1005-1201. 2011. 01. 003

基金项目: 国家十一五科技支撑计划课题资助项目 (2007BAI05B02)

通信作者: 吕滨, 中国医学科学院 协和医学院 北京阜外心血管病医院放射科, 100037, Email: cjr. lvbin@vip. 163. com

肺血管、大血管等 CT 检查的适应证与禁忌证; (4) 了解正常 ECG 和典型心房早搏、心室早搏、心房纤颤、心室纤颤等 ECG 表现; (5) 了解对比剂的安全性、禁忌证、不良反应处理和碘过敏反应的治疗; (6) 掌握高压注射器的各种操作技术; (7) 在放射科医师指导下工作, 并每年接受 > 24 h 的继续教育培训。

表 1 对不同级别上岗医师完成冠状动脉 CTA 的培训要求^a

等级水平	基本培训要求			进一步培训要求	
	培训和工作时间(月)	完成扫描数(例)	书写报告数(例)	书写报告数(例/年)	继续教育学分(I类, h/3 年)
初级	>1	—	50 ^b	—	—
中级	>2	>50	>150	300	20
高级	>6	>150	>300	500	40

注:^a: 美国心脏病协会、美国放射学院、美国心脏病学院基金会的培训要求。^b: 在上级医师指导下; 初级: 接受心脏 CT 基本知识培训, 掌握扫描和后处理操作技能、了解心血管 CT 检查适应证和对心脏 CT 解剖、病理改变的基本认知。中级: 在初级基础之上, 对即将独立行心脏 CT 检查操作和报告书写医师的技能培训, 需要完成上述最少例数。高级: 在中级基础之上, 能够完全独立行心血管 CT 检查操作、报告书写, 参加临床、科研和教学工作, 了解所有其他影像学设备对各种心血管病影像学检查的优选应用, 完成上述例数要求。—: 没有要求

二、心脏冠状动脉 CT 扫描的技术操作要求

(一) 推荐使用的标准化冠状动脉检查方案

1. 患者准备: 以下因素需要在行 CTA 前通过与患者沟通、了解并进行评估: 病史, 如怀孕、碘过敏、 β 受体阻滞剂禁忌证、硝酸甘油禁忌证、肾功能不全和对比剂肾病、其他过敏反应(支气管哮喘活动期)、肥厚型心肌病、严重的主动脉瓣狭窄等; 询问是否服用以下药物: 西地那非、伐地那非、他达拉非、二甲双胍; 询问患者能否配合检查, 以及屏气; 了解患者的一般情况, 如身高、体重、心率(特别是屏气后)、心律失常和血压情况。

2. 冠状动脉 CT 扫描对心率的要求: 对于 64 排 CT, 建议心率低于 70 次/min, 双源 CT 建议低于 90 次/min。因为冠状动脉成像要求 CT 的时间分辨率 < 35 ms, 目前所有 CT 设备单扇区重建均没有达到这一要求^[12]。无论使用哪种 CT 设备, 图像质量在低心率组(≤ 70 次/min)显著好于高心率组(≥ 90 次/min)。高心率者, 在没有禁忌证情况下, 需服用降心率药, 如舌下含服美托洛尔 25.0 ~ 50.0 mg 或氨酰心胺 12.5 ~ 25.0 mg, 可重复使用。使用上述药品请参考说明书。

3. 心律失常: 如频发早搏和房颤者, 视心室率快慢以及临床医师和患者的意愿而决定是否进行扫描, 建议服用 β 受体阻滞剂以稳定心率, 不能保证检查的图像质量能够满足诊断要求时建议与患者达成文字的共识。文献报道, 心室率 < 70 次/min、70 ~ 80 次/min 和 > 80 次/min 的心房纤颤患者, 随心率的加快, 不可评估的冠状动脉节段增加, 分别达到 5.8%、14.0% 和 20.3%^[13]。对于具备 ECG 编辑软件的 CT, 也只能部分改善由单发房性或室性早搏带来的伪影, 难以改

善由快速心房纤颤、窦性心律不齐、间位室性早搏及束支传导阻滞等其他心律失常带来的图像质量问题^[14]。

4. 训练患者呼吸和屏气: 每次呼吸应该是一次平静的呼吸(前后每次屏气幅度保持一致), 观察并记录患者屏气时的心率情况, 心率变化不应超过基础心率的 10%。部分患者屏气后会出现心率快速上升并缓慢下降的趋势, 应及时发现这种趋势, 并据此调整图像采集的开始时间。

5. 硝酸甘油的使用: 服用硝酸甘油能够使冠状动脉血管扩张 4.0% ~ 13.5%^[15], 弥补 CT 设备对细小分支血管显示不足的缺陷(主要是对角支、钝缘支和后降支等)^[16]。具体方法是 CT 扫描前 5 min 舌下含服硝酸甘油片剂 0.5 mg, 或扫描前 1 min 使用舌下硝酸甘油喷射剂。但是, 硝酸甘油的使用改变了患者冠状动脉正常生理状态, 同时是否影响了诊断的准确性, 目前尚有争议, 有待大样本的循证医学证据。硝酸甘油的使用请参考药品说明书。

6. 对比剂注射方案: 对比剂的使用建议参考“对比剂使用指南”^[17]。(1) 建议使用双筒高压注射器, 将 80 ~ 100 ml 对比剂和 70 ml 生理盐水分别装入 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 18 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。连接高压注射器后, 将患者手臂置于头部, 保持伸直、放松。告知患者对比剂注射时有正常的发热现象。(3) 推荐使用个性化注射方案(表 2)。

表 2 按照患者体重推荐使用的冠状动脉 CTA 对比剂浓度和注射速率

体重(kg)	对比剂浓度(mg I/ml)	注射速率(ml/s)
<70	350	4 ~ 5
70 ~ 90	370	5
>90	≥ 370	5 ~ 6

冠状动脉 CTA 增强扫描, 使用的对比剂总量是由速率和扫描采集时间以及是否需要第二期相(使右心系统显影)决定的。推荐使用的对比剂注射方案如下^[18]。

方案 1: 三期相注射。I 期: 速率 5 ml/s(参考表 2), 总量 50 ~ 100 ml; II 期: 速率 3 ml/s; 15 ml 对比剂 + 15 ml 盐水(50% 对比剂/50% 盐水); III 期: 3 ml/s 速率, 注射 20 ~ 30 ml 生理盐水。方案 2: 两期相注射(多数高压注射器不能注射对比剂和盐水的混合液)。I 期: 注射对比剂, 速率 5 ml/s(参考表 2), 总量 50 ~ 100 ml; II 期: 选用速率降低的方法注射对比剂, 3 ml/s, 15 ml 左右。

7. 冠状动脉钙化(CAC)扫描: CAC 是冠状动脉粥样硬化病变存在的标志, 对于了解斑块的分布和程度、指导是否行冠状动脉介入(PCI)治疗, 以及随访病变的进展有很大意义^[19-20]。但是, CAC 积分对诊断冠状动脉管腔狭窄的作用有限。CAC 扫描平均辐射剂量是 1.50 ~ 3.00 mSv。有学者建议行冠状动脉 CTA 检查不必要行 CAC 扫描。本次专家共识参考了国际发表的专家共识, 建议保留 CAC 扫描。

CAC 扫描参数在不同 CT 设备上大致相同。机架旋转速度 0.35 ~ 0.40 s/周; 采用前瞻性心电门控步进式采集模

式,层厚 2.5~3.0 mm,采集时间窗位于 70%~80% R-R 间期;重建直径 20~25 cm;矩阵 512×512;“锐利”(sharp)重建核。钙化积分的量化采用国内外通用的 Agatston 积分,每支冠状动脉的积分相加即为该患者的钙化积分。

8. 测试扫描延迟时间(循环时间):(1)方法 1:团注试验法(bolus test):采用时间-密度曲线(TDC)测量确定循环时间。方法是团注对比剂(5 ml/s 或更高流率)20 ml,用机器相应软件测得对比剂从肘静脉到达主动脉根部峰值的时间,即为冠状动脉增强扫描延迟时间(或根据情况,如扫描搭桥血管时再加 3~5 s 延迟)。该方法较为准确,特别是对于左心功能不全[射血分数(EF)值低下]的患者应推荐使用。(2)方法 2:团注追踪法(bolus tracking):扫描延迟时间可以使用直接对比剂追踪(自动触发)技术确定,主动脉根部触发阈值设定范围为 100.0~150.0 HU 时,达到此阈值后机器自动触发,并延迟(患者吸气和屏气口令后)3~5 s 后开始扫描。双源 CT 可设定为 80.0~100.0 HU,达到该阈值时机器自动启动,并延迟 6 s 后(设定值)自动触发扫描。该方法推荐使用于心功能正常患者。

9. CTA:推荐使用表 3 的基本参数,需要说明的是,各种设备的参数不尽相同,前瞻性和回顾性心电门控扫描参数也不相同。建议根据患者身高、体质量指数(BMI)选择个性化扫描方案,以尽可能降低辐射剂量。建议采用 ECG 毫安调制技术、低管电压和前瞻性心电门控技术等降低辐射剂量。例如,国内文献报道,对于 BMI(<21.5 kg/m²)和心率较慢(<60 次/min)的患者,使用 64 排 CT 前瞻性心电门控配合 100 kV 扫描和管电流调制,患者接受的总体有效辐射剂量低于 1.00 mSv[平均为(0.88±0.32) mSv]^[21]。常规前瞻性心电门控“步进式轴面扫描”(step and shoot)模式,120 kV 扫描能够将回顾性心电门控的平均 13.50 mSv 的剂量降至 2.60 mSv^[22]。

国内外有学者提出冠状动脉钙化积分超过 600~1000 分(Agatston 积分),就不必进行下一步的 CTA 扫描。但是,更多的专家认为,CTA 提供了冠状动脉解剖和病变的更多信息,并对治疗方案提供更为详细的依据,因此仍然建议行冠状动脉 CTA 扫描。

10. 图像重建和后处理:(1)横断原始图像重建(reconstruction):根据采用的心电门控模式和采集时间窗、管电流调制等技术的使用情况,选择 R-R 间期中横断面最清晰图像重建,心率<70 次/min,一般选择 70%~80% R-R 间期重建;心率>70 次/min,一般选择 30%~40% R-R

间期重建。显示野(dFOV)应该包括整个心脏边界,一般为 20~25 cm(双源 CT 的 dFOV 根据选择的扫描范围确定);图像矩阵 512×512。若需要评估心功能,可以在 0~90% R-R 间期内以 10% 为间隔重建原始横断面图像(必须是回顾性心电门控采集模式)。冠状动脉原始断层图像重建建议使用最薄的层厚(0.500~0.625 mm)、平滑重建核(smooth kernel)和半周重建(half-integral reconstruction)完成。(2)三维图像重组(reformation)方法:常用的三维后处理方法包括 MIP、容积重组技术(VRT)、CPR、MPR。

标准后处理方法:首先通过横断面图像或是 VR 图像确定所选时相是否合适,初步观察冠状动脉的大致走行及病变,再对可疑病变部位进行 MIP、MPR 及 CPR 等后处理图像重组,结合病变部位的横断面,观察血管狭窄的垂直切面并测量其狭窄。CPR 重组图像经血管中心,直观显示管腔情况,但是中心线必须准确。VR 图像立体观察心脏和冠状动脉外形和心外结构,但是评估狭窄时,不建议使用。MPR 图像观察解剖变异和心脏内外细微结构。最佳的方法是病变部位冠状动脉长轴 MPR 及 MIP、病变血管的 CPR 和 VR,以及与横断面影像结合起来进行评估。

11. 摄片和光盘刻录:推荐摄片的窗位设置于 150.0~350.0 HU,窗宽设置于 600.0~900.0 HU,一般情况下定为:窗位 300.0 HU,窗宽 800.0 HU。因横断面图像过多,建议仅对上述三维重组图像和部分有意义的横断图像进行摄片(<4 张胶片),并对所有横断和三维图像刻入光盘。摄片时,建议按以下顺序进行:左主干、前降支(包括较粗大的对角支)、回旋支(包括较粗大的钝缘支)和右冠状动脉(包括较粗大的后降支和左心室后支)。

按照纽约心脏协会(NYHA)冠状动脉节段定义^[23],选择一些标记,如第一间隔支、对角支、钝缘支、后降支、左心室后支等,将左右冠状动脉分别按照顺序摄片,并作出文字标记。具体分段定义参考图 1。

尽可能参考和按照常规冠状动脉造影体位摄片(主要是 CTA 三维重组图像),但是,由于 CT 设备不同,三维重组图像各有特点,摄片时以最能清晰显示病变为标准。常规冠状动脉造影的参考体位如下,左主干和前降支采用:(1)左前斜位 60°;(2)左前斜位 60°+足头 20°(X 线管在足侧);(3)左前斜位 60°+头足 20°(X 线管在头侧);(4)右前斜位 30°;(5)右前斜位 30°+足头 20°;(6)右前斜位 30°+头足 20°等。右冠状动脉采用:(1)左前斜位 60°;(2)前后位;(3)右前斜位 30°等。

表 3 不同型号的 64 排 CT 机冠状动脉 CTA 基本扫描参数

CT 设备	探测器覆盖范围(mm)	管电压(kV)	管电流(mA)	机架旋转时间(s)	扫描层厚(mm)	螺距 ^a
LightSpeed VCT	40.0	80~140	400~600	0.35	0.625	0.16~0.24
Brilliance 64	40.0	80~140	300~600	0.42	0.625	0.14
Definition AS	38.4	80~140	600~750	0.30	0.600	0.20~0.50
Aquilion 64	32.0	80~135	400~500	0.40	0.500	0.20

注:以上几种 CT 机扫描类型均为螺旋或轴面扫描。^a:螺距根据患者心率不同作相应调整,采用回顾性心电门控时为螺旋扫描模式;采用前瞻性心电门控时为轴面扫描模式,没有螺距的数据

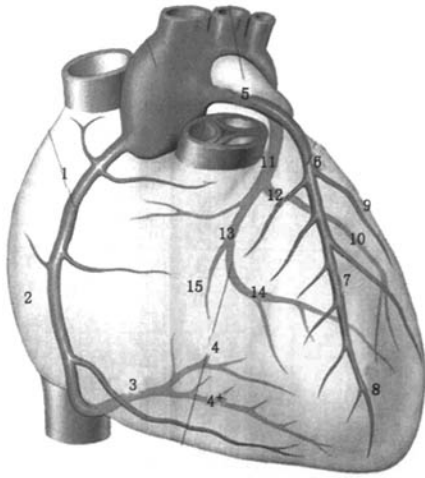


图1 冠状动脉的15个节段。右冠状动脉开口至第一转折处(右冠状动脉近段为1段)、第一转折至第二转折(右冠状动脉中段为2段)、第二转折至后降支分叉部(右冠状动脉远段为3段)、左心室后支或后降支(选择粗大的一支为4段,另一支为4*段,左心优势冠状动脉时,4和4*段归入回旋支);左主干(为5段)、前降支起始部至第一间隔支(前降支近段为6段)、第一间隔支至心尖部均匀分成2段(前降支中段和远段分别为7段和8段)、第一对角支(或中间支)和第二对角支分别为9段和10段;回旋支开口至第一钝缘支发出(或回旋支主干的近1/3为11段)、第一钝缘支(选近段发出的粗大的1支为12段)、第一和第二钝缘支之间(或回旋支主干的中段为13段)、第二钝缘支(选中段发出的粗大的1支为14段)、回旋支主干的远段为15段

建议使用设备配套的工作站,将患者的横断和三维重组图像(标准 DICOM 3.0 图像)刻录成光盘,以便于提供大量的图像信息,利于院外会诊和避免不必要的重复检查。

(二) 推荐使用的放射线剂量控制方案

尽可能降低辐射剂量原则(as low as reasonably achievable, ALARA)是永远需要遵循的原则。辐射剂量与多种因素有关,控制剂量的方法也很多,在扫描层厚确定的情况下,辐射剂量与管电流呈正相关线性关系,与使用的管电压和设定管电压的比值呈平方关系。另外,心电门控采集模式、曝光时间、层间隔(断层扫描)和螺距(螺旋扫描)、准直宽度和扫描范围等均对辐射剂量产生影响^[24]。各单位使用 CT 行冠状动脉螺旋扫描时,有效辐射剂量从平均 5.00 mSv 到 30.00 mSv,说明亟待规范使用系统合理的标准化和个性化扫描方案,以最大限度降低剂量^[25]。

另外,建议保留和存储每例患者显示剂量的页面,并与横断和三维重组图像一样存储刻盘,作为统计分析的依据。建议技术员在上岗前接受相关知识培训,并熟练掌握所操作 CT 设备的扫描参数设置,熟悉降低剂量的个性化扫描方案。

1. 各种影像技术的有效辐射剂量:(1)每年每名成人在

地球上生活的本底剂量为 3.00 mSv 左右;(2)胸部 X 线平片的剂量是 0.02 mSv(前后位)和 0.05 mSv(侧位片);(3)常规冠状动脉造影的平均剂量是 2.00 ~ 3.00 mSv,加上左心室造影可以达到 6.00 ~ 8.00 mSv;(4)采用^{99m}Tc^m 行核素心肌灌注扫描(静息+运动),剂量达到 12.00 mSv;PET 心肌显像达到 7.00 mSv;(5)冠状动脉 CTA 不使用管电流调制的回顾性心电门控达到 13.00 ~ 15.00 mSv,使用管电流调制降为 10.00 ~ 14.00 mSv;使用前瞻性心电门控 120 kV 管电压扫描,则可以降为 2.60 mSv,使用 100 kV 管电压,则更可以降为 1.20 mSv。

2. 降低辐射剂量最常用的有效方法:(1)管电流调制,随着心率加快能够降低剂量约 37% ~ 48%;(2)前置滤线器和后滤过重建技术,能够降低剂量约 32%;(3)降低管电压,相比 120 kV,使用 100 kV 可以降低剂量约 50%;(4)前瞻性心电门控采集技术,能够降低有效剂量约 70% ~ 80%。根据患者的 BMI,推荐使用的管电压和管电流见表 4。

表4 根据患者 BMI 推荐使用的管电压和管电流

BMI	管电压(kV)	管电流(mA)
小	100	350 ~ 400
中	100 或 120	400 ~ 500
大	120 或 140	500 ~ 650

注: BMI 为体质质量指数;小为 < 19 kg/m², 中为 19 ~ 25 kg/m², 大为 > 25 kg/m²

前瞻性心电门控的缺点是,相对窄的采集窗一旦图像质量不能满足诊断,则可能导致整个检查的失败;同时由于采集窗不能涵盖完整的舒张期和收缩期,导致心功能分析受到限制。对于心率不齐且较低的患者,以及接受辐射相对高危人群,推荐使用前瞻性心电门控扫描,这是目前最有效的降低剂量的方法。但是对于心率 > 70 次/min,且心律不齐,或者有潜在检查失败的风险时(比如患者不能很好配合屏气;肥胖、钙化较多等),不建议使用前瞻性心电门控扫描模式。

(三) 冠状动脉 CTA 读片及报告书写内容

1. 评估图像质量和扫描技术:包括患者心率、体重、对比剂使用情况、三维重组方法、图像质量的可评估性、各种图像伪影等。

2. 报告书写内容:一份优秀的冠状动脉 CTA 诊断报告应该按以下顺序描述:(1)冠状动脉有无解剖变异,如起源异常和走行异常等;(2)冠状动脉供血类型:包括右优势型、左优势型和均衡型;(3)冠状动脉有无扩张或冠状动脉瘤的定位和大小;(4)各支冠状动脉钙化积分,以及患者的总体钙化积分;(5)按 15 节段描述 ≥ 2 mm 血管节段有无斑块及其大体组织构成[非钙化斑块、钙化斑块、混合斑块(以非钙化斑块为主或以钙化斑块为主)];同时描述该病变的分布,即局限性(< 1 cm 范围)、节段性(1 ~ 3 cm)或弥漫性(> 3 cm);同时描述病变导致的管腔狭窄程度,建议按照以下程度分 5 级,即无狭窄或管腔不规则(指 0 ~ 25% 的狭窄)、轻度狭窄(指 < 50% 的狭窄)、中度狭窄(指 50% ~ 74%

的狭窄)、重度狭窄(指 $\geq 75\%$ 的狭窄)和闭塞(指 100% 狭窄);注明不能评价冠状动脉节段的原因(如钙化或各种伪影等);(6)描述各房室腔大小、心肌密度等;有要求时,计算和描述心功能数据(如果为了降低辐射剂量而采用前瞻性心电图门控,则不能计算 EF 值等功能指标);(7)心脏内病变的描述:包括心肌、二尖瓣、主动脉瓣、三尖瓣、心房耳等;少数成人先心病,如房间隔缺损、部分性肺静脉畸形引流等也可能被偶然发现。瓣膜置换术后,如二尖瓣和主动脉瓣,特别是金属瓣膜伪影较多,不是 CT 评估的最佳适应证;(8)心脏外病变的描述:包括扫描范围内的主动脉、肺动脉,以及心包、肺、纵隔、肝脏等;因为有些病变难以确定,或描述太繁琐而耗时过多,建议报告只将阳性发现加以简单描述,结论中建议进一步检查、随访等;(9)结论或印象:包括主要诊断(建议按照每支冠状动脉血管描述斑块的分布和大致性质、按照上述狭窄率范围作出初步诊断,建议加上“CT 所见提示”几个字,不建议直接写“冠心病几支病变”的结论)和限度(如各种伪影和钙化等影响诊断)等,以及心脏外的意外发现(建议进一步检查、会诊和随访等)。

冠状动脉 CT 检查适应证及临床应用价值和限度

一、心脏冠状动脉 CT 检查适应证

ACCF 和 ACR 联合公布了心脏 CTA 适用性标准^[26]。根据临床实践经验^[27-28],本专家共识提出适合我国国情的冠状动脉 MDCT 检查适应证如下。

1. 冠心病诊断:冠心病定义为由动脉粥样硬化病变导致的至少 1 处冠状动脉管腔 $\geq 50\%$ 的狭窄。MDCT 主要用于对门诊患者冠状动脉斑块及其狭窄的初步筛查,适合于:(1)不典型胸痛或憋气症状的患者,心电图不确定或阴性,且患者不能做或不接受心电图负荷运动试验检查;(2)有胸痛症状,心电图负荷运动试验或核素心肌灌注不确定诊断或结果模棱两可;(3)评价低风险(指 < 1 项冠心病危险因素)胸痛患者的冠心病可能性或发现引起症状的其他原因;(4)无症状的中、高度风险人群(指具有 2 项以上冠心病危险因素,如性别、年龄、家族史、高血压、糖尿病、高脂血症、正在吸烟等)的冠心病筛查;(5)临床疑似冠心病,但患者不接受经导管冠状动脉造影检查;(6)对于已知冠心病或冠状动脉粥样硬化斑块临床干预后病变进展和演变的随访观察。

2. 经皮 PCI 评价:(1)筛查冠心病行 PCI 适应证,包括病变累及范围、钙化程度、分叉病变、左主干病变以及完全闭塞病变的远端显影情况等;(2)CT 显示的斑块成分而不仅仅是狭窄程度,对指导 PCI 适应证和预后的评估有帮助;易损斑块或肇事斑块多为狭窄程度不重的非钙化斑块,钙化斑块行支架治疗的预后不佳,这些方面 CT 能够提供重要的依据;(3)指导导丝通过和球囊扩张的可行性,以及支架大小尺寸的选择;特别是对于完全闭塞病变的斑块特征、硬度和范围等的评估有独到价值;(4)血管成形术和支架置入术后有症状患者的随访评价;(5)评价冠状动脉造影或介入术后并发症,如出血,以及失败的导管检查(如冠状动脉先天

畸形)。

3. 冠状动脉旁路移植评价:包括术前评价内乳动脉(IMA)解剖和升主动脉管壁粥样硬化(钙化和管壁增厚情况),以确定升主动脉能否吻合;评价术后有症状患者的搭桥血管是否通畅;评价术后患者再发心绞痛症状的病因(包括冠状动脉)等。

4. 非冠心病心脏手术前的冠状动脉评价:与常规冠状动脉造影相比,CT 相对无创、廉价、操作简单和安全;利用 CT 较高的阴性预测价值,排除非冠心病外科手术前明显的冠状动脉病变,如瓣膜病、主动脉疾患(如 I 型和 II 型主动脉夹层时,难以行冠状动脉造影)、成人先天性心脏病(如房间隔缺损封堵术前)等。对二尖瓣狭窄球囊成形术前的高龄患者(> 50 岁),除明确冠状动脉病变外,还可观察房间隔的形态、位置及有无合并左房血栓、二尖瓣钙化等。对房间隔缺损封堵术前高龄患者(> 50 岁)除明确冠状动脉病变外,还可观察房间隔缺损大小、形态和位置,及有无合并左心房血栓及肺静脉畸形引流等。

5. 电生理射频消融术前诊断:在双心室起搏器植入前明确心脏冠状静脉解剖;房颤射频消融之前用于明确患者的肺静脉解剖,测量左心房大小、与周围组织关系(如食管),以及除外左心房附壁血栓。

6. 心脏和血管解剖结构的诊断:明确超声心动图的异常发现,如心包病变、心脏肿块或肿瘤、心内膜炎(赘生物和脓肿)、左心室尖部的血栓、冠状动脉瘘以及肺动脉、肺静脉和主动脉弓部的异常等。瓣膜病不是 CT 观察的重点,但是对于主动脉瓣周围、窦管交界处病变及主动脉瓣术前、术后复杂病变的诊断(如大动脉炎累及主动脉瓣、瓣周瘘等),CT 有一定优势。

7. 心肌病的诊断:MDCT 对于心肌病的诊断价值体现在对患者是否合并冠状动脉病变,或对于缺血性心肌病的鉴别诊断上,尤其对于老年患者更有价值。

从冠状动脉 CTA 临床适用性角度讲,没有绝对的禁忌证,即使是阴性的检查(排除了冠心病)也是有意义的,但是 CTA 检查因为具有 X 线辐射且必须使用对比剂,所以需要严格掌握适应证。CTA 的禁忌证主要有:(1)既往有严重的对比剂过敏反应史;(2)不能配合扫描和屏气的患者;(3)怀孕期、育龄妇女需要明确没有怀孕;(4)临床生命体征不稳定(如急性心肌梗死、失代偿性心衰、严重的低血压等);(5)严重的肾功能不全。

二、心脏冠状动脉 CT 临床应用价值和限度

各种影像学方法具有各自的成像特点和不同的诊断优势,应该扬长避短、优势互补地加以应用。MDCT 与其他影像设备在冠状动脉病变、心肌缺血和心功能诊断等方面的比较见表 5。

(一)先天性冠状动脉发育异常

先天性冠状动脉发育异常较少见,但却是突发心肌梗死或者猝死的重要病因^[29]。CT 较常规冠状动脉造影操作简便,更利于显示冠状动脉走行、起源和终止,以及与心室腔的关系。

1. 开口起源异常:开口于升主动脉而非冠状动脉窦;左、右冠状动脉多个开口;单开口(单冠)畸形;冠状动脉起源于肺动脉;某支冠状动脉从另一冠状动脉窦发出,如右冠状动脉从左冠窦发出、左冠状动脉从右冠状动脉窦发出、前降支或回旋支从右冠状动脉窦发出或左、右冠状动脉从无冠状动脉窦发出等。

表 5 心脏和冠状动脉检查影像学方法的比较

分析项目	DSA	常规超声	核素	多排 CT	MRI
冠状动脉狭窄	++++	-	-	+++	WIP
斑块分析	-	-	-	+++	WIP
心肌桥	+++	-	-	++++	++
心肌缺血	-	-	+++	WIP	++
心肌坏死	-	++	+++	++	+++
心室功能	++	++	++	+++ ^a	+++
心脏结构	++	+++	-	+++	+++

注:WIP(work in progress),指技术正在研发中,但有较高的应用前景。^a:多排 CT 评估心功能必须使用回顾性心电门控模式扫描;+表示其诊断能力大小

2. 走行异常:CT 对于显示冠状动脉肌桥(myocardial bridging)非常有利,建议书写报告时心肌桥加以描述,如果有收缩期和舒张期图像,建议观察和评估肌桥的狭窄程度。根据冠状动脉被心肌包埋的程度将心肌桥分为不完全型(部分包埋)、浅表型(包埋 ≤ 1 mm)和深包埋型(心肌包埋 ≥ 1 mm);收缩期管腔狭窄的程度与肌桥的深度和左室收缩期室壁的增厚程度相关^[30]。

3. 终止异常:(1)冠状动脉瘘:左、右冠状动脉均可以发生,常见左心房瘘、右心房瘘、右心室瘘和肺动脉瘘;(2)左、右冠状动脉连通(arcade):在没有冠状动脉重度狭窄或闭塞的情况下,左右冠状动脉有较粗大分支的相通,类似于侧支循环血管;(3)冠状动脉与心包外血管的连通:主要见于在冠状动脉重度狭窄或闭塞时,冠状动脉分支与支气管动脉、肋间和内乳动脉、纵隔内动脉等相通。

(二)冠状动脉粥样硬化斑块

1. CAC:(1)北京地区自然抽样社区人群的 CAC 绝对值分布和百分率分布已经公布^[31],可以对照患者在人群中的位置,评估其冠状动脉粥样硬化程度。(2)与病理对照证实,CAC 与粥样斑块的分布和体积大小有显著相关性。(3)与冠状动脉造影对照证实,CAC 积分诊断冠心病的敏感性、特异性和准确性大约为 83%、67%和 77%。对于严重钙化节段(积分 ≥ 100),导致 CTA 诊断冠心病的特异性和阳性预测值明显下降,但是 CTA 的诊断价值仍然高于钙化扫描^[32]。沿冠状动脉长轴和短轴方向仔细观察钙化斑块的形态及其与管腔的关系,有利于判断管腔狭窄程度,降低钙化斑块对管腔狭窄诊断的不利影响^[33]。(4)CAC 表明粥样斑块形成时间较长,结构较硬,不易破裂造成急性冠状动脉管腔的阻塞,不易引发急性冠状动脉综合征。(5)CAC 阴性表示存在动脉粥样硬化病变以及管腔狭窄的可能性较低,对于老年患者可帮助排除冠心病;但对于中青年患者,不能除外

管腔内非钙化斑块。(6)CAC 阴性,2~5 年冠心病事件率较低(0.1%/年),而 CAC 积分 >100 时,2~5 年冠心病事件发生率 $>2.0\%$ /年^[34]。

2. 非钙化斑块:在显示冠状动脉斑块成分和测量斑块的大小方面,血管内超声(IVUS)是目前临床适用技术的“参考标准”。光学相干断层成像(OCT)虽然空间分辨率高于 IVUS,但是临床应用尚不普及。研究数据证实,MDCT 对于探测冠状动脉非钙化斑块(脂质斑块和纤维斑块统称非钙化斑块)较为敏感,有较高的临床实用价值。脂质斑块(平均 CT 值 23.0 HU)和纤维斑块(平均 CT 值 69.0 HU)在 CT 值上有重叠,实际工作中难以将两者明确区分^[35-36]。

(三)冠心病诊断

1. 诊断价值:荟萃分析 43 个单中心研究结果,按照冠状动脉节段,MDCT 诊断敏感性为 83% (95% 可信区间为 79%~89%),特异性为 93% (95% 可信区间为 91%~96%);按照冠状动脉血管,诊断敏感性为 91% (95% 可信区间为 88%~95%),特异性为 86% (95% 可信区间为 81%~92%)^[37]。各个单中心报道的 MDCT 诊断价值不同。

2. 急性冠状动脉综合征(ACS)的诊断:(1)不稳定心绞痛的肇事斑块更常见于非钙化斑块,而稳定心绞痛更常见于钙化斑块。肇事斑块与非肇事斑块相比密度更低(更趋于是血栓组织),平均 CT 值分别是 (35.0 ± 15.1) 和 (67.5 ± 26.5) HU^[38]。(2)ACS 患者与稳定性心绞痛患者相比,肇事血管受累范围更大、更常见于血管的阳性重构(positive remodeling,指该处血管管腔扩张是正常该处管腔直径的 1.2 倍以上)。(3)对于急诊并疑诊 ACS 患者行 64 排 CT 检查,CT 具有较高的阴性预测价值,对于阳性患者,CT 能够提供病变范围和程度的诊断信息,诊断敏感性为 100%,特异性为 92%。(4)64 排 CT 预测 1 年以上心血管主要不良事件(MACE),包括心源性死亡、心肌梗死和血运重建术,敏感性为 92%,特异性为 76%,阳性和阴性预测值分别为 52%和 97%^[39]。

3. 胸痛 3 种疾病的排除诊断(triple rule-out):胸痛三联征主要指冠心病引起的心绞痛、急性肺动脉血栓栓塞和主动脉夹层。MDCT 检查的优点是快捷和高效,一次采集完成肺血管、冠状动脉和心脏,以及升主动脉和降主动脉的扫描,技术成功率在 85% 以上。但是,因扫描辐射剂量较高,临床应该选择好适应证和影像学方法的优选应用。

(四)冠状动脉支架评估

MDCT 对支架随访的价值在于评价支架是否完全闭塞、支架周边再狭窄、支架内是否有显著的内膜增生或血栓形成、支架位置不良或假性动脉瘤等。由于目前支架均由金属材料制成,支架金属材料的硬度和编织工艺,均影响 CT 对支架内管腔的观察,对于 <3.5 mm 支架内狭窄的诊断受限。

(五)冠状动脉搭桥(CABG)血管的评估

这是 MDCT 心脏检查最好的适应证之一。MDCT 能够对 93% 以上的桥血管通畅性做出准确评估,包括远端吻合口是否通畅,以及固有冠状动脉的逆行充盈(run-off)。适应

证主要包括 CABG 后的常规复查、新发的心绞痛、胸主动脉新发病变或冠状动脉造影失败。MDCT 对完全闭塞的搭桥血管诊断敏感性和特异性及阳性和阴性预测值均达到了 100%^[40]。但是,MDCT 不能显示和测量血流量,对吻合口狭窄率的诊断有一定限度。

(六) 心肌灌注和心肌活力的评估

64 排 CT 通过评估心肌的“首过”和“延迟强化”来分析心肌的存活性,目前因为缺乏心肌灌注的量化诊断指标,在临床尚未得到广泛认可和应用。除非临床有明确要求,不推荐在常规 CTA 后对心肌行延迟 CT 扫描,以尽量减少辐射剂量。

陈旧性心肌梗死在 CT 平扫图像上表现为心肌内的低密度影,CT 值甚至是负值(脂肪病灶)。CT 的诊断价值是能够发现急性心肌梗死 2~3 h 后的早期缺血坏死病灶^[41],这对于及早确定治疗方案、改善预后起到积极作用。

(七) 左心室功能的评估

临床上各种影像学方法均能够评估左心室腔大小和收缩功能,如 EF 值,但是成像和计算原理不同,导致计算的心功能指标偏差较大。CT 回顾性心电门控采集可以在观察心脏和冠状动脉解剖的同时,计算收缩末期和舒张末期的容积变化,评估各个房室腔的收缩功能。为了降低辐射剂量,应该积极推广前瞻性心电门控采集,该方法因采集时间窗较窄,计算心功能受限。因此,临床工作中应用 CT 测量心功能不是首选的方法。

心脏冠状动脉 CT 检查的卫生经济学评价

对一项新技术行临床卫生经济学评价是很重要的。但是,冠状动脉 CTA 的相关研究很少,原因是卫生经济学评价不仅是评估该技术在某一领域应用的性价比(cost-effectiveness),更应该评估该技术能否使患者获益(如延长寿命、提高生活质量、改善预后等),这是目前评价冠状动脉 CTA 技术受限的地方。国内尚未有相关研究报道,国外文献也仅对冠状动脉 CTA 的性价比作了简单的比较^[42-43]。

冠状动脉 CTA 与常规冠状动脉造影比较,包括设备成本、人力成本、耗材成本和不可预计成本等,经 MDCT 筛查冠心病的成本远低于常规冠状动脉造影^[42]。采用 MDCT 筛查冠心病后选择阳性患者再去行冠状动脉造影,比直接用冠状动脉造影筛查冠心病的方法,平均每人节省经费 1128 美元;前者筛查的患者行冠状动脉 PCI 的比例为 48%,后者则为 24%^[43]。因此,采用 CT 在门诊筛查冠心病的方法,阳性患者(指冠状动脉狭窄 > 50%)选择做常规冠状动脉造影的工作流程,既节省了患者的花费、提高了安全性、降低了住院时间,又提高了介入或搭桥术患者的阳性率。

在欧洲,与运动心电图、负荷超声、负荷 MRI 和常规冠状动脉造影比较,当患者冠心病患病概率 < 60% 时,CTA 是性价比最高的;当患病概率 > 60% 时,常规冠状动脉造影是性价比最高的,但是 CTA 较常规冠状动脉造影明显节约时间^[44]。而在我国,常规冠状动脉造影的费用是 CTA 的 4~

5 倍,因此采用 CTA 筛查冠状动脉病变,比常规冠状动脉造影的性价比更高。

总 结

一项新技术从实验室阶段到临床应用,需要积累大量的循证医学证据,需要从引进到消化、吸收的全过程,心脏和冠状动脉 CT 就是这样一项技术。在该技术迅速发展和广泛推广应用的时候,及时出台操作规范、临床应用专家共识或指南是极其必要的。

冠状动脉 MDCT 检查既有较高的应用价值,也有局限性,应该科学合理、恰如其分地选择适应证。临床实际应用经验证明,MDCT 更适用于在门、急诊对冠心病进行筛查,安全简便有效,没有斑块和狭窄,可以排除冠心病;筛查出较轻的阳性患者,可以采用保守治疗,暂不必行冠状动脉造影等其他检查;而较重的患者(或根据临床需要),推荐行心肌核素灌注扫描,评估心肌缺血状况,如无心肌缺血,则可采取保守治疗,若有心肌缺血则进一步行冠状动脉造影检查。MDCT 在显示冠状动脉解剖走行、病变程度、累及支数和范围、斑块的特性等方面是理想的无创影像学方法,为冠状动脉介入治疗或搭桥手术适应证、治疗方案的确定提供有用的信息;对治疗疗效,包括药物、介入和搭桥术等,进行即刻或中长期疗效评估。

MDCT 也有它的局限性。由于设备技术的不够完善和能力不足,在图像分辨率和成功率方面仍有限制,比如:(1)对心律不齐和心律失常以及心率过快等情况,检查仍不能确保成功,图像质量仍不能确保满意;(2)对于冠状动脉细小分支血管的显示和诊断准确性受限;(3)对于较多钙化斑块和支架内管腔的观察受限;(4)对于患者的危险分层、易损斑块的易损性等评估受限;(5)评估管腔内血流动力学状况受限;(6)对于心肌缺血及其程度的量化评估受限;(7)较高的辐射剂量等。

因此,只有客观和实事求是地评价 MDCT 临床应用价值和限度,才能更好地发挥它的优势,选择好适应证患者,更好地利用大型设备资源,为广大患者服务。建议参照本项专家共识,指导临床实践,强化适应证选择、规范操作、执行标准化工作流程等,继续加强循证医学研究和资料搜集,早日制定临床应用指南。

协作组成员(按姓名字母先后排序):戴汝平(中国医学科学院 协和医学院 北京阜外心血管病医院放射科)、杜湘珂(北京大学人民医院放射科)、高宏(中华放射学杂志编辑部)、高建华(武装警察部队总医院 CT 室)、胡红杰(杭州,浙江大学医学院附属邵逸夫医院放射科)、蒋世良(中国医学科学院 协和医学院 北京阜外心血管病医院放射科)、梁长虹(广东省人民医院放射科)、吕滨(中国医学科学院 协和医学院 北京阜外心血管病医院放射科)、吕斌(首都医科大学附属北京安贞医院放射科)、卢光明(南京军区南京总医院放射科)、刘文亚(新疆医科大学附属第一医院放射科)、任晓黎(中华放射学杂志编辑部)、孙立军(第四军医大学附属

西京医院放射科)、王健(第三军医大学附属西南医院放射科)、王锡明(山东省医学影像学研究所)、王霄英(北京大学第一医院放射科)、夏黎明(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)、徐磊(首都医科大学附属北京安贞医院放射科)、杨立(解放军总医院放射科)、杨志刚(四川大学华西医院放射科)、张国楨(上海华东医院放射科)、张立仁(中国医学科学院协和医学院北京协和医院放射科)、张龙江(南京军区南京总医院放射科)、张兆琪(首都医科大学附属北京安贞医院放射科)、周旭辉(中山医科大学附属第一医院放射科)、朱铭(上海儿童医学中心放射科)

志谢 本“专家共识”是在完成上述心脏冠状动脉 CT 研究的学者和专家的研究数据和相对足够的循证医学资料的基础上起草的。先后有 26 名国内专家共 2 次对上述内容进行了约 350 处修改,提出了极其宝贵的修改意见,其中包括 30 处较为重要的修改。有 17 名专家参加了本项“专家共识”的定稿研讨会。《中华放射学杂志》编辑部积极组织、精心协调和广泛征求意见,多次细致地修改,保证了本项“专家共识”的顺利完成。CT 设备厂家和对比剂公司等对于临床、科研和学术工作给予了大力支持

参 考 文 献

- [1] 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: developed in collaboration with the Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society for Vascular Medicine and Biology. *Circulation*, 2007, 116:1318-1335.
- [2] Thomas JD, Zoghbi WA, Beller GA, et al. ACCF 2008 Training Statement on Multimodality Noninvasive Cardiovascular Imaging A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society for Vascular Medicine. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53:125-146.
- [3] Budoff MJ, Cohen MC, Garcia MJ, et al. ACCF/AHA clinical competence statement on cardiac imaging with computed tomography and magnetic resonance. *Circulation*, 2005, 112: 598-617.
- [4] Budoff MJ, Achenbach S, Berman DS, et al. Task force 13: training in advanced cardiovascular imaging (computed tomography) endorsed by the American Society of Nuclear Cardiology, Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 51:409-414.
- [5] Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48: 1475-1497.
- [6] Weinreb JC, Larson PA, Woodard PK, et al. American College of Radiology clinical statement on noninvasive cardiac imaging. *Radiology*, 2005, 235:723-727.
- [7] Jacobs JE, Bost LM, Desjardins B, et al. ACR practice guideline for the performance and interpretation of cardiac computed tomography (CT). *J Am Coll Cardiol*, 2006, 3:677-685.
- [8] 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 Cardiovas Comput Tomogr*, 2009, 3: 190-204.
- [9] 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. *Circulation*, 2010, 121:2509-2543.
- [10] 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 Am Coll Cardiol*, 2010, 55:2663-2699.
- [11] 张兆琪,徐磊. 重视冠状动脉多层 CT 成像的低剂量检查. *中华放射学杂志*, 2009, 43:681-683.
- [12] Lu B, Mao SS, Zhuang N, et al. Coronary artery motion during the cardiac cycle and optimal ECG triggering for coronary artery imaging. *Invest Radiol*, 2001, 36: 250-256.
- [13] 周旭辉,严超贵,谢红波,等. 心房颤动患者的 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像的初步临床研究. *中华放射学杂志*, 2008, 42: 493-497.
- [14] Yang L, Zhang Z, Fan Z, et al. 64-MDCT coronary angiography of patients with atrial fibrillation: influence of heart rate on image quality and efficacy in evaluation of coronary artery disease. *Am J Roentgenol*, 2009, 193: 795-801.
- [15] 王柏林,苗英,邱金海,等. 含服硝酸甘油对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量影响的分析. *中华放射学杂志*, 2009, 43: 1251-1254.
- [16] 朱巧洪,曾庆思,孙孙鹏,等. 服用硝酸甘油对多层螺旋 CT 冠状动脉成像的影响. *中华放射学杂志*, 2007, 41:809-812.
- [17] 中华医学会放射学分会,中国医师协会放射医师分会. 对比剂使用指南(第 1 版). *中华放射学杂志*, 2008, 42:320-325.
- [18] 鲁锦国,吕滨,邱金海,等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉血管成像不同对比剂注射方案应用的研究. *中华放射学杂志*, 2008, 42:586-591.
- [19] Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*, 1990, 15: 827-832.
- [20] Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med*, 2008, 358: 1336-1345.
- [21] 吴国庚,王妍姝,周诚,等. 64 层螺旋 CT 超低剂量前门控轴面扫描在冠状动脉血管成像的应用. *中华放射学杂志*, 2009, 43:1255-1259.
- [22] 毕涛,徐磊,张兆琪,等. 双源 CT 前瞻性心电门控序列扫描冠状动脉成像准确性的多中心研究. *中华放射学杂志*, 2009, 43:708-713.
- [23] Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease: report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation*, 1975, 51 Suppl:5-40.

- [24] Hausleiter J, Meyer T, Hermann F, et al. Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography. *JAMA*, 2009, 301: 500-507.
- [25] Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources; 1950—2007. *Radiology*, 2009, 253: 520-531.
- [26] Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M, et al. Noninvasive coronary artery imaging: magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography: a scientific statement from the american heart association committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on cardiovascular radiology and intervention, and the councils on clinical cardiology and cardiovascular disease in the young. *Circulation*, 2008, 118: 586-606.
- [27] 张兆琪, 马晓海. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像: 无创性冠状动脉检查的新纪元. *中华放射学杂志*, 2006, 40: 789-791.
- [28] 吕滨, 戴汝平. 正确认识合理应用心脏冠状动脉多排螺旋计算机断层摄影术检查. *中国循环杂志*, 2009, 24: 472-475.
- [29] Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation*, 2002, 105: 2449-2454.
- [30] 杨立, 赵林芬, 李颖, 等. 心肌桥和壁冠状动脉的多层螺旋 CT 诊断及其临床意义. *中华医学杂志*, 2006, 86: 2858-2862.
- [31] 陈雄彪, 吕滨, 鲁锦国, 等. 北京社区自然人群冠状动脉钙化的多排螺旋 CT 初步研究. *岭南心血管病杂志*, 2010, 16: 99-102.
- [32] 吕滨, 庄冈, 戴汝平, 等. 电子束 CT 冠状动脉钙化积分和血管造影诊断冠心病的价值. *中华放射学杂志*, 2004, 38: 1305-1310.
- [33] 鲁锦国, 吕滨, 唐翔, 等. 不同形态冠状动脉钙化与冠状动脉狭窄的多层螺旋 CT 相关性研究. *实用放射学杂志*, 2010, 26: 29-35.
- [34] Alexopoulos D, Toulgaridis T, Davlouros P, et al. Prognostic significance of coronary artery calcium in asymptomatic subjects with usual cardiovascular risk. *Am Heart J*, 2003, 145: 542-548.
- [35] 吴文辉, 吕滨, 蒋世良, 等. 多层螺旋 CT 对冠状动脉粥样硬化斑块的显示结果及与超声结果的比较. *中华放射学杂志*, 2007, 41: 1027-1031.
- [36] 王焱辉, 张兆琪, 吕飙. 64 层螺旋 CT 检测冠状动脉粥样硬化斑块的初步研究. *中华放射学杂志*, 2007, 41: 1189-1193.
- [37] Sun Z, Jiang W. Diagnostic value of multislice computed tomography angiography in coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Radiol*, 2006, 60: 279-286.
- [38] 毛定彪, 滑炎卿, 吴昊, 等. 急性冠状动脉综合征粥样硬化斑块的多层螺旋 CT 特征. *中华放射学杂志*, 2009, 43: 928-930.
- [39] Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T, et al. Impact of 64-slice cardiac computed tomographic angiography on clinical decision-making in emergency department patients with chest pain of possible myocardial ischemic origin. *Am J Cardiol*, 2007, 100: 1522-1526.
- [40] Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330 ms gantry rotation. *Circulation*, 2006, 114: 2334-2341.
- [41] 唐翔, 吕滨, 方伟, 等. 中华小型猪急性心肌梗死的综合影像学研究. *中华放射学杂志*, 2010, 44: 1094-1099.
- [42] Stacul F, Sironi D, Grisi G, et al. 64-Slice CT coronary angiography versus conventional coronary angiography: activity-based cost analysis. *Radiol Med*, 2009, 114: 239-252.
- [43] Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49: 863-871.
- [44] Dewey M, Hamm B. Cost effectiveness of coronary angiography and calcium scoring using CT and stress MRI for diagnosis of coronary artery disease. *Eur Radiol*, 2007, 17: 1301-1309.

(收稿日期: 2010-07-12)

(本文编辑: 任晓黎)

第五届放射青年医师论坛征文通知

由《中华放射学杂志》编辑部和中华医学会放射学分会青年委员会主办, 东南大学附属中大医院承办的第五届放射青年医师论坛将于 2011 年 6 月 17 至 20 日在江苏省南京市召开。现已成功举办了 4 届, 受到了放射界同仁特别是放射青年医师的普遍欢迎。本次论坛为国家级继续教育项目, 授予国家级 I 类继续教育学分。

征文内容: 论坛设中英文优秀论文评比、博士论坛、基础讲座几个版块。第一作者必须是 1966 年 6 月 1 日以后出生。此次论坛有 3 个主题内容: 炎症病变与影像、老年性疾病与影像、影像新技术论坛。凡未正式公开发表过的有关上述主题内容论文均可投稿, 其他关于影像技术、诊断与鉴别诊断、介入治疗和新进展等方面的论文及个案报道、疑难病例讨论也均可投稿。评选出的优秀论文经审阅, 将优先刊登在《中华放射学杂志》上。

投稿要求: (1) 参加中文和英文优秀论文评比者, 请提

交中文或英文论文摘要(1000 字左右), 格式请遵循《中华放射学杂志》的稿件要求。(2) 博士论坛: 请提交论文全文(4000 字左右)。(3) 基础讲座: 围绕本届论坛主题, 着重是新技术、新进展的应用。投稿方式以综述格式, 要求同(2)。

请用 Email 投稿, 主题请注明“放射青年医师论坛”, 凡收到 Email 投稿后均会予以回复, Email 投稿地址: zhangxd@cma.org.cn 或 cjr.zhangxd@vip.163.com。来稿请务必注明作者单位、邮编、姓名、电话及其他确切联系方式。请自留底稿, 恕不退稿。投稿截稿日期: 2011 年 4 月 30 日。

具体事宜联系人: 张晓冬, 电话: 010-85158292, 13611337779, Email: cjr.zhangxd@vip.163.com。居胜红, 电话: 025-83272121; Email: jsh0836@yahoo.com.cn。

(本刊编辑部)

作者: [中华放射学杂志心脏冠状动脉多排CT临床应用协作组](#), [Cooperation and Writing Group of Chineses Journal of Radiology on Clinical Applications of Cardiac and Coronary Artery Imaging by Multi-Detector Row CT](#)

作者单位:

刊名: [中华放射学杂志](#) 

英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF RADIOLOGY](#)

年, 卷(期): 2011, 45(1)

被引用次数: 13次

参考文献(44条)

1. Kramer CM;Budoff MJ;Fayad ZA [ACCF/AHA 2007clinical 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:developed in collaboration with the Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention,the Society for Cardiovascular Angiograph](#) 2007
2. Thomas JD;Zoghbi WA;Beller GA [ACCF 2008 Training Statement on Multimodality Noninvasive Cardiovascular Imaging A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography,the American Society of Nuclear Cardiology,the Society of Cardiovascular Computed T](#)[外文期刊] 2009(1)
3. Budoff MJ;Cohen MC;Garcia MJ [ACCF/AHA clinical competence statement on cardiac imaging with computed tomography and magnetic resonance](#)[外文期刊] 2005
4. Budoff MJ;Achenbach S;Berman DS [Task force 13:training in advanced cardiovascular imaging \(computed tomography\) endorsed by the American Society of Nuclear Cardiology,Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention,Society for Cardiovascular Angiography and Interventions,and Society of Cardiovascular Computed Tomngraphy](#)[外文期刊] 2008(3)
5. Hendel RC;Patel MR;Kramer CM [ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomngraphy and cardiac magnetic resonance imaging:a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group,American College of Radiology,Society of Cardiovascular Computed Tomography,Society for Cardiovascular Magnetic Resonance,Am](#)[外文期刊] 2006
6. Weinreb JC;Larson PA;Woodard PK [American College of Radiology clinical statement on noninvasive cardiac imaging](#)[外文期刊] 2005
7. Jacobs JE;Boxt LM;Desjardins B [ACR practice guideline for the performance and interpretation of cardiac computed tomography \(CT\)](#) 2006
8. Abbara S;Arbab-Zadeh A;Callister TQ [SCCT guidelines for performance of coronary computed tomographic angiography:a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee](#) 2009
9. Mark DB;Berman DS;Budoff MJ [ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAL/SCCT 2010 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography:a report of the American College of Cardiology Foundation](#)

10. Mark DB;Berman DS;Budoff MJ 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 2010

11. 张兆琪;徐磊 重视冠状动脉多层CT成像的低剂量检查[期刊论文]-中华放射学杂志 2009(7)

12. Lu B;Mao SS;Zhuang N Coronary artery motion during the cardiac cycle and optimal ECG triggering for coronary artery imaging[外文期刊] 2001(5)

13. 周旭辉;严超贵;谢红波 心房颤动患者的64层螺旋CT冠状动脉成像的初步临床研究[期刊论文]-中华放射学杂志 2008(5)

14. Yang L;Zhang Z;Fan Z 64-MDCT coronary angiography of patients with atrial fibrillation:influence of heart rate on image quality and efficacy in evaluation of coronary artery disease[外文期刊] 2009(3)

15. 王柏林;苗英;邱金海 含服硝酸甘油对64层螺旋CT冠状动脉成像质量影响的分析[期刊论文]-中华放射学杂志 2009(12)

16. 朱巧洪;曾庆思;孙翀鹏 服用硝酸甘油对多层螺旋CT冠状动脉成像的影响[期刊论文]-中华放射学杂志 2007(8)

17. 中华医学会放射学分会;中国医师协会放射医师分会 对比剂使用指南(第1版)[期刊论文]-中华放射学杂志 2008(3)

18. 鲁锦国;吕滨;邱金海 64层螺旋CT冠状动脉血管成像不同对比剂注射方案应用的研究[期刊论文]-中华放射学杂志 2008(6)

19. Agatston AS;Janowitz WR;Hildner FJ Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography[外文期刊] 1990

20. Detrano R;Guerci AD;Carr JJ Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups[外文期刊] 2008

21. 吴国庚;王妍焱;周诚 64层螺旋CT超低剂量前门控轴面扫描在冠状动脉血管成像的应用[期刊论文]-中华放射学杂志 2009(12)

22. 毕涛;徐磊;张兆琪 双源CT前瞻性心电门控序列扫描冠状动脉成像准确性的多中心研究[期刊论文]-中华放射学杂志 2009(7)

23. Austen WG;Edwards JE;Frye RL A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease:report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease,Council on Cardiovascular Surgery,American Heart Association 1975(Suppl)

24. Hausleiter J;Meyer T;Hermann F Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography 2009

25. Mettler FA Jr;Bhargavan M;Faulkner K Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide:frequency,radiation dose,and comparison with other radiation sources:1950-2007[外文期刊] 2009(2)

26. Bluemke DA;Achenbach S;Budoff M Noninvasive coronary artery imaging:magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography:a scientific statement from the

american heart association committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on

[cardiovascular radiology and intervention, and the councils on clinical cardiology and cardiovascular disease in the young](#)[外文期刊] 2008(5)

27. [张兆琪; 马晓海](#) 64层螺旋CT冠状动脉成像:无创性冠状动脉检查的新纪元[期刊论文]-[中华放射学杂志](#) 2006(8)
28. [吕滨; 戴汝平](#) 正确认识合理应用心脏冠状动脉多排螺旋计算机断层摄影术检查[期刊论文]-[中国循环杂志](#) 2009(6)
29. [Angelini P; Velasco JA; Flamm S](#) [Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance](#) 2002
30. [杨立; 赵林芬; 李颖](#) 心肌桥和壁冠状动脉的多层螺旋CT诊断及其临床意义[期刊论文]-[中华医学杂志](#) 2006(40)
31. [陈雄彪; 吕滨; 鲁锦国](#) 北京社区自然人群冠状动脉钙化的多排螺旋CT初步研究[期刊论文]-[岭南心血管病杂志](#) 2010(2)
32. [吕滨; 庄囡; 戴汝平](#) 电子束CT冠状动脉钙化积分和血管造影诊断冠心病的价值[期刊论文]-[中华放射学杂志](#) 2004(12)
33. [鲁锦国; 吕滨; 唐翔](#) 不同形态冠状动脉钙化与冠状动脉狭窄的多层螺旋CT相关性研究[期刊论文]-[实用放射学杂志](#) 2010(4)
34. [Alexopoulos D; Toulgaridis T; Davlouros P](#) [Prognostic significance of coronary artery calcium in asymptomatic subjects with usual cardiovascular risk](#)[外文期刊] 2003
35. [吴文辉; 吕滨; 蒋世良](#) 多层螺旋CT对冠状动脉粥样硬化斑块的显示结果及与超声结果的比较[期刊论文]-[中华放射学杂志](#) 2007(10)
36. [王焱辉; 张兆琪; 吕飙](#) 64层螺旋CT检测冠状动脉粥样硬化斑块的初步研究[期刊论文]-[中华放射学杂志](#) 2007(11)
37. [Sun Z; Jiang W](#) [Diagnostic value of multislice computed tomography angiography in coronary artery disease: a metaanalysis](#) 2006
38. [毛定飏; 滑炎卿; 吴昊](#) 急性冠状动脉综合征粥样硬化斑块的多层螺旋CT特征[期刊论文]-[中华放射学杂志](#) 2009(9)
39. [Rubinshtein R; Halon DA; Gaspar T](#) [Impact of 64-slice cardiac computed tomographic angiography on clinical decisionmaking in emergency department patients with chest pain of possible myocardial ischemic origin](#)[外文期刊] 2007
40. [Ropers D; Pohle FK; Kuettner A](#) [Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330 ms gantry rotation](#)[外文期刊] 2006
41. [唐翔; 吕滨; 方纬](#) 中华小型猪急性心肌缺血的综合影像学研究[期刊论文]-[中华放射学杂志](#) 2010(10)
42. [Stacul F; Sironi D; Grisi G](#) [64-Slice CT coronary angiography versus conventional coronary angiography: activitybased cost analysis](#)[外文期刊] 2009
43. [Goldstein JA; Gallagher MJ; O'Neill WW](#) [A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain](#)[外文期刊] 2007(8)
44. [Dewey M; Hamm B](#) [Cost effectiveness of coronary angiography and calcium scoring using CT and stress MRI for diagnosis of coronary artery disease](#) 2007

本文读者也读过(2条)

1. 张兆琪, 徐磊, ZHANG Zhao-qi, XU Lei 冠状动脉CT成像的机遇与挑战[期刊论文]-中华放射学杂志 2011, 45(1)
2. 张龙江, 卢光明, ZHANG Long-jiang, LU Guang-ming 双能量CT在胸部的应用和进展[期刊论文]-中华放射学杂志 2011, 45(1)

引证文献(13条)

1. 邱翔, 杨涛, 袁旭春, 蔡震宇 CACTA意外发现成人先心病120例分析[期刊论文]-中国煤炭工业医学杂志 2012(7)
2. 潘为领, 王学廷, 冯丽, 王涛 256层CT对冠状动脉细小分支血管的显示能力探讨[期刊论文]-医学影像学杂志 2011(11)
3. 华丕虹, 毛屏, 周丽, 胡荣慧, 严睿 糖尿病和高血压患者64排CT冠状动脉扫描与血浆致动脉粥样硬化指数的关系[期刊论文]-中华保健医学杂志 2012(5)
4. 顾玲玲 心肌桥-壁冠状动脉的多层螺旋CT研究进展[期刊论文]-实用放射学杂志 2012(11)
5. 范丽娟, 李东, 于铁链 MSCT评估冠状动脉钙化:基于每个钙化性斑块的定量测量[期刊论文]-中国医学影像技术 2012(1)
6. 胡溪, 王高峰, 沈国惠 Flash扫描在冠脉动脉双源CT成像的应用[期刊论文]-浙江中西医结合杂志 2011(8)
7. 金征宇, 王怡宁 循环系统影像学2011年度进展报告[期刊论文]-中国继续医学教育 2011(8)
8. 吕滨 双源CT心血管成像在心外科的临床应用[期刊论文]-诊断学理论与实践 2011(6)
9. 赵义芹, 祖德贵, 曾庆玉 后64排螺旋CT冠脉检查新进展[期刊论文]-CT理论与应用研究 2012(1)
10. 潘为领, 王学廷, 冯丽, 王涛 256层CT冠脉成像对壁冠状动脉管腔变化的观察与分析[期刊论文]-医学影像学杂志 2013(2)
11. 邓小飞, 舒政, 张家美, 葛珠瑾, 孟文斌 ST段抬高与非ST段抬高急性冠脉综合征的64层螺旋CT的影像差异[期刊论文]-中国中西医结合影像学杂志 2011(6)
12. 何燕, 杨文慧, 魏云鸿, 杨莉 64层螺旋CT和血清学标记物对冠状动脉不稳定斑块的诊断价值[期刊论文]-中华老年心脑血管病杂志 2013(2)
13. 孙凯, 韩瑞娟, 赵瑞平, 马利军, 王志琴, 赵冬梅, 王刚, 贾海亮, 白敬卫, 王利军, 李立刚 不同心率患者采用大螺距双源CT冠状动脉成像的图像质量及影响因素分析[期刊论文]-中华放射学杂志 2012(9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zhfsx201101003.aspx