论　著

MSCT冠脉成像在冠心病诊断及冠脉狭窄评估中的应用*

哈热勒哈什·安曼太*
古力吉热·太来提
苏丽叶·苏里堂江　　李晓娟
新疆维吾尔自治区人民医院放射影像中心
(新疆 乌鲁木齐 830001)

【摘要】**目的** 探讨多层螺旋CT(MSCT)冠脉成像在冠心病(CHD)诊断及冠脉狭窄程度评估中的应用价值。**方法** 选取2022年1月至2024年1月新疆维吾尔自治区人民医院临床疑诊CHD行冠状动脉造影(CAG)检查的150例患者，所有患者行CAG检查前进行超声心动图、MSCT冠脉成像检查，以CAG检查结果作为诊断金标准，分析MSCT冠脉成像在检出冠脉病变以及冠脉狭窄程度评估中的应用价值。**结果** 150例疑诊CHD患者中，经CAG检查确诊CHD 125例(83.33%)，其中轻、中、重度冠脉狭窄占比分别为38.67%、29.33%和15.33%。动态心电图诊断CHD 103例，与CAG诊断结果的一致性较低，Kappa值为0.183。MSCT冠脉成像诊断CHD 120例，与CAG诊断结果的一致性较高，Kappa值为0.711。MSCT冠脉成像诊断CHD的ROC曲线下面积(AUC)为0.884、灵敏度为95.00%、特异度为84.00%，均高于超声心动图的0624、72.80%和52.00%(*P*<0.05)。MSCT冠脉成像诊断中、重度冠脉狭窄的灵敏度、准确率均显著高于超声心动图(78.26% vs 30.43%、95.33% vs 88.00%, *P*<0.05)。**结论** MSCT冠脉成像诊断CHD与CAG诊断结果的一致性较高，并可准确评估冠状动脉狭窄程度，有较高的临床实用价值。

【关键词】冠心病；冠脉狭窄程度；多层螺旋CT；冠状动脉造影；应用价值
【中图分类号】R541.4
【文献标识码】A
【基金项目】新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2022D01C841)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.024

Application of MSCT Coronary Angiography in Diagnosing Coronary Heart Disease and Evaluating Coronary Artery Stenosis*

Harelehashi AMANTAI*,Gulijire TAILAITI, Suliye SULITANGJIANG, LI Xiao-juan.
Radiology Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region People's Hospital, Urumqi 830001, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT
Objective To investigate the application value of multi-slice spiral CT (MSCT) coronary angiography in diagnosing coronary heart disease (CHD) and evaluating coronary artery stenosis. ***Methods*** Select 150 patients with suspected CHD who underwent coronary angiography (CAG) examination at Xinjiang Uygur Autonomous Region People's Hospital from January 2022 to January 2024. All patients underwent echocardiography and MSCT coronary angiography before CAG. CAG results were used as the diagnostic gold standard to analyze the application value of MSCT coronary angiography in detecting coronary lesions and evaluating the degree of coronary artery stenosis. ***Results*** In this study, 125 (83.33%) cases were diagnosed with CHD through CAG. Cases with mild, moderate, and severe coronary artery stenosis accounted for 38.67%, 29.33%, and 15.33%, respectively. 103 cases were diagnosed with CHD by dynamic electrocardiogram, indicating low consistency with CAG diagnosis results (Kappa value = 0.183). 120 cases were diagnosed with CHD by MSCT coronary cases were diagnosed with CHD by, indicating high consistency with CAG diagnosis results (Kappa value = 0.711). The area under the ROC curve (AUC), sensitivity, and specificity of MSCT coronary angiography for diagnosing CHD (0.884, 95.00% and 84.00%) were higher than those of echocardiography (0624, 72.80% and 52.00%) (*P*<0.05). The sensitivity and accuracy of MSCT coronary angiography for diagnosing moderate to severe coronary artery stenosis were significantly higher than those of echocardiography (78.26% vs. 30.43%, 95.33% vs. 88.00%, *P*<0.05). ***Conclusion*** MSCT coronary angiography can achieve comparable results to CAG in the diagnosis of CHD. Besides, it is accurate in evaluating the degree of coronary artery stenosis.

Keywords: Coronary Heart Disease; Degree of Coronary Artery Stenosis; Multi-Slice Spiral CT; Coronary Angiography; Application Value

冠心病(CHD)指因粥样硬化引起冠状动脉发生阻塞或狭窄，造成心肌血氧供应不足，进而导致心肌坏死的一系列心脏病，多发于老年人群，心绞痛是其主要临床特征[1]。CHD是威胁全球健康的首要病因，在全球疾病负担中占比约5.9%[2]，同样的，作为临床最具有代表性的慢性疾病之一，CHD也是导致缺血性心力衰竭、急性心肌梗死以及心源性猝死最常见的原因，其死亡率、致残率均较高。尤其近年来，受居民生活水平、方式、社会心理压力以及人口老龄化等因素影响，人群患CHD的一些高危因素，如吸烟、熬夜、高血糖、肥胖等流行强度不断升高，我国CHD患病率也呈不同幅度增长的趋势，CHD的防治任重道远[3]。鉴于CHD呈慢性、进行性发展的病理特征，早期发现并诊断冠脉病变，及早干预治疗，对于预防恶性心血管事件发生、改善患者预后有重要意义。冠状动脉造影(CAG)是诊断CHD的“金标准”，但其作为一项有创性检查手段，临床应用存在一定禁忌症，且费用相对昂贵，并不适用CHD的常规筛查[4]。目前，大量针对CHD诊断的检测技术不断涌现，超声心动图、多层螺旋CT(MSCT)等无创影像学检查手段在冠脉病变诊断以及冠脉狭窄评估中的应用也越来越广泛。在本研究开展之前，国内外已有较多学者就MSCT对CHD的诊断价值进行了分析，但有关MSCT冠脉成像在CHD诊断及冠脉狭窄程度评估中的应用报道少见，且结论各异。基于此，本研究以CAG诊断结果为金标准，分析MSCT冠脉成像在CHD诊断及冠脉狭窄程度评估中的应用价值，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2024年1月因疑诊CHD入住新疆维吾尔自治区人民医院心血管内科的150例患者。

纳入标准：患者伴高血压、高血脂、CHD家族史等一个或多个CHD高危因素，且具有胸闷、胸痛等可疑CHD症状；拟行CAG检查；年龄18~85岁，性别不限；熟知本研究内容，自愿参与本研究。排除标准：有经皮冠状动脉介入(PCI)或冠脉搭桥手术(CABG)治疗史；心、肝、肺、肾功能严重障碍者；对比剂成分过敏者；呼吸屏气不良，无法配合检查者；合并免疫相关疾患者；急慢性感染者；先天性心脏病患者；合并恶性肿瘤者；妊娠及哺乳女性。150例疑诊CHD患者中，男性89例，女性61例；年龄22~85岁，平均(62.35±8.50)岁；体质量指数(BMI)22.0~28.5 kg/m^2，平均(25.31±1.52)kg/m^2；高血压123例，高血脂72例，糖尿病29例，CHD家族史21例，吸烟史40例。本研究经新疆维吾尔自治区人民医院伦理委员会批准，入组患者均签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者均在入院1周内行超声心动图、MSCT冠脉成像检查和CAG检查，所

【第一作者】哈热勒哈什·安曼太，女，主治医师，主要研究方向：放射影像学。E-mail：18399698453@163.com
【通讯作者】哈热勒哈什·安曼太

有检查操作均同一级别经验丰富的心血管介入医师进行。

1.2.1 超声心动图检查 使用Vivid E95彩色多普勒超声诊断仪(美国GE公司产品)，选用M5Sc探头，设置频率1~5 MHz。嘱患者左侧卧位，保持平静呼吸。选择左心室长轴、左胸骨旁短轴、剑突下四腔心等常用切面，将探头放置患者胸骨左缘，沿3~4肋间进行扫描，根据冠脉血流速度判断是否存在狭窄病灶并评估冠脉狭窄程度，记录各切面的二维灰阶动态图像。

1.2.2 MSCT冠脉成像检查 使用Brilliance 64 MDCT扫描仪(Philips公司产品)，检查前禁食4 h，指导患者进行呼气、屏气训练，确认无碘过敏，实时监测患者心率(HR)，若HR＞70次/min则于检查前30~60 min舌下含服12.5~25.0 mg酒石酸美托洛尔片(国药准字：国药准字H20143225，生产企业：烟台巨先药业有限公司，规格：25 mg×10片×2板/盒)，确保HR≤60次/min。检查时经肘静脉高压注射20 mL碘普罗胺注射液(国药准字：J20130157，生产企业：拜耳医药保健有限公司，规格：370 mg/mL)，速率3.8 mL/s，嘱患者仰卧位，头前足后平行进入，指导患者真诚工行吸气后屏气，使用扫描仪自患者咽部隆突至心脏膈面下2 cm处进行扫描，扫描参数：电压120 kV，电流700 mA，螺距0.5~1.0，层厚0.625 mm，矩阵参数512×512，扫描视野范围32~35 cm。通过造影观察心外膜下左冠状动脉前降支(LAD)、第一对角支(D1)、左回旋支(LCX)及右冠状动脉(RCA)等主要血管，并采集冠脉影像图片。

1.2.3 CAG检查 MSCT冠脉成像检查后1~3 d内，按照Judkin's方法，对所有患者行CAG检查。根据患者自身情况选择桡动脉或股动脉作为穿刺入路，使用Brilliance 64 MDCT扫描仪，碘普罗胺(370mg I/ml)75 ml造影剂。扫描范围：自气管分叉之下1.0~1.5 cm至膈之下2.0 cm。主要观察左主干(LM)、LAD、LCX、RCA 4条冠状动脉主要分支，并采集各冠脉影像。

1.3 评价标准 由两名高年资介入医师在双盲的前提下分别对所有患者的超声心动图、MSCT冠脉成像、CAG检查结果进行独立评估，二者意见不一时经讨论达成一致。阳性标准：超声心动图检查发现节段性室壁运动异常或室壁运动减低，MSCT冠脉成像、CAG检查发现，在冠脉血管及其分支中，≥1条血管狭窄程度≥50%[5]。冠脉狭窄程度判断采用目测直径法，轻度狭窄：冠状动脉管腔内径狭窄程度＜50%；中度狭窄：50%≤冠状动脉管腔内径狭窄程度＜75%；重度狭窄：冠状动脉管腔内径狭窄程度≥75%[6]。

1.4 统计学处理 采用SPSS 29.0软件处理数据，计量资料通过($\bar{x}\pm s$)呈现；计数资料通过n(%)呈现，行χ^2检验；超声心动图、MSCT冠脉成像与CAG诊断的结果的一致性行Kappa检验，0.81≤Kappa值≤1.00为完全一致；0.61≤Kappa值≤0.80为高度一致；0.41≤Kappa值≤0.60为中等一致；0.21≤Kappa值≤0.40为一般一致；0.00≤Kappa值≤0.20为轻度一致。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估超声心动图、MSCT冠脉成像对CHD以及不同程度冠脉狭窄的诊断效能，并计算ROC曲线下面积(AUC)。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 CAG检查结果 150例疑似CHD患者中，经CAG检查确诊CHD 125例(83.33%)，其中轻度狭窄58例(38.67%)，中度狭窄44例(29.33%)，重度狭窄23例(15.33%)。

2.2 超声心动图检查结果 超声心动图诊断CHD 103例，诊断准确率为69.33%，与CAG诊断结果的一致性较低，Kappa值为0.183。见表1。

表1 MSCT冠脉成像诊断CHD的结果(例)

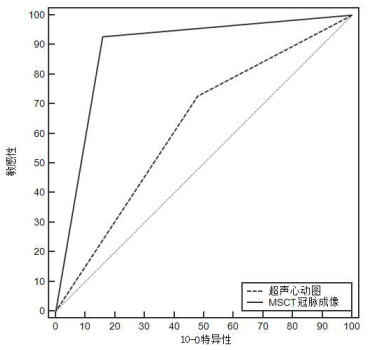
超声心动图	CAG		合计
	阳性	阴性	
阳性	91	12	103
阴性	34	13	47
合计	125	25	150

2.3 MSCT冠脉成像检查结果 MSCT冠脉成像诊断CHD 120例，诊断准确率为91.33%，与CAG诊断结果的一致性较高，Kappa值为0.711。见表2。

表2 MSCT冠脉成像诊断CHD的结果(例)

MSCT冠脉成像	CAG		合计
	阳性	阴性	
阳性	116	4	120
阴性	9	21	30
合计	125	25	150

2.4 MSCT冠脉成像对CHD的诊断价值分析 以CAG诊断结果为金标准，MSCT冠脉成像诊断CHD的灵敏度、特异度均高于超声心动图诊断(χ^2=7.554、5.882, 均P<0.05)，见表3。ROC曲线分析显示，MSCT冠脉成像诊断CHD的AUC明显高于超声心动图(Z=3.606, P<0.05)，见图1。



❶

图1 超声心动图、MSCT冠脉成像诊断CHD的ROC曲线。

表3 超声心动图、MSCT冠脉成像对CHD的诊断效能分析

检查方法	AUC	灵敏度(%)	特异度(%)	95%CI	相关标准	约登指数	P值
超声心动图	0.624	72.80	52.00	0.541~0.702	＞0	0.248	0.052
MSCT冠脉成像	0.884	95.80	84.00	0.822~0.930	＞0	0.768	<0.001

2.5 超声心动图、MSCT冠脉成像对不同程度冠脉狭窄的诊断结果比较 超声心动图、MSCT冠脉成像诊断轻度冠脉狭窄的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值比较差异无统计学意义(P>0.05)；与超声心动图相比，MSCT冠脉成像诊断中、重度冠脉狭窄的灵敏度、准确率显著更高(P<0.05)。见表4。

2.6 典型病例 78岁女性，有高血压病史，因不明原因胸闷、胸痛2周余疑诊断CHD，于我院入院就诊后行超声心动图、冠脉MSCT及CAG检查，具体检查结果见图2。

表4 超声心动图、MSCT冠脉成像对不同程度冠脉狭窄的诊断结果比较[%(例)]

狭窄程度	方法	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
轻度	超声心动图	100(58/58)	92.39(85/92)	95.33(143/150)	89.23(58/65)	100(85/85)
	MSCT冠脉成像	94.83(55/58)	97.83(90/92)	96.67(145/150)	96.49(55/57)	96.77(90/103)
中度	超声心动图	56.82(25/44)	96.23(102/106)	84.67(102/106)	86.21(25/29)	84.30(102/121)
	MSCT冠脉成像	86.36(38/44)*	95.28(101/106)	92.67(139/150)*	88.37(38/43)	94.39(101/107)
重度	超声心动图	30.43(7/23)	98.43(125/127)	88.00(133/150)	77.78(7/9)	88.65(125/141)
	MSCT冠脉成像	78.26(18/23)*	98.43(125/127)	95.33(143/150)*	90.00(18/20)	96.15(125/130)

注：*与超声心动图比较，P<0.05。

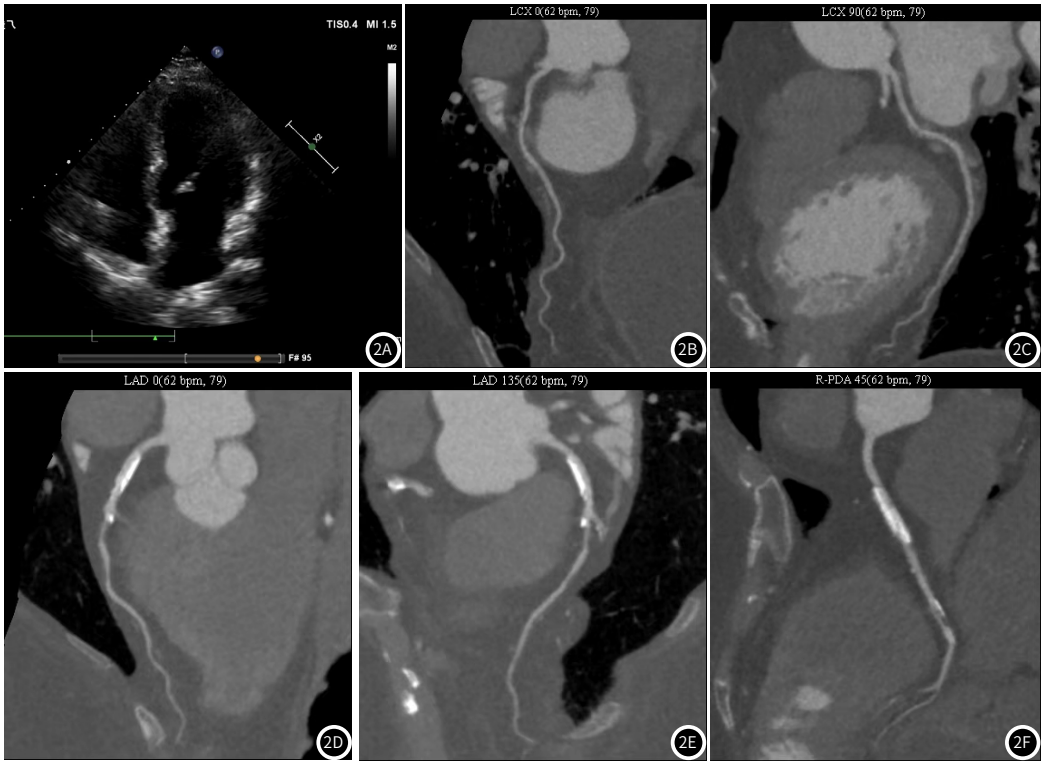


图2 典型病例的影像学检查扫描图像。图2A为该患者超声心动图扫描图像，可见：1.左室壁阶段性运动异常；2.主动脉硬化、窦部及升主动脉增宽，并轻度主动脉瓣关闭不全；3.室壁运动分级：Ⅰ级。图2B～2G为该患者冠脉MSCT、CAG扫描图像，冠脉MSCT图像可见：1.左回旋支近段管壁软斑，管腔轻度狭窄；2.左前降支近中段关闭多发钙斑，管腔中度狭窄；中段管壁软斑管腔轻度狭窄；3.右冠近中段关闭混斑及钙斑，管腔中度狭窄；远段管壁混斑，管腔重度狭窄。CAG图像可见：1.左回旋支近段狭窄10%～15%；2.左冠状动脉前降支近段狭窄60%～70%；3 右冠状动脉粗大，后三角叉前狭窄80%～90%。

3 讨 论

据《中国心血管健康与疾病报告2023概要》[7]推测，目前我国现有心血管疾病(CVD)患病人数约3.3亿，其中CHD约1139万例，居所有CVD患病率首位。白朝[8]在一项包含1565人的队列研究中发现，CHD的发病率为691.83/10万，死亡率为74.82/10万，是仅次于脑卒中、肺癌造成该队列人群死亡的第三大重要原因，且CHD死亡率的增长速度较脑卒中、肺癌更高。除此之外，CHD还导致了不容小觑的经济负担，就直接经济负担而言，孙宇馨等[9]的研究表明，北京市稳定性CHD患者的均次费用高达30 831.25元。由上述研究可知，CHD的防治形势依旧严峻。因此，对可疑CHD患者进行早期诊断，及时干预治疗，从而降低患者心血管死亡风险，已然成为心血管科临床医师急需解决的难题之一。

CAG不仅能准确评估冠状动脉血管的走行、数量，还能清晰显示血管管腔及腔内血流灌注情况，作为CHD诊断的金标准，其诊断效能是毋庸置疑的。但相关临床资料显示，在接受CAG检查的可疑CHD病例中，尚有一大部分患者因冠脉狭窄程度未达临床干预标准，造成了一定的辐射损伤、并发症以及医疗经济资源浪费[10-11]。因此，在准确发现冠脉病变的同时评估冠脉狭窄程度，以指导临床及时干预，是预防CHD不良事件发生、改善患者预后的关键所在。近年来，无创影像学检查在CHD早期筛查中的应用越来越广泛，相关指南[12-13]均推荐将影像学检查作为可疑稳定性CHD的辅助诊断方法。超声心动图是量化电-机械关系的首选无创成像技术之一，具有较高的时间分辨率，主要通过识别室壁运动显著异常的情况来判断是否存在心肌缺血，但对微小的异常心肌形变的显示效果不佳。本次研究中，150例可疑CHD患者经超声心动图确诊CHD 103例，诊断准确率为69.33%，Kappa值仅为0.183，其诊断CHD的灵敏度、特异度均较低。此前宿海峰等[14]的研究显示，超声心动图节段性室壁运动诊断CHD的敏感度为55.9%，特异度为86.7%，与本研究结果基本吻合，均认为超声心动图用于单独诊断CHD中存在一定缺陷。分析原因可能在于，室壁运动评估主要取决于心肌径向运动，当患者心肌缺血的严重程度或持续时间未能引起心肌坏死，可能导致心肌整体应变减低，不足以诱发心肌径向运动异常改变，进而在评估冠脉狭窄时可能出现假阴性结果[15]。CT为临床诊疗CHD的常用手段，近几年随着CT技术的不断发展，MSCT冠脉成像技术在CHD诊断中的地位明显提升。MSCT冠脉成像同时具有时间、空间、密度分辨率高、扫描速度快的优势，能清楚显示冠脉狭窄病变、狭窄管腔形态及其钙化情况，且其产生的辐射剂量较常规CT更低，可显著减少对患者的损害；同时，MSCT的心电控制图像重建技术能够提高对微小病变的检出率[16]。本研究发现，MSCT冠脉成像诊断CHD的准确率为91.33%，Kappa值为0.711，且ROC分析显示，MSCT冠脉成像诊断CHD的灵敏度、特异度以及AUC均较超声心动图更高，可见MSCT冠脉成像具有与CAG相当的诊断价值，能准确评估可疑CHD患者冠脉狭窄病变，与雷小艳等[17]所述MSCT冠脉成像对CHD诊断价值较高相符。其原因可能主要与以下两点有关：其一、MSCT能清晰显示直径1.5 mm以上的狭窄和(或)闭塞动脉，并显示管壁厚度、管腔狭窄程度，斑块性质、大小等，可充分体现冠脉远端的细小分支，从而提升对CHD的诊断率；其二、MSCT扫描精确度高、范围广，其冠脉成像还能显示心脏与冠脉周围的组织结构，反映冠脉血流特征与心肌受损的变化情况，其较高的组织分辨率有助于区分组织类型和描述病变的

特征[18]。另外，在冠脉狭窄程度的评估中，本研究显示，MSCT冠脉成像对中、重度冠脉狭窄的诊断效能均优于超声心动图，提示MSCT冠脉成像在CHD冠脉狭窄程度评估中具有更高的诊断价值，这可能与本研究在对可疑CHD患者进行MSCT冠脉成像检查指导其进行呼气、屏气训练，检查时均在患者一次屏气内完成扫描，图像质量较高，基本不受患者心率过快、屏气困难影响有关。同时MESCT＜0.4 mm的空间分辨率，使得解剖结构能够高质量成像，从而有效鉴别不同程度冠脉狭窄[19]。

综上所述，MSCT冠脉成像诊断CHD的灵敏度、准确率均较高，且与CAG诊断结果的一致性较高，能有效鉴别轻、中、重度冠状动脉狭窄，可作为CAG的有益补充。

参考文献

[1]曲政,尤斌,李平.不同年龄段早发冠心病患者临床特征及危险因素的分析[J].心肺血管病杂志,2024,43(5):433-437.
[2]Shaya GE,Leucker TM,Jones SR,et al.Coronary heart disease risk:Low-density lipoprotein and beyond[J].Trends Cardiovasc Med,2022,32(4):181-194.
[3]宋佳慧,潘驰,李斐斐,等.青岛市成年人体质指数与冠心病发病关联的前瞻性研究[J].中华流行病学杂志,2022,43(9):1357-1363.
[4]王洪恩,张胜高,郭宁.冠状动脉造影及血清非高密度脂蛋白胆固醇水平联合预测冠心病患者主要不良心血管事件风险的价值[J].心脑血管病防治,2023,23(12):56-59.
[5]Virani SS,Newby LK,Arnold SV,et al.2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA Guideline for the Management of Patients With Chronic Coronary Disease:A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J].Circulation,2023,148(9):9-119.
[6]章晓国,左文杰,季振军,等.联合目测评估及泊肃叶方程指数对于优化冠状动脉功能性缺血筛查的价值[J].西安交通大学学报(医学版),2021,42(6):923-928.
[7]国家心血管病中心,中国心血管健康与疾病报告编写组,胡盛寿.中国心血管健康与疾病报告2023概要[J].中国循环杂志,2024,39(7):625-660.
[8]白朝.基于队列人群死因前三位病种的疾病负担及发病影响因素研究[D].甘肃:兰州大学,2022.
[9]孙宇馨,湛浩然,李心言,等.北京市稳定性冠心病患者疾病经济负担分析[J].卫生经济研究,2024,41(5):27-31.
[10]Ueng KC,Chiang CE,Chao TH,et al.2023 Guidelines of the Taiwan Society of Cardiology on the Diagnosis and Management of Chronic Coronary Syndrome[J].Acta Cardiol Sin,2023,39(1):4-96.
[11]魏庆民,张华龙,张友良,等.CTA钙化积分与冠状动脉造影诊断冠状动脉狭窄程度的对比研究[J].中国循证心血管医学杂志,2022,14(5):578-580.
[12]Ferrari R,Rosano G.2019 guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes:congratulations and criticism[J].Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother,2020,6(5):331-332.
[13]Collet JP,Thiele H,Barbato E,et al.2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation[J].Rev Esp Cardiol (Engl Ed),2021,74(6):544.
[14]宿海峰,甘丰,裴娟慧,等.超声心动图探测在心电图无明显ST-T改变的冠心病中诊断意义:基于冠脉血流速度联合室壁运动[J].分子影像学杂志,2023,46(2):267-270.
[15]方秀红,杨玲玉,刘兆胜,等.心脏磁共振组织追踪技术与超声心动图评估冠心病心肌梗死的诊断价值[J].中国医疗设备,2023,38(9):129-135.
[16]赵童童,李涛,尚进伟,等.多层螺旋CT和冠状动脉造影评估冠心病诊断及经皮冠状动脉介入治疗术后评估支架内再狭窄研究[J].中国医学装备,2022,19(1):77-81.
[17]雷小艳,钱才,段飞.多排螺旋CT冠脉成像、心电图及冠状动脉造影在冠心病中的临床诊断价值[J].贵州医药,2020,44(11):1810-1811.
[18]库雷志,熊青峰,王杰,等.MSCT对冠状静脉窦闭锁合并侧支静脉回流的诊断价值[J].放射学实践,2022,37(9):1109-1113.
[19]王支甫.256螺旋CT冠脉成像与DSA血管造影的对比研究[J].现代科学仪器,2021,38(2):94-98.

(收稿日期：2024-10-17)　　(校对：姚丽娜　排版：张鸿燊)

（上接第46页）

综上所述，能谱CT成像定量参数对于IA期肺腺癌HGP具有较高评估价值，临床可通过其进行早期鉴别，以针对性制定干预方案，改善预后。但本研究仍存在一定局限性，如为单中心样本研究，总样本量仍较少，且不同测量者之间由于测量手法、习惯等原因可能存在一定误差，未来还需进一步扩大样本量，且可通过AI自动识别、定位结节位置并测量相关参数进行分析以提高准确度。

参考文献

[1]谢旺池,胡秋根,张榕.基于高分辨率CT特征及临床因素开发并验证预测Ⅰ期肺腺癌气道播散的Nomogram模型[J].罕少疾病杂志,2025,32(6):68-71.
[2]Kim SY,Kim SM,Lim S,et al.Modeling Clinical Responses to Targeted Therapies by Patient-Derived Organoids of Advanced Lung Adenocarcinoma[J].Clin Cancer Res,2021,27(15):4397-4409.
[3]Dong H,Yin LK,Qiu YG,et al.Prediction of high-grade patterns of stage IA lung invasive adenocarcinoma based on high-resolution CT features:a bicentric study[J].Eur Radiol,2023,33(6):3931-3940.
[4]Greffier J,Villani N,Defez D,et al.Spectral CT imaging:Technical principles of dual-energy CT and multi-energy photon-counting CT[J].Diagn Interv Imaging,2023,104(4):167-177.
[5]Si-Mohamed SA,Miailhes J,Rodesch PA,et al.Spectral Photon-Counting CT Technology in Chest Imaging[J].J Clin Med,2021,10(24):5757.
[6]Demirler Simsir B,Danse E,Coche E.Benefit of dual-layer spectral CT in emergency imaging of different organ systems[J].Clin Radiol,2020,75(12):886-902.
[7]Gong H,Ma C,Li X,et al.Upregulation of LPGAT1 Enhances Lung Adenocarcinoma Proliferation[J].Front Biosci (Landmark Ed),2023,28(5):89.
[8]孙耀煜.肺原位腺癌与微浸润腺癌的病理分化情况及超高分辨率CT鉴别效果[J].罕少疾病杂志,2023,30(4):46-47.
[9]Jones DR,Wu YL,Tsuboi M,et al.Targeted therapies for resectable lung adenocarcinoma:ADAURA opens for thoracic oncologic surgeons[J].J Thorac Cardiovasc Surg,2021,162(1):288-292.
[10]Franco PN,Spasiano CM,Maino C,et al.Principles and Applications of Dual-Layer Spectral CT in Gastrointestinal Imaging[J].Diagnostics (Basel),2023,13(10):1740.
[11]Chen M,Li X,Wei Y,et al.Spectral CT imaging parameters and Ki-67 labeling index in lung adenocarcinoma[J].Chin J Cancer Res,2020,32(1):96-104.
[12]Wang AS,Pelc NJ.Spectral Photon Counting CT:Imaging Algorithms and Performance Assessment[J].IEEE Trans Radiat Plasma Med Sci,2021,5(4):453-464.
[13]王海波,段宏伟,左自军,等.术前能谱CT多参数成像对晚期肺癌患者淋巴结转移的预测价值[J].河南医学研究,2024,33(6):1071-1074.
[14]郑思捷,向佳,陈茜彤,等.宽体能谱CT参数在鉴别诊断肺癌纵隔转移、非转移淋巴结与反应性增生淋巴结中的价值[J].实用医学杂志,2024,40(14):2003-2008.
[15]王玉双,马二奎,刘岳峰,等.基于宝石能谱CT定量参数预测中晚期非小细胞肺癌患者PD-L1表达的研究[J].影像研究与医学应用,2024,8(14):64-67,71.
[16]Tang X,Ren Y,Xie H.Photon-counting CT via interleaved/gapped spectral channels:Feasibility and imaging performance[J].Med Phys,2022,49(3):1445-1457.
[17]Moghiseh M,Searle E,Dixit D,et al.Spectral Photon-Counting CT Imaging of Gold Nanoparticle Labelled Monocytes for Detection of Atherosclerosis:A Preclinical Study[J].Diagnostics (Basel),2023,13(3):499.
[18]Qin Y,Zhang Y,Lu X,et al.Dual spectral limited-angle CT imaging regularized by edge-preserving diffusion and smoothing[J].J Xray Sci Technol,2023,31(3):573-592.
[19]胡志鹏,冶治,张庆欣.基于能谱CT参数与临床病理因素建立高海拔地区非小细胞肺癌患者的淋巴结转移预测模型[J].实用临床医药杂志,2022,26(18):6-10.
[20]秦卫和,刘亮,文兵,等.能谱CT多参数成像对周围型肺癌与肺炎性肿块的鉴别诊断价值[J].影像研究与医学应用,2023,7(4):21-23.
[21]官丙奇,韩燕.周围型肺癌中常见CT征象和能谱参数影像学表现分析[J].当代医学,2020,26(28):54-56.
[22]Curti M,Fontana F,Piacentino F,et al.Dual-layer spectral CT fusion imaging for lung biopsies:more accurate targets,diagnostic samplings,and biomarker information[J].Eur Radiol Exp,2022,6(1):34.
[23]Greffier J,Frandon J.Spectral photon-counting CT system:Toward improved image quality performance in conventional and spectral CT imaging[J].Diagn Interv Imaging,2021,102(5):271-272.
[24]丁琦峰,黄文亮,段宏伟,等.能谱CT参数对非小细胞肺癌淋巴结转移的定性评估价值[J].癌症进展,2021,19(5):471-474,510.
[25]张自超,吴志刚,万洪晓,等.能谱CT定量参数联合NLR、CAR检测对非小细胞肺癌根治术后复发转移的预测价值[J].放射学实践,2024,39(5):641-646.

(收稿日期：2024-12-10)
(校对：姚丽娜　排版：张鸿燊)