

论 著

冠周脂肪CT衰减指数及冠状动脉周围脂肪组织体积指导冠脉狭窄诊断的价值

吴 龙¹ 胡绪焕^{1,*} 回 瑾¹
刘 超¹ 郝 璐² 路 颖¹
洛小璐¹

1.中国中医科学院望京医院放射科
2.中国中医科学院望京医院电热科
(北京 100000)

【摘要】目的 探究冠周脂肪CT衰减指数(FAI)及冠状动脉周围脂肪组织(PCAT)体积对于冠脉狭窄的诊断价值。**方法** 回顾性分析2023年5月至2023年10月医院收治的132例疑似冠脉狭窄患者临床资料,根据CCTA结果将患者分为轻度组与中重度组,所有患者均行CCTA检查以及FAI、PCAT体积检测,采用Logistic多因素回归分析冠脉狭窄的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线探究FAI及PCAT体积对冠脉狭窄的诊断价值。**结果** 132例患者均存在一定程度的冠脉狭窄,其中33例狭窄率<50%,99例狭窄率≥50%,分别纳入轻度组与中重度组;两组性别、身高、体重、血清学指标:总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白(HDL)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)、小密低密度脂蛋白(sLDL)比较未见显著差异($P>0.05$);中重度组患者年龄大于轻度组($P<0.05$);中重度组FAI-左前降支(LAD)、FAI-左回旋支(LCX)高于轻度组($P<0.05$);两组FAI-右冠状动脉(RCA)比较未见显著差异($P>0.05$);中重度组PCAT体积-LAD、PCAT体积-LCX高于轻度组($P<0.05$);两组PCAT体积-RCA比较未见显著差异($P>0.05$); Logistic多因素回归分析结果显示:FAI-LAD、PCAT体积-LAD为冠脉狭窄的影响因素($P<0.05$); FAI及PCAT体积单一指标对冠脉狭窄进行诊断时,分别以FAI-LAD、PCAT体积-LAD的曲线下面积(AUC)值最高,为0.900、0.740,敏感度、特异度分别为93.94%、87.88%、80.81%、60.61%,两者ROC曲线比较具有差异($P<0.05$);联合后特异度获显著提升,为96.97%,AUC值为0.864。**结论** FAI联合PCAT体积可对冠脉狭窄诊断进行指导,临床或可联合CCTA图像和FAI-LAD、PCAT体积-LAD值对冠脉狭窄进行更准确的诊断评估。

【关键词】 冠脉狭窄;冠周脂肪CT衰减指数;
冠状动脉计算机断层扫描造影;诊断
【中图分类号】 R543.5
【文献标识码】 A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.023

Value of Pericoronary CT Fat Attenuation Index and Pericoronary Adipose Tissue Volume in the Diagnosis of Coronary Artery Stenosis

WU Long¹, HU Xu-huan^{1,*}, HUI Jin¹, LIU Chao¹, HAO Lu², LU Ying¹, LUO Xiao-jun¹.

1.Department of Radiology, Wang Jing Hospital of CACMS, Beijing 100000, China

2.Department of Electrothermal Acupuncture, Wang Jing Hospital of CACMS, Beijing 100000, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of pericoronary CT fat attenuation index (FAI) and pericoronary adipose tissue (PCAT) volume for coronary artery stenosis. **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 132 patients who were suspected of coronary artery stenosis and admitted to the hospital from May to October 2023. According to the results of coronary computed tomography angiography (CCTA), the patients were divided into mild group and moderate to severe group. All patients underwent CCTA, and FAI and PCAT volume testing. Multivariate logistic regression analysis was conducted to identify the influencing factors of coronary artery stenosis. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the diagnostic value of FAI and PCAT volume for coronary artery stenosis. **Results** All of the 132 patients had coronary artery stenosis. Among them, 33 patients had a stenosis rate lower than 50% and 99 patients had a stenosis rate of 50% or higher. They were included in the mild group and the moderate to severe group, respectively. There was no significant difference between the two groups in terms of gender, height, weight and serological indicators [total cholesterol (TC), high-density lipoprotein (HDL), triglyceride (TG), low-density lipoprotein (LDL) and small dense low-density lipoprotein (sLDL)] ($P>0.05$). Patients in the moderate to severe group were older than those in the mild group ($P<0.05$). FAI of left anterior descending branch (LAD) and FAI of left circumflex branch (LCX) in the moderate to severe group were higher than those in the mild group ($P<0.05$), but there was no significant difference in FAI of right coronary artery (RCA) between the two groups ($P>0.05$). PCAT volume of LAD and PCAT volume of LCX in the moderate to severe group were greater than those in the mild group ($P<0.05$), but there was no significant difference in PCAT volume of RCA between the two groups ($P>0.05$). Multivariate logistic regression analysis found that FAI-LAD and PCAT volume-LAD were influencing factors of coronary artery stenosis ($P<0.05$). For diagnosing coronary artery stenosis using a single indicator, the area under the curve (AUC) values of FAI-LAD and PCAT volume-LAD were the highest (0.900 and 0.740). The sensitivity and specificity were 93.94% and 87.88%, 80.81% and 60.61%, respectively. ROC curves of the two were significantly different ($P<0.05$). Combination of indicators could improve the diagnostic specificity significantly, reaching 96.97%. The AUC was 0.864. **Conclusion** FAI combined with PCAT volume can provide guidance for diagnosing coronary artery stenosis. In clinical practice, CCTA images can be combined with FAI-LAD and PCAT volume-LAD to diagnose coronary artery stenosis more accurately.

Keywords: Coronary Artery Stenosis; Pericoronary CT Fat Attenuation Index; Coronary Computed Tomography Angiography; Diagnosis

随着人们生活节奏的不断加快以及生活质量的提升,不规律的生活作息、不健康的饮食习惯导致心血管疾病频发^[1]。冠脉狭窄为多种心血管疾病发生的主要因素,冠状动脉狭窄将影响营养物质、葡萄糖等的输送,造成心肌缺氧、缺血,最终导致冠心病的发生,对患者健康造成严重威胁^[2]。冠状动脉CT血管造影(CCTA)为临床常见的诊断冠心病严重程度的方式,其为非侵入性操作,在临床应用中安全性较高^[3]。但在使用CCTA对冠脉狭窄进行诊断时存在将冠脉狭窄程度夸大的嫌疑,误诊率较高^[4]。冠周脂肪CT衰减指数(FAI)为一种新的生物标记物,早期临床将其用于检测冠脉炎症以及预测心血管疾病死亡率^[5]。多项研究结果显示FAI与冠脉炎症存在密切关联,而对于FAI与动脉狭窄关联的研究甚少^[6-7]。目前诊断冠脉狭窄的金标准即冠状动脉造影(CAG),但其有创且检查费用较高,在临床应用中较为局限^[8]。CCTA与CAG相比,其具有操作简单、成本低、无创等优势,因此本研究将其作为诊断冠脉狭窄的标准并进行分组。为使冠脉狭窄患者获得高效且安全性高的诊断,本研究在CCTA的基础上联合冠周脂肪CT衰减指数(FAI)及冠状动脉周围脂肪组织(PCAT)体积对于冠脉狭窄进行诊断,并对两者联合的诊断价值进行分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2023年5月至2023年10月医院收治的132例疑似冠脉狭窄患者临床资料。

纳入标准:(1)患者主诉为胸痛、恶心呕吐等,且进行CCTA检查以及FAI值、PCAT体积值测量的患者;(2)患者临床资料完整;(3)影像学图像清晰。排除标准:(1)FAI智能

【第一作者】 吴 龙,男,主治医师,主要研究方向:冠心病。E-mail: wulongdongdong@163.com。

【通讯作者】 胡绪焕,女,主治医师,主要研究方向:呼吸、心脑血管、骨科。E-mail: 13146622457@163.com

分析系统未能对图像进行识别；(2)检查前服用了可能影响检查结果的药物的患者；(3)对造影剂过敏或不耐受的患者。132例患者年龄34~87岁，平均(66.45±9.83)岁；男58例，女74例；体重：41~100kg，平均(70.12±12.46)kg；身高：146~185cm，平均(164.42±8.14)cm。

1.2 方法 CCTA检查：在检查前4~8h嘱咐患者禁食，对患者进行呼吸运动训练，采用西门子Edge 64排螺旋CT进行扫描，扫描参数设定为：层厚、层距：0.75mm、64mm×0.6mm，管电压、管电流：120kv、420mAs，根据患者心率对螺距进行调整，扫描范围为气管分叉至膈顶下方，分别将75mL碘对比剂与40mL生理盐水经肘静脉注入，将主动脉根部定位ROI，触发后进行扫描(全剂量曝光25%~85%心动周期)，将扫描所得数据传入工作站，采用图像后处理技术对图像进行处理，根据狭窄程度将患者分为轻度组与中重度组。

FAI值、PCAT体积值测：采用智能分析系统进行测量(应用版本为20230130sp2的联影智能冠脉辅助诊断软件)，自动勾画并计算右冠脉(RCA)、左前降支(LAD)、左回旋支(LCX)的FAI、PCAT体积值。从冠脉三条主要分支近端的血管壁进行血管周围脂肪组织采集，选择测量处血管外壁向外扩展一倍血管直径为感兴趣区(ROI)(阈值为-190HU至-30HU)，测量距离为RCA近端1cm至5cm处、LAD起至4cm处、LCX起至4cm处。

1.3 统计学方法 数据统计与分析采用SPSS 28.0，计量资料采用±s描述与t检验；计数资料采用频数(%)表示与 χ^2 检验。采用Logistic多因素回归分析冠脉狭窄的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析FAI联合CCTA成像对冠脉狭窄的诊断效能。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 132例患者的CTA检测结果 132例患者均存在一定程度的冠脉狭窄，其中33例狭窄率<50%，99例狭窄率≥50%。分别纳入轻度组与中重度组。

2.2 两组一般资料比较 两组性别、身高、体重、血清学指标：总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白(HDL)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)、小密低密度脂蛋白(sLDL)比较未见显著差异($P>0.05$)；中重度组患者年龄大于轻度组($P<0.05$)。见表1。

2.3 两组FAI值比较 中重度组FAI-LAD、FAI-LCX高于轻度组($P<0.05$)，两组FAI-RCA比较未见显著差异($P>0.05$)，见表2。

2.4 两组PCAT体积相关参数比较 中重度组PCAT-LAD、PCAT-LCX高于轻度组($P<0.05$)，两组PCAT-RCA比较未见显著差异($P>0.05$)，见表3。

2.5 冠脉狭窄的Logistic多因素回归分析 以冠脉狭窄为因变量(轻度=0，中重度=1)将单因素分析有差异的变量纳入Logistic多因素回归分析，结果显示FAI-LAD、PCAT体积-LAD为冠脉狭窄的影响因素($P<0.05$)，见表4。

2.6 FAI联合PCAT体积对于冠脉狭窄的诊断效能 FAI及PCAT体积单一指标对冠脉狭窄进行诊断时，FAI以FAI-LAD的曲线下面积(AUC)值最高，为0.900，敏感度、特异度分别为93.94%、87.88%；PCAT体积以PCAT体积-LAD的AUC值最高，为0.740，敏感度、特异度分别为80.81%、60.61%，两者ROC曲线比较具有差异($P<0.05$)。选择两种方式中AUC值最高的指标联合对冠脉狭窄进行诊断，结果显示联合后特异度获显著提升，为96.97%，AUC值为0.864。见表5、图1。

表1 两组一般资料比较(%)

指标	轻度组(n=33)	中重度组(n=99)	χ^2/t	P
性别(例)			2.009	0.156
男	11(33.33)	47(47.47)		
女	22(66.67)	52(52.53)		
年龄(岁)	63.48±12.68	67.44±8.53	2.027	0.045
身高(cm)	163.00±8.25	164.89±8.08	1.157	0.249
体重(kg)	68.71±15.05	70.59±11.52	0.749	0.455
TC(mmol/L)	4.01±1.04	4.13±1.03	0.578	0.564
HDL(mmol/L)	1.27±0.31	1.22±0.38	0.683	0.496
TG(mmol/L)	1.37±0.71	1.49±0.71	0.841	0.402
LDL(mmol/L)	2.49±1.02	2.64±0.95	0.771	0.442
sLDL(mmol/L)	0.59±0.39	0.64±0.40	0.626	0.533

表2 两组FAI值比较(HU)

指标	轻度组(n=33)	中重度组(n=99)	t	P
FAI-RCA	-83.76±8.19	-81.07±9.66	1.436	0.153
FAI-LAD	-84.18±4.56	-74.19±2.39	10.514	<0.001
FAI-LCX	-72.55±14.33	-68.30±5.43	2.478	0.015

表3 两组PCAT体积相关参数比较(mm³)

指标	轻度组(n=33)	中重度组(n=99)	t	P
PCAT体积-RCA	1678.75±956.45	1815.61±902.97	0.743	0.459
PCAT体积-LAD	1220.41±520.66	1748.82±653.67	4.216	<0.001
PCAT体积-LCX	504.19±272.69	732.58±389.30	3.121	0.002

表4 冠脉狭窄的Logistic多因素回归分析

变量	β	SE	wald χ^2	OR	95%CI上限	95%CI下限	P值
年龄	0.911	0.554	2.704	2.487	0.840	7.366	0.101
FAI-LAD	-0.984	0.336	8.577	0.374	0.193	0.722	0.003
FAI-RCA	0.859	0.537	2.559	2.361	0.824	6.763	0.110
PCAT体积-LAD	1.028	0.461	4.973	2.795	1.133	6.900	0.026
PCAT体积-LCX	1.113	0.638	3.043	3.043	0.872	10.628	0.082

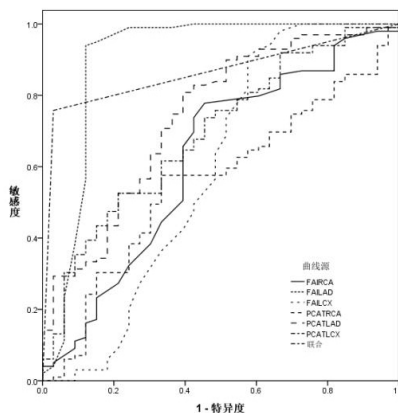


图1 FAI联合PCAT体积诊断冠脉狭窄的ROC曲线图。

表5 FAI联合PCAT体积对于冠脉狭窄的诊断效能

指标	AUC(95%CI)	Z、P	约登指数	临界值	敏感度(%)	特异度(%)
FAI-RCA	0.621(0.502~0.739)	1.977/0.048	0.323	-87HU	77.78	54.55
FAI-LAD	0.900(0.835~0.945)	8.663/<0.001	0.818	-78HU	93.94	87.88
FAI-LCX	0.590(0.501~0.675)	1.263/<0.001	0.333	-76HU	90.91	42.42
PCAT体积-RCA	0.557(0.468~0.643)	1.003/<0.001	0.242	1560.37mm ³	57.58	66.67
PCAT体积-LAD	0.740(0.656~0.812)	4.644/<0.001	0.414	1205.30mm ³	80.81	60.61
PCAT体积-LCX	0.692(0.606~0.770)	3.658/<0.001	0.313	632.25mm ³	52.53	78.79
FAI-LAD联合PCAT体积-LAD*	0.864(0.793~0.917)	13.763/<0.001	0.727	0	75.76	96.97

注：*①FAI-LAD>-78HU；②PCAT体积-LAD>1205.30mm³，两者需同时满足。

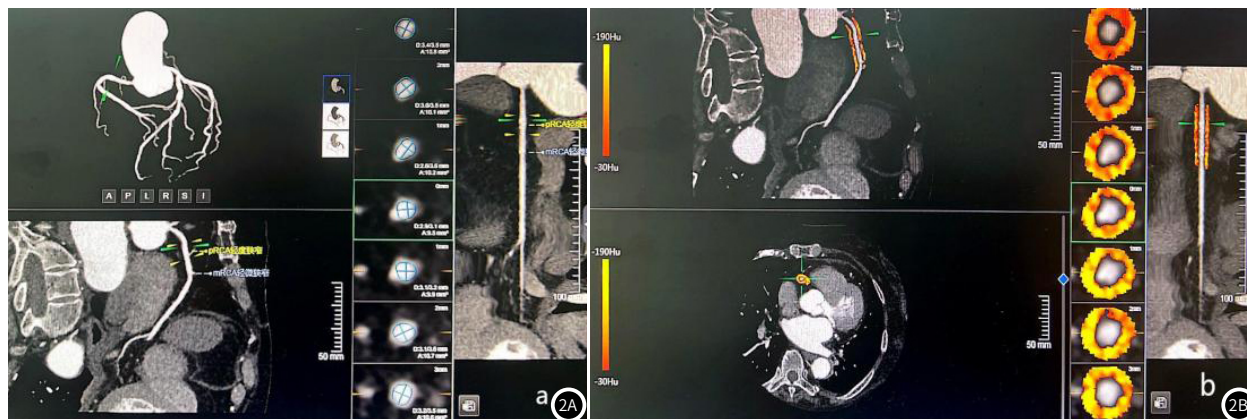


图2 CCTA成像诊断冠脉狭窄示意图及FAI、PCAT体积的测量。78岁女性，心悸一月余 2A: 右冠状动脉近段见混合斑块影，管腔约轻度左右狭窄；2B: 应用联影智能冠状动脉辅助诊断软件(版本20230130sp2)，自动勾画RCA PCAT范围并计算出FAI值约-83.00HU、体积约1606.53mm³。

3 讨论

相关研究表明冠脉早期诊断的关键在于冠脉狭窄的诊断及其严重程度的判断，若能对冠脉狭窄进行早期诊断有利于临床采取有效针对性措施进行干预进而阻止疾病进展、降低死亡率^[9]。冠脉狭窄为威胁人类健康的疾病之一，目前对于该病的作用机制尚未明确，临床主要采用药物或手术的方式对冠脉狭窄进行治疗，但由于人们生活作息、饮食习惯的变化以及复杂的病情，导致其仍存在较高发病率与死亡率^[10]。本研究纳入132例疑似冠脉狭窄的患者，所有患者均进行CCTA检查，结果显示132例患者均存在一定程度的冠脉狭窄，其中33例狭窄率<50%，99例狭窄率≥50%，根据狭窄率的不同分别将患者纳入轻度组与中重度组，本研究中中重度组患者占总体人数的75.00%，表明在冠脉狭窄的患者中，狭窄程度为中度与重度的患者占比较高，临床应引起重视。

本研究中两组患者一般资料比较结果显示，中重度组患者年龄普遍大于轻度组患者，表明随着年龄的不断增长，人体机能衰退，加之慢性疾病、吸烟等多种危险因素的影响促进动脉粥样硬化进展，进而加重冠脉狭窄程度。两组FAI-LAD、FAI-LCX、PCAT体积-LAD、PCAT体积-LCX提示患者冠脉狭窄程度越严重其FAI-LAD、FAI-LCX、PCAT体积-LAD、PCAT体积-LCX值越高。Logistic多因素回归分析结果显示年龄非冠脉狭窄的影响因素，与既往研究存在差异，分析可能与研究所用样本量较少相关，后续将通过扩大样本量的方式做进一步研究。Logistic多因素回归分析结果显示：FAI-LAD、PCAT体积-LAD为冠脉狭窄的影响因素，表明FAI-LAD、PCAT体积-LAD与冠脉狭窄存在一定关联。FAI可对冠脉炎

症进行诊断，当炎症引起周围组织微循环通透性增加是导致血管水肿，同时冠脉周围产生的脂肪细胞脂相减少、水相增加，这一系列改变导致冠脉周围的FAI-LAD升高^[11-12]。另外，有研究表明血脂异常的患者LAD近端为其冠脉硬化最易受累部位，LAD血管炎症反应活跃进而导致FAI值升高，促进疾病进展^[13]。相关研究认为，CCTA通过PCAT衰减变化，提出诊断冠脉相关疾病的方法，当冠脉狭窄时，PCAT体积增加，与本研究结果一致^[14]。进一步对FAI联合PCAT体积对于冠脉狭窄的诊断效能进行分析，结果显示：FAI及PCAT体积单一指标对冠脉狭窄进行诊断时，FAI以FAI-LAD的AUC值最高，为0.900，敏感度、特异度分别为93.94%、87.88%；PCAT体积以PCAT体积-LAD的AUC值最高，为0.740，敏感度、特异度分别为80.81%、60.61%，两种指标ROC曲线比较具有差异，表明FAI-LAD、PCAT体积-LAD对于冠脉狭窄的诊断效能高，且FAI-LAD的诊断冠脉狭窄的敏感度、特异度高于PCAT体积-LAD。PCAT体积-LAD在解剖生理学上具有距离优势，其与冠脉管壁可能产生更加强烈的病理生理学反应，因此在诊断冠脉狭窄时效果较好^[15]。在采用PCAT体积-LAD单独对冠脉狭窄进行诊断时其敏感度相对较高而特异度较低(60.61%)，当联合FAI-LAD后其在保证敏感度的同时特异度提升至96.97%，具有良好的临床应用价值。有研究将FAI与PCAT影像学特征进行联合对急性心肌梗死患者进行诊断，结果显示两者联合后诊断效能较高，与本研究结果相似。联合FAI与PCAT体积将有助于降低CCTA的误诊率。

综上所述，FAI联合PCAT体积对于冠脉狭窄的诊断效能较

高, 临床可将FAI值中的FAI-LAD与PCAT体积中的PCAT体积-LAD进行联合对冠脉狭窄进行诊断评估。

参考文献

[1] Mehta LS, Velarde GP, Lewey J, et al. Cardiovascular disease risk factors in women: the impact of race and ethnicity: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2023, 147 (19): 1471-1487.

[2] Dzaye O, Razavi AC, Blaha MJ, et al. Evaluation of coronary stenosis versus plaque burden for atherosclerotic cardiovascular disease risk assessment and management [J]. *Curr Opin Cardiol*, 2021, 36 (6): 769-775.

[3] 高亚婷, 王丽娟, 王晋, 等. 冠状动脉CTA腔内密度校正差诊断冠脉支架后再狭窄的价值 [J]. *放射学实践*, 2023, 38 (3): 263-266.

[4] 曹红岩, 蔡晓航, 孙国臣. CCTA及CT-FFR评估冠脉病变特异性缺血的价值观察 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21 (5): 52-54.

[5] Mergen V, Ried E, Allmendinger T, et al. Epicardial adipose tissue attenuation and fat attenuation index: phantom study and in vivo measurements with photon-counting detector CT [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2022, 218 (5): 822-829.

[6] 单冬凯, 王更新, 王玺, 等. 冠状动脉最大面积狭窄率联合冠周脂肪CT衰减指数可预测冠状动脉血流动力学异常 [J]. *南方医科大学学报*, 2021, 41 (7): 988-994.

[7] 董思廷, 徐怡, 冯长静, 等. 斑块定量参数及冠周脂肪衰减指数对FFR-CT进展的影响 [J]. *影像诊断与介入放射学*, 2022, 31 (1): 26-31.

[8] 聂日. 血浆致动脉硬化指数及尿酸水平与冠心病患者冠脉狭窄程度相关性分析 [D]. 江苏: 扬州大学, 2023.

[9] Mézquita AJV, Biavati F, Falk V, et al. Clinical quantitative coronary artery stenosis and coronary atherosclerosis imaging: a consensus statement from the quantitative cardiovascular imaging study group [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2023, 20 (10): 696-714.

[10] Zhang D, Yang G, Zhao S, et al. Direct quantification of coronary artery stenosis through hierarchical attentive multi-view learning [J]. *IEEE Trans Med Imaging*, 2020, 39 (12): 4322-4334.

[11] 马雪妍, 侯佳蒙, 张永高. 基于CCTA的斑块及冠状动脉周围脂肪特征对非梗阻性心肌缺血的诊断价值 [J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42 (2): 252-257.

[12] 王超, 苏荷芸, 邱晓晖, 等. 冠状动脉斑块相关参数与血管周围脂肪组织参数的关系 [J]. *中国医学影像技术*, 2023, 39 (6): 843-847.

[13] 孙嘉晨, 景梦园, 李政晓, 等. 冠状动脉周围脂肪衰减指数与冠状动脉钙化的相关性研究 [J]. *兰州大学学报 (医学版)*, 2022, 48 (8): 40-43, 48.

[14] 王星, 顾鹰珩, 张洪, 等. 右冠脉起始部-主动脉夹角与右冠脉斑块成分及狭窄程度的关系探讨 [J]. *天津医药*, 2020, 48 (6): 527-530.

[15] 张润知, 顾慧, 李亚妮, 等. 449例患者冠状动脉周围脂肪衰减指数与CT高危斑块及狭窄程度的关联 [J]. *山东大学学报 (医学版)*, 2023, 61 (1): 27-31.

(收稿日期: 2024-07-03)

(校对编辑: 赵望淇)

(上接第63页)

可将穿刺针准确刺入病灶内, 从而实现准确诊断, 若采用短路径进针则难以有效固定穿刺针, 加上肋骨阻挡、呼吸运动等因素影响, 往往需要对穿刺针进行多次调整才能保证穿刺成功。对于直径 $\geq 1.5\text{cm}$ 的胸膜下结节由于体积更大, 在呼吸运动影响下结节移动度相对更小, 采用斜行长路径进针与短路径进针进行穿刺时单次穿刺成功率均较高。据相关研究^[15]报道, 出血、气胸均为CT引导下PTNB过程中最为常见的并发症。本研究显示两组患者并发症总发生率比较差异不显著, 说明CT引导下不同路径PTNB的安全性均较高。可能是因为在CT引导下PTNB能准确把控穿刺速度与力度, 并通过实时监测不断调整进针方向, 进而最大程度避免损伤患者血管、气管及肺泡等组织, 直达病灶内部, 从而有效减少了出血、气胸等并发症发生风险。

综上所述, CT引导下不同路径PTNB诊断胸膜下结节的临床价值均较高, 其中对于直径在1.5cm以下的胸膜下结节采用斜行长路径进针效果更佳, 能显著提高穿刺效果, 减少调针次数与穿刺时间, 值得推荐。

参考文献

[1] 乔元岗, 刘现闻, 鲍志宇, 等. 活检同步微波消融治疗肋胸膜下肺结节的安全性及有效性 [J]. *医学影像学杂志*, 2023, 33 (8): 1386-1389.

[2] Chiu JH, Chang YY, Weng CY, et al. Risk factors for pneumothorax and pulmonary hemorrhage following computed tomography-guided transthoracic core-needle biopsy of subpleural lung lesions [J]. *J Chin Med Assoc*, 2022, 85 (4): 500-506.

[3] 朱红伟, 张秀玲, 马士华, 等. 肺内胸膜下区非钙化结节分布及其特征 [J]. *山东医药*, 2023, 63 (1): 69-71, 75.

[4] 黄亚勇, 傅宇飞, 王涛, 等. 胸腔镜肺楔形切除术前CT引导下经肩胛骨穿刺定位肺结节 [J]. *中国介入影像与治疗学*, 2023, 20 (10): 637-639.

[5] Lee SB, Kim MJ, Lee IJ. Assessment of diagnostic accuracy and complication rates of CT-guided percutaneous core-needle biopsy for lung lesion: difference between solid and sub-solid nodules based on propensity score matching analysis [J]. *Clin Radiol*, 2023, 78 (9): e620-e626.

[6] 凤婧, 颜浩, 韩娟, 等. CT引导下经皮肺穿刺活检术在肺部占位病变诊断中的临床应用 [J]. *重庆医学*, 2022, 51 (4): 607-611, 617.

[7] 吕航, 万云焱, 姚周虹, 等. 胸膜恶性病变内科胸腔镜下结节表现与胸水生化及肿瘤标志物水平关系的研究 [J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2022, 21 (10): 720-724.

[8] 范真真, 高鹏, 董志辉. 320排螺旋CT低剂量扫描对孤立性肺结节的诊断价值及恶性结节危险因素分析 [J]. *医学影像学杂志*, 2022, 32 (5): 875-878.

[9] Hino H, Shinohara S, Okano Y, et al. Solitary ground-glass nodule mimicking lung cancer due to focal progression of usual interstitial pneumonia [J]. *Int J Surg Pathol*, 2023, 31 (5): 656-661.

[10] 张宇, 郭彦璞, 王辉, 等. CT引导下一次性肺结节定位针在单操作孔电视胸腔镜肺结节手术前肺结节定位中的应用 [J]. *新乡医学院学报*, 2022, 39 (7): 648-652.

[11] Wang DX, Wang YG, Ding GX, et al. The effectiveness of the puncture channel plugging for reduction of complications after CT-guided percutaneous transthoracic needle biopsy [J]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1): 12318.

[12] 李宏伟, 卓丽华, 龙拥军, 等. CT引导下不同路径经皮肺穿刺活检诊断胸膜下结节 [J]. *中国介入影像与治疗学*, 2019, 16 (10): 620-624.

[13] 李雪霞, 曾仲刚, 黄剑勇, 等. 双层探测器光谱CT在肺部病变经皮肺穿刺定位中的应用价值 [J]. *临床肺科杂志*, 2023, 28 (8): 1206-1209.

[14] Ren Q, Zhou Y, Yan M, et al. Imaging-guided percutaneous transthoracic needle biopsy of nodules in the lung base: fluoroscopy CT versus cone-beam CT [J]. *Clin Radiol*, 2022, 77 (5): e394-e399.

[15] Lim WH, Park CM. Percutaneous transthoracic needle biopsies in immunocompromised hosts with suspicious pulmonary infection: diagnostic yields and complications [J]. *Acta Radiol*, 2022, 63 (5): 606-614.

(收稿日期: 2024-08-22)

(校对编辑: 赵望淇)