

· 论 著 ·

双能量 CT 冠脉造影联合静息心肌透壁灌注指数 对心肌灌注程度的评价

杨帆¹, 蒋黎², 周永¹

1. 新疆医科大学第三临床医学院(附属肿瘤医院)CT室, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 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** 分析双能量 CT 冠状动脉(冠脉)造影联合静息心肌透壁灌注指数(TPR)对冠心病患者心肌灌注程度的评估价值。**方法** 回顾性分析 2017 年 1 月至 2018 年 6 月收治的 96 例临床疑诊冠心病患者的临床资料,住院期间均采取双能量 CT 检查,获取 CT 冠脉造影和静态 CT 灌注图像,根据冠脉 17 节段模型将不同冠状动脉分支分为正常、轻度、中度和重度狭窄 4 个亚组,根据冠脉 16 节段模型(不包括冠脉 17 节段模型中的心尖段)计算静息 TPR,并按灌注指数分为灌注正常和灌注轻度、中度、重度减低四个等级;采用 Spearman 相关性分析静息 TPR 与冠脉狭窄程度的相关性。**结果** 96 例临床疑诊冠心病患者经双能量 CT 冠脉造影检查左前降支(LAD)、左回旋支(LCX)或右冠状动脉(RCA) 288 支,正常 72 支,狭窄 216 支(其中狭窄程度 $\leq 50\%$ 有 125 支,51%~75%有 56 支,>75%有 35 支);经静态 CT 灌注检查上述 LAD、LCX 及 RCA 所支配心肌部位发现,灌注正常 100 支、轻度减低 51 支、中度减低 74 支,重度减低 63 支;不同狭窄程度 LAD、LCX、RCA 所支配心肌部位的静息 TPR 程度分级差异均具有统计学意义(P 均 <0.01)。经 Spearman 相关性分析,LAD、LCX、RCA 所支配心肌部位的静息 TPR 与相应冠脉分支狭窄程度均呈负相关(P 均 <0.05)。**结论** 冠心病患者静息 TPR 与冠脉狭窄程度呈负相关,通过双能量 CT 联合静息 TPR 可协同提高对心肌灌注程度的评估水平。

关键词: 双能量电子计算机 X 线断层扫描; 静息态心肌透壁灌注指数; 冠心病; 心肌灌注

中图分类号: R 445.3 R 541.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2019)07-0903-04

Assessment of dual-energy CT coronary angiography combined with myocardial transmural perfusion index at resting state on the degree of myocardial perfusion

YANG Fan*, JIANG Li, ZHOU Yong

* *Computed Tomography Room, Third Clinical Medical College of Xinjiang Medical University*

(*Affiliated Tumor Hospital*), Urumqi, Xingjiang 830011, China

Abstract: Objective To explore the clinical value of dual-energy computed tomography (CT) combined with myocardial transmural perfusion index (TPR) at resting state in evaluating the degree of myocardial perfusion in patients with coronary heart disease (CHD). **Methods** The clinical data of 96 patients with suspected CHD treated from January 2017 to June 2018 were retrospectively analyzed. During hospitalization, all the patients underwent dual-energy CT examination to obtain CT coronary angiography and static CT perfusion images. According to the 17-segment model of coronary artery, the branches of coronary artery were divided into normal-, mild-, moderate- and severe- degree stenosis subgroups. The TPR at resting state was calculated according to the 16-segment model of coronary artery (excluding the apical segment of coronary 17-segment model), and they divided into four grades: normal perfusion and mild-, moderate- and severe- reduction of perfusion according to TPR. Spearman correlation was used to analyze the correlation between TPR at resting state and degree of coronary stenosis. **Results** Out of 288 coronary arteries by dual-energy CT coronary angiography, 72 were normal, 216 were stenosis [including left anterior descending artery (LAD), left circumflex artery (LCX) or right coronary artery (RCA), 125 had less than 50% stenosis, 56 had 51% - 75% stenosis, 35 had greater than 75% stenosis]. For myocardial sites dominated by LAD, LCX and RCA, static CT perfusion showed that 100 were with normal perfusion, 51 slightly decreased perfusion, 74 moderately decreased perfusion and 63 severely decreased perfusion. For the myocardial sites dominated by LAD, LCX and RCA, the TPR at resting state decreased with the increase of the degree of stenosis, and

there were significant differences in resting myocardial perfusion grading of different degree of stenosis of LAD, LCX and RCA (all $P < 0.01$). Spearman correlation analysis showed that the TPR at resting state of the myocardial sites dominated by LAD, LCX and RCA were negatively correlated with the degree of stenosis of corresponding coronary branches (all $P < 0.05$). **Conclusion** In patients with CHD, the TPR at resting state is negatively correlated with the degree of coronary artery stenosis, and Dual-energy CT combined with TPR at resting state can improve the evaluation level of the degree of myocardial perfusion.

Key words: Dual-energy computed tomography; Myocardial transmural perfusion index at resting state; Coronary heart disease; Myocardial perfusion

近年来,心血管病危险因素流行现状及冠心病发生率升高趋势不容乐观,但相当一部分冠心病患者存在治疗不足或过度的现象,与心室肌功能评估不准确密切相关。目前,冠状动脉(冠脉)造影仍作为直观、准确地反映冠脉狭窄程度、确诊冠心病的主要方法之一,但冠脉造影的侵入创伤性明显,风险较大,未能分析冠脉狭窄对心肌血流灌注的影响,难以推广为评估冠心病患者心室肌功能的常规筛查方法^[1]。一项研究表明,既往无冠心病的疑似冠心病患者经冠脉造影显示冠脉狭窄率不超过 40%^[2]。基于上述观点,在应用冠脉造影之前,发展并应用无创性影像学检查方法已成为提高冠心病患者心室肌功能评估效能的关键环节。近年来,双能量 CT 联合静息心肌透壁灌注指数作为冠心病一站式、无创性影像学检查方法,其中双能量 CT 应用较为成熟,在评价冠脉是否狭窄的同时,准确评估狭窄程度,但难以评价治疗前后的心肌灌注信息^[3-5];而目前静态 CT 灌注检查广泛用于评估心肌灌注情况,了解狭窄冠脉所支配的心肌是否缺血。基于上述两种检查方法的优、缺点,融合两种检查结果,可用于诊断引起心肌血流灌注异常的狭窄冠脉,准确评估冠心病患者心室肌功能,但相关的研究较少,尚未形成统一论。为此,本研究分析双能量 CT 联合静息心肌透壁灌注指数对冠心病患者心室肌功能的评估价值,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析新疆医科大学附属肿瘤医院和新疆维吾尔自治区人民医院 2017 年 1 月至 2018 年 6 月收治的 96 例临床疑诊冠心病患者的临床资料,其中男 66 例,女 30 例;年龄为 35 ~ 80 (57.4 ± 4.7) 岁;合并高血压 62 例、糖尿病 52 例、高脂血症 38 例。纳入标准:临床疑诊为冠心病患者,具有不同程度的胸闷、气短及胸前区疼痛等症状,或具有心绞痛发作史;对碘造影剂无过敏史;窦性心律或药物控制心率不超过 60 次/min;无哮喘史或慢性阻塞性肺疾病等严重呼吸道疾病,能够配合呼吸;心电图显示 ST-T 异常,平板运动试验阳性,具有入院 1 周

内的 CT 冠脉造影和静态 CT 灌注检查资料。排除标准:存在冠脉钙化性斑块,心律不齐,对碘造影剂过敏,肾功能不全,充血性心力衰竭,合并低血压、病窦综合征,难以耐受高压注射器静脉注射等患者。

1.2 双能量 CT 检查 采用 GE Discovery HD 750 CT 机,通过回顾性心电门控触发扫描法进行双能量 CT 冠脉造影;扫描范围:气管隆突下 1 cm 至心脏膈面,采用高压注射器静脉于肘静脉以 4 ~ 5 ml/s 的速率注射造影剂(欧乃派克) 70 ~ 80 ml,以相同的方式注射 50 ml 0.9% NaCl 溶液,首选主动脉根部作小剂量测试,获取感兴趣的 CT 值,延时 5 ~ 6 s 开启自动扫描,扫描参数:管电压:120 kV,管电流:380 ~ 400 mA,准直器宽度:0.625 × 64 mm,视角:150 mm × 150 mm ~ 180 mm × 180 mm,单圈旋转时间:350 ms,覆盖范围:4 cm;扫描结束后分析图像,将原始数据传至高级工作站处理,采用最大密度投影、多平面重建、容积成像等重建图像,由两名工作经验丰富的医师采用双盲法分析,评估冠脉狭窄程度。根据冠脉 17 节段模型将左前降支(LAD)、左回旋支(LCX)或右冠状动脉(RCA)分为正常、轻度、中度和重度狭窄 4 个亚组,狭窄程度分别对应无、≤50%、51 ~ 75%、>75%;病变的 LAD、LCX 或 RCA 至少有一支的狭窄程度 >50%,作为诊断冠脉狭窄的阳性标准。

1.3 静态 CT 灌注图像分析 检查前嘱患者扫描时屏住呼吸,采用 GE Discovery HD 750 CT 机,对比剂采用非离子碘剂碘海醇,浓度 350 mgI/ml,剂量为 50 ~ 100 ml,使用双筒高压注射器,注射速度 5 ml/s,随后 5 ml/s 速率注射 40 ml 的 0.9% NaCl 溶液。扫描参数设定:电压 120 kV,电流 250 mA,重建层厚及间隔均为 0.75 mm,旋转时间 0.33 s,螺距比 0.2 ~ 0.45:1(具体比例随心率调整);扫描范围为自气管分叉至心脏膈面下 1 cm,扫描时间 10 ~ 12 s。所得的静态 CT 灌注图像应用心肌灌注软件进行分析,通过 Butterworth 滤波反投影法重建图像,将心肌分为外、中、内三层,获取不同层面的图像;由两名工作经验丰富的医师采用双盲法判读,确定心肌血流灌注异常区域,以左室心肌最大计数区作为正常参考区,根据冠

脉 16 节段模型(不包括冠脉 17 节段模型中的心尖段),系统自动计算每层心肌的平均密度值,计算静息心肌透壁灌注指数,计算公式:静息心肌透壁灌注指数 = 内膜下平均密度值/外膜下平均密度值^[6],按灌注指数数据灌注异常程度分为正常、轻度减低、中度减低和重度减低四个等级。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 21.0 软件处理实验数据。符合正态分布且方差齐性的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间使用成组 t 检验;计数资料使用 χ^2 检验;等级资料使用秩和检验;静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度的相关性采用 Spearman 相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 双能量 CT 冠脉造影结果分析 本组 96 例临床疑诊冠心病患者经双能量 CT 冠脉造影检查 288 支 LAD、LCX 或 RCA,正常 72 支,狭窄 216 支;其中狭窄程度 $\leq 50\%$ 有 125 支,51% ~ 75% 有 56 支, > 75% 有 35 支,不同冠状动脉类型的狭窄程度比较,差异有统计学意义($P < 0.01$)。见表 1。

2.2 静态 CT 灌注检查结果分析 静态 CT 灌注检查上述 LAD、LCX 及 RCA 所支配心肌部位可见,灌注正常 100 支,轻度减低 51 支,中度减低 74 支,重度减低 63 支,不同狭窄程度 LAD、LCX、RCA 所支配心肌部位的静息心肌透壁灌注异常程度比较,差异有统计

学意义($P < 0.01$)。见表 2。

2.3 静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度的关系分析 LAD、LCX、RCA 所支配心肌部位的静息心肌透壁灌注指数均随着狭窄程度增大而减小,经 Spearman 相关性分析,LAD、LCX、RCA 所支配心肌部位的静息心肌透壁灌注指数与相应冠脉分支狭窄程度均呈负相关,相关系数分别为 -0.725、-0.696 和 -0.801(P 均 < 0.05)。见表 3、图 1。

表 1 双能量 CT 冠脉造影结果分析 (支)

冠脉类型	狭窄程度			
	正常 (n = 72)	$\leq 50\%$ (n = 125)	51% ~ 75% (n = 56)	> 75% (n = 35)
LAD	12	29	34	13
LCX	29	43	12	15
RCA	31	53	10	7
χ^2/P 值	22.815/0.000			

表 2 静态 CT 灌注检查结果分析 (支)

冠脉类型	心肌灌注异常程度			
	正常 (n = 100)	轻度减低 (n = 51)	中度减低 (n = 74)	重度减低 (n = 63)
LAD	12	7	37	32
LCX	43	14	23	19
RCA	45	30	14	12
χ^2/P 值	27.820/0.000			

表 3 静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度的相关性分析

指标	LAD	LCX	RCA
r 值	-0.725	-0.696	-0.801
P 值	0.027	0.032	0.019

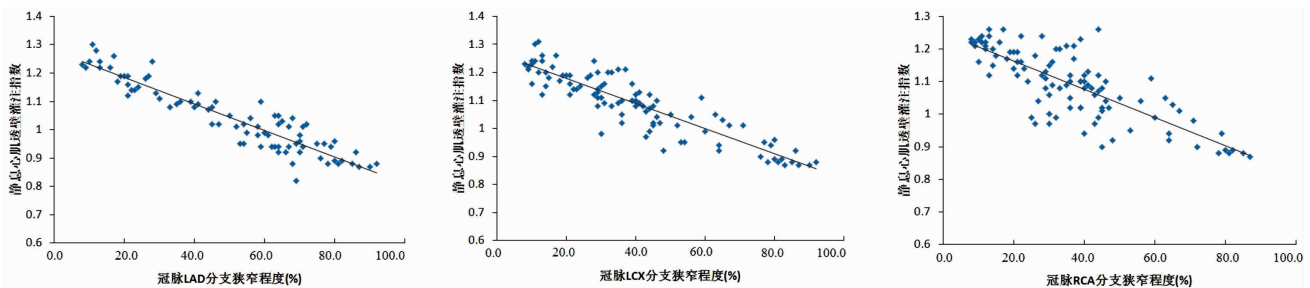


图 1 静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度的 Spearman 相关性分析散点图

3 讨论

双能量 CT 冠脉造影评价冠脉是否狭窄及评估狭窄程度的效能与冠脉造影相当,已被临床广泛认可^[7]。但与冠脉造影相似,双能量 CT 冠脉造影既不能判断狭窄冠脉分支所支配的心肌灌注情况,也不能评估缺血区心肌存活情况^[8-9]。近年来随着扫描技术进步,双能量 CT 可以通过一次扫描获取静态 CT 灌注图像,进而了解心肌灌注情况^[10-11]。朱姬莹等^[12]在一项关于静息心肌透壁灌注指数评估心肌灌注异常情况的研究中指出,心肌灌注正常患者的主要

心血管事件发生率不超过 2%;这提示静息心肌透壁灌注指数在评估冠心病患者心室肌功能上发挥着重要作用。因此有研究者提出联合 CT 冠脉造影与静态 CT 灌注两种检查技术,优势互补,分别从冠脉狭窄程度和心肌灌注异常程度两方面评估心室肌功能。本研究结果证实,以双能量 CT 冠脉造影评估冠脉狭窄程度,以静息心肌透壁灌注指数评价冠脉狭窄对心肌灌注的影响,分析两者的相关性,有助于提高冠心病患者心室肌功能的评估效能。

对于冠脉狭窄程度超过 50% 的冠心病患者往往有多支罪犯血管,在此种情况下,采取双能量 CT 联

合静息心肌透壁灌注指数评估心室肌功能的一致率较高。但本研究中有 4 例冠脉狭窄 $< 25\%$ 患者的心肌灌注异常为中重度,即冠脉狭窄程度与心肌灌注异常程度不一致,分析原因可能有^[12-13];冠脉痉挛等影响心肌微循环状态、冠脉优势分布的差异、冠脉钙化对狭窄程度判断的影响等。当冠脉狭窄程度在 $26\% \sim 50\%$,一部分冠心病患者出现心肌灌注异常,静息心肌透壁灌注指数较小,且狭窄冠脉与心肌灌注异常的部位基本对应。既往报道认为,冠脉狭窄 $> 50\%$ 被确诊冠心病,而 $< 50\%$ 定义为阴性灌注^[14-15]。但本研究显示,狭窄 $< 50\%$ 的冠心病患者依然存在心肌灌注异常,且大多确定为不稳定性斑块,其心肌灌注异常,静息心肌透壁灌注指数减小,导致发生急性冠脉事件的风险显著大于稳定性斑块;对此,可以认为即使静息心肌透壁灌注指数无明显减小,但斑块的稳定性较差者,依然要及时采取临床干预。

本研究结果显示,大多数疑似冠心病患者的静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度呈负相关,即静息心肌透壁灌注指数随着冠脉狭窄程度加大而减小,这与大多数学者的研究观点相同。但亦有研究指出,少数冠心病患者的静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度不呈负相关,这可能与 LAD、LCX 及 RCA 等冠脉主要分支的供血部位存在交叉,而本研究仅将冠脉主要分支纳入研究有关^[16-17]。同时本研究也显示,不同狭窄程度 LAD、LCX、RCA 所支配心肌部位的静息心肌透壁灌注异常程度比较差异有统计学意义,提示冠脉重度狭窄对心肌灌注影响明显,且静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度呈负相关,有利于评估心室肌功能。

综上所述,冠心病患者静息心肌透壁灌注指数与冠脉狭窄程度呈负相关,通过双能量 CT 联合静息心肌透壁灌注指数可协同提高对心肌灌注功能的评估效能。但本研究为回顾性研究,样本量较少,缺乏随访结果,未能评估两种检查技术对预后的评估价值,这均需要在今后研究中进一步探讨。

参考文献

[1] 熊青峰,马小静,陈险峰,等. 冠状动脉 CTA 联合节段心功能评价冠心病临床价值[J]. 临床放射学杂志,2017,36(6):813-816.

[2] Rodriguez-Granillo GA, Campisi R, Deviggiano A, et al. Detection of myocardial infarction using delayed enhancement dual-energy CT in stable patients[J]. Am J Roentgenol, 2017, 209(5):1023.

[3] 谷珊珊,王蓓,董薇,等. 心脏融合显像定量评价功能相关冠状动脉狭窄的临床研究[J]. 首都医科大学学报,2013,34(1):36-42.

[4] Baumann S, Rutsch M, Becher T, et al. Clinical impact of rest dual-energy computed tomography myocardial perfusion in patients with coronary artery disease[J]. In Vivo, 2017, 31(6):1153-1157.

[5] 许化致,孙厚长,谢福荣,等. 静息心肌透壁灌注指数(TPR)对冠心病附加诊断价值[J]. 中国现代医生,2016,54(14):5-8.

[6] 王丽娟,王昊,孙贤英,等. 腺苷负荷^{99m}Tc-MIBI SPECT 心肌显像在缺血性心脏病诊断中的价值及安全性评价[J]. 中国医科大学学报,2011,40(6):537-540.

[7] Nakahara T, Toyama T, Jinzaki M, et al. Quantitative analysis of iodine image of dual-energy computed tomography at rest: comparison with 99mTc-tetrofosmin stress-rest single-photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging as the reference standard [J]. J Thorac Imaging, 2018, 33(2):97-104.

[8] 朱丙烟,付凤魁,朱荣广,等. 冠心病肺部感染患者双源 CT 血管成像在诊断中的应用评价[J]. 中华医院感染学杂志,2015,25(14):3229-3231.

[9] 杨福平,王艳,杨帆. 双源螺旋 CT 对冠心病的诊断价值[J]. 浙江临床医学,2015,17(11):1985-1986.

[10] 邵婉怡,徐辉,张乐乐,等. 核素心肌灌注显像和双源 CT 在诊断冠心病中的临床价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志,2015,35(4):246-250.

[11] Danad I, Cho I, Elmore K, et al. Comparative diagnostic accuracy of dual-energy CT myocardial perfusion imaging by monochromatic energy versus material decomposition methods[J]. Clin Imaging, 2018, 50:1-4.

[12] 朱姬莹,徐秀芳,许化致,等. 冠状动脉 CT 血管造影联合静息心肌透壁灌注指数诊断冠心病的临床价值研究[J]. 浙江医学,2016,38(7):455-458,471.

[13] Andersson C, Vasan RS. Is there a role for coronary artery calcium scoring for management of asymptomatic patients at risk for coronary artery disease? Clinical risk scores are sufficient to define primary prevention treatment strategies among asymptomatic patients [J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2014, 7(2):390-397.

[14] Han RJ, Sun K, Lu B, et al. Diagnostic accuracy of coronary CT angiography combined with dual-energy myocardial perfusion imaging for detection of myocardial infarction [J]. Exp Ther Med, 2017, 14(1):207-213.

[15] 李建龙,张虹,张变花,等. 冠状动脉 CT 血管成像对冠心病等危症患者诊断心肌缺血的价值[J]. 心脏杂志,2016,28(5):568-572.

[16] 王东奎,袁泽,张凌,等. 多层螺旋 CT 灌注成像对冠心病诊断的应用研究[J]. 哈尔滨医科大学学报,2015,49(4):350-352.

[17] 邓炜,王丽,黄益,等. 对比不同类型心肌灌注结合 CTCA 判断冠状动脉狭窄准确率[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2015,13(8):54-56,93.