

冠状动脉造影剂循环时间对冠心病患者的心肌灌注及功能的评估价值

邵杨歌¹ 尹德录¹ 赵新华¹ 李群星¹ 陈心怡¹ 张洁² 薛婷² 张鹏英²

(1.徐州医科大学附属连云港医院心内科,江苏 连云港 222000; 2.徐州医科大学附属连云港医院超声科,江苏 连云港 222000)

【摘要】目的 应用校正TIMI帧数(CTFC)、斑点追踪分层应变技术探讨冠状动脉造影剂循环时间(CCTT)对冠心病(CHD)患者整体心肌组织灌注及心肌功能的评估价值,并分析影响CCTT的相关因素。**方法** 选取徐州医科大学附属连云港医院心内科经冠状动脉造影(CAG)检查明确诊断CHD的患者100例为研究组,另选CAG正常者50例为对照组。术前应用二维斑点追踪技术测定患者左室各层心肌整体纵向应变(GLS),术后依据CAG结果计算CCTT、CTFC和Gensini积分,通过Pearson相关分析探讨CCTT与CTFC、分层GLS之间的相关性,并应用logistic回归分析探讨影响CHD患者CCTT改变的相关因素。**结果** CHD患者CTFC、CCTT、分层GLS与正常对照组比较有差异($P<0.05$)。Pearson相关分析显示:CHD患者仅在冠状动脉轻度或单支血管病变时CCTT与CTFC有弱相关性, r 值分别为-0.247和-0.332, P 均 <0.05 。Logistic回归分析显示:年龄和冠状动脉病变的支数是CCTT降低的独立危险因素(OR 分别为1.089和2.084, P 均 <0.05)。**结论** CHD患者CCTT较正常对照组缩短,CCTT对CHD患者的心肌灌注及心肌功能评估价值有限,年龄和冠状动脉病变支数是CCTT降低的独立危险因素。

【关键词】 冠心病;造影剂循环时间;校正TIMI帧数;二维斑点追踪;分层心肌应变

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.10.021

Evaluation Value of Coronary Contrast Agent Transit Time on Myocardial Perfusion and Myocardial Function in Patients with Coronary Heart Disease

SHAO Yangge¹, YIN Delu¹, ZHAO Xinhua¹, LI Qunxing¹, CHEN Xinyi¹, ZHANG Jie², XUE Ting², ZHANG Pengying²

(1. Department of Cardiology, Lianyungang Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University, Lianyungang 222000, Jiangsu, China; 2. Department of Ultrasound, Lianyungang Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University, Lianyungang 222000, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective Corrected TIMI frame count (CTFC) and speckle tracking layer-specific strain are used to evaluate the value of coronary contrast agent transit time (CCTT) on myocardial perfusion and myocardial function in patients with coronary heart disease (CHD), and to analyze the factors affecting CCTT. **Methods** 100 patients with CHD diagnosed by coronary angiography (CAG) in the Department of Cardiology, Lianyungang Hospital affiliated to Xuzhou Medical University were selected as the study group, and 50 patients with normal CAG were selected as the control group. 2D speckle tracking imaging technology was used to measure the global longitudinal strain (GLS) of each layer of myocardium before surgery. CCTT, CTFC and Gensini integrals were calculated according to CAG results. Pearson correlation analysis was used to explore the correlation between CTFC and CCTT, CTFC and layer-specific GLS. Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors of CCTT reduction in CHD patients. **Results** There are significant differences in CTFC, CCTT, and layer-specific GLS between CHD patients and the normal control group ($P<0.05$). Pearson correlation analysis shows that there is a weak correlation between CCTT and CTFC in patients with CHD only in patients with mild coronary artery disease or single vessel disease ($r = -0.247, -0.332; P<0.05$). Logistic regression analysis shows that age and number of coronary artery lesions are independent risk factors for CCTT reduction ($OR = 1.089, 2.084; P<0.05$). **Conclusion** CCTT in CHD patients is shorter than that in the normal control group, and CCTT has limited value in evaluating myocardial tissue perfusion and myocardial function in CHD patients. Age and number of coronary artery lesions are independent risk factors for the reduction of CCTT.

【Key words】 coronary heart disease; Coronary contrast transit time; Corrected TIMI frame count; Two-dimensional speckle tracking; Layer-specific strain

基金项目:江苏省卫生健康委科研基金(ZDB2020029)

通信作者:尹德录, E-mail: druseyin@163.com

冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)是诊断冠心病(coronary heart disease, CHD)的“金标准”,校正 TIMI 帧数(corrected TIMI frame count, CTFC)是 CAG 时造影剂从起始到标准化冠状动脉远端标志所需的帧数量,与心肌核素显像、冠状动脉血流储备分数、冠状动脉血流储备和微循环阻力指数等关系密切,是评估心肌微循环灌注的良好指标之一^[1-4]。而冠状动脉造影剂循环时间(coronary contrast agent transit time, CCTT)是指 CAG 时从冠状动脉开口推入造影剂开始到冠状静脉窦开始显像的时间,是冠状动脉瞬时血流测量的一个重要参数,测量方便,重复性好,对反映心肌微循环灌注有一定参考价值^[5-6]。心肌灌注不佳,将影响其收缩功能,心肌应变是反映心肌收缩功能客观而准确的指标,基于二维斑点追踪技术测定的分层心肌整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)较全层 GLS 对心肌功能的评估更为精确,是评估心肌功能的理想指标^[7-9]。既往研究显示对于非阻塞性冠状动脉疾病(如 X 综合征和冠状动脉慢血流等),CCTT 与 CTFC 均显著延长,GLS 绝对值明显降低,并且 CCTT 与 CTFC 具有很好的相关性,这说明 CCTT 同 CTFC 一样可作为评估非阻塞性患者心肌微循环灌注及心肌功能的良好指标^[10-11]。对于 CHD 患者,CCTT 是否具有同样的价值却未见报道。本研究旨在应用 CTFC 和心肌分层应变技术探讨 CHD 患者 CCTT 对整体心肌组织灌注及心肌功能的评估价值,并进一步探究影响 CCTT 的相关因素。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究为前瞻性研究,2020 年 5—8 月,从徐州医科大学附属连云港医院心内科随机选取 100 例经 CAG 检查明确诊断 CHD 的患者作为研究组,另选 50 例 CAG 正常的患者为对照组。CHD 诊断标准为:CAG 检查任何一支主要冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 。纳入标准:窦性心律,心功能正常,冠状动脉呈右优势型和无严重基础疾病。排除标准:左主干病变、冠状动脉完全闭塞、陈旧性心肌梗死、CHD 介入治疗史、先天性心脏病、心脏瓣膜病、心肌病和 X 综合征的患者等。

1.2 方法

1.2.1 超声心动图

采用彩色多普勒超声诊断仪(Philips, IE33, 荷兰),S5.1 探头,完善常规心脏超声检查,并额外收集受试者心尖四腔、三腔和二腔左室长轴切面的 3 个心动周期图像用来分析左室心肌纵向应变。图像分析:使用 QLAB 9.0 软件计算左室纵向分层应变,选择分析心尖四腔、三腔和二腔左室长轴切面的心肌范围,勾画出心肌内膜边界,对显影不佳的节段进行手动微

调,然后通过软件自动测量出整个左室心内膜下心肌 GLS[GLS(内)],中层心肌 GLS[GLS(中)]和心外膜下心肌 GLS[GLS(外)]。

1.2.2 CAG

采用 Judkins 法穿刺右侧桡动脉,江苏恒瑞公司生产碘克沙醇作为造影剂,美国 GE 公司心血管造影机行选择性多体位左右 CAG 检查。左冠状动脉以 2 mL/s 的速度推入 6 mL 造影剂,右冠状动脉以 2 mL/s 的速度推入 3 mL 造影剂,以 15 帧/s 的速率记录造影图像,依据病变部位及狭窄程度计算 Gensini 评分,具体标准参照 Rampidis 等^[12]制定的 Gensini 积分指南。

CCTT 测定方法:记录左、右冠状动脉第一帧和最末帧之间的帧数,第一帧指造影剂开始注入冠状动脉开口的帧数,最末帧指造影剂进入冠状静脉窦开口的帧数。各血管 CCTT 为二者之间差值。左冠状动脉取“足位 30°”和右冠状动脉取“头位 30°”作为标准体位测定造影剂循环时间。通常 CAG 显示冠状动脉呈右优势的患者,左室心肌 80% 血供由左冠状动脉提供(左前降支提供 50%,左回旋支提供 30%),20% 通过右冠状动脉提供^[13]。最终 CCTT = 80% × 左冠状动脉循环时间 + 20% × 右冠状动脉循环时间,即取左右冠状动脉造影剂循环时间的加权平均数作为研究对象。

CTFC 测定方法:CTFC 计算的起止点参考 Gibson 等^[14]的研究方法,记录第一帧和最末帧之间的帧数。各血管 CTFC = 最末帧帧数 - 第一帧帧数。由于左前降支(LAD)较长,既往测定 LAD 时间通常是左回旋支(LCX)、右冠状动脉(RCA)的 1.7 倍,取 LAD 的 CTFC = LAD 计算的帧数/1.7。最终 CTFC = (LAD + LCX + RCA)/3,即取冠状动脉三支血管 CTFC 平均值作为研究对象。

以上所有的测量结果均由两位年资相近的副高级职称以上医师进行计算,取其均值。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件分析统计结果。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较用独立样本 t 检验,多组间采用方差分析。分类变量以频数、百分比描述,不同组比较用 χ^2 检验。计算 Pearson 相关系数进行相关性分析,通过多因素二分类 logistic 回归分析探讨影响 CHD 患者 CCTT 降低的相关因素, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象临床特征

本研究纳入 100 例 CHD 患者,其中男性 66 例,女性 34 例,年龄(63.72 ± 10.70)岁。对照组 50 例,男性 26 例,女性 24 例,年龄(60.3 ± 8.0)岁。主要研究参数 CCTT、CTFC 以及心肌分层 GLS 指标均由两位年资相

近副高级职称医师进行计算,取其均值,并且不同医师测量的参数之间具有很好的重复性,Pearson 相关分析显示:两位心血管介入医师测得 CCTT 相关系数 $r=0.881, P<0.01$;CTFC 相关系数 $r=0.912, P<0.01$;两位心脏超声医师测得 GLS(内)之间相关系数 $r=0.852$, GLS(中)相关系数 $r=0.863$, GLS(外)相关系数 $r=0.890, P$ 均 <0.01 。

2.2 两组间资料比较

两组间 CHD 危险因素除了高血压和吸烟有区别外($P<0.05$),糖尿病、血脂异常和家族史未见异常($P>0.05$),并且 CHD 组 and 对照组在性别、体质量指数(body mass index, BMI)、年龄、心率和左室舒张末期内径等基线资料比较无显著差异($P>0.05$)。与对照组比较,CHD 组的左室射血分数、CCTT 和左室各层心肌

应变参数的绝对值均明显下降,CTFC 和 Gensini 评分均明显增加,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 1。通过 Pearson 相关分析显示:CHD 患者的 Gensini 评分与 CCTT 相关系数 $r=-0.143, P>0.05$,与 CTFC 相关系数 $r=0.412, P<0.05$;与 GLS(内)、GLS(中)和 GLS(外)的相关系数 r 分别为 0.450、0.430 和 0.357, P 均 <0.05 。CTFC 与 GLS(内)、GLS(中)和 GLS(外)相关系数 r 分别为 0.476、0.441 和 0.436,差异均有统计学意义($P<0.01$)。而 CCTT 与反映心肌组织灌注指标(CTFC)无明显相关性($r=-0.169, P>0.05$),与评估心肌功能的 GLS(内)、GLS(中)和 GLS(外)的相关系数 r 分别为-0.016、-0.059 和-0.034, P 均 >0.05 ,无统计学意义。

表 1 对照组和 CHD 组资料比较

基本特征	对照组($n=50$)	CHD 组($n=100$)	t/χ^2	P 值
男	26(50)	66(100)	2.755	0.097
高血压	15(50)	53(100)	7.115	<0.01
糖尿病	13(50)	23(100)	0.164	0.685
血脂异常	11(50)	25(100)	0.164	0.685
吸烟	3(50)	20(100)	4.501	0.034
CHD 家族史	5(50)	11(100)	0.035	0.852
BMI/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	23.34 \pm 2.12	24.46 \pm 2.21	-0.844	0.312
年龄/岁	60.3 \pm 8.0	63.72 \pm 10.70	-0.676	0.413
心率/(次 $\cdot \text{min}^{-1}$)	69.24 \pm 7.48	70.34 \pm 12.87	-1.090	0.278
收缩压/mm Hg	138.5 \pm 14.7	140.35 \pm 15.15	-0.019	0.985
舒张压/mm Hg	80.78 \pm 12.75	81.06 \pm 13.43	0.605	0.546
左室舒张末期内径/mm	51.98 \pm 14.96	55.08 \pm 17.04	1.103	0.272
左室射血分数/%	62.93 \pm 4.10	57.87 \pm 8.90	4.718	<0.01
Gensini 评分	0	27.97 \pm 21.05	-9.328	<0.01
CCTT/帧	92.07 \pm 9.54	85.82 \pm 12.89	2.827	<0.01
CTFC/帧	21.90 \pm 3.47	28.28 \pm 3.89	-11.840	<0.01
GLS(内)	-22.12 \pm 1.54	-17.58 \pm 2.77	-10.758	<0.01
GLS(中)	-21.05 \pm 1.17	-16.48 \pm 4.26	-7.432	<0.01
GLS(外)	-19.70 \pm 1.51	-15.81 \pm 2.53	-10.218	<0.01

注:1 mm Hg=0.133 3 kPa。

2.3 不同亚组间 CCTT 对心肌灌注及心肌功能评估价值

冠状动脉病变严重程度可通过 Gensini 评分来反映,依据 Gensini 评分将 CHD 患者分为轻度病变组(<25 分)、中度病变组(25~49分)和重度病变组(≥ 50 分)。如表 2 显示,CCTT 帧数与冠状动脉病变严重程度无关,CTFC 随冠状动脉病变的加重而增加,左室各层心肌应变参数的绝对值随着冠状动脉病变严重程

度的增加而减小。Pearson 相关分析显示,CHD 患者三组间仅轻度病变组 CCTT 与 CTFC 有较弱相关性($r=-0.247, P=0.047$),其余各组间 CCTT 与 CTFC、GLS(内)、GLS(中)和 GLS(外)均未见明显相关性(P 均 >0.05)。

将 CHD 患者根据病变累及冠状动脉支数分为单支、双支和三支病变组,与对照组相比,单支、双支及三支病变组患者的 CCTT、GLS(内)、GLS(中)和 GLS

(外)均降低(P 均 <0.05),而 CTFC 高于对照组($P<0.05$);并且 CCTT 帧数随着冠状动脉累及病变支数的增多而减低,而 CTFC 帧数随着冠状动脉累及病变支数的增多而增加,如表 3。三组间仅单支病变组 CCTT 与 CTFC 有较弱相关性($r=-0.332, P=0.030$),其余各组间 CCTT 与 CTFC、GLS(内)、GLS(中)和 GLS(外)均未见明显相关性(P 均 >0.05)。

2.4 CHD 患者 CCTT 降低的影响因素

以 CAG 正常者 95%CI 为界,将 CHD 患者分为对

照组和 CCTT 减低组。通过独立样本 t 检验比较两组基线资料,CCTT 减低组和对照组除了在年龄、血管病变支数、是否患糖尿病、是否吸烟以及 CTFC 有差别外($P<0.05$),其余相关参数均无统计学意义($P>0.05$),见表 4。将有差别的变量纳入多因素二分类 logistic 回归分析,得出吸烟和糖尿病是阻碍 CCTT 减小因素,而年龄和冠状动脉病变的支数是 CCTT 减小的独立危险因素,OR 分别为 1.089 和 2.084, P 均 <0.05 ,差异有统计学意义,如图 1。

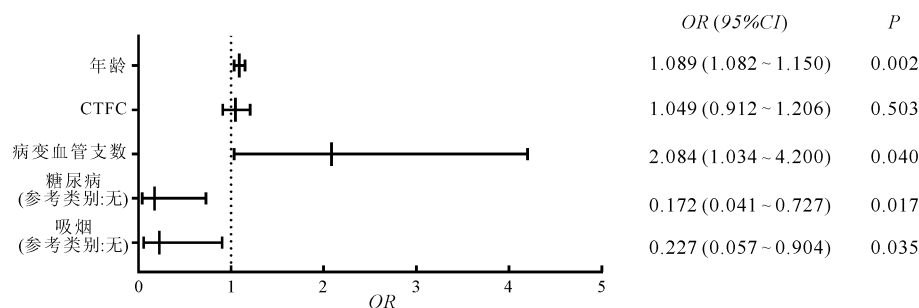


图 1 CHD 患者不同因素对 CCTT 影响结果图

表 2 对照组和不同程度冠状动脉病变组之间的参数比较

项目	对照组 ($n=50$)	轻度病变组 ($n=53$)	中度病变组 ($n=29$)	重度病变组 ($n=18$)
CCTT/帧	92.07±9.54	88.34±12.74	81.18±13.15 ^{*#}	85.90±11.42
CTFC/帧	21.90±3.47	26.03±3.05 [*]	28.69±2.41 ^{*#}	31.78±4.54 ^{*##}
GLS(内)	-22.12±1.54	-18.55±2.47 [*]	-17.23±2.68 ^{*#}	-15.29±2.51 ^{*##}
GLS(中)	-21.05±1.17	-17.59±2.29 [*]	-15.54±2.75 ^{*#}	-14.71±2.50 ^{*#}
GLS(外)	-19.70±1.51	-16.76±2.36 [*]	-15.49±2.29 [*]	-13.53±2.11 ^{*##}

注:与对照组相比,^{*}表示 $P<0.05$;与轻度狭窄组相比,[#]表示 $P<0.05$;与中度狭窄组相比,[△]表示 $P<0.05$ 。

表 3 对照组和不同冠状动脉病变支数组之间的参数比较

项目	对照组 ($n=50$)	病变血管支数		
		单支血管 ($n=42$)	双支血管 ($n=34$)	三支血管 ($n=24$)
CCTT/帧	92.07±9.54	88.81±12.26 ^a	85.09±12.63 ^a	81.71±11.29 ^{ab}
CTFC/帧	21.90±3.47	26.47±3.48 ^a	28.46±2.90 ^{ab}	30.65±3.60 ^{abc}
GLS(内)	-22.12±1.54	-18.39±2.82 ^a	-17.27±2.51 ^{ab}	-16.60±2.69 ^{ab}
GLS(中)	-21.05±1.17	-17.54±2.74 ^a	-16.49±2.35 ^a	-14.60±7.13 ^{abc}
GLS(外)	-19.70±1.51	-16.60±2.81 ^a	-15.51±2.39 ^{ab}	-14.80±2.43 ^{ab}

注:与对照组相比,^a表示 $P<0.05$;与单支病变组相比,^b表示 $P<0.05$;与双支病变组相比,^c表示 $P<0.05$ 。

3 讨论

CHD 患者恢复心肌有效灌注比解除狭窄更为重要^[15]。目前对心肌灌注的评估方法主要有心肌声学造影、心肌核素显像、冠状动脉血流储备分数、冠状动脉血流储备和微循环阻力指数等^[16],这些方法因其技术要求高,花费大,并不适合临床大规模应用。血流 TIMI 分级临床应用较为广泛,但其主观性强,重复性差,这限制其进一步应用。而 CTFC 通过帧数计数能定量评估冠状动脉血流状态,弥补 TIMI 评分的不足,与心肌核素显像、冠状动脉血流储备分数、冠状动脉

血流储备和微循环阻力指数等关系密切,且重复性好,是评估心肌微循环灌注的良好指标之一^[14]。二维斑点追踪技术测得的心肌应变能定量反映心肌形变程度,与心肌核素显像和磁共振成像测量结果相一致^[17],能很好反映心肌力学功能^[18]。纵向心肌纤维对心脏收缩起主要作用^[19],分层 GLS 能够获取心室壁内、中、外三层心肌的纵向应变值,较全层 GLS 对心肌功能的评估更为精确。本研究发现 CHD 患者的 CTFC 延长,心肌分层 GLS 降低,并且都与 Gensini 评分显著相关,这表明随着冠状动脉病变程度的加重,CHD 患

者整体心肌灌注以及心肌功能逐渐变差,这与 Chen 等^[20]的研究结果相一致。此外,CTFC 和各层心肌 GLS 关系密切, r 分别为 0.476、0.441 和 0.436(P 均<

0.01),这说明整体心肌组织的灌注情况可反映心肌收缩功能。

表 4 CHD 患者 CCTT 正常组与 CCTT 缩短组资料比较

基本特征	CCTT 对照组($n=67$)	CCTT 减低组($n=33$)	t/χ^2	P 值
男	43	23	0.300	0.584
高血压	36	17	0.044	0.835
糖尿病	20	3	5.380	0.020
血脂异常	15	10	0.739	0.390
吸烟	16	4	5.380	0.020
CHD 家族史	7	4	0.063	0.801
病变支数	1.70±0.76	2.06±0.86	-2.407	0.018
BMI/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	23.77±2.12	23.09±2.19	1.641	0.104
年龄/岁	62.27±10.46	70.64±9.52	0.074	0.001
心率/(次· min^{-1})	71.30±11.35	70.73±10.15	0.556	0.580
收缩压/mm Hg	137.39±15.02	140.91±15.62	-1.386	0.169
舒张压/mm Hg	78.96±13.79	80.36±11.64	-0.994	0.323
左室舒张末期内径/mm	54.25±12.54	56.76±12.48	-1.455	0.149
左室射血分数/%	56.79±8.08	59.22±5.99	-1.311	0.193
Gensini 评分	25.89±21.24	24.60±14.76	-0.258	0.797
CTFC/帧	27.69±3.86	29.38±3.58	-2.419	0.017
GLS(内)	-17.48±2.90	-17.79±2.52	0.178	0.859
GLS(中)	-16.78±2.65	-15.86±6.42	-1.191	0.236
GLS(外)	-15.71±2.59	-16.01±2.43	0.211	0.833

注:1 mm Hg=0.133 3 kPa。

CCTT 是测量冠状动脉瞬时血流的一个重要参数,受冠状动脉微循环阻力影响^[21]。本研究发现 CHD 患者与对照组相比,CCTT 缩短($P<0.05$),这与 Eriksen 等^[22]的研究结果相一致,而 Enge 等^[23]的研究显示 CHD 患者 CCTT 较正常对照组无显著差异,这可能与 CHD 患者冠状动脉微循环受多种因素影响有关,如局部生理因素、血管扩张物质、神经调节和炎症反应等^[24],并且造影剂类型、剂量以及推注速度对冠状动脉微循环及造影显影特点也具有一定影响^[25-26]。本研究将 CCTT 与 CTFC 进行 Pearson 相关分析,发现仅在轻度冠状动脉病变(Gensini 评分<25 分)或者单支病变时,二者具有较弱的相关性, r 值分别为-0.247 和-0.332, P 均<0.05。其余情况下 CCTT 与 CTFC 并无明显相关性,说明 CCTT 对评估 CHD 患者左室心肌灌注水平的价值有限。本研究用分层 GLS 研究 CCTT 对心肌收缩功能的评估价值,发现 CHD 患者及其不同亚组间的 CCTT 与分层 GLS 均未见明显相关性,说明 CCTT 也不能够反映 CHD 患者左室心肌收缩功能。CCTT 是造影剂从冠状动脉起始部到达冠状静脉窦的

时间,与 CTFC 不同,它并不需要造影剂到达每一支主支血管末端去灌注整个心室心肌,只需要造影剂通过“部分”心肌血管床即可获取,这使得 CCTT 对整个心室心肌灌注评估存在缺陷。Haridasan 等^[6]研究认为,冠状动脉慢血流患者的 CCTT 与 CTFC 之间存在相关性,可能与其病变累及到整个冠状动脉微循环系统有关。对于 CHD 患者,当冠状动脉轻度或单支血管病变,CCTT 与 CTFC 存在弱相关性,这是因为缺血心肌的微血管可适度扩张以代偿心肌血供的下降,保持其冠状动脉微循环阻力无明显变化^[20]。而对于多支和中重度冠状动脉病变患者,其冠状动脉微循环系统发生复杂重构,缺血心肌和正常心肌微循环阻力不同,血流分配不匹配等诸多原因^[24],致使 CCTT 与 CTFC 之间缺乏相关性。

本研究进一步分析影响 CHD 患者 CCTT 缩短的因素,发现吸烟和糖尿病是阻碍 CCTT 减小的因素,这是由于吸烟和糖尿病可致血管内皮功能障碍,导致冠状动脉微循环阻力增大^[27-28]。而年龄和冠状动脉病变的支数是 CHD 患者 CCTT 减小的独立危险因素,二

者 OR 值分别为 1.089 和 2.084, P 均 <0.05 。年龄对 CCTT 的影响, 目前原因尚未明确。冠状动脉病变支数对 CCTT 有影响, 可能解释为: 当冠状动脉病变支数逐渐增多, 冠状动脉微循环重构范围扩大, 有病变远端微循环小动脉重塑, 微血管变得稀疏, 无病变近段冠状动脉微循环小动脉扩张, 微血管变得稠密, 并且血管内皮功能、调节物质和循环因子等也发生一系列复杂改变^[16,24], 最终有病变远端微循环严重受损, 而无病变近段冠状动脉微循环阻力减小、血运加速, 致使 CCTT 缩短。

综上, CHD 患者 CCTT 较正常对照组缩短, CCTT 对 CHD 患者的心肌组织灌注及心肌功能评估价值有限, 年龄和冠状动脉病变支数是 CCTT 降低的独立危险因素。本研究局限性在于行 CAG 检查时, 推造影剂是手动的, 速度难以控制; 样本量偏小可能会造成研究结果的偏倚等。因此需要更大样本、更细致的研究来进一步明确 CCTT 对 CHD 患者的评估价值。

参 考 文 献

- [1] Gibson CM, Schomig A. Coronary and myocardial angiography: angiographic assessment of both epicardial and myocardial perfusion [J]. *Circulation*, 2004, 109(25):3096-3105.
- [2] Gibson CM, Cannon CP, Daley WL, et al. TIMI frame count: a quantitative method of assessing coronary artery flow [J]. *Circulation*, 1996, 93(5):879-888.
- [3] Lopez-Hidalgo M, Eblen-Zajjur A. Coronary blood flow measurement in conventional coronary angiograms by a new method based on contrast density detection. A physiological insight [J]. *Arq Bras Cardiol*, 2020, 115(3):503-512.
- [4] 何东方, 刘梅颜, 张丽军, 等. 冠状动脉中度狭窄伴胸痛患者的冠状动脉微循环阻力状况及其相关因素分析 [J]. *中华内科杂志*, 2018, 57(4):270-274.
- [5] Enge I, Nitter-Hauge S. Left coronary artery contrast transit time [J]. *Br J Radiol*, 1975, 48(566):108-112.
- [6] Haridasan V, Nandan D, Raju D, et al. Coronary sinus filling time: a novel method to assess microcirculatory function in patients with angina and normal coronaries [J]. *Indian Heart J*, 2013, 65(2):142-146.
- [7] Hagemann CA, Hoffmann S, Hagemann RA, et al. Usefulness of layer-specific strain in diagnosis of coronary artery disease in patients with stable angina pectoris [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(11):1989-1999.
- [8] Skaarup KG, Iversen A, Jorgensen PG, et al. Association between layer-specific global longitudinal strain and adverse outcomes following acute coronary syndrome [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(12):1334-1342.
- [9] Zhang L, Wu WC, Ma H, et al. Usefulness of layer-specific strain for identifying complex CAD and predicting the severity of coronary lesions in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: compared with Syntax score [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 223:1045-1052.
- [10] Wang Y, Ma C, Zhang Y, et al. Assessment of left and right ventricular diastolic and systolic functions using two-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with coronary slow-flow phenomenon [J]. *PLoS One*, 2015, 10(2):e117979.
- [11] Haridasan V, Nandan D, Raju D, et al. Coronary sinus filling time: a novel method to assess microcirculatory function in patients with angina and normal coronaries [J]. *Indian Heart J*, 2013, 65(2):142-146.
- [12] Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, et al. A guide for Gensini Score calculation [J]. *Atherosclerosis*, 2019, 287:181-183.
- [13] Leclercq F. Anatomy and physiology of the heart and coronary arteries [J]. *Soins*, 2015, (793):28-31.
- [14] Gibson CM, Cannon CP, Daley WL, et al. TIMI frame count: a quantitative method of assessing coronary artery flow [J]. *Circulation*, 1996, 93(5):879-888.
- [15] Pride YB, Mohanavelu S, Zorkun C, et al. Association between angiographic complications and clinical outcomes among patients with acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention: an EARLY ACS (Early Glycoprotein IIb/IIIa Inhibition in Non-ST-Segment Elevation Acute Coronary Syndrome) angiographic substudy [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012, 5(9):927-935.
- [16] Diez-Delgado F, Gutierrez-Ibanez E, Fernandez-Aviles F. Functional disorders in non-culprit coronary arteries and their implications in patients with acute myocardial infarction [J]. *Trends Cardiovasc Med*, 2020, 30(6):346-352.
- [17] Onishi T, Saha SK, Delgado-Montero A, et al. Global longitudinal strain and global circumferential strain by speckle-tracking echocardiography and feature-tracking cardiac magnetic resonance imaging: comparison with left ventricular ejection fraction [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(5):587-596.
- [18] Luis SA, Chan J, Pellicka PA. Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function: an overview of contemporary techniques, including speckle-tracking echocardiography [J]. *Mayo Clin Proc*, 2019, 94(1):125-138.
- [19] Torrent-Guasp F, Buckberg GD, Clemente C, et al. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 13(4):301-319.
- [20] Chen W, Zhu W, Wang Y. Evaluation of myocardial perfusion and systolic function in patients with different degree of coronary artery stenosis by MCE and 2D-STI [J]. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*, 2020, 45(1):35-39.
- [21] 张洁, 樊继绪, 任斐, 等. 经胸超声心动图评估冠脉循环时间的可行性分析 [J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2016, 36(2):228-230.
- [22] Eriksseen J, Enge I. Left coronary artery transit time in latent coronary heart disease [J]. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*, 1977, 18(4):385-391.
- [23] Enge I, Nitter-Hauge S. Left coronary artery contrast transit time [J]. *Br J Radiol*, 1975, 48(566):108-112.
- [24] Padro T, Manfrini O, Bugiardi R, et al. ESC Working Group on Coronary Pathophysiology and Microcirculation position paper on 'coronary microvascular dysfunction in cardiovascular disease' [J]. *Cardiovasc Res*, 2020, 116(4):741-755.
- [25] Gibson CM, Kirtane AJ, Murphy SA, et al. Impact of contrast agent type (ionic versus nonionic) used for coronary angiography on angiographic, electrocardiographic, and clinical outcomes following thrombolytic administration in acute myocardial infarction [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2001, 53(1):6-11.
- [26] Ding S, Shi Y, Sun X, et al. Contrast agent dose and slow/no-reflow in percutaneous coronary interventions: a case-control study of patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndromes [J]. *Herz*, 2019, 44(1):69-75.
- [27] Ul Amin R, Ahmedani MAM, Karim M, et al. Correlation between gensini score and duration of diabetes in patients undergoing coronary angiography [J]. *Cureus*, 2019, 11(2):e4010.
- [28] Leung M, Leung DY. Coronary microvascular function in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *EuroIntervention*, 2016, 11(10):1111-1117.

收稿日期:2021-01-22