

Impact of resting heart rate on evaluation of coronary artery elasticity and lesions during coronary CTA

SHEN Qian, LAN Yongshu *

(Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the impact of resting heart rate (RHR) on evaluation of coronary artery elasticity and lesions by coronary CTA (CCTA). **Methods** Data of 180 patients who underwent CCTA were retrospectively analyzed. The patients were divided into 3 groups according to RHR, i. e. group A, $RHR \leq 60$ bpm, group B, $RHR 60-80$ bpm and group C, $RHR \geq 80$ bpm (each $n=60$), and then were further divided into normal subgroup (no obvious lesion was found in CCTA) and diseased subgroup (CCTA found soft/hard plaques in coronary arteries) in each group. Data were reconstructed in 5% steps from 10% to 90% of the R-R interval, image quality was evaluated, and the best contraction and diastole reconstruction phases of right coronary artery (RCA), left anterior descending (LAD) and left circumflex branch (LCX) were obtained. Then distensibility coefficient (DC) of RCA, LAD and LCX in normal subgroups were measured at the best phase of 3 groups, and the number of plaques in the diseased subgroups were counted. **Results** The best reconstruction phases of RCA, LAD and LCX in group A were 40%, 70% or 75% R-R interval, in group B were 45% and 75%, while in group C were 45% or 50%, 75% or 80% R-R interval, respectively. Differences of DC values for RCA, LAD and LCX were statistically significant among 3 normal subgroups (all $P < 0.05$). DC values of RCA, LAD and LCX in group C were lower than that in group A, of LAD and LCX were lower than those in group B (both $P < 0.05$), whereas there was no significant difference between group A and B (both $P > 0.05$). The differences of the number of plaques in RCA, LAD and LCX were statistically significant among 3 groups (all $P < 0.05$). Plaques of RCA, LAD and LCX in group C were more than in group A, and of LAD was more than that in group B (all $P < 0.05$), while no difference was found between group A and B (all $P > 0.05$). **Conclusion** During CCTA examination, patients with too high RHR may present reduced vascular elasticity and increased number of vascular plaques.

[Keywords] coronary artery; heart rate; angiocardigraphy; elasticity; plaque

DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2020.05.009

静息心率对 CTA 评价冠状动脉弹性及病变的影响

沈 倩, 兰永树 *

(西南医科大学附属医院放射科, 四川 泸州 646000)

[摘 要] **目的** 观察静息心率(RHR)对冠状动脉 CTA(coronary CTA, CCTA)评价冠状动脉弹性及病变的影响。**方法** 回顾性分析 180 例接受 CCTA 检查患者,按 RHR 分组,A 组 $RHR \leq 60$ 次/分,B 组 $60 \text{ 次/分} < RHR < 80$ 次/分,C 组 $RHR \geq 80$ 次/分,每组 60 例;根据 CCTA 结果分为正常亚组(CTA 未发现明显病灶)和病变亚组(CTA 发现冠状动脉软/硬斑块)。重建 R-R 间期 10%~90%时相(间隔 5% R-R 间期),评价图像质量,获得右冠状动脉(RCA)、左前降支(LAD)

[第一作者] 沈倩(1991—),女,四川乐山人,硕士,技师。研究方向:血管造影技术在心血管疾病诊断中的应用。E-mail: 1510022614@qq.com

[通信作者] 兰永树,西南医科大学附属医院放射科,646000。E-mail: yblue2008@aliyun.com

[收稿日期] 2019-11-11 **[修回日期]** 2020-03-30

及左回旋支(LCX)最佳收缩期及舒张期重建时相。于 3 组最佳时相测量正常亚组 RCA、LAD 及 LCX 血管扩张系数(DC),计数各病变亚组斑块数目。**结果** A 组 RCA、LAD、LCX 最佳重建时相均为 40% R-R 间期、70%或 75% R-R 间期,B 组 RCA、LAD、LCX 最佳重建时相均为 45%、75% R-R 间期,C 组 RCA、LAD、LCX 均为 45%或 50%、75%或 80% R-R 间期。3 组正常亚组 RCA、LAD、LCX 血管弹性 DC 值差异均有统计学意义(P 均 <0.05),其中 C 组 RCA、LAD、LCX 的 DC 值均低于 A 组,LAD、LCX 均低于 B 组(P 均 <0.05),A、B 组间差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。3 组病变亚组 RCA、LAD、LCX 斑块数差异均有统计学意义(P 均 <0.05),其中 C 组 RCA、LAD、LCX 斑块数均多于 A 组,LAD 斑块数多于 B 组(P 均 <0.05),A、B 组间差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。**结论** CCTA 检查中,患者 RHR 过高可致血管弹性降低及血管斑块数增加。

[关键词] 冠状动脉;心率;心血管造影术;弹性;斑块

[中图分类号] R543.3; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8475(2020)05-0294-05

冠心病是严重危害人类健康的常见疾病。冠状动脉弹性反映其功能状态,可用于早期筛查冠心病^[1]。冠状动脉 CTA(coronary CTA, CCTA)能检测冠状动脉弹性,是诊断冠心病准确且无创的检查手段^[2],但易受心率、心律及重建时相等因素影响^[3]。本研究观察不同静息心率(resting heart rate, RHR)下心脏最佳收缩期及舒张期时相,评价最佳时相下 RHR 对 CTA 所示冠状动脉弹性及病变的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2016 年 8 月—2019 年 8 月 180 例于西南医科大学附属医院接受 CCTA 患者,男 88 例,女 92 例,年龄 37~65 岁,平均(52.5 ± 3.4)岁;RHR 52~102 次/分,平均(68 ± 6)次/分。纳入标准:年龄 ≤ 65 岁,能够屏气约 20 s,窦性心率,RHR 变异 ≤ 5 次/分,脉压(30~40 mmHg)及体质量指数($\leq 25 \text{ kg/m}^2$)正常。排除标准:对比剂过敏,严重肾功能不全,严重心律失常,心脏疾病术后,屏气效果不佳,有糖尿病、高血压等基础疾病。按 RHR 分为 3 组:A 组 RHR ≤ 60 次/分,B 组 60 次/分 $<$ RHR <80 次/分,C 组 RHR ≥ 80 次/分,每组 60 例;根据 CCTA 结果将各组分为正常亚组(CCTA 未发现明显病灶)和病变亚组(CCTA 发现冠状动脉软/硬斑块)。

1.2 仪器与方法 采用 Philips 256 层 CT 仪,扫描前对患者进行呼吸训练。相关参数:管电压 120 kV,管电流 1 100 mAs,层厚 0.67 mm,层间距 0.45 mm,探测器 128 $\times$ 0.625 mm,转速 0.27 s/转,FOV 165 mm。选择气管分叉下方 1 cm 处作为监测层面,阈值 250 HU。扫描范围自气管分叉下 1~2 cm 至心底。对比剂采用优维显 370,剂量 50~80 ml,流率 5.5 ml/s,随后以相同流率注射生理盐水 40 ml 冲管。采用回顾性心电门控技术重建 10%~90% R-R 间期图像,图片间隔 5% R-R 间期。将图像上传至 Portal 工作站进行后处理。

1.3 图像分析

1.3.1 图像质量 由 2 名工作 5 年以上的影像科主治医师采用盲法独立进行评价。按照文献[4]标准对图像质量进行主观评分, ≥ 3 分为可以诊断。最佳图像质量标准^[5]:A 组 5 分,B 组 ≥ 4 分,C 组 ≥ 3 分。根据图像质量评分获得心脏最佳收缩期及舒张期 2 个时相。

1.3.2 冠状动脉弹性 在 3 组正常亚组心脏最佳时相的同一相对位置测量右冠状动脉(right coronary artery, RCA)、左前降支(left anterior descending, LAD)及左回旋支(left circumflex, LCX)的横截面积,计算扩张系数(distensibility coefficient, DC)^[6],评价冠状动脉弹性。

1.3.3 冠状动脉斑块数 根据文献[7]标准,按照 CT 值将斑块分为软斑块、中等密度斑块和钙化斑块。观察并记录各病变亚组于心脏最佳收缩期及舒张期 2 个时相 RCA(图 1~3)、LAD、LCX 的总斑块数(最终结果为 2 个时相的平均值)。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件。以 Kappa 分析评价 2 名医师间评价结果的一致性,Kappa 值 >0.6 表示一致性较好。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用方差分析比较各正常亚组冠状动脉 DC 值及病变亚组斑块数,两两比较采用 LSD- t 检验,2 个时相下斑块数比较采用配对 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像质量 2 名医师对图像质量评价的一致性较好(Kappa=0.82)。A 组 RCA、LAD、LCX 最佳重建时相为 40%、70%或 75% R-R 间期,B 组为 45%、75% R-R 间期,C 组为 45%或 50% R-R 间期、75%或 80% R-R 间期。见表 1、2。

2.2 冠状动脉弹性 3 组正常亚组 RCA、LAD、LCX 的 DC 值差异均有统计学意义(P 均 <0.05),其中 C 组 RCA、LAD、LCX 的 DC 值均低于 A 组,LAD、LCX

的 DC 值均低于 B 组(P 均 <0.05), A、B 组间差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。见表 3。

2.3 冠状动脉斑块数 3 组病变亚组 RCA、LAD、LCX 在最佳收缩期与舒张期时相下发现斑块数差异无统计学意义(P 均 >0.05 , 表 4)。各病变亚组 RCA、LAD、LCX 斑块数差异均有统计学意义(P 均 <0.05), 其中 C 组 RCA、LAD、LCX 斑块数均多于 A 组, LAD 斑块数多于 B 组(P 均 <0.05), A、B 组间差异均无统计学意义(P 均 >0.05), 见表 5。

表 1 最佳重建时相下 RCA、LAD LCX 图像质量评分(例, $n=60$)

组别	RCA					LAD					LCX				
	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
A 组	42	8	10	0	0	38	20	2	0	0	32	21	7	0	0
B 组	37	12	6	5	0	19	10	20	11	0	11	19	22	8	0
C 组	12	11	18	19	0	18	8	21	13	0	16	8	20	16	0

表 2 3 组各重建时相下 RCA、LAD LCX 达最佳图像质量的冠状动脉支数(支)

组别	重建时相(R-R 间期)																	
	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	
A 组																		
RCA	0	0	0	0	0	0	13	3	0	0	0	0	17	9	0	0	0	
LAD	0	0	0	0	0	0	11	3	0	0	0	0	16	8	0	0	0	
LCX	0	0	0	0	0	0	10	4	0	0	0	0	8	10	0	0	0	
B 组																		
RCA	0	0	0	0	0	0	5	19	0	0	0	0	6	19	0	0	0	
LAD	0	0	0	0	0	0	2	11	0	0	0	0	3	12	0	0	0	
LCX	0	0	0	0	0	0	2	12	0	0	0	0	2	14	0	0	0	
C 组																		
RCA	0	0	0	0	0	0	2	14	9	0	0	0	1	8	7	0	0	
LAD	0	0	0	0	0	0	3	16	10	0	0	0	0	8	10	0	0	
LCX	0	0	0	0	0	0	5	12	13	0	0	0	2	5	7	0	0	

注: A 组图像质量评分=5 分的血管支数, B 组 ≥ 4 分、C 组 ≥ 3 分的血管支数

3 讨论

3.1 RHR 对 CTA 冠状动脉图像质量的影响 RHR 是影响多层螺旋 CT(multislice spiral CT, MSCT) CCTA 成像质量的主要因素之一, 心率越快, 运动伪影越重, 图像质量越差。本研究结果显示, 不同 RHR 水平下, 冠状动脉 3 大分支的最佳重建时相并不完全一致, $RHR\leq 60$ 次/分组最佳重建时相主要集中在舒张中末期, 而 $RHR\geq 80$ 次/分组在收缩终末期, 60 次/分 $<RHR<80$ 次/分组在舒张中末期或收缩末期; 且



图 1 患者男, 64 岁, RHR 52 次/分, 箭指 RCA 内斑块 图 2 患者女, 58 岁, RHR 68 次/分, 箭指 RCA 内斑块 图 3 患者女, 61 岁, RHR 90 次/分, 箭指 RCA 内斑块

表 3 3 组正常亚组 RCA、LAD、LCX 的 DC 值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	DC		
	RCA	LAD	LCX
A 组正常亚组($n=24$)	11.16 $\pm$ 6.52	8.86 $\pm$ 6.03	10.81 $\pm$ 4.71
B 组正常亚组($n=22$)	7.59 $\pm$ 4.95	6.41 $\pm$ 3.49	8.55 $\pm$ 5.08
C 组正常亚组($n=24$)	6.78 $\pm$ 2.15*	5.12 $\pm$ 3.77#&	4.07 $\pm$ 2.99#&
F 值	13.703	4.142	14.874
P 值	<0.001	0.020	<0.001

注: *: 与 A 组正常亚组比较, $P<0.05$; #: 与 A 组正常亚组比较, $P<0.01$; &: 与 B 组正常亚组比较, $P<0.01$

表 4 3 组病变亚组最佳收缩期与舒张期时相下发现
斑块数差异($\bar{x} \pm s$)

组别	最佳时相下斑块个数差异		
	RCA	LAD	LCX
A 组病变亚组($n=36$)	-0.08 $\pm$ 0.28	-0.14 $\pm$ 0.42	-0.08 $\pm$ 0.44
B 组病变亚组($n=38$)	-0.11 $\pm$ 0.46	-0.17 $\pm$ 0.51	-0.03 $\pm$ 0.29
C 组病变亚组($n=36$)	-0.06 $\pm$ 0.23	-0.07 $\pm$ 0.44	-0.07 $\pm$ 0.23

表 5 3 组病变亚组 RCA、LAD、LCX 斑块数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	斑块数		
	RCA	LAD	LCX
A 组病变亚组($n=36$)	0.97 $\pm$ 0.89	1.07 $\pm$ 0.15	1.04 $\pm$ 0.92
B 组病变亚组($n=38$)	2.15 $\pm$ 1.14	2.25 $\pm$ 1.23	1.36 $\pm$ 1.16
C 组病变亚组($n=36$)	2.44 $\pm$ 1.04*	2.83 $\pm$ 1.42*&	1.56 $\pm$ 1.25*
F 值	18.411	14.883	3.773
P 值	<0.001	<0.001	0.026

注: *: 与 A 组病变亚组比较, $P<0.01$; &: 与 B 组病变亚组比较, $P<0.05$

随 RHR 增加, 图像质量均有不同程度降低, 与刘卓等^[8]研究结果相符, 原因可能为心率增加, 心动周期缩短, 心脏收缩期及舒张期在整个心动周期中的相对比例发生改变, 导致心脏最佳收缩期及舒张期在整个心动周期中的相对位置发生后移。既往研究^[9]认为冠状动脉在 1 个心动周期内的运动速率有 2 个波谷, 分别位于心房收缩启动前(约 80% R-R 间期)及收缩末至舒张早期(约 50% R-R 间期)。本研究中 B、C 组冠状动脉 3 大分支血管的最佳重建时相大致位于冠状动脉运动的波谷, 而心率较慢的 A 组各血管最佳重建时相相对位置稍向前移位。

3.2 RHR 对冠状动脉弹性的影响 MSCT 时间及空间分辨率较高, 可用于测量冠状动脉管腔横截面积^[10]。许开元等^[10]研究表明 DC 可较好地反映血管壁弹性, 该值越大, 血管弹性越好。本研究结果显示, 随着 RHR 增加, 冠状动脉 3 大分支 DC 值不同程度减小, A、C 组间 RCA、LAD、LCX 的 DC 值差异显

著, 而 A、B 组间无显著差异, 提示 RHR 过高可使血管弹性降低, 与 FOX 等^[11]的结果相符, 原因可能为高 RHR 患者体内炎症因子、去甲肾上腺等神经内分泌因子分泌增加, 损伤血管内皮, 进而诱发、加重动脉管壁僵硬, 加快动脉粥样硬化发生, 使管壁弹性降低^[12-14]。本组 BMI 及脉压均在正常参考范围内, 在一定程度上能够降低血压、血脂对血管弹性的影响, 使心率影响血管弹性的结论更具说服力。

3.3 RHR 对冠状动脉病变的影响 相关研究^[15]认为高 RHR 可能增加心血管事件发生率, 不仅与冠状动脉粥样硬化产生高度相关, 亦可加重冠状动脉钙化程度。本研究中 C 组冠状动脉斑块数较 A、B 组明显增加, 提示 RHR 过高可能增加冠心病患病风险, 与既往研究^[14-15]结果相符。

此外, 本研究中 A、C 组间及 B、C 组间 LAD 的 DC 值、斑块数差异均有统计学意义; B、C 组间 LCX 的 DC 值有显著差异, 而

RCA 的 DC 值、斑块数差异均无统计学意义; 原因可能为高心率使图像更易产生错层伪影, 而 RCA 图像质量评分受心率影响最明显, LCX、LAD 次之^[7], 使得测量结果可能存在一定误差。在最佳收缩期及舒张期, 心脏相对静止, 可最大限度地减少运动伪影, 有利于观察、记录冠状动脉的斑块数。

本研究存在的主要不足: ①纳入样本量较少; ②仅分析 CCTA 图像, 未与冠状动脉造影结果进行比较; ③未针对导致冠状动脉狭窄的斑块的性质进行分类比较, 有待进一步完善。

综上所述, 不同 RHR 水平下 RCA、LAD、LCX 最佳重建时相不同; RHR 过高可使 CCTA 所示血管弹性减弱, 血管斑块数增加。

[参考文献]

[1] 王文.《中国心血管病报告 2012》概要[J]. 中国循环杂志, 2013, 28

- (26):408-412.
- [2] 中华医学会放射学分会心胸学组. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(10): 732-742.
 - [3] ABBARA S, BLANKE P, MAROULES C D, et al. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the society of cardiovascular computed tomography guidelines committee: Endorsed by the north American society for cardiovascular imaging (NASCI)[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2016, 10(6):435-449.
 - [4] HONG C, BECKER C R, HUBER S, et al. ECG-gated reconstructed multi-detector row CT coronary angiography: Effect of varying trigger delay on image quality[J]. Radiology, 2001, 220(3):712-717.
 - [5] 杨仁杰, 查云飞, 杨文兵, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉血管成像最佳重建时相与心率关系[J]. 放射学实践, 2017, 32(6):615-619.
 - [6] 王晓泉. 冠脉 CTA 评价冠脉弹性的初步研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015:20.
 - [7] SCHROEDER S, KOPP A F, BAUMBACH A, et al. Noninvasive detection and evaluation of atherosclerotic coronary plaques with multi-slice computed tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2001, 37(5):1430-1435.
 - [8] 刘卓, 王征, 洪楠, 等. 优化采集时间窗对冠状动脉 CT 血管成像图像质量及辐射剂量的影响[J]. 放射学实践, 2019, 34(9):984-988.
 - [9] ACHENBACH S, ROPERS D, HOLLE J, et al. In-plane coronary arterial motion velocity: Measurement with electron-beam CT[J]. Radiology, 2000, 216(2):457-463.
 - [10] 许开元, 胡国栋. 64 层 CT 血管成像在冠状动脉弹性研究中的价值[J]. 放射学实践, 2010, 22(12):1349-1353.
 - [11] FOX K M, FERRARI R. Heart rate: A forgotten link in coronary artery disease[J]. Nat Rev Cardiol, 2011, 8(7): 369-379.
 - [12] ALBERTO D R, GABRIELA B P, PEDRO A G. Increased heart rate and atherosclerosis: Potential implications of ivabradine therapy[J]. World J Cardiol, 2011, 3(4):101-104.
 - [13] LAOSIRIPISAN J, PARKURST K L, TANAKA H. Associations of resting heart rate with endothelium-dependent vasodilation and shear rate[J]. Clin Exp Hypertens, 2017, 39(2):150-154.
 - [14] 李毅, 秦俭. 血管内皮功能的研究进展[J]. 检验医学与临床, 2010, 7(13):1391-1393.
 - [15] VAZIR A, CLAGGETT B, CHENG S, et al. Association of resting heart rate and temporal changes in heart rate with outcomes in participants of the atherosclerosis risk in communities study[J]. JAMA Cardiol, 2018, 3(3):200-206.

2019 版中国科技期刊引证报告相关数据 ——《中国介入影像与治疗学》

由中国科学技术信息研究所主持的“2018 中国科技论文统计结果发布会”于 2019 年 11 月 19 日在北京国际会议中心举行。《中国介入影像与治疗学》杂志在《2019 版中国科技期刊引证报告》(核心版)的相关数据为:

- 1 文献来源量:171 篇;
- 2 基金论文比:0.42;
- 3 核心总被引频次:792;
- 4 核心影响因子:0.853;
- 5 学科扩散指标:11.65;
- 6 学科影响指标:0.91;
- 7 综合评价总分:47.8。