

## 论 著

## 冠状动脉CTA检查参数对自身冠脉血流动力学及脑梗塞的发生率的相关性研究

王端乐<sup>1,\*</sup> 张树远<sup>2</sup>1.延安大学咸阳医院心内二科  
(陕西 咸阳 712000)2.延安大学咸阳医院心内三科  
(陕西 咸阳 712000)

【摘要】目的 探讨研究冠状动脉CTA检查参数对自身冠脉血流动力学及脑梗塞的发生率的相关性。方法 回顾性分析2017年12月至2019年7月于我院行冠状动脉CTA检查的152例患者资料，最终入选145例患者作为本次研究对象。对患者进行冠状动脉CTA检查，通过分析其检查参数与患者冠脉血流动力学及脑梗塞发生情况的相关性。结果 145例患者中共有162支冠状动脉血管进行了观察，其中血管的血流储备分数在0.68~0.97，分数值超过0.80例数显著多于未超过0.80例数( $P<0.05$ )。斑块长度、斑块总体积、脂质及纤维斑块体积等因素对血流动力学影响差异较大，具有统计学意义( $P<0.05$ )。阳性指征环77条，阴性指征环89条，指征环阳性患者更易发生脑梗塞( $P<0.05$ )。性别、年龄、血压及血糖水平可能影响患者脑梗塞发病率( $P<0.05$ )。结论 冠状动脉CTA检查结果中的斑块长度、总体积、脂质及纤维斑块体积等定量斑块参数为影响冠脉血流动力学的主要因素；显示的指征环与脑梗塞发病也有关联性，提示指征环为易损斑块的判断方法，也是脑梗塞高发风险的影像学标志。

【关键词】冠状动脉CTA；检查参数；血流动力学；脑梗塞；发生率；相关性

【中图分类号】R543.3

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.09.010

## Correlation of Coronary Artery CTA Examination Parameters with Coronary Hemodynamics And Incidence of Cerebral Infarction

WANG Duan-le<sup>1,\*</sup>, ZHANG Shu-yuan<sup>2</sup>.

1.The Second Department of Cardiology, Xianyang Hospital, Yan'an University, Xianyang 712000, Shaanxi province, China

2.Department of Cardiology, Xianyang Hospital, Yan'an University, Xianyang 712000, Shaanxi province, China

## ABSTRACT

**Objective** To investigate the correlation of coronary artery CTA examination parameters with coronary hemodynamics and incidence of cerebral infarction. **Methods** Data of 152 patients underwent coronary artery CTA examination in our hospital from December 2017 to July 2019 were retrospectively analyzed, and a total of 145 patients were finally enrolled. Then the correlation between the examination parameters and the incidence of coronary hemodynamics and cerebral infarction was analyzed. **Results** A total of 162 coronary vessels were observed in 145 patients. The blood flow reserve values of blood vessels were 0.68-0.97, and the proportion of patients with value>0.80 was more than that of patients with value<0.80 ( $P<0.05$ ). The effects of plaque length, total plaque volume, lipid and fibrous plaque volume on hemodynamics were significantly different ( $P<0.05$ ). There were 77 positive indications and 89 negative indications, and patients with positive indications were more likely to have cerebral infarction ( $P<0.05$ ). Gender, age, blood pressure and blood glucose levels might affect the incidence of cerebral infarction ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Quantitative plaque parameters such as plaque length, total volume, lipid and fibrous plaque volume in coronary CTA results are the main factors affecting coronary hemodynamics; moreover, the indications are associated with the onset of cerebral infarction, indicating its diagnosis value for vulnerable plaque and cerebral infarction.

**Keywords:** Coronary Artery CTA; Parameters; Hemodynamics; Cerebral Infarction; Incidence; Correlation

冠状动脉CTA是静脉注射造影剂后使用螺旋CT进行扫描，经计算机处理重建得出心脏冠状动脉成像的一种检查方法，能观察冠状动脉狭窄或钙化等征象<sup>[1]</sup>。常规CTA无法判断狭窄对患者血流动力学的影响；冠脉造影是从股动脉插管直接注射造影剂，再经C线片显示心脏冠状动脉图像。该技术是诊断冠心病的“金标准”，结果比冠脉CT更准确，能评价冠脉狭窄部位、程度，并能观察到冠脉狭窄对血流动力学的影响<sup>[2-3]</sup>。目前冠状动脉造影与血流储备分数值结合测量为冠状动脉狭窄引起血流动力学异常的诊断金标准。传统血流储备分数测量法对机体有创伤，检查费用较高，在临床应用限制较大。基于冠状动脉CTA的无创血流储备分数检查广泛应用，该技术诊断准确，其敏感性和特异性均较高，且与有创的血流储备分数一致性相差不大<sup>[4-5]</sup>。为此，本研究探讨了冠状动脉CTA检查参数对自身冠脉血流动力学及脑梗塞的发生率的相关性，旨在参考。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性分析2017年12月至2019年7月于我院行冠状动脉CTA检查的152例患者资料。

纳入标准：冠脉CTA影像检查图像清晰；明确诊断有无脑梗塞；有完整的临床指标和生化指标等病历资料。排除标准：合并严重肝肾功能损伤患者；有自身免疫疾病或处于应激状态患者。最终入选145例患者作为本次研究对象。

**1.2 检查方法** 使用双源CT扫描仪对患者进行检查；扫描前3min患者服用硝酸甘油片扩张冠状动脉。确定扫描范围，外周静脉使用双筒高压注射器注射50mL非离子型对比剂，速率在4.6~5.1mL/s；使用人工智能触发扫描系统设置感兴趣区，延迟时间通过CT值>100HU触发扫描以确定；扫描参数286mA，125kV，宽度为65×3×0.5mm，层厚为0.78mm，机架旋转时间在0.30s，球管旋转时间在0.34s/转<sup>[6]</sup>。

**1.3 冠状动脉CTA检查参数分析** 血流储备分数测量：于冠状动脉造影时测量血流储备分数值，向冠脉端推导丝，使其具有压力而由狭窄病变处推至远端，通过注射腺苷扩张血管，测量冠脉远端压力，记录主动脉压，计算其血流储备分数值<sup>[7]</sup>。

CTA的血流储备分数值测量：通过冠状动脉CTA扫描数据，选择收缩压或舒张压的图像，使用西门子工作站软件计算器冠脉的血流储备分数值。采用深度机器学习模型预测冠脉血流储备分数值，通过生成解剖结构，结合不同分支狭窄和所有CT值训练，由解剖特点与其对应CT值进行学习记忆。训练结束后输入新数据，基于积累特征计算相应值。当导入CTA数据后，该软件自动提取冠脉中心线和管腔，提取不满意可手动修改。操作者认可提取中心线和管腔后能显示彩色冠脉树，颜色不同代表不同CT值。所有操作有1名经

【第一作者】王端乐，男，主治医师，主要研究方向：心内科。E-mail: lqy1239874@163.com

【通讯作者】王端乐

验充足的影像医师测量患者冠脉血流储备分数，根据有创方法测量的位置，在CTA图像进行相应位置测量，以CTA的血流储备分数值不超过0.80表示心肌缺血诊断标准<sup>[8]</sup>。

斑块特征分析：使用西门子工作站软件测量血流储备分数值相对应的冠状动脉斑块特征进行分析，选取1名具有3年以上CTA相关经验的影响医师对其进行操作并测量，并选1名高资历的医师对所有测量中的管腔及斑块进行审核。斑块性质主要为3种颜色：脂质斑块蓝色；纤维斑块绿色；钙化斑块黄色。斑块位置由冠脉分支及

冠状动脉分段法标注，注明有无餐巾环特征；斑块长度和总体积，钙化斑块、脂质斑块和纤维斑块体积，狭窄程度，管腔面积，重塑指数及偏心指数等为斑块特征定量分析指标(见图1)。自冠状动脉方向由斑块起始部位向远端长度为斑块长度；斑块内脂质、钙化及纤维斑块的体积相加为斑块总体积；钙化斑块体积CT值在190~960HU，脂质斑块体积CT值在-100~40HU，纤维斑块体积CT值在40~180HU；斑块所处管腔的最狭窄部位面积为最小管腔面积<sup>[9]</sup>。

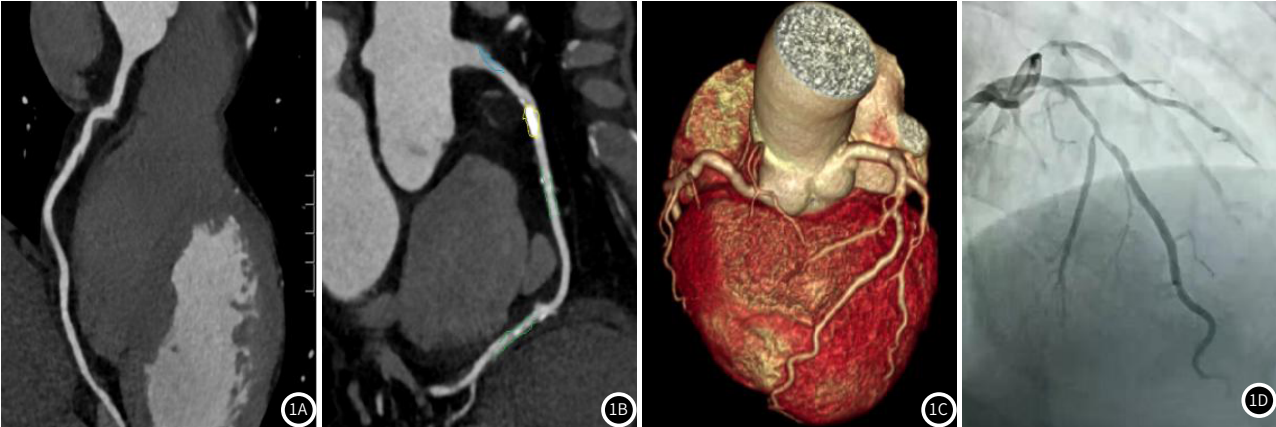


图1 CTA图像显示。图1A: 为易损斑块，管腔中度狭窄；图1B: 斑块分析：蓝色为脂质斑块，绿色为纤维斑块，黄色为钙化斑块；图1C: 冠状动脉中段CT值；图1D: 冠状动脉近端管腔狭窄

**1.4 图像分析** 由2名放射科医生共同分析患者冠状动脉CTA影像资料，当2名医生意见不一致时由第3名医师判断；分析前未接触磁共振检查资料。从颈总动脉向颈内动脉入颅中找环形钙化，当钙化厚度不超过2mm且周围可见软斑块、厚径超过2mm则为指征阳性；反之阴性<sup>[10]</sup>。

**1.5 资料收集** 通过典型临床症状和体征、MRI或CT影像资料观察及出院诊断对患者脑梗死进行判断；从电子病历系统中收集患者性别、年龄、血压、血糖及血脂等常规资料。

**1.5 统计学方法** 采用SPSS 20.0软件分析数据，斑块长度、血压、血糖等水平以( $\bar{x} \pm s$ )形式表示，用t检验，患者性别、血流储备分数值所占比例(%)表示， $\chi^2$ 比较，以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 冠状动脉CTA检查结果** 145例患者中共有162支冠状动脉血管进行了观察，其中血管的血流储备分数值在0.68~0.97，分数值超过0.80例数显著多于未超过0.80例数( $P < 0.05$ )，见表1。

表1 冠状动脉CTA检查结果		
血流储备分数值	例数	所占比(%)
>0.80	126	77.78
≤0.80	36	22.22

**2.2 斑块特征定量比较** 狭窄程度、钙化体积、管腔面积、重塑及偏心指数对患者自身冠脉血流动力学无影响( $P > 0.05$ )。斑块长度、斑块总体积、脂质及纤维斑块体积等因素对血流动力学影响差异较大，具有统计学意义( $P < 0.05$ )，见表2。

**2.3 指征环与脑梗塞联系** 145例患者的162支冠状动脉进行CTA检查，得到阳性指征环77条，阴性指征环89条；经分析指征环阳性患者更易发生脑梗塞( $P < 0.05$ )，见表3，图2。

**2.4 脑梗塞与临床资料相关性** 患者糖化血红蛋白、总胆固醇、高密度脂蛋白对指征环形成无影响( $P > 0.05$ )。性别、年龄、血压及血糖水平可能影响患者脑梗塞发病率( $P < 0.05$ )，见表4。

表2 斑块特征定量参数值比较

参数	血流储备分数值		$\chi^2/t$	P
	>0.80(n=126)	≤0.80(n=36)		
狭窄程度(%)	67.13	86.72	1.245	0.218
斑块长度(mm)	32.41±12.16	45.37±14.02	2.846	0.005
斑块总体积(mm <sup>3</sup> )	205.94	335.26	2.641	0.007
脂质斑块体积(mm <sup>3</sup> )	3.08	23.74	4.385	<0.001
钙化斑块体积(mm <sup>3</sup> )	36.48	43.16	1.083	0.216
纤维斑块体积(mm <sup>3</sup> )	149.27	263.15	2.489	0.015
管腔面积(mm <sup>2</sup> )	2.74	2.19	1.769	0.074
重塑指数	0.94	0.98	1.403	0.295
偏心指数	0.36	0.51	0.835	0.391

表3 指征环与脑梗塞联系

指征环	发生脑梗塞	未发生脑梗塞	合计
阳性	24	53	77
阴性	13	76	89
合计	37	129	166

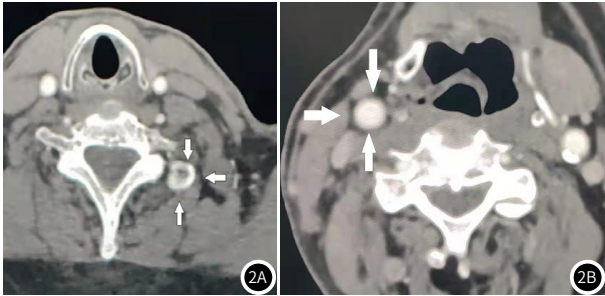


图2 指征环阳性 (A) 和阴性 (B) 显示图



表4 脑梗塞与临床指标相关性

资料	指征环		x <sup>2</sup> /t	P
	阳性	阴性		
性别	男	47	9.573	0.005
	女	35		
年龄	68.52±9.42	54.13±10.16	8.183	<0.001
收缩压	145.74±18.37	126.36±18.01	6.148	<0.001
糖化血红蛋白	6.51±1.31	5.73±1.25	1.492	0.072
血糖	5.97±1.38	5.46±1.28	2.158	0.013
总胆固醇	1.62±1.05	1.65±1.17	0.051	1.353
高密度脂蛋白	0.92±0.03	0.95±0.23	0.349	0.758

### 3 讨论

冠状动脉CTA检查通过检出冠状动脉粥样斑块，特别是易损斑块，可诊断脑中风，对患者疾病诊断具有重要价值。由于易损斑块破裂会产生脑血管等不良后果，故其诊断为临床研究热点。研究发现<sup>[11]</sup>，采用冠脉CTA检查易损斑块，并通过核磁共振等检查提出影像学指征环，诊断脑梗塞与该检查具有相关性，进一步说明影像新特征可为临床做进一步参考依据。

血流储备分数检查方法对患者有一定创伤，应用有所限制；冠状动脉CTA的血流储备分数检查时一种新型的无创测量法，且与冠状造影的血流储备分数法有一致性。本研究通过血流储备分数软件进行测量该数值，所得数值与冠脉造影所得数值相符<sup>[12]</sup>。斑块特征通过测定半自动斑块，分析血流储备分数值及特征，能有效预测血管病变能否引起心脏病变。研究表明，冠状动脉粥样硬化中脂质斑块可观察到冠脉狭窄程度并说明了心肌缺血不匹配原因。由于脂质斑块特征为坏死核心，该现象是心源性猝死及心肌梗死原因，本研究结果证明了脂质斑块与缺血间关系。研究认为<sup>[13]</sup>，斑块体积大小、非钙化斑块及斑块长度等均可显示心肌缺血，本研究通过CTA检查，当血流储备分数值不足0.80为危险因素。据报道斑块长度、重塑指数等因素与缺血无关，本结果中斑块长度、脂质及纤维体积等为影响血流值因素，其结果有一定误差，可能是纳入样本量小导致。

血管外膜病变、斑块出血等症状主要与炎症及血管增值有关，外膜发生炎症、氧化反应与内皮细胞产生的蛋白有关，该蛋白通过调节血管细胞，进而刺激血管骨化及钙化等过程。斑块出血通过抑制骨形态以防止血管出现钙化，当钙化时可认为斑块出血和血管功能紊乱，提示出现指征环表示动脉粥样硬化<sup>[14]</sup>。本研究结果显示，指征环和脑梗塞有关联，该关联存在于易损斑块中，故

指征环可作为斑块稳定的诊断标志之一。现研究发现，年龄、性别、血压、血糖、胆固醇及吸烟史等多种因素与动脉粥样硬化斑块有关，本研究结果也显示，男性高龄患者及高血压、高血糖等因素可使指征环发生率提高，说明了指征环和动脉粥样硬化关系密切，为影像特征病因分析找到依据<sup>[15]</sup>。对于结果中阳性患者无高血脂情况，可能与研究样本量较少有关，或者样本为住院患者有关导致；且各疾病间相互作用形成动脉粥样硬化，无法消除该干扰因素而影响结果。

综上所述，冠状动脉CTA检查结果中的斑块长度、总体积、脂质及纤维斑块体积等定量斑块参数为影响冠脉血流动力学的主要因素；显示指征环与脑梗塞发病也有关联性，提示指征环为易损斑块的判断方法，也是脑梗塞高发风险的影像学标志。本研究样本量不够充足，导致结果可能与其他研究有所差别，需加大并积累更多病例做进一步深入研究以使研究更准确。

### 参考文献

- [1] Rosendaal A R V, Kroft L J, Broersen A, et al. Relation between quantitative coronary CTA and myocardial ischemia by adenosine stress myocardial CT perfusion[J]. Journal of Nuclear Cardiology, 2016, 24(4): 1-10.
- [2] 赵雪梅, 微红阳, 张晓玮, 等. 冠状动脉CT血管造影结合计算流体力学方法评估冠脉血流动力学变化的价值[J]. 实用老年医学, 2019, 33(3): 245-248.
- [3] 贾艳荣, 张浩亮, 徐彦东, 等. 低管电压、低浓度对比剂冠状动脉CTA检查的可行性分析[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(9): 1573-1577.
- [4] 张晓蕾, 唐春香, 李建华, 等. 冠状动脉CTA: 斑块特征定量参数与血流储备分数的相关性分析[J]. 放射学实践, 2018, 33(12): 39-43.
- [5] 包丽薇, 王泽峰, 孙振婷, 等. CTA评估颈动脉与冠状动脉粥样硬化斑块临床关联的回顾性研究[J]. CT理论与应用研究, 2017, 26(4): 497-504.
- [6] 魏相磊, 尤克增. 双源CT双能量冠状动脉CTA在冠心病诊疗中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(3): 449-453.
- [7] 陈卫平, 王逍, 王遥, 等. 连续狭窄位置对冠状动脉血流动力学的影响分析[J]. 基层医学论坛, 2016, 20(34): 4779-4781.
- [8] 王彪, 陈兴灿, 应小丰, 等. 冠状动脉追踪冻结技术在回顾性心电门控下改善冠脉CTA图像质量的应用价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(4): 427-430.
- [9] 马玉荣, 韩娜, 张静. 颈动脉粥样硬化性狭窄与脑血流动力学相关性的多模态MRI研究[J]. 磁共振成像, 2018, 9(10): 37-43.
- [10] 陈芳, 杨永贵, 刘欣, 等. 磁共振弥散峰度成像对急性脑梗死分类的初步研究[J]. 磁共振成像, 2018, 9(3): 166-172.
- [11] Jawaid M M, Rajani R, Liatsis P, et al. A hybrid energy model for region based curve evolution Application to CTA coronary segmentation[J]. Computer Methods & Programs in Biomedicine, 2017, 144(C): 189-202.
- [12] 张娣, 武新英, 徐辉, 等. 双源CT血管成像对成人冠状动脉粥样硬化的诊断价值[J]. 中国医疗设备, 2016, 31(6): 70-72.
- [13] 王晓昕, 于月辉, 王瑛, 等. 胸痛患者临床常规检查及冠状动脉CTA与冠状动脉造影结果的相关性研究[J]. 中国医药指南, 2017, 15(11): 22-24.
- [14] 王思琪, 王梦娇, 徐鹏. 冠脉CTA对降主动脉弹性的研究与冠脉病变支数的相关性[J]. 微量元素与健康研究, 2019, 36(3): 25-27.
- [15] 朱梦颖, 李澄, 陈雅箴, 等. 高分辨率磁共振血管壁成像在评估颅内动脉瘤稳定性中的研究进展[J]. 磁共振成像, 2018, 9(8): 631-636.

(收稿日期: 2020-06-11)