

# 糖化血红蛋白水平与冠状动脉钙化斑块的相关性分析：基于OCT的研究

褚晓鹏, 彭 鹏, 邱福宇\*

浙江大学医学院附属邵逸夫医院心内科, 浙江 杭州

收稿日期: 2021年11月23日; 录用日期: 2021年12月13日; 发布日期: 2021年12月28日

## 摘 要

目的: 基于光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)探讨糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)水平与冠心病患者冠状动脉钙化斑块形态学特征的关系。方法: 选取2014年1月至2019年1月所有于浙江大学医学院附属邵逸夫医院行OCT检查且存在钙化病变的冠心病患者81例。根据HbA1c水平分为高HbA1c组(HbA1c  $\geq$  6.5%) 20例及低HbA1c组(HbA1c  $<$  6.5%) 61例, 并对两组临床资料及OCT分析结果进行回顾性分析。结果: 1) 除空腹血糖之外, 两组临床资料比较均未见统计学差异; 2) 高HbA1c组的最大钙化斑块弧度[(173.49°  $\pm$  110.71°) vs. (123.21°  $\pm$  93.06°),  $P = 0.049$ ]、平均钙化斑块弧度[(88.84°  $\pm$  49.94°) vs. (66.30°  $\pm$  40.32°),  $P = 0.044$ ]和总钙化指数[1402.14 (268.14, 2350.95) mm° vs. 307.57 (109.21, 988.46) mm°,  $P = 0.016$ ]明显高于低HbA1c组。3) Pearson相关分析显示, HbA1c与最大钙化弧度、平均钙化弧度、总钙化指数呈正相关。结论: 对于冠心病患者来说, HbA1c水平在预测冠状动脉钙化病变严重程度方面具有潜在价值。

## 关键词

冠心病, 光学相干断层成像, 冠状动脉钙化, 糖化血红蛋白

## Correlation Analysis between Glycosylated Hemoglobin Levels and Calcified Coronary Plaques: An Optical Coherence Tomography Study

Xiaopeng Chu, Peng Peng, Fuyu Qiu\*

Department of Cardiology, Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou Zhejiang

\*通讯作者。

文章引用: 褚晓鹏, 彭鹏, 邱福宇. 糖化血红蛋白水平与冠状动脉钙化斑块的相关性分析: 基于 OCT 的研究[J]. 临床医学进展, 2021, 11(12): 6036-6044. DOI: 10.12677/acm.2021.1112895

## Abstract

**Objectives:** To investigate the relationship between glycosylated hemoglobin (HbA1c) and the morphological characteristics of coronary artery calcified plaques in patients with coronary heart disease (CHD) by optical coherence tomography (OCT). **Methods:** A total of 81 patients with calcified coronary lesions who undergone OCT scan at the Sir Run Run Shaw Hospital affiliated to the Medical College of Zhejiang University between January 2014 and January 2019 were selected. Patients were divided into two groups according to the level of HbA1c: High-HbA1c group (HbA1c  $\geq$  6.5%, n = 20) and Low-HbA1c group (HbA1c < 6.5%, n = 61). The clinical characteristics and OCT findings were retrospectively analyzed. **Results:** 1) There were no statistical difference in clinical characteristics between the two groups, to the exception of fasting glucose. 2) The maximal calcium arc [(173.49°  $\pm$  110.71°) vs. (123.21°  $\pm$  93.06°), P = 0.049], average calcium arc [(88.84°  $\pm$  49.94°) vs. (66.30°  $\pm$  40.32°), P = 0.044], and total calcium index [1402.14 (268.14, 2350.95) mm° vs. 307.57 (109.21, 988.46) mm°, P = 0.016] were significantly higher in High-HbA1c group than those in Low-HbA1c group. 3) Pearson correlation analysis revealed that HbA1c levels were positively correlated with maximal calcium arc, average calcium arc and total calcium index. **Conclusion:** For patients with CHD, HbA1c has a potential value for predicting the severity of calcified coronary lesions.

## Keywords

Coronary Heart Disease, Optical Coherence Tomography, Coronary Artery Calcification, HbA1c

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

冠状动脉粥样硬化性心脏病, 也称冠心病, 通常是指由于冠状动脉(冠脉)粥样硬化造成的管腔狭窄, 从而进一步导致心肌缺血的心脏病。冠状动脉粥样硬化被认为是一种慢性进行性炎症, 引起这类炎症的传统危险因素包括高血压、糖尿病、血脂异常、吸烟、年龄、性别等[1][2]。作为冠脉粥样硬化基本病变之一, 冠脉钙化在降低斑块稳定性的同时, 还增加了冠脉介入治疗的难度。现有许多研究将冠脉钙化严重程度作为心血管不良事件及再次血运重建事件的预测因素[3]。糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)已被证实能在一定程度预测冠心病患者的长期预后[4]。但是, 目前关于 HbA1c 与冠脉钙化斑块形态学特征相关性研究甚少。因此, 本研究旨在利用光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)技术评估冠心病患者冠脉钙化斑块特点, 讨论冠脉钙化斑块与外周血 HbA1c 浓度的关系, 从而进一步分析 HbA1c 水平对钙化斑块严重程度的影响。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究对象

本研究为单中心、回顾性研究, 选取 2014 年 1 月至 2019 年 1 月所有于浙江大学医学院附属邵逸夫医院行冠脉造影术, 且至少有一支冠脉主要血管(左主干、前降支、回旋支或右冠状动脉)接受 OCT 检查

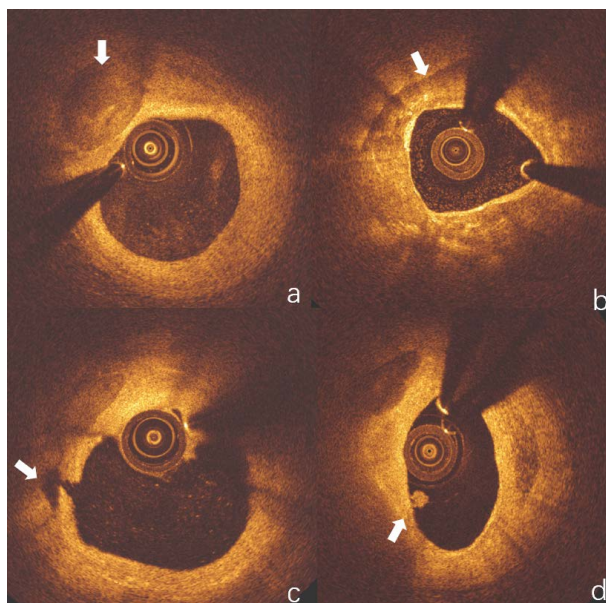
的 420 名冠心病患者(冠心病诊断包括稳定型心绞痛、不稳定型心绞痛、非 ST 段抬高型心肌梗死、ST 段抬高型心肌梗死)进行初筛。排除标准: ① 冠心病相关重要临床资料缺失, 如年龄、性别、吸烟史、高血压史、糖尿病史等; ② 患者患有严重心力衰竭、肝肾功能衰竭、严重心脏瓣膜功能不全、恶性肿瘤等; ③ 目标血管曾行支架植入; ④ 入院未行 HbA1c 检查; ⑤ 目标血管在进行 OCT 检查前曾因管腔狭窄进行球囊预扩张; ⑥ OCT 图像质量不佳, 无法完成后续分析。该研究获得了浙江大学医学院附属邵逸夫医院伦理学委员会批准, 且所有患者均已在知情同意书上签字。

## 2.2. 分组方法

根据美国糖尿病协会指南, 将符合入组标准的冠心病患者分为两组: HbA1c  $\geq$  6.5% 为高 HbA1c 组, HbA1c  $<$  6.5% 为低 HbA1c 组[5]。

## 2.3. 冠脉介入及 OCT 检查过程

所有患者在进行冠脉造影前均予双联抗血小板治疗, 冠脉造影操作均按照标准流程由经验丰富的内科介入医生完成, 造影过程要求管腔内造影剂显像清晰。冠脉造影结束后, 使用频域 OCT 成像系统 (C7-XR system, Abbott Medical, 美国) 进行 OCT 检查。将 C7 Dragonfly 成像导管沿导丝送至病变远端, 通过导管快速注射造影剂冲洗血管后, 以 20 mm/s 的速度自动回撤获取图像。所有的冠脉造影及 OCT 检查结果都将匿名收集及储存。



**Figure 1.** Representative OCT images. (a) Calcification; (b) Calcification with arc of 360°; (c) Plaque rupture; (d) Thrombus  
**图 1.** 典型 OCT 图像。(a) 钙化斑块; (b) 钙化弧度为 360° 的钙化斑块; (c) 斑块破裂; (d) 血栓

## 2.4. OCT 图像定性及定量分析

两名研究人员在对患者分组及相关临床资料不知情的情况下进行 OCT 分析。根据美国心脏病协会发布的 OCT 专家共识, 应用 Qivus 3.1 软件 (Medis Medical Imaging Systems BV, 荷兰) 对目标血管进行 OCT 图像分析, 分析间隔设置为 0.4 mm (每 2 帧) [6]。本研究定性分析的病变类型主要包括: 钙化斑块、血栓

及斑块破裂。所有存在一个及以上钙化斑块的目标血管将进一步进行 OCT 图像定量分析。OCT 定义的钙化斑块为内部质地不均、边缘清晰的低信号区域(图 1(a), 图 1(b))。点状钙化斑块定义为长度 $<4.0$  mm 且最大弧度 $<90^\circ$ 的钙质沉积物[7]。反之, 不符合上述标准的被称为大钙化斑块。钙化指数是指每个钙化斑块的长度与平均钙化弧度的乘积。总钙化指数则是整个目标血管内每个钙化指数之和。斑块破裂定义为纤维帽连续性中断, 伴斑块内部空腔形成(图 1(c))。血栓定义为漂浮在病变腔内或粘附在管腔表面, 且大于  $250\ \mu\text{m}$  的不规则团块(图 1(d))。两名研究员存在争议的 OCT 图像, 将由另外一名研究人员主持共同商议后做出决定。

## 2.5. 统计学方法

本研究将采用 SPSS 23.0 软件进行数据分析。所有计数资料采用例数(百分比)表示, 组间比较采用卡方检验。正态分布的计量资料采用均数  $\pm$  标准差, 非正态分布的计量资料采用中位数(四分位数)描述, 并采用 t 检验或秩和检验进行组间比较。采用 Pearson 相关分析进行相关性检验。若  $P < 0.05$ , 则差异有统计学意义。

## 3. 结果

### 3.1. 入选患者的一般资料

在进行 OCT 图像定性分析前, 共有 153 名冠心病患者符合纳入标准。排除原因如下: ① 冠心病相关重要临床资料缺失, 如年龄、性别、吸烟史、高血压史、糖尿病史等( $n = 20$ ); ② 患者患有严重心力衰竭、肝肾功能衰竭、严重心脏瓣膜功能不全、恶性肿瘤等( $n = 13$ ); ③ 目标血管曾行支架植入( $n = 93$ ); ④ 入院未行 HbA1c 检查( $n = 111$ ); ⑤ 目标血管在进行 OCT 检查前曾因管腔狭窄进行球囊预扩张( $n = 12$ ); ⑥ OCT 图像质量不佳, 无法完成后续分析( $n = 18$ )。完成 OCT 图像定性分析后, 共有 81 位患者的血管至少存在一处钙化斑块。因此本研究共纳入患者 81 例, 根据入院 HbA1c 水平将患者分为两组, HbA1c  $\geq 6.5\%$  ( $n = 20$ )为高 HbA1c 组, HbA1c  $< 6.5\%$  ( $n = 61$ )为低 HbA1c 组, 研究流程图见图 2。其中男性 59 例, 女性 22 例, 平均年龄  $66.21 \pm 11.39$  岁。高 HbA1c 组的空腹血糖及 HbA1c 水平明显高于低 HbA1c 组。除此之外, 两组一般临床资料统计结果未见统计学差异(表 1)。

### 3.2. OCT 图像定性分析

本研究所分析的血管均以前降支为主, 右冠状动脉次之, 两组在血管分布之间无统计学差异。高 HbA1c 组中, 钙化斑块合并斑块破裂 4 例(20.0%), 合并血栓 2 例(10.0%), 对比低 HbA1c 组中合并斑块破裂 5 例(8.2%), 血栓 1 例(1.6%)。虽然两组斑块破裂及血栓比例无明显统计学差异, 但高 HbA1c 组中斑块破裂及血栓的比例要更高(表 2)。

### 3.3. OCT 图像定量分析

OCT 图像定量测量结果显示, 高 HbA1c 组钙化斑块的 maximum arc length [( $173.49^\circ \pm 110.71^\circ$ ) vs. ( $123.21^\circ \pm 93.06^\circ$ ),  $P = 0.049$ ]、平均钙化弧度 [( $88.84^\circ \pm 49.94^\circ$ ) vs. ( $66.30^\circ \pm 40.32^\circ$ ),  $P = 0.044$ ]和总钙化指数 [ $1402.14$  ( $268.14, 2350.95$ )  $\text{mm}^\circ$  vs.  $307.57$  ( $109.21, 988.46$ )  $\text{mm}^\circ$ ,  $P = 0.016$ ]明显高于低 HbA1c 组。两组间钙化总长度、平均钙化长度、平均钙化指数、最小管腔面积等未见明显统计学差异(表 3)。

### 3.4. HbA1c 与钙化斑块形态学特征的相关性关系

Pearson 相关分析显示, HbA1c 水平与最大钙化弧度( $r = 0.268$ ,  $P = 0.016$ , 图 3(a))、平均钙化弧度( $r = 0.339$ ,  $P = 0.002$ , 图 3(b))、总钙化指数( $r = 0.225$ ,  $P = 0.043$ , 图 3(c))呈正相关。

**Table 1.** Baseline patient characteristics**表 1.** 患者临床基线特征比较

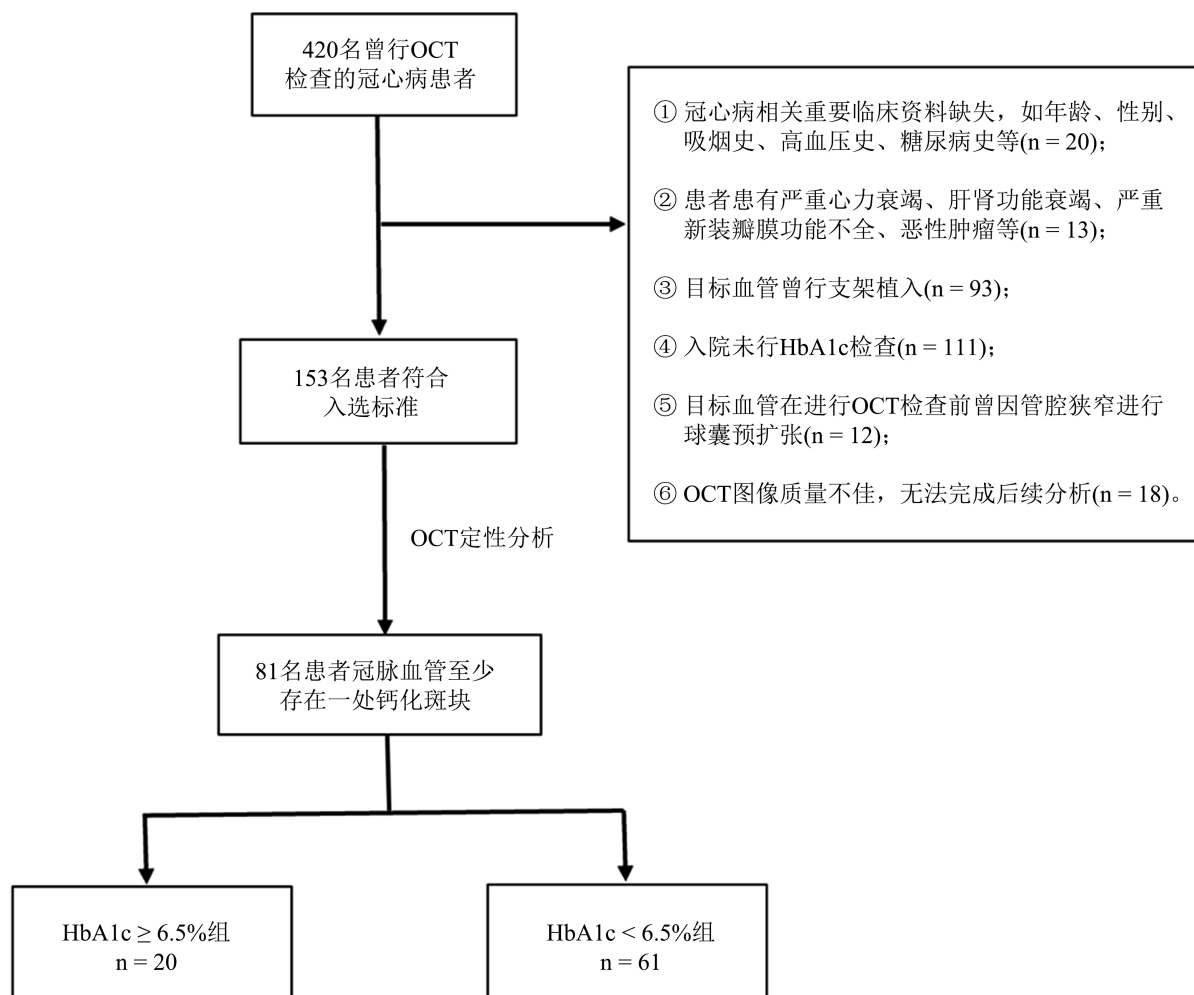
	HbA1c < 6.5%组(n = 61)	HbA1c ≥ 6.5%组(n = 20)	P 值
年龄(岁)	59.97 ± 16.67	73.86 ± 2.59	0.065
男性(n, %)	47 (77.0%)	12 (60.0%)	0.156
高血压(n, %)	34 (55.7%)	15 (75.0%)	0.188
吸烟史(n, %)	26 (42.6%)	9 (45.0%)	1.000
家族史(n, %)	9 (14.8%)	2 (10.0%)	0.723
血脂异常(n, %)	31 (50.8%)	14 (70.0%)	0.195
体质指数(kg/m <sup>2</sup> )	23.29 ± 3.72	24.02 ± 1.43	1.000
甘油三酯(mg/dL)	78.85 (69.55, 129.80)	79.30 (68.44, 187.83)	1.000
总胆固醇(mg/dL)	125.84 (119.27, 135.68)	127.38 (118.79, 213.55)	1.000
高密度脂蛋白胆固醇(mg/dL)	38.34 ± 14.87	39.95 ± 11.92	0.587
低密度脂蛋白胆固醇(mg/dL)	62.53 (52.50, 71.22)	63.69 (51.92, 144.94)	0.730
脂蛋白(a) (mg/dL)	8.60 ± 5.77	37.68 ± 35.14	0.302
尿酸(μmol/L)	378.00 ± 134.73	309 ± 79.26	0.434
空腹血糖(mmol/L)	5.07 ± 0.38	8.88 ± 1.99	0.005
HbA1c (%)	5.63 ± 0.21	7.55 ± 1.08	0.016

**Table 2.** Comparison of qualitative measurements on OCT images between the two groups**表 2.** 两组间 OCT 图像定性测量结果对比

	HbA1c < 6.5%组(n = 61)	HbA1c ≥ 6.5%组(n = 20)	P 值
目标血管			
左主干(例, %)	2 (10.0%)	1 (1.6%)	1.000
前降支(例, %)	44 (72.1%)	15 (75.0%)	1.000
回旋支(例, %)	5 (8.2%)	1 (1.6%)	1.000
右冠状动脉(例, %)	10 (10.0%)	3 (15.0%)	1.000
斑块破裂(例, %)	5 (8.2%)	4 (20.0%)	0.214
血栓(例, %)	1 (1.6%)	2 (10.0%)	0.149
总钙化个数(个)	1.84 ± 1.02	2.00 ± 1.17	0.549
点状钙化斑块个数(个)	1.00 (0.00, 2.00)	1.00 (0.00, 1.00)	0.607
大钙化斑块个数(个)	0.82 ± 0.79	1.10 ± 0.85	0.179

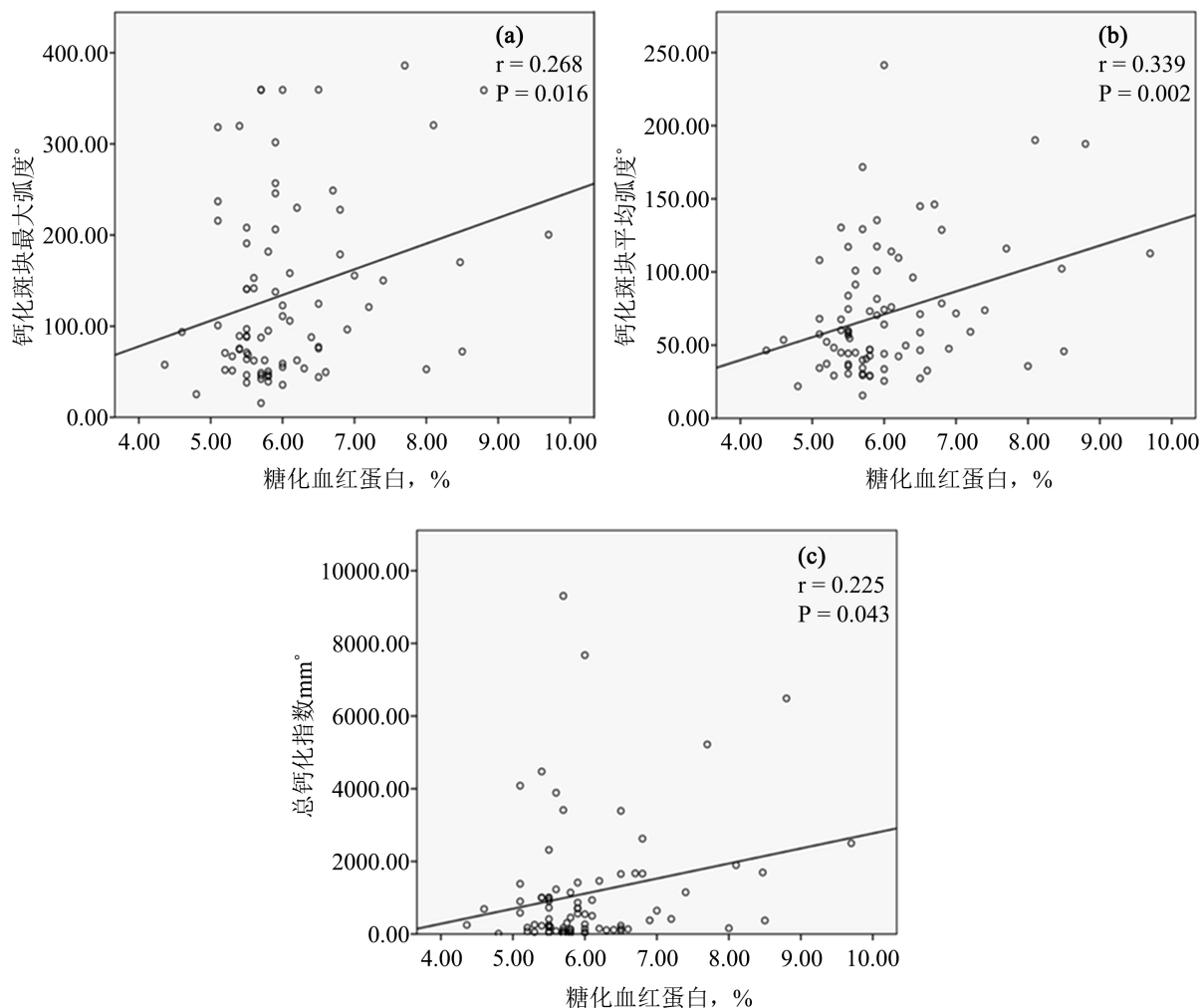
**Table 3.** Comparison of quantitative measurements on OCT images of calcified coronary plaques between the two groups  
**表 3.** 两组间冠脉钙化斑块 OCT 图像定量测量结果对比

	HbA1c < 6.5%组(n = 61)	HbA1c ≥ 6.5%组(n = 20)	P 值
最小管腔面积(mm <sup>2</sup> )	3.79 ± 2.57	3.11 ± 1.21	0.256
平均管腔面积(mm <sup>2</sup> )	5.37 ± 2.67	4.77 ± 1.82	0.354
钙化斑块总长度(mm)	6.40 (3.40, 13.40)	10.50 (4.25, 19.45)	0.249
钙化斑块平均长度(mm)	4.00 (1.80, 8.00)	5.23 (2.45, 10.50)	0.400
总钙化指数(mm <sup>°</sup> )	307.57 (109.21, 988.46)	1402.14 (268.14, 2350.95)	0.016
平均钙化指数(mm <sup>°</sup> )	193.19 (81.09, 818.52)	484.68 (84.09, 860.89)	0.576
最大钙化斑块弧度(°)	123.21 ± 93.06	173.49 ± 110.71	0.049
平均钙化斑块弧度(°)	66.30 ± 40.32	88.84 ± 49.94	0.044



**Figure 2.** Study chart flow  
**图 2.** 研究流程图





**Figure 3.** Correlation analysis showing the relationship between HbA1c levels and calcification characteristics on OCT. (a) Maximum calcification arc; (b) Average calcification arc; (c) Total calcification index

**图 3.** HbA1c 水平与冠状动脉钙化斑块形态学特征的相关性分析。(a) 钙化斑块最大弧度; (b) 钙化斑块平均弧度; (c) 总钙化指数

#### 4. 讨论

本研究旨在讨论冠心病患者 HbA1c 水平与冠脉钙化斑块形态学特征的关系,结果显示,HbA1c  $\geq 6.5\%$  的患者冠脉钙化斑块的弧度、平均弧度、总钙化指数均明显高于 HbA1c  $< 6.5\%$  的冠心病患者。由此可见, HbA1c 水平与冠心病患者钙化斑块严重程度呈正相关。

随着我国人口老龄化及生活水平的提高,冠心病的发病率也呈现逐年升高的趋势[8]。冠心病是一种由多种因素共同影响的疾病,已被证实的传统独立危险因素包括性别、年龄、吸烟史、糖尿病、高血压、冠心病家族史、肥胖等。其中,糖尿病是冠心病发生和进展过程中最明确、最重要的独立危险因素之一。大规模流行病学调查显示,糖代谢异常显著增加主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACEs)的风险[9]。相关病理生理学机制可能包括长期糖代谢控制不佳、胰岛素抵抗诱导的氧化应激、血液高凝状态、血脂代谢异常、血管内皮细胞功能障碍等[10]。这一系列反应将进一步促进冠脉粥样硬化斑块的形成。

HbA1c 能有效反映人体 4~8 周左右的糖代谢水平,且与患者是否进食、是否行胰岛素治疗等因素无

关[11]。因此 HbA1c 检测能代替空腹及餐后血糖,反映患者长期血糖控制情况。根据美国糖尿病协会指南, HbA1c  $\geq 6.5\%$  的患者即可被诊断为糖尿病,而 HbA1c 5.7%~6.4%则被称为糖尿病前期, HbA1c  $\leq 5.6\%$  为正常糖代谢水平[5]。

迄今,多数文献主要报道了 HbA1c 对冠状动脉脂质斑块形态学特征的影响。Reith 等曾指出,糖尿病患者中脂质斑块薄纤维帽粥样硬化斑块(thin-cap fibroatheroma, TCFA)的发生率明显高于非糖尿病患者[12]。另外也有研究发现,与非糖尿病患者相比较,糖尿病患者脂质斑块弧度、脂质指数明显更大,最小纤维帽厚度明显更薄[13][14]。曾有 OCT 研究显示,糖尿病患者非罪犯血管钙化斑块的比例明显高于非糖尿病患者(38.7% vs. 26.3%,  $P = 0.048$ ),但与糖尿病前期患者类似[6]。提示 HbA1c 水平与冠脉钙化斑块检出率有关,但目前有关 HbA1c 水平与钙化斑块负荷、形态学特征之间的定性关系研究尚少。本研究旨在进一步探究 HbA1c 水平与钙化斑块形态学特征之间的关系。

OCT 分辨率高,能准确描述冠脉内斑块的具体成分,评估斑块易损性[15]。相比冠状动脉 CT 检查,对血管腔及钙化病变显像更佳。本研究证实, HbA1c  $\geq 6.5\%$  的糖尿病患者冠脉血管内钙化斑块的斑块最大弧度、平均弧度、总钙化指数均高于低 HbA1c 组,这表明 HbA1c 水平与冠脉钙化斑块的严重程度呈正相关。若能尽早改善葡萄糖代谢异常,降低 HbA1c 水平,可能延缓冠脉钙化斑块的进展,从而减少不良心血管事件的发生。

另外,随着冠心病血运重建技术的发展,介入治疗往往涉及包括钙化病变在内的各类复杂病变。对于严重钙化病变,将增加支架植入的难度,术中可能出现斑块预处理不充分,支架膨胀不全及贴壁不良等[16]。本研究探讨严重冠脉钙化斑块相关的危险因素,以便日后能在冠状造影术前对冠脉钙化斑块严重程度进行预测,有助于做好充分的术前准备,进一步提高手术成功率。因此,本研究为冠心病的预防、诊断、治疗和预后评估提供了新的实验依据。

本研究存在一定的局限性:① 本研究为单中心、回顾性研究,样本量有限;② 由于 OCT 检查多用于罪犯血管或冠脉造影难以判断的病变,并未涵盖所有的冠脉血管,因此急性冠脉综合征患者的比例相对较高,存在一定的选择偏倚;③ 本研究排除了部分由于缺少 HbA1c 检测结果、OCT 成像不清晰、严重肝肾心功能障碍等的冠心病患者,存在一定选择偏倚。因此,还需要更多的研究进一步探讨。

## 利益冲突

所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] Liu, Q., Fan, J., Bai, J., et al. (2018) IL-34 Promotes Foam Cell Formation by Enhancing CD36 Expression through p38 MAPK Pathway. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 17347. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35485-2>
- [2] Kavousi, M., Leening, M.J., Nanchen, D., et al. (2014) Comparison of Application of the ACC/AHA Guidelines, Adult Treatment Panel III Guidelines, and European Society of Cardiology Guidelines for Cardiovascular Disease Prevention in a European Cohort. *JAMA*, **311**, 1416-1423. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.2632>
- [3] Nakahara, T., Dweck, M.R., Narula, N., Pisapia, D., Narula, J. and Strauss, H.W. (2017) Coronary Artery Calcification: From Mechanism to Molecular Imaging. *JACC: Cardiovascular Imaging*, **10**, 582-593. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.03.005>
- [4] 唐男男,方爱娟,孙步高,等.糖化血红蛋白水平在急性心肌梗死患者中的预后意义[J].中国循环杂志,2017,32(7):22-25.
- [5] American Diabetes Association (2012) Standards of Medical Care in Diabetes—2012. *Diabetes Care*, **35**, S11-S63. <https://doi.org/10.2337/dc12-s011>
- [6] Tearney, G.J., Regar, E., Akasaka, T., et al. (2012) Consensus Standards for Acquisition, Measurement, and Reporting of Intravascular Optical Coherence Tomography Studies: A Report from the International Working Group for Intravascular Optical Coherence Tomography Standardization and Validation. *Journal of the American College of Cardi-*



- ology*, **59**, 1058-1072. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.09.079>
- [7] Zhang, S., Dai, J., Jia, H., *et al.* (2018) Non-Culprit Plaque Characteristics in Acute Coronary Syndrome Patients with Raised HemoglobinA1c: An Intravascular Optical Coherence Tomography Study. *Cardiovascular Diabetology*, **17**, Article No. 90. <https://doi.org/10.1186/s12933-018-0729-5>
- [8] 胡盛寿, 高润霖, 刘力生, 等. 《中国心血管病报告 2018》概要[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(3): 209-220.
- [9] Huang, Y., Cai, X., Mai, W., *et al.* (2016) Association between Prediabetes and Risk of Cardiovascular Disease and All Cause Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ*, **355**, i5953. <https://doi.org/10.1136/bmj.i5953>
- [10] 郭玉凡, 王泽霖, 路超, 等. 糖化血红蛋白水平对急性 ST 段抬高型心肌梗死患者介入治疗远期预后的影响[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(8): 762-768.
- [11] 周翔海, 纪立农. 空腹血糖和糖化血红蛋白用于筛查糖尿病的研究[J]. 中华糖尿病杂志, 2005(3): 203-205.
- [12] Reith, S., Battermann, S., Hellmich, M., *et al.* (2015) Correlation between Optical Coherence Tomography-Derived Intraluminal Parameters and Fractional Flow Reserve Measurements in Intermediate Grade Coronary Lesions: A Comparison between Diabetic and Non-Diabetic Patients. *Clinical Research in Cardiology*, **104**, 59-70. <https://doi.org/10.1007/s00392-014-0759-2>
- [13] Suzuki, K., Takano, H., Kubota, Y., *et al.* (2016) Plaque Characteristics in Coronary Artery Disease Patients with Impaired Glucose Tolerance. *PLoS ONE*, **11**, e0167645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167645>
- [14] Kato, K., Yonetsu, T., Kim, S.J., *et al.* (2012) Comparison of Nonculprit Coronary Plaque Characteristics between Patients with and without Diabetes: A 3-Vessel Optical Coherence Tomography Study. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **5**, 1150-1158. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2012.06.019>
- [15] 郭军, 陈韵岱, 田峰, 金琴花, 刘长福, 韩宝石. 光学相干断层成像与血管内超声在冠状动脉介入诊疗中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2012, 20(11): 866-870.
- [16] 滕玮利, 李琪, 马玉良, 曹成富, 刘健, 赵红, 卢明瑜, 宋俊贤, 王伟民. 光学相干断层成像与血管内超声指导下冠状动脉斑块旋磨术治疗钙化病变的近期效果比较[J]. 中国循环杂志, 2020, 35(11): 1084-1090.