

# Evaluation of Hemodynamic Changes in Left Anterior Descending Coronary Artery Myocardial Bridge Using Artificial Intelligence Technology FFR<sub>CT</sub>

Yajun Shi Shenglin Wang\*

Affiliated Hospital of Chengde Medical College, Chengde, Hebei, 067000, China

## Abstract

**Objective:** To explore The role of Artificial intelligent-based FFR<sub>CT</sub> in assessing the hemodynamic relevance of myocardial bridge of the left anterior descending coronary artery. **Methods:** We retrospectively analysed 250 patients with myocardial bridges in our hospital from January to October 2023, and divided them into the superficial group (141 cases) and the deep MB group(109 cases) according to the depth of myocardial bridges, and divided them into normal and abnormal groups with FFR<sub>CT</sub> ≤ 0.80 as the boundary. The anatomical characteristics of myocardial bridges were compared between the deep MB group and the superficial groups. Univariate analysis was used to analyse the influence of relevant indexes on FFR<sub>CT</sub> values, and logistic regression was used to analyse the influencing factors of abnormal FFR<sub>CT</sub> values in patients with myocardial bridges. **Results:** The depth and muscle index of the deep MB group and superficial groups were statistically significant ( $P<0.05$ ); myocardial bridge length, depth and myocardial bridge muscle index of the normal and abnormal FFR<sub>CT</sub> value groups were significantly different ( $P<0.05$ ); myocardial bridge length and depth were independent risk factors for abnormal myocardial bridge FFR<sub>CT</sub> values. **Conclusion:** FFR<sub>CT</sub> has a certain application value in assessing haemodynamic changes in patients with myocardial bridges, and the abnormal FFR<sub>CT</sub> values are mainly caused by the length and depth of myocardial bridges.

## Keywords

fractional flow reserve; myocardial bridges; Coronary computed tomographic angiography; FFR<sub>CT</sub> values

# 基于人工智能技术 FFR<sub>CT</sub> 评估左冠状动脉前降支心肌桥血流动力学变化

石雅君 王胜林\*

承德医学院附属医院, 中国·河北承德 067000

## 摘要

**目的:** 探讨基于人工智能技术FFR<sub>CT</sub>评估左冠状前降支心肌桥血流动力学变化。**方法:** 回顾性分析2023年1月至10月笔者所在医院250例心肌桥患者, 根据心肌桥深度分为表浅组(141例)和纵深组(109例), 并以FFR<sub>CT</sub>≤0.80为界, 分为FFR<sub>CT</sub>值正常组和异常组。比较纵深组与表浅组心肌桥解剖特征。采用单因素分析相关指标对FFR<sub>CT</sub>值的影响, Logistics回归分析心肌桥患者异常FFR<sub>CT</sub>值的影响因素。**结果:** 纵深组、表浅组的深度及肌肉指数具有明显统计学意义( $P<0.05$ ); FFR<sub>CT</sub>值正常组与异常组心肌桥长度、深度及肌肉指数均具有显著差异( $P<0.05$ ); 心肌桥长度、深度是心肌桥FFR<sub>CT</sub>值异常的独立危险因素。**结论:** FFR<sub>CT</sub>在评估心肌桥病人血流动力学改变具有一定的应用价值, FFR<sub>CT</sub>值的异常主要是由心肌桥的长度和深度造成的。

## 关键词

血流储备分数; 心肌桥; 冠脉CT血管成像; FFR<sub>CT</sub>值

## 1 引言

冠状动脉及其分支常在心外膜脂肪组织内行走, 有时

部分冠状动脉分支可被心肌覆盖, 行走于心肌之间, 这段心肌覆盖在冠状动脉表面的部位称为心肌桥, 部分冠状动脉在心肌内行走, 这段冠脉称为壁冠状动脉<sup>[1]</sup>。根据心肌包埋的冠脉深度分为两种, 一种为纵深型(心肌厚度>2mm), 另一种为表浅型(心肌厚度≤2mm)<sup>[2]</sup>。在任一冠脉中均可见心肌桥, 但是大部分发生于左冠状前降支, 论文旨在收集左前降支心肌桥的病人。大部分病人症状不明显, 但是有部分病人心肌存在明显的缺血表现, 可导致房室传导阻滞、

**【作者简介】**石雅君(1990-), 女, 中国河北秦皇岛人, 在读硕士, 从事胸部医学影像诊断研究。

**【通讯作者】**王胜林(1964-), 男, 中国河北衡水人, 本科, 主任医师, 副教授, 从事胸部医学影像诊断研究。

心绞痛、心率加快，甚至猝死，与心肌桥血流动力学变化有一定的关联性<sup>[3]</sup>。因此，了解病人心肌桥的解剖学特征及血流动力学变化非常重要。血流储备分数（FFR）指在冠脉狭窄的情况下，该冠脉所供区域心肌的最大血流量与理论上没有狭窄时的最大血流量之比<sup>[4]</sup>。论文回顾性分析了250例左冠状动脉前降支心肌桥病人的FFR<sub>CT</sub>临床及影像学资料，目的在于研究人工智能技术FFR<sub>CT</sub>评估心肌桥病人血流动力学变化。

## 2 资料与方法

### 2.1 一般资料

选取承德医学院附属医院2023年1月至2023年10月确诊的250例心肌桥病人，按心肌桥覆盖厚度分为纵深型（>2mm）和表浅型（≤2mm），纵深组109例；表浅组141例。

这两组病人并无明显的性别、年龄等差异，具有可比性。研究纳入标准：①经冠脉CTA诊断为冠脉左前降支心肌桥的病人，并且其他分支未见心肌桥；②病人的图像在收缩期和舒张期无明显伪影。排除标准：①收缩期或舒张期冠脉CTA图像质量差，无法满足病人诊断标准；②任意冠脉起源和终止异常、冠脉瘤等其他冠状动脉病变；③病人合并有其他的心脏病，如冠心病、瓣膜性心脏病、左心室肥厚及曾经接受心肌桥血管支架或者冠状动脉旁路搭桥术后治疗。

### 2.2 扫描设备与方法

冠脉CTA扫描方案：采用日本东芝公司320排螺旋CT（Aquilion ONE），管电压：120KV；管电流：400mA。进行所有病人扫描，通过前瞻性序列心电门控技术扫描。在扫描之前30分钟内，测量病人心率，若心率大于70次/分钟，则需要给予一定量的β受体阻滞剂，确保病人CT扫描时的心率小于70次/分钟，并且心率变异率低于5次/分钟；CT扫描前2~3分钟之内，给病人舌下含服一定量的硝酸甘油片以扩张冠状动脉；利用高压注射器向患者静脉内注射碘普胺造影剂60毫升，流率5毫升/秒；扫描时相为30%~80%R-R间期，重建层厚度为0.5mm，重建间隔为0.2mm；利用机器自动获取最佳收缩期及最佳舒张期图像，33%~46%的R-R间期为最佳收缩期，66%~75%的R-R间期为最佳舒张期<sup>[2]</sup>。

### 2.3 图像分析

将所有病人的冠脉CTA影像学数据导入后处理工作站（深睿血管CT影像辅助诊断系统），并进行图像分析，测量数据指标均在最佳舒张期图像上收集；在曲面重组图像上可以获得心肌桥的位置和长度，定义心肌桥的位置为左冠状动脉前降支开口处至心肌桥入口处的距离；定义心肌桥的长度为心肌桥入口处至出口处的距离；定义心肌桥的深度为重组的横断面图像上覆盖在冠状动脉表面心肌的最大厚度；壁冠状动脉收缩期狭窄率计算方式为：（舒张期管径 - 收缩期

管径）/舒张期管径 × 100%，即收缩期管腔内径相较于舒张期管腔内径减少的百分比，管腔内径在多平面重组图像上测量<sup>[5]</sup>。通过人工智能软件上获得FFR<sub>CT</sub>值。上述所有病人影像学数据分别由2名影像科主治医师（有丰富的冠脉CTA相关工作经验）独立测量，每组数据测量3次，然后取平均值后进行记录使用。

### 2.4 统计学方法

使用统计软件（SPSS25.0）对病人影像学及临床资料数据进行分析，计量资料符合正态分布的采用（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，两组间比较采用t检验；计量资料不符合正态分布的采用M（P25，P75）表示，两组间比较采用非参数秩和检验。分类资料采用 $\chi^2$ 检验，并进行组间比较。采用Logistic二元回归模型分析，计算比值比（OR）和95%的可信区间（CI）。以P < 0.05为差异具有统计学意义。

## 3 结果

### 3.1 两组病人心肌桥解剖特征比较

本研究共计收集心肌桥病人250例，其中表浅组为141例，纵深组109例，两组年龄、性别、危险因素（高血压、高血脂、糖尿病、吸烟）无明显差别，基线水平大致相等，病人具有一定的可比性。从表1中可得：心肌桥长度、位置及收缩期狭窄率在两组病人（表浅组和纵深组）间均未见明显差异，P值远大于0.05，故没有统计学意义。然而，心肌桥深度及肌肉指数在两组病人（表浅组和纵深组）间均有明显差异，P值远小于0.05，故纵深组、表浅组心肌桥深度及肌肉指数具有明显的统计学意义。

表1 两组病人心肌桥解剖特征比较

	表浅组 (n=141)	纵深组 (n=109)	P 值
位置 (mm)	36.0 (30.0,43.0)	33.0 (28.0,42.0)	0.186
长度 (mm)	19.0 (14.0,25.0)	18.0 (15.0,22.0)	0.152
深度 (mm)	1.4 (1.2,1.6)	3.2 (2.8,3.8)	0.000
收缩期狭窄率 (%)	20 (18.18,25)	20 (18.75,24.24)	0.362
肌肉指数	25.3 (19.5,36.0)	60.2 (40.0,72.8)	0.000

### 3.2 影响病人FFR<sub>CT</sub>值的单因素分析

从表2中可得：心肌桥位置及收缩期狭窄率在两组病人（FFR<sub>CT</sub>正常组和FFR<sub>CT</sub>异常组）间均未见明显差异，P值大于0.05，故没有统计学意义。然而，心肌桥长度、深度及肌肉指数在两组病人（FFR<sub>CT</sub>正常组和FFR<sub>CT</sub>异常组）间均有明显差异，P值小于0.05，故FFR<sub>CT</sub>正常组和FFR<sub>CT</sub>异常组心肌桥长度、深度及肌肉指数具有明显的统计学意义。

### 3.3 影响心肌桥病人FFR<sub>CT</sub>值异常多因素 Logistic 回归分析

如表3所示：FFR<sub>CT</sub>值异常的独立危险因素是心肌桥的深度及长度。

表2 心肌桥 FFR<sub>CT</sub> 值异常高危因素分析

	FFR <sub>CT</sub> 正常组 (n=132)	FFR <sub>CT</sub> 异常组 (n=118)	P 值
年龄 (岁)	55.45 ± 9.44	57.01 ± 10.55	0.540
男性 (例)	50 (37.8)	54 (45.8)	0.764
高危因素			
高血压 (例)	59 (44.7)	53 (44.9)	0.972
高血脂 (例)	40 (30.3)	32 (27.1)	0.579
糖尿病 (例)	20 (15.2)	10 (8.5)	0.105
吸烟 (例)	18 (13.6)	25 (21.2)	0.114
心肌桥解剖特征			
位置 (mm)	37.0 (30.0, 43.5)	34.0 (28.0, 42.0)	0.062
长度 (mm)	18.0 (13.5, 23.0)	20.0 (15.0, 25.0)	0.045
深度 (mm)	1.5 (1.3, 2.45)	2.45 (1.5, 3.2)	0.002
收缩期狭窄率%	20.0 (18.75, 25.0)	44.5 (30.4, 64.0)	0.158
肌肉指数	31.6 (20.95, 43.85)	44.5 (30.4, 64.0)	0.000

表3 影响心肌桥病人 FFR<sub>CT</sub> 值异常多因素 Logistic 回归分析

变量	P	OR	95% CI
深度	0.023	1.333	(1.041~1.706)
长度	0.036	1.044	(1.003~1.087)

## 4 讨论

心肌桥是一类先天性血管解剖变异，在内科比较常见，研究显示其发病率为 0.5%~29.4%<sup>[6]</sup>。心肌桥可以使局部心肌供血减少，引起心肌缺血，最终引发心肌梗死、心绞痛等疾病，严重的还会导致猝死等<sup>[7]</sup>。基于冠状动脉造影的 FFR 是诊断冠状动脉狭窄性病变血流动力学异常的金标准<sup>[8]</sup>。然而 FFR 是一项有创性检查，并且成本较高，使其不能作为临床常规的筛查方法。基于人工智能 (AI) 的 CT 血流储备分数 FFR<sub>CT</sub> 检查是一种新兴的无创性功能学检查，其源于冠状动脉 CT 血管造影 (CCTA)，已经证实其在评价冠状动脉疾病血流动力学异常方面与传统的血流储备分数 (FFR) 检查具有很高的一致性<sup>[9-11]</sup>。

从以上可得，FFR<sub>CT</sub> 值异常的危险因素有心肌桥的深度、长度及肌肉指数，从表中可以看出纵深型心肌桥更倾向于导致 FFR<sub>CT</sub> 值异常，且 FFR<sub>CT</sub> 值异常的独立危险因素是心肌桥的长度及深度。周帆等人的研究显示<sup>[5]</sup>，心肌桥的长度和深度均是造成 FFR<sub>CT</sub> 值低的危险因素，与本研究结果相似。本结果也进一步证实了心肌桥的深度、长度及肌肉指数是导致 FFR<sub>CT</sub> 值异常的高危因素。

本研究尚存在以下不足：本研究为回顾性研究，有一定概率存在选择性偏倚，加之病例数为 250 例，没有以有创性 FFR 作为金标准，进一步证明所研究的结果，后续将继续进行多中心大样本研究。本次研究虽然排除了冠心病、瓣

膜性心脏病和左心室肥厚等病人，但还需进一步探讨心肌桥周围血管的形态变化与 FFR<sub>CT</sub> 值的关系。

综上所述，本研究结果表明：人工智能 FFR<sub>CT</sub> 在评估心肌桥病人血流动力学改变具有一定的应用价值，纵深型心肌桥病人容易导致 FFR<sub>CT</sub> 值的异常，FFR<sub>CT</sub> 值的降低主要是由心肌桥的长度和深度造成的。

## 参考文献

- [1] Tarantini G, Migliore F, Cademartiri F, et al. Left Anterior Descending Artery Myocardial Bridging: A Clinical Approach[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2016, 68(25): 2887-2899.
- [2] 成水华,倪炯,刘君,等.基于人工智能技术的FFRCT评估左冠状动脉前降支纵深型心肌桥血流动力学变化[J].中华医学杂志,2021,101(7):464-469.
- [3] 赵娜,高扬,徐波,等.基于冠状动脉CT血管成像的狭窄率与斑块特征联合分析对提高CT诊断心肌缺血效能的价值[J].中华放射学杂志,2021,55(1):40-47.
- [4] Kern M J , Samady H .Current Concepts of Integrated Coronary Physiology in the Catheterization Laboratory[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2010, 55(3): 173-185.
- [5] 周帆,闫静,周长圣,等.基于冠状动脉CT血管成像的血流储备分数评估心肌桥血流动力学变化的研究[J].中华放射学杂志,2019,53(4):274-280.
- [6] 赵浩,雷子乔.2018年国际心血管CT协会关于女性冠状动脉CT血管成像专家共识的解读[J].重庆医科大学学报,2019, 44(10):1254-1257.
- [7] 阳光.心肌桥和壁冠状动脉的多层螺旋CT诊断及其临床意义及对患者心功能的影响[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(2):81-84.
- [8] Kim KH, Doh JH, Koo BK, et al. A novel noninvasive technology for treatment planning using virtual coronary stenting and computed tomography-derived computed fractional flow reserve[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2014, 7(1):7278.
- [9] Nørgaard BL, Gaur S, Leipsic J, et al. Influence of coronary calcification on the diagnostic performance of CT angiography derived FFR in coronary artery disease: a substudy of the NXT Trial[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(9): 10451055.
- [10] Kruk M, Wardziak Ł, Demkow M, et al. Workstationbased calculation of CTAbased FFR for intermediate stenosis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016, 9(6): 690699.
- [11] Fairbairn TA, Nieman K, Akasaka T, et al. Real-world clinical utility and impact on clinical decision-making of coronary computed tomography angiography-derived fractional flow reserve: lessons from the ADVANCE Registry[J]. Eur Heart J, 2018, 39(41): 3701-3711.