

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2022.04.019

❖ 临床研究 ❖

冠状动脉 CT 血管成像对心肌桥收缩期压迫程度的诊断价值

周蕊, 李健, 郭庆乐, 乔建民

(开滦总医院放射科, 河北 唐山 063000)

【摘要】目的: 探讨冠状动脉 CT 血管成像 (CCTA) 对心肌桥收缩期压迫程度的诊断价值。**方法:** 收集行 CCTA 检查的 110 例心肌桥患者的临床资料, 根据收缩期壁管腔狭窄率, 将患者分为显著压迫组 ($n=38$, 收缩期狭窄率 $\geq 50\%$)、轻度压迫组 ($n=40$, 收缩期狭窄率 $10\% \sim 49\%$) 和无压迫组 ($n=32$, 收缩期狭窄率 $< 10\%$)。根据 CCTA 图像, 进行管腔内 CT 值的测定, 计算心肌桥段管腔内平均 CT 值, 及心肌桥段近段管腔内平均 CT 值, 计算管腔密度衰减梯度 (TAG) = (心肌桥段近段管腔内平均 CT 值 - 心肌桥段管腔内平均 CT 值) / 心肌桥段近段管腔内平均 CT 值 $\times 100\%$ 。比较各组 CCTA 参数差异, 并应用受试者工作特征曲线 (ROC) 评价 CCTA 参数诊断心肌桥压迫程度的效能。**结果:** 相比无压迫组, 显著压迫组或轻度压迫组 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均增大 ($P < 0.05$); 相比轻度压迫组, 显著压迫组 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均增大 ($P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示, CCTA 参数 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均对心肌桥收缩压迫程度有一定诊断效能, 其中以 TAG 诊断效能最高, 其诊断显著压迫和存在压迫的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.891 (95% CI = 0.817 ~ 0.942) 和 0.899 (95% CI = 0.826 ~ 0.948)。**结论:** CCTA 参数 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均与心肌桥收缩期压迫程度相关, 尤其是 TAG 对收缩期压迫程度的诊断价值最高。

【关键词】 心肌桥; 冠状动脉压迫; 冠状动脉血管造影; 体层摄影术

【中图分类号】 R541.1; R816.2 **【文献标志码】** A

Diagnostic value of coronary CT angiography in myocardial bridge systolic compression

ZHOU Rui, LI Jian, GUO Qing-le, QIAO Jian-min

(Department of Radiology, Kailuan General Hospital, Tangshan 063000, Hebei, China)

【Abstract】 Objective: To investigate the diagnostic value of coronary CT angiography (CCTA) in myocardial bridge systolic compression. **Methods:** A total of 110 patients with myocardial bridge who underwent CCTA examination were collected. According to the stenosis rate of the wall lumen during the contraction period, the patients were divided into the obvious indigenously compression group ($n=38$, the stenosis rate during the contraction period $\geq 50\%$), the mild compression group ($n=40$, the stenosis rate during the contraction period $10\% \sim 49\%$) and the non-compression group ($n=32$, the stenosis rate during the contraction period $< 10\%$). According to the CCTA image, the intracavitary CT value was measured, and the average intracavitary CT value of myocardial bridge segment and the average intracavitary CT value of myocardial bridge segment were calculated. Transluminal attenuation gradient (TAG) = (average intracavitary CT value of myocardial bridge segment - average intracavitary CT value of myocardial bridge segment) / average intracavitary CT value of myocardial bridge segment $\times 100\%$ was calculated. The differences of CCTA parameters in each group were compared, and the receiver operating characteristic curve (ROC) was used to evaluate the efficacy of CCTA parameters in diagnosing myocardial bridge compression. **Results:** Compared with the non-compression group, the TAG, myocardial bridge length and myocardial bridge depth in the significant compression group or the mild compression group increased ($P < 0.05$). Compared with the mild compression group, the TAG, myocardial bridge length and myocardial bridge depth in the significant compression group were increased ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the TAG, myocardial bridge length and myocardial bridge depth had a certain diagnostic efficiency for the degree of myocardial bridge contraction compression, and the TAG had the highest diagnostic efficiency. The area under the curve of diagnosing obvious compression and compression was 0.891 (95% CI: 0.817 - 0.942) and 0.899 (95% CI: 0.826 - 0.948), respectively. **Conclusion:** The TAG, myocardial bridge length and myocardial bridge depth of CCTA parameters are related to the degree of myocardial bridge systolic compression, especially the TAG has high diagnostic value for the degree of systolic compression.

作者简介: 周蕊 (1984 -), 女, 主治医师。E-mail: zour2020@163.com

通讯作者: 乔建民。E-mail: 15373569919@163.com

sion.

【Key words】 Myocardial bridge; Coronary artery compression; Coronary angiography; Body photography

心肌桥是常见的先天性冠状动脉血管畸形之一,表现为冠状动脉节段被心肌纤维部分或完全覆盖,多见于前降支中、远段^[1]。以往认为,心肌桥是一种良性的解剖变异,患者可长期无症状表现,但近年较多报道^[2-3]指出,心肌桥造成冠状动脉压迫可能与心肌缺血、心律失常、心绞痛及心源性猝死等具有相关性。因此,评估心肌桥对冠状动脉的压迫程度尤为重要。冠状动脉造影虽可直接呈现心肌桥的压迫情况,但属于有创操作,难以被患者接受。冠状动脉 CT 血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)是冠状动脉疾病的首选无创诊断方法,能够直观呈现心肌桥的解剖学信息,且提供冠状动脉血流动力学等丰富信息^[4],多项研究^[5-6]也证实,冠状动脉管腔密度衰减梯度(transluminal attenuation gradient, TAG)对冠状动脉狭窄程度具有评估价值,但其是否能够预测心肌桥血管压迫程度仍有待明确。为此,本研究拟探讨 CCTA 参数对心肌桥收缩期压迫程度的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2019 年 1 月至 2021 年 6 月在开滦总医院行 CCTA 检查的 110 例心肌桥患者作为研究对象。纳入标准:(1)经 CCTA 或冠状动脉造影显示心肌桥的存在;(2)采用心电门控扫描技术,且收缩期、舒张期图像均不存在伪影。排除标准:(1)心肌桥段血管伴随阻塞性冠状动脉疾病者;(2)心肌桥段血管存在严重钙化者;(3)既往有冠状动脉再血管化治疗史者;(4)图像质量差而影响诊断者。所有患者中,男性 51 例,女性 59 例;年龄(58.74 ± 11.36)岁。根据收缩期壁管腔狭窄率,将所有患者分为显著压迫组($n=38$,收缩期狭窄率 $\geq 50\%$)、轻度压迫组($n=40$,收缩期狭窄率 $10\% \sim 49\%$)和无压迫组($n=32$,收缩期狭窄率 $< 10\%$)^[7]。

1.2 CCTA 检查方法

采用德国 Siemens 公司第二代双源 CT 扫描仪通过心电门控技术进行扫描。扫描前 2~3 min 患者予以硝酸甘油舌下含服,以使冠状动脉扩张。采用高压注射器经患者肘静脉予以非离子对比剂碘普胺(370 mg I/mL) 60 mL 注射,速率为 $4.5 \sim 5.0 \text{ mL/s}$;应用人工智能触发扫描,将兴趣区设于升主动脉处,触发阈值 $\geq 100 \text{ HU}$,延迟 7 s 后自动触发扫描。扫描参数:管电压为 120 kV,管电流为 320 mAs, X 线管旋转时间设置为 0.28 s/圈,准直为 $64 \times 2 \times 0.6$

mm。

1.3 图像分析

采用 Siemens Syngo Via 后处理工作站进行图像分析。采用多平面重建(multi-planner reformation, MPR)、曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)、容积显示(volume rendering, VR)等进行图像的后处理。心肌桥的诊断标准为冠状动脉某血管节段完全被心肌组织包围。于舒张期图像上对心肌桥长度、深度以及冠状动脉管腔内密度进行测量。于 CPR 最佳显示面上进行心肌桥长度得的测量,由冠状动脉进入心肌段起至走出心肌段之间的距离。于血管截面图像上进行心肌桥深度的测量,取心肌表面垂直于血管腔段的最深位置进行测量。于血管截面上进行冠状动脉管腔内密度的测量,由靶血管开口位置起到冠状动脉走出心肌段结束,每隔 5 mm 手动勾画感兴趣区(2 mm^2 左右),进行管腔内 CT 值的测定,每支靶血管进行 2 次测量,计算心肌桥段管腔内平均 CT 值,及心肌桥段近段管腔内平均 CT 值,计算 $\text{TAG} = (\text{心肌桥段近段管腔内平均 CT 值} - \text{心肌桥段管腔内平均 CT 值}) / \text{心肌桥段近段管腔内平均 CT 值} \times 100\%$ 。

1.4 统计学分析

应用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,多组间对比用重复测量设计的方差分析,进一步两两比较用 SNK 法;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较用 χ^2 检验;应用受试者工作特征曲线(ROC)评价 CCTA 参数诊断心肌桥压迫程度的效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组临床特征比较

不同收缩期压迫程度组患者性别、年龄、并发高血压、并发糖尿病、并发高血脂等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 三组 CCTA 参数比较

相比无压迫组,显著压迫组或轻度压迫组 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均增大($P < 0.05$);相比轻度压迫组,显著压迫组 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均增大($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 CCTA 参数对心肌桥收缩压迫程度的诊断价值

ROC 曲线分析显示,CCTA 参数 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均对心肌桥收缩压迫程度有一定诊断效能,其中以 TAG 诊断效能最高,其诊断显著压

迫和存在压迫的曲线下面积 (area under curve, AUC) 分别为 0.891 和 0.899。当 TAG > 18.02%, 诊断显著压迫的敏感度为 73.7%、特异度为 93.1%; 当 TAG > 11.53%, 诊断存在压迫的敏感度为 84.6%、特异度为 93.70%。见表 3 及图 1。

表 1 三组临床特征比较 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

资料	显著压迫组 (n=38)	轻度压迫组 (n=40)	无压迫组 (n=32)	F/ χ^2 值	P 值
性别				0.265	0.876
男	22 (57.89)	21 (52.50)	17 (53.13)		
女	16 (42.11)	19 (47.50)	15 (46.87)		
年龄(岁)	61.84 ± 11.21	62.34 ± 10.98	59.78 ± 11.03	1.021	0.384
吸烟				2.641	0.267
是	16 (42.11)	16 (40.00)	17 (53.13)		
否	22 (57.89)	24 (60.00)	15 (46.87)		
高血压				0.081	0.960
有	24 (63.16)	25 (62.50)	21 (65.63)		
无	14 (36.84)	15 (37.50)	11 (34.37)		
糖尿病				0.099	0.952
有	12 (31.58)	12 (30.00)	9 (28.13)		
无	26 (68.42)	28 (70.00)	23 (71.87)		
高血脂				0.010	0.995
有	23 (60.53)	24 (60.00)	19 (59.38)		
无	15 (39.47)	16 (40.00)	13 (40.62)		

表 2 三组 CCTA 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	TAG (%)	心肌桥长度 (mm)	心肌桥深度 (mm)
显著压迫组 (n=38)	19.74 ± 6.37 **	24.39 ± 8.11 **	1.82 ± 0.63 **
轻度压迫组 (n=40)	13.51 ± 4.64 *	19.77 ± 6.36 *	1.53 ± 0.51 *
无压迫组 (n=32)	7.86 ± 2.36	16.52 ± 5.55	1.39 ± 0.44
F 值	15.511	14.211	10.314
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

* P < 0.05, 与无压迫组相比; #P < 0.05, 与轻度压迫组相比。

表 3 CCTA 参数对心肌桥收缩显著压迫、存在压迫的诊断效能

参数	截断值	AUC 值	P 值	敏感度 (%)	特异度 (%)	95% CI
TAG						
收缩显著压迫	>18.02%	0.891	<0.001	73.7	93.1	0.817 ~ 0.942
收缩存在压迫	>11.53%	0.899	<0.001	84.6	93.7	0.826 ~ 0.948
心肌桥长度						
收缩显著压迫	>25.45 mm	0.788	<0.001	65.8	87.5	0.700 ~ 0.860
收缩存在压迫	>22.90 mm	0.790	<0.001	59.0	96.9	0.702 ~ 0.862
心肌桥深度						
收缩显著压迫	>1.39 mm	0.705	<0.001	86.8	48.6	0.611 ~ 0.788
收缩存在压迫	>1.37 mm	0.678	<0.001	74.4	59.4	0.582 ~ 0.764

3 讨论

心肌桥收缩期压迫可能导致冠状动脉血流动力学的改变, 进而引起心肌缺血等一系列临床症状表现, 甚至可能诱发猝死^[8-9]。因此, 诊断心肌桥压迫程度有着重要意义。冠状动脉造影曾被认为是心肌桥诊断的金标准, 可通过观察壁冠状动脉在收缩期、舒张期管径变化来判断心肌桥的存在^[10]。但既往文

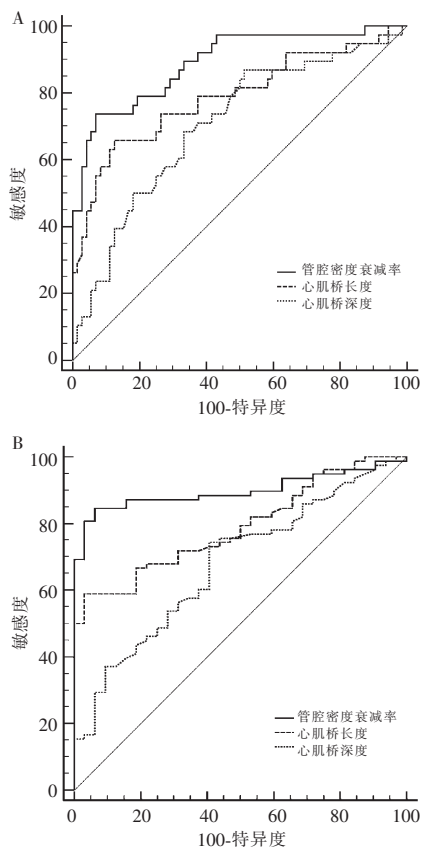


图 1 CCTA 参数诊断心肌桥收缩显著压迫、存在压迫的 ROC 曲线

A. 心肌桥收缩显著压迫; B. 心肌桥收缩存在压迫。

献^[11]报道冠状动脉造影对心肌桥的检出率低于 CCTA, 并且冠状动脉造影是有创性操作。因此 CCTA 有望成为心肌桥的首选诊断方法。CCTA 并非依赖冠状动脉本身在收缩期的一过性狭窄, 而是通过直观呈现冠状动脉与心肌之间的空间关系来进行诊断, 故诊断心肌桥的敏感度更高。

然而, Kim 等^[11]指出, CCTA 对心肌桥收缩期压迫诊断的特异性较低, 仅为 23% ~ 46%。以往 CCTA 对于心肌桥收缩期冠状动脉的压迫程度的评估较为困难, 原因在于压迫程度的准确评估还需要无伪影干扰的舒张末期图像和收缩末期图像。但前瞻性心电门控 CCTA 仅采集单期相图像, 回顾性心电门控虽可同时得到收缩期图像和舒张期图像, 难以获得准确的舒张末期图像和收缩末期图像, 同时由于辐射剂量控制原则, 收缩期图像常存在较大造影, 难以清晰呈现心肌桥收缩期管腔压迫情况^[12]。另外, 在采用 CCTA 诊断的心肌桥患者中, 仅 23% ~ 46% 存在动态压迫, 大部分患者并无心肌缺血等临床症状表现^[13-14]。尽管已有学者对 CCTA 传统参数如心肌桥长度、深度进行了研究, 但关于它们能

否诊断心肌桥压迫程度仍未明确。

本研究在心肌桥长度、深度之外,还探讨了新型 CCTA 参数 TAG 对心肌桥收缩压迫程度的诊断价值,结果显示,相比无压迫组,显著压迫组或轻度压迫组 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均增大($P < 0.05$);相比轻度压迫组,显著压迫组 TAG、心肌桥长度和心肌桥深度均增大($P < 0.05$)。由此可见,TAG、心肌桥长度、心肌桥深度均与心肌桥收缩压迫具有相关性。本研究还应用 ROC 曲线评价了以上 CCTA 参数对心肌桥收缩压迫程度的诊断价值,结果显示,三者均有一定诊断价值,且 TAG 的诊断效能最高,其诊断显著压迫、存在压迫的 AUC 值分别为 0.891、0.899。故心肌桥段管腔内密度衰减率可持续于整个心动周期^[15]。当存在显著动态压迫时,舒张期 TAG 更加显著。

本研究存在局限性:(1)作为回顾性研究,难免存在病例选择偏倚,且样本量较小,关于 CCTA 参数对于心肌桥压迫程度的诊断价值仍有待大样本量的研究进行验证;(2)未涉及预后研究,关于 CCTA 参数与心肌桥患者临床预后的关系有待继续长期随访研究观察。

综上,CCTA 参数对于心肌桥收缩期压迫程度有诊断价值,其中以 TAG 诊断的效能最高。

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] Stuijzand WJ, Danad I, Raijmakers PG, *et al.* Additional value of transluminal attenuation gradient in CT angiography to predict hemodynamic significance of coronary artery stenosis[J]. *JACC - Cardiovascular Imaging*, 2014, 7(4): 374 - 386.
- [3] 穆林,刘仁光,高航. 心肌桥与心肌缺血[J]. *辽宁医学院学报*, 2015, 36(5): 87 - 90.
- [4] Kim YJ, Yong HS, Kim SM, *et al.* Korean guidelines for the appro-

priate use of cardiac CT[J]. *Korean Journal of Radiology*, 2015, 16(2): 251 - 285.

- [5] 李小玉,翟宁,宫凤玲,等. CT 对冠状动脉管腔内衰减梯度与其狭窄程度关系的评价作用[J]. *山东医药*, 2018, 58(1): 54 - 56.
- [6] 施进喜,蔡东旭,赵新斌,等. 校正的管腔内密度衰减梯度与桥前段冠状动脉粥样硬化的相关性[J]. *中国医学科学院学报*, 2020, 42(3): 354 - 358.
- [7] Ishikawa Y, Akasaka Y, Ito K, *et al.* Significance of anatomical properties of myocardial bridge on atherosclerosis evolution in the left anterior descending coronary artery[J]. *Atherosclerosis*, 2006, 186(2): 380 - 389.
- [8] Corban MT, Hung OY, Eshtehardi P, *et al.* Myocardial bridging: Contemporary understanding of pathophysiology with implications for diagnostic and therapeutic strategies[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2014, 63(22): 2346 - 2355.
- [9] Migliore F, Maffei E, Perazzolo Marra M, *et al.* LAD coronary artery myocardial bridging and apical ballooning syndrome[J]. *JACC - Cardiovascular Imaging*, 2013, 6(1): 32 - 41.
- [10] 陈露苗,林闽江,付峰,等. 多排螺旋 CT 和心血管造影对冠状动脉心肌桥的诊断评价[J]. *中国预防医学杂志*, 2020, 12(5): 513 - 517.
- [11] Kim P, Hur GS, Namgung J, *et al.* Frequency of myocardial bridges and dynamic compression of epicardial coronary arteries: a comparison between computed tomography and invasive coronary angiography[J]. *Circulation*, 2009, 119(10): 1408 - 1416.
- [12] 周帆,同静,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.
- [13] Kawawa Y, Ishikawa Y, Gomi T, *et al.* Detection of myocardial bridge and evaluation of its anatomical properties by coronary multislice spiral computed tomography[J]. *European Journal of Radiology*, 2007, 31(4): 296 - 297.
- [14] 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.
- [15] 盛开,陆靖,张佳胤,等. 冠状动脉 CT 血管造影测量管腔密度梯度预测心肌桥收缩期压迫程度[J]. *中国临床医学*, 2020, 27(4): 613 - 619.

(收稿日期:2021 - 11 - 19

修回日期:2021 - 12 - 29)