

## 破裂和高危动脉粥样硬化斑块的冠状动脉 CT 血管造影特征与血管内超声的关系

李建蓉, 温云, 王静, 刘兴华, 邓先余

作者单位: 重庆三峡中心医院放射科, 重庆 404000

通信作者: 温云, 男, 副主任技师, 研究方向为医学影像技术, E-mail: wenyun3@163.com

基金项目: 重庆市万州区科技计划项目(201203060)

**摘要:**目的 探讨破裂和高危动脉粥样硬化斑块的冠状动脉 CT 血管造影(CTA)特征与血管内超声(IVUS)的关系。方法 回顾性以重庆三峡中心医院 2017 年 3 月至 2019 年 3 月行经皮冠状动脉介入治疗的稳定型心绞痛和急性冠状动脉综合征(ACS)病人各 32 例为研究对象。所有病人在冠状动脉介入治疗前行冠状动脉 CTA、IVUS 和虚拟组织学血管内超声(VH-IVUS)检查。比较 VH-IVUS 诊断的薄帽型纤维粥样硬化斑块(TCFA)中钙化斑块、低衰减斑块、正性重塑及餐巾环征等 CTA 高风险特征的关系。**结果** 冠状动脉 CTA 正确诊断出破裂斑块 26/39 个, 有 3 个斑块的诊断为假阳性, 灵敏度为 66%, 特异度为 91%。融合坏死核心斑块的低衰减斑块、餐巾环征、坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 特征均显著升高( $P < 0.05$ )。TCFA 的坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 特征显著升高( $P < 0.05$ ), 纤维斑块体积显著降低( $P < 0.05$ )。坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 特征在诊断纤维粥样硬化斑块的受试者工作特征曲线(ROC)下面积分别为 0.730、0.872( $P < 0.05$ )。ACS 病人中罪犯斑块的 CTA 高危特征检出率均显著升高( $P < 0.05$ )。**结论** 与 IVUS 相比, 冠状动脉 CTA 识别破裂斑块的特异度高, 但灵敏度低。此外, 低衰减斑块、餐巾环征、坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 高风险特征能很好的识别 VH-IVUS 诊断的融合坏死核心的斑块及 TCFA, 尤其是在 ACS 病人中。

**关键词:** 斑块, 动脉粥样硬化; 体层摄影术, X 线计算机; 超声检查, 介入性; 心绞痛, 稳定型; 急性冠状动脉综合征

## Relationship between coronary CTA features and intravascular ultrasound in ruptured and high-risk atherosclerotic plaque

LI Jianrong, WEN Yun, WANG Jing, LIU Xinghua, DENG Xianyu

Author Affiliation: Department of Radiology, Chongqing Three Gorges Central Hospital, Chongqing 404000, China

**Abstract: Objective** To investigate the relationship between coronary CT imaging (CTA) and intravascular ultrasound (IVUS) in ruptured and high-risk atherosclerotic plaques. **Methods** Thirty-two patients with stable angina pectoris and 32 acute coronary syndrome (ACS) who underwent percutaneous coronary intervention in Chongqing Three Gorges Central Hospital from March 2017 to March 2019 were enrolled in the retrospectively study. All patients underwent coronary CTA, IVUS, and virtual histological intravascular ultrasound (VH-IVUS) prior to coronary intervention. The relationship between high-risk characteristics of CTA such as calcified plaque, low-attenuation plaque, positive remodeling, and napkin ring sign in thin-cap fiber atherosclerotic plaque (TCFA) diagnosed by VH-IVUS was compared. **Results** Coronary CTA correctly diagnosed 26/39 ruptured plaques, and 3 plaques were diagnosed as false positives with a sensitivity of 66% and a specificity of 91%. The CTA features of low-attenuation plaque, napkin ring sign, necrotic core volume, necrotic core/fiber plaque ratio of plaque with necrotic core were significantly increased ( $P < 0.05$ ). The CTA characteristics of necrotic core volume, necrotic core/fiber plaque ratio of TCFA were significantly increased ( $P < 0.05$ ), and the volume of fibrous plaque was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). The ROC curve of the CTA characteristics of the area of the necrotic core volume, necrotic core/fiber plaque ratio diagnostic atherosclerotic plaque were 0.730 and 0.872, respectively ( $P < 0.05$ ). The detection rate of CTA high-risk characteristics of culprit plaques in ACS patients was significantly increased ( $P < 0.05$ ). **Conclusions** Compared with intravascular ultrasound, coronary CTA recognizes ruptured plaques with high specificity but low sensitivity. In addition, high-risk CTA features such as low-attenuation plaque, napkin ring sign, necrotic core volume, and necrotic core/fiber plaque ratio can well identify plaques with necrotic core and TCFA diagnosed by VH-IVUS, especially in ACS patients.

**Key words:** Plaque, atherosclerotic; Tomography, X-ray computed; Ultrasonography, interventional; Angina, stable; Acute coronary syndrome

急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)的主要病因是冠状动脉斑块破裂、侵蚀或钙化

小结引起血栓导致冠状动脉完全或部分闭塞,也是ACS的主要死亡原因<sup>[1]</sup>。尸检时高危斑块具有特征性表现,这些薄帽型纤维粥样硬化斑块(thin-cap fibroatheroma, TCFA)的坏死核心多于稳定的病灶,其上覆有一层薄纤维帽<sup>[2]</sup>。虚拟组织学血管内超声(virtual histology-intravascular ultrasound, VH-IVUS)通过识别4种不同的斑块组织超声特征,可以定量和定性分析斑块组成情况,但VH-IVUS是一种侵入性成像模式<sup>[3]</sup>。冠状动脉CT血管造影(CT angiography, CTA)作为非侵入性替代方案被越来越多的使用<sup>[4]</sup>。由于空间分辨率的限制,冠状动脉CTA不能直接显像来识别TCFA<sup>[5]</sup>。冠状动脉CTA的一些特征,包括钙化斑块、低衰减斑块、正性重塑、餐巾环征能否作为识别TCFA的替代标志物尚不清楚。因此,本研究通过冠状动脉CTA检测稳定性心绞痛和ACS病人VH-IVUS识别的破裂斑块的准确性,以探究冠状动脉CTA高风险特征识别TCFA的能力。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 以重庆三峡中心医院2017年3月至2019年3月行经皮冠状动脉介入治疗的稳定性心绞痛( $n=32$ )和ACS( $n=32$ )病人为研究对象。稳定性心绞痛病人年龄( $63.25\pm 10.84$ )岁,男25例,女7例;ACS病人年龄( $62.48\pm 10.66$ )岁,男23例,女9例。ACS病人在症状出现后72 h内入组,所有病人在冠状动脉介入治疗前行冠状动脉CTA、血管内超声(IVUS)和VH-IVUS检查,以IVUS作为诊断的金标准。排除房颤或肾功能不全的病人。本研究符合《世界医学协会赫尔辛基宣言》相关要求,所有病人均同意参加研究并签署知情同意书。

**1.2 冠状动脉CTA<sup>[6]</sup>** 采用美国GE公司64层双源CT和前瞻性心电门控技术。扫描前2~3 min所有受检者舌下含服硝酸甘油片扩张冠状动脉。先扫描定位像来确定扫描范围,随后使用双筒高压注射器向病人外周静脉内注射非离子型对比剂优维显60 mL(370 mg I/mL),注射流率4.5~5.0 mL/s,应用人工智能触发扫描系统确定延迟时间。CT扫描参数:120 kV, 280 mA,准直器宽度64 mm×2 mm×0.6 mm,厚度0.75 mm,机架旋转时间0.28 s,球管旋转时间0.33 s/r。CTA高风险特征定义为:钙化斑块(钙化病灶直径<3 mm)、正性重塑(病变部位至参照血管的血管直径比>1.05)、低衰减斑块(<30 HU)、餐巾环征(被<130 HU高衰减环包围的低衰减)。斑块定量使用半自动循环Ⅲ软件进行,如有需要可手动纠正血管轮廓。利用软件颜色编码每个斑块体素,根据其衰减程度将斑块分离成各组成

部分,从而创建一个斑块地图,使斑块成分可视化。每个组分的衰减(HU)截止点是根据组织学验证得到的腔内对比度和斑块衰减比值(坏死核心<0.197,纤维斑块0.197~0.470,钙化斑块>1.295)来计算。

**1.3 冠状动脉IVUS检查<sup>[7]</sup>** 经股动脉送入7 F指引导管,导丝通过“靶血管”后,酌情使用1.5~2.0 mm球囊对病变进行预扩张并向冠状动脉内注入0.2 mg的硝酸甘油扩张血管。IVUS(Opticross™,美国)从病变远端以0.5 mm/s的速度回撤,对病变血管进行检查分析。将血管组织的IVUS灰度影像分为外弹力膜、内膜、管腔及斑块。在病变近端和远端找到相对正常的血管截面作为参考血管截面,一般距离病变末端5~10 mm,同时斑块负荷为25%~50%。IVUS系统软件自动生成中膜与管腔边界后进行人工校准,确定血管组织边界后,系统自动生成血管VH影像。系统自动分析生成病变近、远端参考截面、最小管腔截面及整个病变的VH-IVUS影像特点,分别统计整个病变段中不同斑块病理组织的体积(mm<sup>3</sup>)和所占比例(%)。

**1.4 统计学方法** 数据采用SPSS 19.0进行统计分析,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本 $t$ 检验;计数资料以例(%)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验;采用受试者工作特征曲线(ROC)评价CTA特征诊断的准确性,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 IVUS诊断为破裂斑块的冠状动脉CTA特征** IVUS与冠状动脉CTA共同诊断出71个斑块。其中IVUS诊断出破裂斑块39个,完整斑块32个;冠状动脉CTA正确诊断出破裂斑块26个,有3个斑块的诊断为假阳性,因此冠状动脉CTA诊断破裂斑块的灵敏度为66%,特异度为91%。见图1。在冠状动脉CTA诊断的高风险特征中,餐巾环征在破裂斑块中检出率与完整斑块比较显著升高( $P<0.05$ )。见图2。

**2.2 VH-IVUS诊断的融合坏死核心斑块的冠状动脉CTA特征** VH-IVUS检出的69个斑块中有55个斑块融合的坏死核心>10%,为纤维粥样硬化斑块,剩余14个斑块未融合坏死核心(6个是纤维钙化斑块,8个是病理性内膜增厚)。与未融合坏死核心的斑块比较,融合坏死核心斑块的低衰减斑块、餐巾环征、坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等CTA特征均显著升高( $P<0.05$ )。见表1。CTA检测到融合坏死核心斑块中低衰减斑块的灵敏度为76%,特异度为64%,检测到餐巾环征的灵敏度为56%,但特异度为100%。

**表1** 虚拟组织学血管内超声(VH-IVUS)诊断的融合坏死核心斑块的冠状动脉CT血管造影(CTA)特征

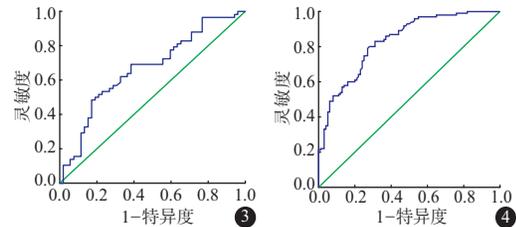
CTA 特征	未融合坏死核心斑块 (n=14)	融合坏死核心斑块 (n=55)	t(χ <sup>2</sup> ) 值	P 值
病变长度/(mm, $\bar{x} \pm s$ )	19.63±12.41	18.33±6.70	0.160	0.878
钙化斑块/例(%)	6(43)	29(53)	(0.435)	0.561
低衰减斑块/例(%)	5(36)	42(76)	(8.490)	0.008
正性重塑/例(%)	5(36)	33(60)	(2.660)	0.136
餐巾环征/例(%)	0	31(56)	(14.328)	<0.001
管腔体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	167.12±39.20	150.66±81.77	0.395	0.707
管腔狭窄/(%, $\bar{x} \pm s$ )	59.14±13.92	63.34±15.81	-0.267	0.798
总斑块体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	192.04±60.11	215.35±61.19	-0.522	0.620
非钙化斑块体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	161.37±71.13	200.83±75.11	-0.872	0.417
坏死核心体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	31.44±10.80	40.23±12.16	-2.915	0.011
钙化斑块体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	11.36±7.31	7.60±4.11	0.847	0.429
纤维斑块体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	57.38±12.44	52.52±11.73	0.521	0.621
坏死核心/纤维斑块/ $\bar{x} \pm s$	0.58±0.27	0.83±0.40	-4.184	<0.001

**表2** 虚拟组织学血管内超声(VH-IVUS)诊断为薄帽型纤维粥样硬化斑块(TCFA)和厚帽型纤维粥样硬化斑块(ThCFA)的冠状动脉CT血管造影(CTA)特征比较

CTA 特征	ThCFA (n=12)	TCFA (n=43)	t(χ <sup>2</sup> ) 值	P 值
病变长度/(mm, $\bar{x} \pm s$ )	21.73±8.30	17.33±6.02	0.643	0.544
钙化斑块/例(%)	8(67)	21(49)	(1.197)	0.339
低衰减斑块/例(%)	9(75)	33(77)	(0.016)	0.999
正性重塑/例(%)	7(58)	25(58)	(0.000)	1.000
餐巾环征/例(%)	4(33)	27(63)	(3.310)	0.101
管腔体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	180.72±94.05	142.06±76.92	0.897	0.404
管腔狭窄/(%, $\bar{x} \pm s$ )	57.98±19.75	64.83±14.42	-0.619	0.559
总斑块体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	236.74±94.17	209.33±97.82	0.492	0.640
非钙化斑块体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	211.30±98.11	197.80±99.34	0.257	0.806
坏死核心体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	32.43±9.90	42.44±11.95	-3.152	<0.001
钙化斑块体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	10.56±6.11	6.89±4.15	1.085	0.320
纤维斑块体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	58.73±11.42	50.86±11.53	2.293	0.048
坏死核心/纤维斑块/ $\bar{x} \pm s$	0.59±0.17	0.90±0.30	4.040	<0.001

**2.3 VH-IVUS 诊断为 TCFA 和厚帽型纤维粥样硬化斑块(ThCFA)的冠状动脉 CTA 特征比较** 将 VH-IVUS 诊断的纤维粥样硬化斑块进一步分为 TCFA 和 ThCFA。TCFA 的钙化斑块、低衰减斑块、正性重塑、餐巾环征、非钙化斑块体积等 CTA 特征与

ThCFA 差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。与 ThCFA 比较, TCFA 的坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 特征显著升高( $P < 0.05$ ), 纤维斑块体积显著降低( $P < 0.05$ )。见表 2。ROC 曲线分析结果显示, 坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 特征在诊断纤维粥样硬化斑块的曲线下面积分别为 0.730、0.872( $P < 0.05$ )。见图 3, 4。



**图3** 坏死核心体积诊断纤维粥样硬化斑块的受试者工作特征曲线(ROC) **图4** 坏死核心/纤维斑块比值诊断纤维粥样硬化斑块的受试者工作特征曲线(ROC)

**2.4 ACS 和稳定型心绞痛病人的罪犯病变斑块分析** ACS 病人中有 14 例(44%)罪犯斑块中发现破裂的冠状动脉 CTA 特征, 与稳定型心绞痛病人 2 例(6%)比较显著升高( $P < 0.05$ )。与稳定型心绞痛病人比较, ACS 病人中罪犯斑块的钙化斑块、低衰减斑块、正性重塑、餐巾环征、坏死核心体积、钙化斑块体积、坏死核心/纤维斑块比值等 CTA 高危特征检出率均显著升高( $P < 0.05$ )。见表 3。

**表3** 急性冠状动脉综合征(ACS)和稳定型心绞痛病人的罪犯病变斑块特征比较

特征	稳定型心绞痛 (n=32)	ACS (n=32)	t(χ <sup>2</sup> ) 值	P 值
胆固醇/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	4.22±1.75	4.64±1.12	-0.381	0.716
糖尿病/例(%)	4(13)	2(6)	(0.736)	0.672
高血压/例(%)	22(69)	15(47)	(3.139)	0.128
心肌梗死史/例(%)	1(3)	2(6)	(0.350)	0.999
吸烟/例(%)	4(13)	10(31)	(3.291)	0.129
钙化斑块/例(%)	11(34)	20(63)	(5.067)	0.045
低衰减斑块/例(%)	19(59)	28(88)	(6.488)	0.022
正性重塑/例(%)	7(22)	26(81)	(22.585)	<0.001
餐巾环征/例(%)	7(22)	18(56)	(7.943)	0.010
管腔体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	141.52±97.50	141.93±88.52	0.004	0.997
总斑块体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	202.33±131.74	248.45±114.20	-0.536	0.612
非钙化斑块体积/(mm <sup>3</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	163.90±97.82	236.94±112.95	-1.160	0.290
坏死核心体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	34.45±13.21	44.26±12.71	-3.023	0.039
钙化斑块体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	15.02±9.41	4.04±2.61	3.861	<0.001
纤维斑块体积/(%, $\bar{x} \pm s$ )	41.26±11.35	42.33±11.40	-0.062	0.953
坏死核心/纤维斑块/ $\bar{x} \pm s$	0.73±0.31	0.94±0.42	-3.330	0.020
CTA 诊断破裂斑块/例(%)	2(6)	14(44)	(12.000)	0.001

注: CTA 为 CT 血管造影

### 3 讨论

本研究结果发现,冠状动脉CTA检测斑块破裂特异度为91%,但灵敏度为66%。已有文献报道在破裂的斑块中记录了餐巾环征<sup>[8-9]</sup>。本研究结果发现,尽管餐巾环征在破裂斑块中出现的频率高于未破裂斑块,但仍有31%的完整斑块中存在餐巾环征。ACS中的餐巾环征可能是由造影剂包裹的血栓引起,也可能发生在大坏死核心的完整斑块中<sup>[10-11]</sup>。与以往的研究<sup>[12]</sup>不同,本研究冠状动脉CTA是在IVUS后24 h内进行的,因此斑块的愈合没有时间延迟。有研究表明,小的钙化元素可能被误认为是斑块内的造影剂,尤其是在没有造影剂前扫描的情况下<sup>[13-14]</sup>。本研究中,3个假阳性破裂识别均发生在斑块中,斑块钙化呈斑点状,提示了小的钙化斑块和造影剂池较难区分。

本研究结果发现,冠状动脉CTA上的低衰减斑块特征诊断出VH-IVUS定义的纤维粥样硬化斑块的灵敏度为76%,特异度为64%,远远低于临床应用的要求。但使用餐巾环征使其特异度变为100%,灵敏度为56%,这可能与冠状动脉CTA的空间分辨率低于VH-IVUS有关<sup>[15]</sup>。有文献报道,冠状动脉CTA对 $> 2 \text{ mm}^2$ 坏死核心的检测灵敏度为75%,对 $< 2 \text{ mm}^2$ 坏死核心的检测灵敏度为55%<sup>[16-17]</sup>。然而,尸检的数据显示,破裂斑块的平均坏死核大小为 $2.2 \text{ mm}^2$ <sup>[2]</sup>,这表明检测较小的坏死核心可能与临床相关性较小。

本研究结果发现,VH-IVUS定义的ThCFA和TCFA的冠状动脉CTA高危特征(钙化斑块、低衰减斑块、正性重塑、餐巾环征和非钙化斑块体积)均差异无统计学意义。尸检研究表明,与纤维斑块相比,TCFA具有更高的坏死核心比率<sup>[2]</sup>。这可能是由于以往是基于固定X线衰减截止点来识别坏死核心,会受到不同对比度下斑块成分衰减变化的限制<sup>[18]</sup>。本研究通过创建基于对比度与斑块衰减比的斑块图来测量斑块成分的体积,结果发现坏死核心与纤维斑块的比值在TCFA中显著增加。通过ROC曲线分析,坏死核心/纤维斑块比值的曲线下面积为0.872,当坏死核心/纤维斑块比值 $> 0.58$ 时,对TCFA的检测灵敏度为84%,特异度为75%;当比值 $> 1.01$ 时,灵敏度为33%,特异度为92%。最后,本研究结果发现,与稳定型心绞痛病人比较,ACS病人中罪犯斑块的钙化斑块、低衰减斑块、正性重塑、餐巾环征、坏死核心体积、钙化斑块体积、坏死核心/纤维斑块比值等CTA高危特征检出率均显著升高,这与杨庆芬等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。利用斑块图确定

斑块成分的定量,扩大了冠状动脉CTA高危标准的数量和类型,尤其是在ACS罪犯斑块中,坏死核心的比例更高,坏死核心/纤维斑块比值更大。

### 4 结论

与IVUS相比,冠状动脉CTA识别破裂斑块的特异度高,但灵敏度低。餐巾环征在识别坏死核心时特异度非常高,但仅具有中度灵敏度。此外,低衰减斑块、餐巾环征、坏死核心体积、坏死核心/纤维斑块比值等CTA高风险特征能很好的识别VH-IVUS诊断的融合坏死核心的斑块及TCFA,尤其是在ACS病人中。

(本文图1,2见插图9-4)

### 参考文献

- [1] 宋方,蔡登华,周厚荣,等.冠状动脉CTA在疑诊急性冠脉综合征中的临床应用进展[J].中国医学影像技术,2018,34(9):1426-1430.
- [2] CALVERT PA, OBAID DR, O'SULLIVAN M, et al. Association between IVUS findings and adverse outcomes in patients with coronary artery disease: the VIVA (VH-IVUS in Vulnerable Atherosclerosis) Study[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2011, 4(8): 894-901.
- [3] ZHANG L, WAHLE A, CHEN Z, et al. Predicting locations of high-risk plaques in coronary arteries in patients receiving statin therapy[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2018, 37(1): 151-161.
- [4] OBAID DR, CALVERT PA, BROWN A, et al. Coronary CT angiography features of ruptured and high-risk atherosclerotic plaques: Correlation with intra-vascular ultrasound [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017, 11(6): 455-461.
- [5] TOMIZAWA N, YAMAMOTO K, INOH S, et al. Accuracy of computed tomography angiography to identify thin-cap fibroatheroma detected by optical coherence tomography [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017, 11(2): 129-134.
- [6] 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):1261-1265.
- [7] 吴玺,黄河,张琪周,等.虚拟组织学-血管内超声分析冠状动脉慢性完全闭塞病变斑块特征[J].中国介入心脏病学杂志,2019,27(4):199-204.
- [8] YU M, LU Z, LI W, et al. Coronary plaque characteristics on baseline CT predict the need for late revascularization in symptomatic patients after percutaneous intervention [J]. Eur Radiol, 2018, 28(8): 3441-3453.
- [9] YANG DH, KANG SJ, KOO HJ, et al. Coronary CT angiography characteristics of OCT-defined thin-cap fibroatheroma: a section-to-section comparison study [J]. Eur Radiol, 2018, 28(2): 833-843.
- [10] SONG FX, ZHOU J, ZHOU JJ, et al. The diagnosis of coronary plaque stability by multi-slice computed tomography coronary angiography [J]. J Thorac Dis, 2018, 10(4): 2365-2376.
- [11] LI T, TANG T, YANG L, et al. Coronary CT angiography with knowledge-based iterative model reconstruction for assessing coronary arteries and non-calcified predominant plaques [J]. Korean J

- Radiol, 2019, 20(5): 729-738.
- [12] DOŁĘGA - KOZIEROWSKI B, KLIMECZEK P, LIS M, et al. An evaluation of dual source computed tomography used with the de weert classification to detect vulnerable plaque, using IVUS virtual histology as a standard of reference [J]. Adv Clin Exp Med, 2017, 26(1): 123-128.
- [13] AMAMOTO T, SAKATA N, OGATA T, et al. Intra-plaque vessels on contrast - enhanced ultrasound sonography predict carotid plaque histology [J]. Cerebrovasc Dis, 2018, 46(5-6): 265-269.
- [14] SHIMADA Y, OIKAWA K, FUJIWARA S, et al. Comparison of three-dimensional t1-weighted magnetic resonance and contrast-enhanced ultrasound plaque images for severe stenosis of the cervical carotid artery [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2017, 26(9): 1916-1922.
- [15] KOLOSSVÁRY M, SZILVESZTER B, MERKELY B, et al. Plaque imaging with CT-a comprehensive review on coronary CT angiography based risk assessment [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2017, 7(5): 489-506.
- [16] KIRIYAMA T, FUKUSHIMA Y, HAYASHI H, et al. Feasibility of combined risk stratification with coronary CT angiography and stress myocardial SPECT in patients with chronic coronary artery disease [J]. Ann Nucl Med, 2018, 32(1): 22-33.
- [17] MEINEL FG, WICHMANN JL, SCHOEPF UJ, et al. Global quantification of left ventricular myocardial perfusion at dynamic CT imaging: prognostic value [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017, 11(1): 16-24.
- [18] NEZARAT N, BUDOFF MJ, LUO Y, et al. Presence, characteristics, and volumes of coronary plaque determined by computed tomography angiography in young type 2 diabetes mellitus [J]. Am J Cardiol, 2017, 119(10): 1566-1571.
- [19] 杨庆芬, 于振海, 张璐萍, 等. 螺旋CT在急性冠状动脉综合征及稳定性心绞痛冠状动脉粥样斑块差异性比较[J]. 四川解剖学杂志, 2017, 25(3): 27-32.

(收稿日期: 2019-06-02, 修回日期: 2019-06-24)

doi: 10.3969/j.issn.1009-6469.2020.09.018

◇ 临床医学 ◇

## 抑制血清应答因子表达影响转化生长因子 $\beta$ 1介导的食管癌上皮细胞-间质转化的作用研究

何喜, 王志强, 林韬, 胡万宁, 张明明

作者单位: 唐山市人民医院胸外科, 河北 唐山 063001

基金项目: 河北省科技计划项目(17277749D)

**摘要:**目的 研究血清应答因子(serum response factor, SRF)小干扰RNA(small interference RNA, siRNA)影响转化生长因子 $\beta$ 1(transforming growth factor- $\beta$ 1, TGF- $\beta$ 1)介导的Eca-109食管癌细胞发生上皮间质转化(epithelial-mesenchymal transition, EMT)的作用机制。方法 体外培养Eca-109食管癌细胞, 实验分组为阴性对照siRNA组、TGF- $\beta$ 1+阴性对照siRNA组、TGF- $\beta$ 1+SRF-siRNA组。划痕实验检测细胞迁移能力; 免疫细胞化学染色法检测E-钙黏蛋白(E-cadherin)的表达; 蛋白质印迹法检测E-钙黏蛋白、SRF、N-钙黏蛋白(N-cadherin)、 $\alpha$ -平滑肌肌动蛋白( $\alpha$ -smooth muscle actin,  $\alpha$ -SMA)蛋白的表达。结果 与阴性对照siRNA组细胞迁移百分比(10.00 $\pm$ 2.00)%相比较, TGF- $\beta$ 1+阴性对照siRNA组细胞迁移百分比为(50.67 $\pm$ 4.73)%, 迁移能力增强; 与TGF- $\beta$ 1+阴性对照siRNA组相比较, TGF- $\beta$ 1+SRF-siRNA组细胞迁移百分比为(29.00 $\pm$ 3.00)%, 迁移能力下降, 均差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。与阴性对照siRNA组的E-钙黏蛋白(1.07 $\pm$ 0.12)、N-钙黏蛋白(0.28 $\pm$ 0.25)、SRF(0.25 $\pm$ 0.06)、 $\alpha$ -SMA(1.19 $\pm$ 0.37)蛋白相比较, TGF- $\beta$ 1+阴性对照siRNA组E-钙黏蛋白(0.45 $\pm$ 0.06)表达下调, 而N-钙黏蛋白(3.27 $\pm$ 0.67)、SRF(2.48 $\pm$ 0.05)、 $\alpha$ -SMA(4.23 $\pm$ 0.53)蛋白表达上调(均 $P < 0.001$ ); 与TGF- $\beta$ 1+阴性对照siRNA组相比较, TGF- $\beta$ 1+SRF-siRNA组E-钙黏蛋白(0.82 $\pm$ 0.05)表达上调, N-钙黏蛋白(1.31 $\pm$ 0.13)、SRF(1.46 $\pm$ 0.16)、 $\alpha$ -SMA(2.60 $\pm$ 0.28)蛋白表达下调(均 $P < 0.001$ )。结论 基因沉默SRF能够抑制TGF- $\beta$ 1介导的食管癌细胞发生EMT。

**关键词:** 食管肿瘤/病因学; 血清反应因子; 钙黏着糖蛋白类; 肌动蛋白类; 上皮-间质转化; 小干扰RNA

### The inhibitory effects of SRF-siRNA on EMT in Eca-109 cells

HE Xi, WANG Zhiqiang, LIN Tao, HU Wanning, ZHANG Mingming

Author Affiliation: Department of General Thoracic Surgery, Tangshan People's Hospital, Tangshan, Hebei 063001, China

**Abstract: Objective** To study the inhibitory effects of serum response factor (SRF)-small interference RNA (siRNA) on epithelial-mesenchymal transition (EMT) in Eca-109 cells induced by transforming growth factor- $\beta$ 1 (TGF- $\beta$ 1). **Methods** Eca-109 cells