

## • 心血管影像学 •

## MDCT 评价冠心病患者心外膜脂肪组织容积与升主动脉弹性的相关性

吴磊, 查云飞, 邢栋, 彭宇锋

**【摘要】 目的:**利用 64-MDCT 评价冠心病患者心外膜脂肪组织(EAT)容积与升主动脉弹性的相关性。**方法:**对 135 例拟诊冠心病的受检者行回顾性心电门控技术冠状动脉 CTA 和冠状动脉造影(CAG)检查,采用 GE AW4.4 工作站手动勾画心包线并计算 EAT 容积;测量受试者血压,重组升主动脉 0%~95% R-R 间期间隔 5% 的图像,采用 MATLAB 软件半自动描绘并测量各 R-R 间期主动脉横断面面积,然后计算出升主动脉弹性值。按冠脉狭窄程度将受检者分为正常对照组( $n=56$ )、无意义冠脉狭窄组( $n=36$ )和有意义冠脉狭窄组( $n=43$ )三组。EAT 容积与升主动脉弹性值相关性比较采用 Pearson 相关分析;使用多重元线性回归分析包括 EAT 容积在内的与升主动脉弹性相关的各种独立影响因子。**结果:**正常对照组 EAT 容积与升主动脉弹性值无相关性( $r=-0.24, P=0.074$ );无意义冠脉狭窄组、有意义冠脉狭窄组 EAT 容积与升主动脉弹性值间均呈负相关( $r=-0.344, P=0.04$ ;  $r=-0.347, P=0.023$ );多重元线性回归表明 EAT 容积是升主动脉弹性值的独立影响因子( $B=-0.005, t=-3.037, P=0.003$ )。**结论:**冠心病患者 EAT 容积与升主动脉弹性具有负相关性,EAT 容积的 MDCT 评价有助于早期预警冠心病患者动脉硬化病变的发生及早期抑脂治疗策略的选择。

**【关键词】** 冠心病;心外膜脂肪组织;主动脉弹性;体层摄影术,X 线计算机

**【中图分类号】** R543.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)02-0154-05

**Relationship between epicardial adipose tissue and ascending aortic distensibility in patients with coronary artery disease** WU Lei, ZHA Yun-fei, XING Dong, et al. Department of Radiology, Remin Hospital, Wuhan University, Wuhan 430060, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To assess the relationship between epicardial adipose tissue (EAT) and ascending thoracic aorta distensibility in coronary artery disease (CAD) patients by using 64-multidetector CT angiography (CTA). **Methods:** In all 135 patients with suspected CAD were enrolled in this study and underwent retrospective ECG-gated coronary CTA and CAG. The EAT volume was calculated through depicting the epicardium with AW4.4 workstation (GE). Every patient's blood pressure was measured before and after the coronary CTA respectively. The ascending aortal images of 20 phases between 0% and 95% of the R-R intervals with an increment of 5% was reformatted and the aortal area of the images was measured by MATLAB software, and then we can calculate the aortic distensibility. According to the degree of severity of coronary stenosis, the patients can be divided into normal subjects ( $n=56$ ), non-significant coronary stenosis subjects ( $n=36$ ) and significant coronary stenosis subjects ( $n=43$ ). We can evaluate the EAT volume and the aortic distensibility through the linear correlation and multivariate linear regression analysis. **Results:** In normal subjects, the relationship between the EAT volume and the aortic distensibility was not significant ( $r=-0.24, P=0.074$ ). But in the subjects of non-significant coronary stenosis and significant coronary stenosis, the aortic distensibility had a significant relationship with EAT volume ( $r=-0.344, P=0.04$ ;  $r=-0.347, P=0.023$ , respectively). Multivariate linear regression demonstrated that EAT volume was an independent risk factor of aortic distensibility ( $B=-0.005, t=-3.037, P=0.003$ ). **Conclusion:** The EAT volume had a significant negative relationship with the aortic distensibility. The estimation of EAT may play an important role in the prediction of aortic atherosclerosis and selecting therapeutic strategies in CAD patients.

**【Key words】** Coronary artery disease; Epicardial adipose tissue; Aortic distensibility; Tomography, X-ray computed

心外膜脂肪组织(epicardial adipose tissue, EAT)与冠心病的发生及冠脉狭窄程度具有相关性,EAT 可以作为冠心病的独立预测因素<sup>[1-5]</sup>。主动脉弹性的变化可在主动脉粥样硬化的早期被发现<sup>[6]</sup>,其与冠状动脉粥样硬化程度和心血管事件的发生率相关联<sup>[7-8]</sup>,与主动脉瘤和主动脉夹层发生、发展的相关性亦被多项

研究证实<sup>[6,9]</sup>。目前国内外尚未见冠心病患者主动脉弹性与 EAT 相关性的研究报道。本研究采用 64-MDCT 评价冠心病患者 EAT 容积和升主动脉弹性的相关性,旨在为 EAT 和冠脉病变、主动脉弹性变化的病理生理学联系提供影像学证据。

## 材料与方法

## 1. 临床资料

连续搜集我院 2012 年 4 月—2012 年 8 月间临床

作者单位:430060 武汉,武汉大学人民医院放射科

作者简介:吴磊(1979—),男,湖北襄阳人,硕士研究生,主治医师,主要从事心血管病变及骨骼肌肉病变影像学诊断工作。

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助(61002046)

拟诊冠心病、同期行冠状动脉 CTA 和冠状动脉造影 (CAG) 的住院病例 155 例。纳入标准:顺利完成冠状动脉 CTA 检查,图像质量能够满足 EAT 和升主动脉弹性测量以及冠脉狭窄程度评价。排除标准:既往或近期有 PCI 手术史、心肌梗死、主动脉瘤或夹层、严重主动脉狭窄、各种先天性心脏病、心肌病、心脏瓣膜病、严重心律失常、严重肺部疾病、各种原因导致严重肝肾功能不全患者。最终纳入研究病例共 135 例,其中男 81 例、女 54 例,年龄 33~89 岁,平均  $(58.79 \pm 10.77)$  岁。所有受检者均在签署知情同意后书后进行本项临床研究。

## 2. 检查设备及方法

采用 64-MDCT (GE Lightspeed VCT), 行回顾性心电门控方法扫描。心率  $>70$  次/分者使用倍他乐克降低心率至 70 次/分以下。扫描前、后分别测量受检者坐位的上臂肱动脉收缩压和舒张压,共测量 3 次,取平均值。扫描范围从气管分叉水平至膈下 3~4 cm。使用双筒高压注射器注射非离子型对比剂优维显 (370 mg I/100 ml), 注射流率 4.0~5.0 ml/s。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 300~650 mA,探测器配置  $64 \times 0.625$  mm,螺距 0.984,球管转速 0.35 s/r,扫描层厚 5 mm,重组层厚 0.625 mm。

## 3. EAT 容积的 MDCT 测量

将受检者冠脉 CTA 原始数据,以 0.625 mm 层厚 75% R-R 间期重组图像导入 GE AW4.4 工作站,选取三维剪刀工具,手动勾画各层面完整的心包线。勾画层面从膈上约 5 mm 至气管分叉水平,每隔 6 层勾画一次,在心底和心尖层面每隔 3 层勾画一次。设定

脂肪组织 CT 值范围为  $-195 \sim 45$  HU<sup>[10]</sup>,使用伪彩设定工具,将预设范围内的脂肪组织以蓝色表示,利用阈值工具分割出该部分组织,最后使用体积测量工具得到心包线内的脂肪组织容积 (图 1)。

## 4. 升主动脉弹性的测量

取升主动脉近段相当于右肺动脉干水平作为观测平面,重组该层面 0%~95% R-R 间期间隔 5% 的 20 幅图像。使用 MATLAB 7.5 软件,参考相关文献采用自编程序半自动分割法测量各 R-R 间期的主动脉横断面面积 (图 2),主动脉弹性值 D 的计算利用公式 (1)<sup>[11-12]</sup>:

$$D = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta p} \quad (1)$$

其中  $\Delta A$  为所选主动脉截面积在一个心动周期内最大与最小截面积的差值,  $A_0$  为主动脉最小截面积,  $\Delta p$  为脉压差。

## 5. 冠脉狭窄程度评价

采用美国心脏病学会和美国心脏学会 (ACC/AHA) 冠脉图像分段评价标准,由两位中级职称以上、从事心血管放射诊断工作 5 年以上的专家对冠脉 CTA 和 CAG 结果单独进行评估,有分歧时共同协商统一意见。根据冠脉狭窄程度评估结果,将所有受检者分为三组:无任何程度的冠脉斑块和狭窄者为正常对照组 ( $n=56$ );三条心外膜下冠脉及其大分支任何一段狭窄  $\geq 50\%$  者为有意义冠脉狭窄组 ( $n=43$ );狭窄程度  $< 50\%$  者为无意义冠脉狭窄组<sup>[5]</sup> ( $n=36$ )。

## 6. 统计分析

计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示,计数资料用率或比表示;

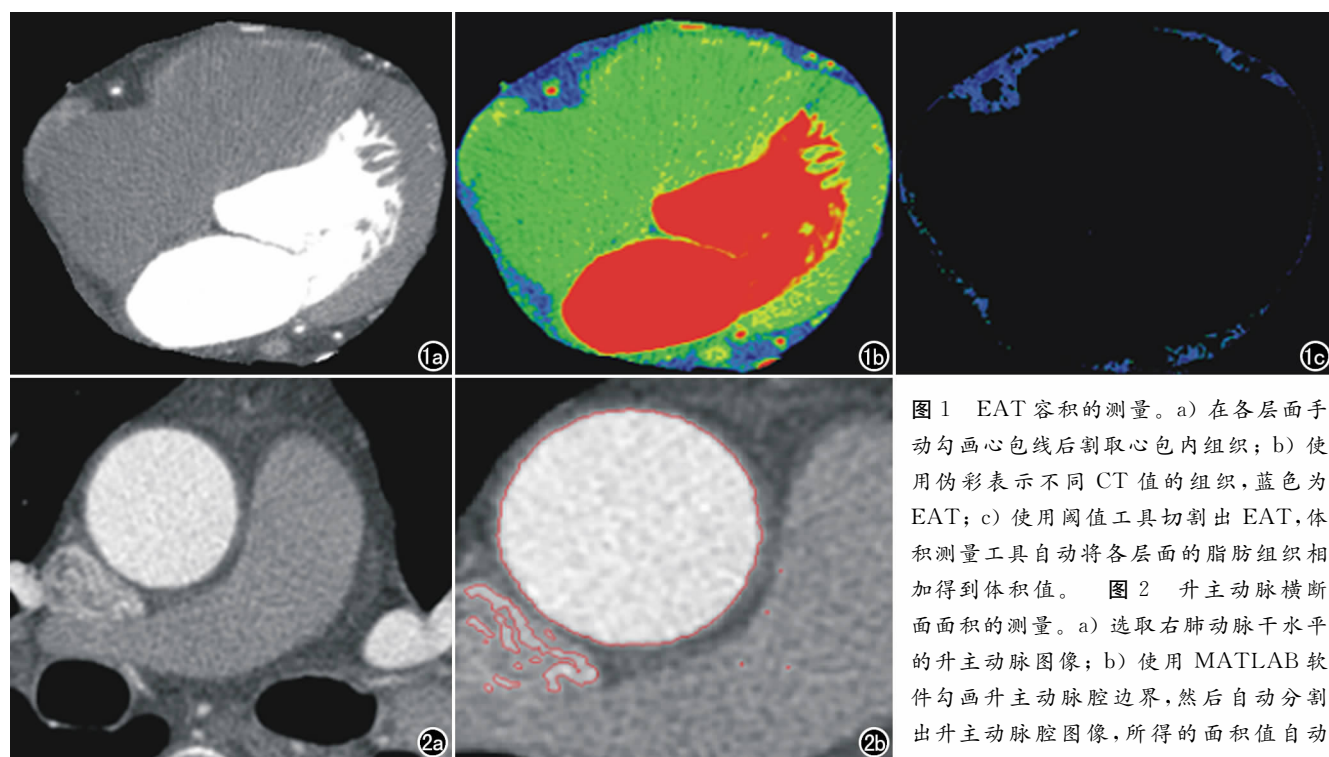


图 1 EAT 容积的测量。a) 在各层面手动勾画心包线后分割心包内组织; b) 使用伪彩表示不同 CT 值的组织,蓝色为 EAT; c) 使用阈值工具切割出 EAT,体积测量工具自动将各层面的脂肪组织相加得到体积值。图 2 升主动脉横断面面积的测量。a) 选取右肺动脉干水平的升主动脉图像; b) 使用 MATLAB 软件勾画升主动脉腔边界,然后自动分割出升主动脉腔图像,所得的面积值自动以 txt 文件格式存入图像所在目录。

EAT 容积与主动脉弹性值比较采用 Pearson 相关分析;使用多重元线性回归分析包括 EAT 容积在内的与主动脉弹性相关的各种独立影响因子。各组间多重比较计量资料使用单因素方差分析(ANOVA)或多样本非参数检验、计数资料使用  $\chi^2$  检验。使用 SPSS 17.0 统计软件,  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

EAT 容积和升主动脉弹性值的一致性均采用观察者间和观察者内的 Bland-Altman 分析法及可靠性检验计算组间相关系数(ICC)。即从所有受检者中随机抽取 20 例,首先由两名资质相近的专业人员按照前文所述方法测量其 EAT 容积,比较观察者间一致性;同一测量者在测量这 20 例受检者 2 周后再次测量,比较观察者内一致性。所有受检者中 23 例在冠状动脉 CTA 检查前后 1 周内进行彩色多普勒超声检查,测量心脏收缩末期和舒张末期的升主动脉近段(约右肺动脉干水平)直径。利用所测直径得出主动脉面积并最终计算出升主动脉弹性值 D。应用 Bland-Altman 分析法评价 CTA 和超声所测弹性值 D 的一致性。

结 果

1. 所有受检者的临床资料(表 1)

表 1 受检者的一般临床资料 (例)

| 项目       | 正常对照组    | 冠脉狭窄组    |          |
|----------|----------|----------|----------|
|          |          | 无意义      | 有意义      |
| 例数       | 56       | 36       | 43       |
| 男性       | 19(33.9) | 28(77.8) | 34(79.1) |
| 年龄(岁)    | 55±10    | 59±10    | 62±12    |
| 体重(kg)   | 61±10    | 64±11    | 67±11    |
| 身高(cm)   | 164±7    | 165±8    | 165±10   |
| 高血压      | 29(51.8) | 24(66.7) | 28(65.1) |
| 糖尿病      | 4(7.1)   | 6(16.7)  | 12(27.9) |
| 血脂异常     | 14(25)   | 9(25)    | 16(37.2) |
| 心率(次/分)  | 60±8     | 58±10    | 61±10    |
| 脉压(mmHg) | 65±16    | 66±20    | 70±18    |

注:括号内数据为百分比。

使用单因素方差分析(ANOVA)行多重比较发现

正常对照组与有意义冠脉狭窄组间年龄的差异有统计学意义(LSD 法,  $P<0.0001$ ); $\chi^2$  检验发现正常对照组的男性比例要低于另外两组,且差异有统计学意义( $P$  均  $<0.0001$ );正常对照组糖尿病比例低于有意义冠脉狭窄组( $P=0.006$ );余参数三组间差异均无统计学意义。

2. EAT 容积和升主动脉弹性值的一致性检验

EAT 容积测量值平均为  $(102.80 \pm 43.0) \text{ cm}^3$ , 95% 可信区间  $95.48 \sim 110.12 \text{ cm}^3$ 。Bland-Altman 分析法表明 EAT 容积的观察者间和观察者内一致性均较好(观察者间  $\text{ICC}=0.9992, P<0.001$ ; 观察者内  $\text{ICC}=0.9996, P<0.001$ , 图 3、4)。升主动脉弹性值平均为  $(1.20 \pm 0.89) \times 10^{-5} / \text{Pa}$ , 95% 可信区间  $(1.05 \sim 1.35) \times 10^{-5} / \text{Pa}$ 。Bland-Altman 分析法表明冠脉 CTA 测得的升主动脉弹性值与彩色多普勒超声所测值有较好的一致性( $\text{ICC}=0.943, P<0.001$ , 图 5)。

Pearson 相关分析显示正常对照组 EAT 容积与升主动脉弹性值无相关性( $r=-0.24, P=0.074$ ), 无意义冠脉狭窄组、有意义冠脉狭窄组 EAT 容积与升主动脉弹性值间均呈负相关( $r=-0.344, P=0.04$ ;  $r=-0.347, P=0.023$ , 表 2 和图 6~8)。

正常对照组与有意义狭窄组 EAT 容积的差异具有统计学意义(LSD 法,  $P=0.001$ );多个独立样本非参数检验显示正常对照组与有意义狭窄组升主动脉弹性值具有统计学差异( $P=0.014$ );EAT 容积和主动脉弹性值在余组间均无统计学差异。

表 2 EAT 容积与主动脉弹性值相关性

| 测量指标                                    | 正常组         | 冠脉狭窄组        |              |
|-----------------------------------------|-------------|--------------|--------------|
|                                         |             | 无意义          | 有意义          |
| 心外膜脂肪容积( $\text{cm}^3$ ) <sup>*</sup>   | 90.06±34.16 | 102.53±41.88 | 119.63±49.02 |
| 升主动脉弹性值( $\times 10^{-5} / \text{Pa}$ ) | 1.38±0.90   | 1.18±0.92    | 0.96±0.80    |
| 相关系数 $r$                                | -0.24       | -0.344       | -0.347       |
| $P$ 值                                   | 0.074       | 0.04         | 0.023        |

注: \* 代表  $F=6.196, P=0.003$

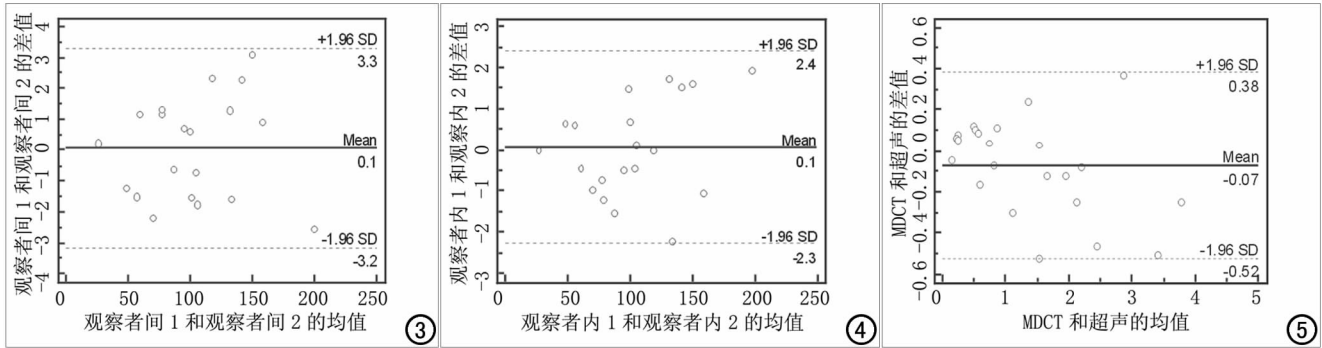


图 3 EAT 容积测量值的观察者间评价 Bland-Altman 分析图,所有测量值均位于 95% 可信区间界限内,提示两种方法测量的一致性较好。图 4 EAT 容积测量值的观察者内评价 Bland-Altman 分析图,所有测量值均位于 95% 可信区间界限内,提示两种测量方法的一致性较好。图 5 升主动脉弹性测量值的 MDCT 和超声间评价 Bland-Altman 分析图,所有测量值均位于 95% 可信区间界限内,提示两种测量方法的一致性较好。

多重元线性回归显示 EAT 容积是升主动脉弹性值的独立影响因子( $B=-0.005, t=-3.037, P=0.003$ );除此之外,年龄、高血压也是其独立影响因子(表 3)。

表 3 升主动脉弹性值影响因素的多重元线性回归分析

| 自变量    | B      | T      | P     |
|--------|--------|--------|-------|
| 性别     | 0.164  | 1.174  | 0.243 |
| 年龄     | -0.032 | -4.989 | 0.000 |
| 高血压    | -0.509 | -3.786 | 0.000 |
| 糖尿病    | 0.141  | 0.803  | 0.423 |
| 血脂异常   | 0.067  | 0.473  | 0.637 |
| EAT 容积 | -0.005 | -3.037 | 0.003 |
| 冠脉狭窄程度 | 0.035  | 0.411  | 0.682 |

讨 论

本研究结果显示冠心病患者 EAT 容积与升主动脉弹性值呈负相关,而且多重元线性回归表明在校正其它心血管病高危因素后,EAT 容积依然是升主动脉弹性值的独立影响因子。Canga 等<sup>[13]</sup>研究结果显示 EAT 增加与升主动脉扩张程度相关,但迄今为止,采用 MDCT 评价冠心病患者 EAT 与升主动脉弹性的相关性研究国内外尚未见报道。

EAT 是指心肌和心包脏层之间的脂肪组织,包绕心肌、冠状动脉,以及部分出入心脏的大血管(包括升主动脉近段)。EAT 作为内脏脂肪组织的一种,可分泌多种激素和脂肪细胞因子,发挥对动脉粥样硬化病变的促进作用<sup>[14-15]</sup>。主动脉弹性是指主动脉在一个心动周期中管腔容积随动脉压力变化的比值,它不仅能反应主动脉壁中层结构和功能的变化,也在一定程度上反应主动脉壁内皮细胞功能的变化,而内皮损害是动脉粥样硬化的始动环节<sup>[16]</sup>。Canga 等<sup>[13]</sup>认为 EAT 能通过旁分泌和内分泌发挥对升主动脉粥样硬化病变的影响,可能的机制包括导致内皮功能失调和交感神经多度活跃等<sup>[17]</sup>。同冠状动脉一样,并没有筋膜组织将 EAT 与主动脉分隔开,所以 EAT 产生的各种生物活性分子如脂联素、肿瘤坏死因子、单核细胞趋化因子-1、白介素-1、炎症细胞因子等除作用于冠状动脉外,也可能通过局部旁分泌和系统内分泌作用于升主动脉<sup>[18]</sup>。Greif 等<sup>[3]</sup>发现随着 EAT 厚度的增加,冠状动

脉狭窄程度明显加重。本研究中 EAT 容积在正常组与有意义狭窄组间差异具有统计学意义。Yorgun 等<sup>[5]</sup>认为在校正传统的心血管病危险因素后,除严重的冠脉狭窄、年龄外,EAT 厚度也与主动脉粥样硬化斑块积分相关,上述结果均提示 EAT 同时参与冠状动脉和升主动脉硬化的生理病理过程。

研究表明主动脉弹性不仅与年龄、性别相关,与多数心血管疾病的危险因子如动脉粥样硬化、高血压、高血脂、代谢综合症、肥胖、肾功能衰竭等亦相关<sup>[19]</sup>;在高血压、冠心病和肾病晚期患者中,主动脉弹性与死亡率呈正相关<sup>[20]</sup>。亦有研究提示主动脉瘤形成早期局部管壁的弹性下降<sup>[6]</sup>。Pratt 等<sup>[9]</sup>研究发现主动脉夹层患者的主动脉壁弹性蛋白功能的损害可能在夹层的发生、发展过程中发挥主要作用。因此,EAT 对升主动脉弹性的影响有可能为冠心病患者升动脉硬化、动脉瘤和夹层的发生、发展和治疗提供新的评价视角。本研究采用半自动的方式测量 EAT 容积,耗时较长;随着软件技术的发展,如能自动、快速的测量 EAT 容积,将有可能使其成为动脉粥样硬化性疾病新的风险预测因子。

超声检查因自身固有局限性,只能测量右室游离壁 EAT 厚度,且其探头角度和测量位置的不同会造成较大的误差<sup>[1,21]</sup>。CT 及 MRI 测量因其准确性好、可重复性高而有望成为评价 EAT 的金标准<sup>[3]</sup>。本研究采用 MDCT 一站式的评价冠心病患者 EAT 容积和升主动脉弹性,检测结果的一致性和重复性较好,受检者亦无额外增加辐射剂量的风险。

本研究存在一定局限性。首先,本研究选取的是高心血管病风险的人群,这种选择性偏差可能影响研究结果。其次,本研究对心率过高者使用  $\beta$  受体阻滞剂药物减慢其心率以取得较好的图像质量,而药物对主动脉弹性有无影响及影响程度值得进一步探讨。另外,引起主动脉弹性改变的因素较多,升主动脉弹性与多种心血管病危险因素相关,EAT 只是其影响因素之一。本研究虽然校正高血压、糖尿病、高血脂、年龄等因素,但仍可能受到其它未校正因素的影响。在本研

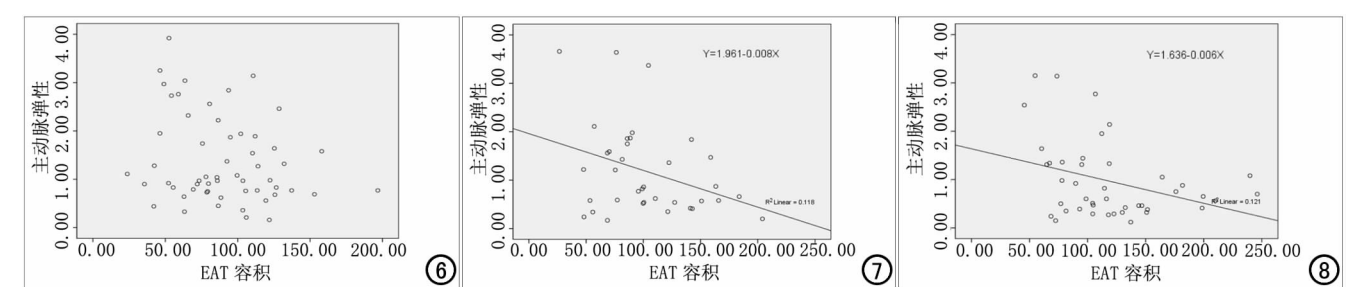


图 6 正常对照组心外膜脂肪容积与主动脉弹性无相关性。图 7 无意义冠脉狭窄组心外膜脂肪容积与主动脉弹性呈负相关。图 8 有意义冠脉狭窄组心外膜脂肪容积与主动脉弹性呈负相关。

究中有意义冠脉狭窄组的病例男性较多、年龄偏大,这些因素会影响升主动脉弹性值。再次,在分组分析中仅发现正常组与有意义狭窄组的 EAT 容积、主动脉弹性值存在差异,回归分析中也未能发现冠脉狭窄程度与主动脉弹性的相关性,样本量较少可能是其原因,在后续研究中将增加样本量并使用冠脉狭窄 Gensini 积分进行相关分析。最后,CT 检查的辐射剂量问题越来越引起重视。本研究采用冠脉 CTA 检查的原始数据进行重组分析,研究本身并不会增加扫描范围、时间和辐射剂量,在后续研究中我们将使用低剂量扫描和管电流调节技术更好的降低辐射量。

综上所述,MDCT 显示冠心病患者 EAT 容积和升主动脉弹性具有相关性,准确评价 EAT 容积有助于早期预警冠心病患者动脉硬化病变的发生及早期抑脂治疗策略的选择。

(注:1mmHg=0.133kPa)

#### 参考文献:

- [1] Jeong JW, Jeong MH, Yun KH, et al. Echocardiographic epicardial fat thickness and coronary artery disease[J]. *Circ J*, 2007, 71(10): 536-539.
- [2] 杨春英, 李亮, 查云飞, 等. 64 层 CT 评价心外膜脂肪组织与冠状动脉狭窄程度的相关性[J]. *放射学实践*, 2011, 26(4): 419-421.
- [3] Greif M, Becket A, Yon ZF, et al. Pericardial adipose tissue determined by a dual source CT is a risk factor for coronary atherosclerosis[J]. *Arteriocler Thromb Vasc Biol*, 2009, 29(5): 781-786.
- [4] Eroglu S, Sade LE, Yildirim A, et al. Epicardial adipose tissue thickness by echocardiography is a marker for the presence and severity of coronary artery disease[J]. *Nutr, Metabo Cardiovasc Dis*, 2009, 19(3): 211-217.
- [5] Yorgun H, Canpolat U, Hazirolan T, et al. Epicardial adipose tissue thickness predicts descending thoracic aorta atherosclerosis shown by multidetector computed tomography[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2012, 28(4): 911-919.
- [6] Molacek J, Baxa J, Houdek K, et al. Assessment of abdominal aortic aneurysm wall distensibility with electrocardiography-gated computed tomography[J]. *Ann Vasc Surg*, 2011, 25(8): 1036-1042.
- [7] Ahmadi N, Nabavi V, Hajsadeghi F, et al. Impaired aortic distensibility measured by computed tomography is associated with the severity of coronary artery disease[J]. *Int J Cardiovascular Imaging*, 2011, 27(3): 459-469.
- [8] Orlova I, Ageev FT. Arterial stiffness as a predictor of cardiovascular events in coronary heart disease[J]. *Ter Arkh*, 2010, 82(1): 68-73.
- [9] Pratt B, Curci J. Arterial elastic fiber structure. Function and potential roles in acute aortic dissection[J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2010, 51(5): 647-656.
- [10] Saremi F, Mekhail S, Sefidbakht S, et al. Quantification of epicardial adipose tissue: correlation of surface area and volume measurements[J]. *Acad Radiol*, 2011, 18(8): 977-983.
- [11] Dogui A, Kachenoura N, Frouin F, et al. Consistency of aortic distensibility and pulse wave velocity estimates with respect to the Bramwell-Hill theoretical model: a cardiovascular magnetic resonance study[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2011, 13(1): 11-18.
- [12] 李亮, 查云飞, 杨春英, 等. 心电门控技术 64 排 CT 测量正常胸主动脉弹性的初步研究[J]. *临床放射学杂志*, 2011, 30(3): 36-39.
- [13] Canga A, Kocaman SA, Cetin M, et al. Increased epicardial adipose tissue thickness is correlated with ascending aortic diameter[J]. *Tohoku J Exp Med*, 2012, 226(3): 183-190.
- [14] Despres JP, Arsenault BJ, Cote M, et al. Abdominal obesity: the cholesterol of the 21st century? [J]. *Can J Cardiol*, 2008, 24(9): 7-12.
- [15] Scherer PE. Adipose tissue: from lipid storage compartment to endocrine organ[J]. *Diabetes*, 2006, 55(6): 1537-1545.
- [16] Glasser SP, Selwyn AP, Ganz P, et al. Atherosclerosis: risk factors and the vascular endothelium[J]. *Am Heart J*, 1996, 131(2): 379-384.
- [17] Aydin H, Toprak A, Deyneli O, et al. Epicardial fat tissue thickness correlates with endothelial dysfunction and other cardiovascular risk factors in patients with metabolic syndrome[J]. *Metab Syndr Relat Disord*, 2010, 8(3): 229-234.
- [18] Baker AR, Silva NF, Quinn DW, et al. Human epicardial adipose tissue expresses a pathogenic profile of adipocytokines in patients with cardiovascular disease[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2006, 13(5): 1.
- [19] Blacher J, Safar ME, Guerin AP, et al. Aortic pulse wave velocity index and mortality in end-stage renal disease[J]. *Kidney Int*, 2003, 63(5): 1852-1860.
- [20] Herrington DM, Kesler K, Reiber JC, et al. Arterial compliance adds to conventional risk factors for prediction of angiographic coronary artery disease[J]. *Am Heart J*, 2003, 146(4): 662-667.
- [21] Ahn SG, Lim HS, Joe DY, et al. Relationship of epicardial adipose tissue by echocardiography to coronary artery disease[J]. *Heart*, 2008, 94(3): e7.

(收稿日期: 2012-10-30 修回日期: 2012-12-25)