

· 专家荐稿 ·

64-MDCT 定量评价冠心病左心室舒张功能与升主动脉弹性

万象新, 肖喜刚

【推荐理由】 主动脉弹性下降可直接引起左心室压力负荷增加、心肌耗氧增多, 特别在有冠脉基础疾病时冠脉血流相对不足, 心室舒张功能异常在冠心病的早期即可出现。目前, 冠心病患者左室舒张功能的 MDCT 评价国内外报道较少, 本研究在评价结构性心脏病基础上, 以二维超声作对照, 采用 64-MDCT 一站式扫描, 首次评价冠心病患者的升主动脉弹性与左心室舒张功能的相关性, 结果显示升主动脉弹性与左心室舒张功能均随冠脉病变程度增加而减退, 而且, 主动脉弹性 D 值与二尖瓣环间隔部舒张早期峰值运动速度 Ea 值独立相关。本研究对于阐明主动脉弹性与左心室功能变化的关系具有方法学的创新性。进一步深入探讨心脏 MDCT 评价左心室舒张功能的准确性、开发新的专用软件进一步简化流程、提高效率是该领域今后的研究方向。

(武汉大学人民医院 查云飞)

【摘要】 目的: 采用 64-MDCT 定量评价冠心病患者左心室舒张功能与升主动脉弹性。**方法:** 连续搜集临床资料完整、同期(一个月内)进行了心脏超声、冠状动脉心电图 CTA 及冠状动脉造影的疑似冠心病患者 520 例。根据冠脉造影结果初步筛选冠心病患者与非冠心病患者。CT 原始数据或超声资料不完整者、应用了血管活性药物者、严重心肺肾疾病者、心肌病或瓣膜反流者均予以剔除。最终纳入冠心病组 85 例, 对照组 28 例。所有入选者的 MDCT 原始数据在 0~95% R-R 间期、间隔 5% 重建后传至 AW4.4 工作站, 利用相关软件测量二尖瓣口舒张早期峰值血流速度(E)、舒张晚期峰值血流速度(A)、舒张早期最大组织运动速度(Ea)、左心室充盈压力(E/Ea)以及主动脉弹性 D 值。所有入选者中随机选择 32 例作为研究亚组评价 CT 与超声心功能测量值的相关性。**结果:** 研究亚组 CT 和超声测定左心室舒张功能的相关性好, 分别为 E/A($r=0.80, P<0.05$)、E/Ea($r=0.80, P<0.05$)。Bland-Altman 图显示两种方法对各参数的评价变异性低。冠心病组与对照组间主动脉弹性 D 值及 E、A、E/A、Ea、E/Ea 差异均有统计学意义。冠心病患者主动脉弹性、左室舒张功能与冠脉病变程度相关, 相关分析显示主动脉弹性 D 与 E/A($r=0.45, P<0.01$)、Ea($r=0.46, P<0.01$)及 E/Ea($r=-0.51, P<0.01$)相关, 与 E、A 无明显相关。多元分析排除年龄、性别、脉压、高血压、糖尿病等因素及冠脉病变程度的影响显示 D 与 E/A($B=0.40, \beta=0.17, P<0.05$)、E/Ea($B=-0.06, \beta=-0.19, P<0.01$)均独立相关。**结论:** 64-MDCT 可同时评价冠心病者左心室舒张功能及主动脉弹性, 主动脉弹性与左心室舒张功能相关, 主动脉弹性的变化有助于早期检测舒张功能损害。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 冠心病; 主动脉弹性; 舒张功能

【中图分类号】 R814.42; R541.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)08-0814-06

Ascending aortic distensibility and left ventricular diastolic function in coronary heart disease: a 64-MDCT study WAN Xiang-xin, XIAO Xi-gang, CT Room, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, P. R. China

【Abstract】 Objective: To explore the role of 64-MDCT in the evaluation of left ventricular diastolic function and ascending aortic distensibility in patient with coronary heart disease. **Methods:** A total of 520 cases of patients with suspected coronary heart diseases (CHD) underwent echocardiography and coronary CT angiography and coronary angiography (CAG). Patients who met any of the following criteria were excluded from the study: patients with incomplete CT or ultrasound, vasoactive drugs, serious heart, lung and kidney disease, cardiomyopathy or valvular regurgitation. Raw data were reconstructed at 20 phases between 0% and 95% of the R-R intervals with an increment of 5%, and transmitted to AW4.4 workstation to obtain parameters early (E) and late (A) transmitral peak velocity (cm/s), peak mitral septal tissue velocity (Ea, cm/s), the estimation of LV filling pressures (E/Ea) and aortic distensibility (D). The CT-derived left ventricular function information was analyzed and compared to that obtained from echocardiography in the subgroup. **Results:** 85 cases were included in the CHD group, 28 cases in the control. Pearson correlation showed a good correlation for assessment of E/A ($r=0.80, P<0.05$), and E/Ea ($r=0.80, P<0.05$) between cardiac CT and echocardiography. Bland-Altman plots revealed minimal bias between E/A and E/Ea. The results showed aortic D value, E, A, E/A, Ea and E/Ea to be significant different in CHD group compared to the control group. The aortic distensibility and left ventricular diastolic function were in association with severity of coronary artery lesions in CHD group. Lineal correlation analysis showed correlation between D

作者单位: 150001 哈尔滨, 哈尔滨医科大学附属第一医院 CT 室(万象新, 现工作单位: 海南省农垦三亚医院; 肖喜刚)

作者简介: 万象新(1969-), 男, 湖南株洲人, 硕士研究生, 副主任医师, 主要从事 CT 和 MRI 诊断工作。

通讯作者: 肖喜刚, E-mail: xxct_417@yahoo.com.cn

and E/A ($r=0.45, P<0.01$), Ea ($r=0.46, P<0.01$) and E/Ea ($r=-0.51, P<0.01$), no significant correlation with E and A. Multivariate analysis showed an independent correlation between D and E/A ($B=0.40, \beta=0.17, P<0.05$), E/Ea ($B=-0.06, \beta=-0.19, P<0.01$) after excluding age, sex, hypertension, diabetes and severities of coronary artery diseases. **Conclusion:** 64-MDCT is proposed as a noninvasive tool in the evaluation of ascending aortic distensibility and left ventricular diastolic function in patients with coronary heart disease.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Coronary heart disease; Aortic distensibility; Diastolic function

冠心病是严重危害人类健康的常见疾病,其发病率高、死亡率高,治疗不及时预后不良,早期检出亚临床病变和及时干预治疗能明显改善患者的预后^[1]。主动脉弹性作为反映大血管功能的指标是人类冠心病患病风险的标记,主动脉弹性下降与冠脉病变严重程度以及不良心血管事件的发生密切相关^[2-3]。主动脉弹性下降可直接引起左心室压力负荷增加、心肌耗氧增多,特别在有冠脉基础疾病时冠脉血流相对不足,导致左心室功能损害,甚至心衰的发生。

目前 MDCT 对心脏结构与左心室收缩功能的评价较成熟,与临床广泛应用的超声心动图、MRI、核素扫描等技术有极好的相关性^[4-6],但对于左心室舒张功能的 MDCT 评价很少,国外学者新近对 MDCT 评价左心室舒张功能的可行性做了初步研究^[7],同时,本研究前期对 MDCT 定量评价主动脉弹性做了有益的尝试^[8],本研究以二维超声作对照,采用 64-MDCT 一站式扫描,评价冠心病患者主动脉弹性与左心室舒张功能的关系。

材料与方法

1. 临床资料

连续搜集 2011 年 9 月—2012 年 3 月临床资料完整、同期(一个月内)进行了心脏组织多普勒超声、冠状动脉 CTA 及冠状动脉造影的 520 例临床疑似冠心病患者的病例资料,根据冠状动脉造影结果初步筛选冠心病患者与非冠心病患者。冠状动脉造影发现至少 1 支病变且狭窄程度 $\geq 50\%$ 的患者纳入冠心病组,否则纳入非冠心病组。所有拟纳入研究的病例有以下情况者均予以剔除:检查过程中应用了 β 受体阻滞剂稳定、减慢心率的患者、严重的主动脉疾病包括主动脉瘤、主动脉夹层或主动脉缩窄、先天性心脏病、心肌病、心脏瓣膜病、瓣膜反流者、肾功能不全以及心力衰竭、严重肺部疾病影响正常屏气者,既往心肌梗死病史或经再血管化治疗(冠脉支架或搭桥)者。

初步入选冠心病组 350 例,其中 205 例 CT 检查过程应用了 β 受体阻滞剂、25 例 CT 原始资料或心脏超声资料不完整、30 例超声发现二尖瓣和/或三尖瓣反流、5 例因主动脉瘤或夹层而剔除。初步入选非冠心病组 170 例,其中 105 例 CT 检查过程应用了 β 受体阻滞剂、22 例心脏超声资料不完整、15 例超声发现

心脏瓣膜反流而剔除。最终纳入冠心病组 85 例,非冠心病组 28 例。其中男 67 例,女 46 例,年龄 20~78 岁,平均(57.6 ± 10)岁。检查过程中,受检者平均心率 57.8 次/分,所有入选者均未使用 β 受体阻滞剂药物。

所有入选者中随机选择 32 例作为研究亚组,对其 CT 左心室功能测量指标与同期超声所测心功能指标对照分析,以评价两种方法测量的一致性。

2. 检查设备及方法

采用 GE LightSpeed 64 排螺旋 CT,扫描前、后于检查床上两次测量患者上臂肱动脉血压,取平均值。以左冠状动脉开口处主动脉截面为监测层面,采用 MEDRAD Stellant CT 高压注射器团注对比剂 20 ml 同层动态扫描,监测其时间-密度变化,计算每例患者合适的扫描时间。扫描范围从气管分叉水平至左膈下 1~2 cm。采用非离子型对比剂优维显(370 mg I/ml) 80~120 ml,注射流率 5 ml/s。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 250~650 mA,探测器配置 64×0.625 mm,螺距 0.20,球管旋转速度 0.35 s/r。图像重建层厚、重组间隔 0.625 mm,重建 0~95% R-R 间期、间隔 5% R-R 间期。重建图像传输至 AW4.4 工作站。

3. 左心室功能的 MDCT 测量方法

所有病例心功能分析由 1 名具有 10 年心血管病影像诊断经验的医师在 GE AW4.4 工作站完成。MDCT 心脏舒张功能测定指标以二维超声为参照,计算二尖瓣口舒张早期峰值血流速度(E)、舒张晚期峰值血流速度(A)以及二尖瓣环间隔部舒张早期峰值运动速度(Ea)。

二尖瓣口血流速度的测量按以下几个步骤进行:①根据 0~95% R-R 间期、间隔 5%重建图像,软件自动勾画心内外膜边界,得出 20 个期相的左心室容量(图 1a、b);②描绘左心室容量-时间曲线(图 1c)。随后,计算每连续两期相容积的变化,并以时间为横轴,作二尖瓣血流(ml/s)-时间曲线(图 1d)。舒张早期、舒张晚期最大二尖瓣血流(ml/s)以二尖瓣血流-时间曲线得出,其期相分别对应舒张早期、舒张晚期峰值血流速度 E、A;③最大二尖瓣血流(舒张早期、舒张晚期)除以相应的二尖瓣面积,得到舒张早期、舒张晚期峰值血流速度 E、A,并计算其比值 E/A。

心脏 MDCT 二尖瓣面积的测量基于以下步骤。在 MPR 上调整定位,左心室轴线垂直于二尖瓣瓣环,可得到二腔心、四腔心图像,在短轴面图像上、二尖瓣瓣叶最远处进行了人工勾画(图 2a~d)。二尖瓣峰值血流速度=血流峰值(ml/s)/二尖瓣面积。

心脏 MDCT 二尖瓣组织速度(cm/s)在二尖瓣环间隔部进行测量,在四腔心层面以两个解剖标记心尖和二尖瓣环间隔部定义左心室长度,以其在心动周期内(20 个期相)长度变化对时间作曲线,可得到二尖瓣运动速度(图 3)。每个期相的时间根据患者检查时心率计算得来。最后,计算左心室充盈压力=E/Ea。

超声检查采用 Philips iE33 型诊断仪,探头频率 1.8~3.3 MHz。患者左侧卧位,获取标准胸骨旁长短轴像及心尖部四腔心、两腔心图像。标准脉冲多普勒成像于呼气末获取 E 值和 A 值,于心尖部四腔心层面采用组织多普勒测量 Ea。

4. 主动脉弹性的计算

由一名具有 10 年心血管病影像诊断经验的医师完成。重组后的多期相图像传输至 GE AW4.4 工作站。在 MPR 图像上取主动脉窦上方约 25 mm 层面(相当于右肺动脉干水平)作为测量平面,在不同期相中切换以保证同一患者测量点是一样的。采用 MATLAB 7.5 软件自编程序半自动图像分割^[8],测量主动脉横截面积的变化。每一次图像分割重复测量 3 次,取平均值(图 5)。主动脉弹性值 D[Pa-1]定义^[8]为:

$$D=\frac{\Delta A}{A_0\times\Delta P}$$

(1)

ΔA 代表所测主动脉截面在心动周期内面积变化的最大值。A0 代表最小管腔面积, ΔP 代表脉压差。

5. 统计分析

应用 SPSS 17.0 进行统计学分析,所有计量数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示,计量资料比较采用独立样本 *t* 检验,计数资料比较采用卡方检验,主动脉弹性与左室功能计量参数间进行了线性相关分析。冠状动脉不同病变支数间左心室舒张功能的比较采用 ANOVA。MDCT 与超声测量心功能指标间相关性及其一致性用 Pearson 或 Spearman 相关分析及 Bland-Altman 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 对照组与冠心病组间升主动脉弹性值及与左心室功能比较

对照组与冠心病组间基线资料见表 1,升主动脉弹性值及心功能指标见表 2。

表 1 对照组与冠心病组一般资料比较

指标	对照组	冠心病组	t/χ ²	P
男性人数	16	51	0.044	0.83
年龄(岁)	56±9.6	58±10.8	-8.4	0.40
体重指数(kg/m ²)	23.3±4.4	24.1±3.0	-0.93	0.36
心率(次/分)	58.6±11.0	57.7±8.8	0.45	0.65
脉压(mmHg)	48±12	60±14	-3.8	0.000
高血压人数	16	41	0.414	0.52
高血脂人数	9	34	0.028	0.87
糖尿病人数	7	29	0.023	0.88
吸烟人数	9	28	0.361	0.55

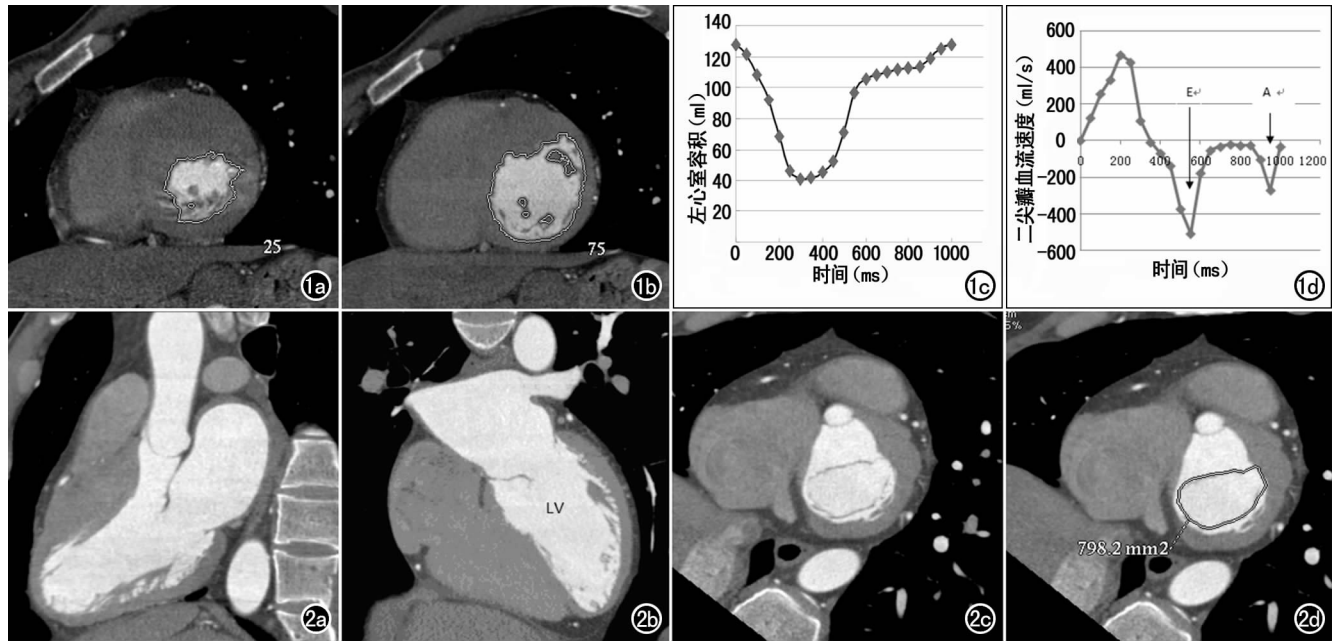


图 1 心功能分析软件多期相自动勾画心内膜界限计算左心室容积。a) 收缩期; b) 舒张期; c) 左心室容积-时间曲线; d) 二尖瓣血流-时间曲线。图 2 a) 二腔心层面显示二尖瓣环; b) 四腔心层面显示二尖瓣环; c) 短轴面重组显示二尖瓣环; d) 短轴面上进行人工勾画计算二尖瓣口面积。

表 2 对照组与冠心病组左室功能及主动脉弹性值比较

指标	对照组	冠心病组	t	P
LVEDV	128±11	126±20	0.45	0.65
LVESV	53±11	52±11	0.36	0.71
EF	0.63±0.09	0.61±0.09	0.94	0.35
D(10 ⁻⁵ Pa ⁻¹)	2.13±0.64	1.49±0.44	4.8	<0.05
E(cm/s)	79±10	68±15	3.6	<0.05
A(cm/s)	62±15	89±20	-7.2	<0.05
E/A	1.30±0.40	0.80±0.25	2.2	<0.05
Ea(cm/s)	8.5±2.1	7.1±1.8	3.2	<0.05
E/Ea	8.6±1.7	9.9±1.3	-3.4	<0.05

注:LVEDV 为左室舒张末期容积, LVESV 为左室收缩末期容积, EF 为射血分数=SV/LVEDV。

两组间的一般基线资料除脉压差异有统计学意义,性别、年龄、BMI、HR 等差异均无统计学意义。左室功能参数 LVEDV、LVESV、EF 差异均无统计学意义,而 E、A、E/A、Ea、E/Ea 及弹性 D 值差异均有统计学意义。

2. 冠心病不同病变支数间左室舒张功能参数比较
85 例冠心病患者单支 26 例、双支 31 例、3 支 28 例。升主动脉弹性与左室舒张功能均随冠脉病变程度增加而减退(表 3)。冠心病不同病变支数的 3 组间均值比较,E 和 A 差异无统计学意义,E/A、Ea、E/Ea 和 D 进一步采用 SNK 法进行两两组间比较。弹性 D 值在 3 组间均有差异,Ea 和 E/Ea 在冠脉单支与双支病变组间差异无统计学意义($P>0.05$),E/A 在冠脉双支与 3 支病变组间差异无统计学意义($P>0.05$)。相关分析显示主动脉弹性 D 与 E/A($r=0.45, P<0.01$)、Ea($r=0.46, P<0.01$)及 E/Ea($r=-0.51,$

$P<0.01$)相关,与 E、A 无明显相关性,见表 4。多元分析排除年龄、性别、脉压、高血压、糖尿病等及冠脉病变程度的影响显示 D 与 E/A($B=0.40, \beta=0.17, P<0.05$)以及 E/Ea($B=-0.06, \beta=-0.19, P<0.01$)仍独立相关。

表 3 冠心病不同病变支数组间左室舒张功能方差分析

测量指标	单支	双支	三支	F(P)
E(cm/s)	77±14	73±13	71±14	1.34(>0.05)
A(cm/s)	82±16	93±18	91±24	1.28(>0.05)
E/A	0.85±0.21	0.71±0.15	0.69±0.18	6.2(<0.05)
Ea(cm/s)	8.2±1.4	7.6±1.5	6.7±1.6	6.8(<0.05)
E/Ea	9.3±0.4	9.7±0.9	10.8±1.8	11(<0.05)
D(10 ⁻⁵ Pa ⁻¹)	1.94±0.31	1.49±0.26	1.06±0.27	69(<0.05)

表 4 冠心病不同病变支数组间左室舒张功能方差分析

组间比较	单支组与双支组	单支组与 3 支组	双支组与 3 支组
E/A	<0.05	<0.05	NS
Ea(cm/s)	NS	<0.05	<0.05
E/Ea	NS	<0.05	<0.05
D(10 ⁻⁵ Pa ⁻¹)	<0.05	<0.05	<0.05

3. MDCT 和二维超声左心室舒张功能指标的的相关性及一致性检验

线性相关分析显示 CT 和二维超声两种方法对左心室舒张功能参数的测定相关性好,E/A 和 E/Ea 的相关系数分别为 E/A($r=0.80, P<0.05$),E/Ea($r=0.80, P<0.05$)。Bland-Altman 图以每一对测量值的差值对其均值作散点图,直观显示各指标的 95%一致性界限。如图所示,E/A 平均差值为 0,95%一致性界限为(-0.45,0.31),E/Ea 的平均差值为 1.8,95%一致性界限为(-5.3,2.7)(图 5~8)。

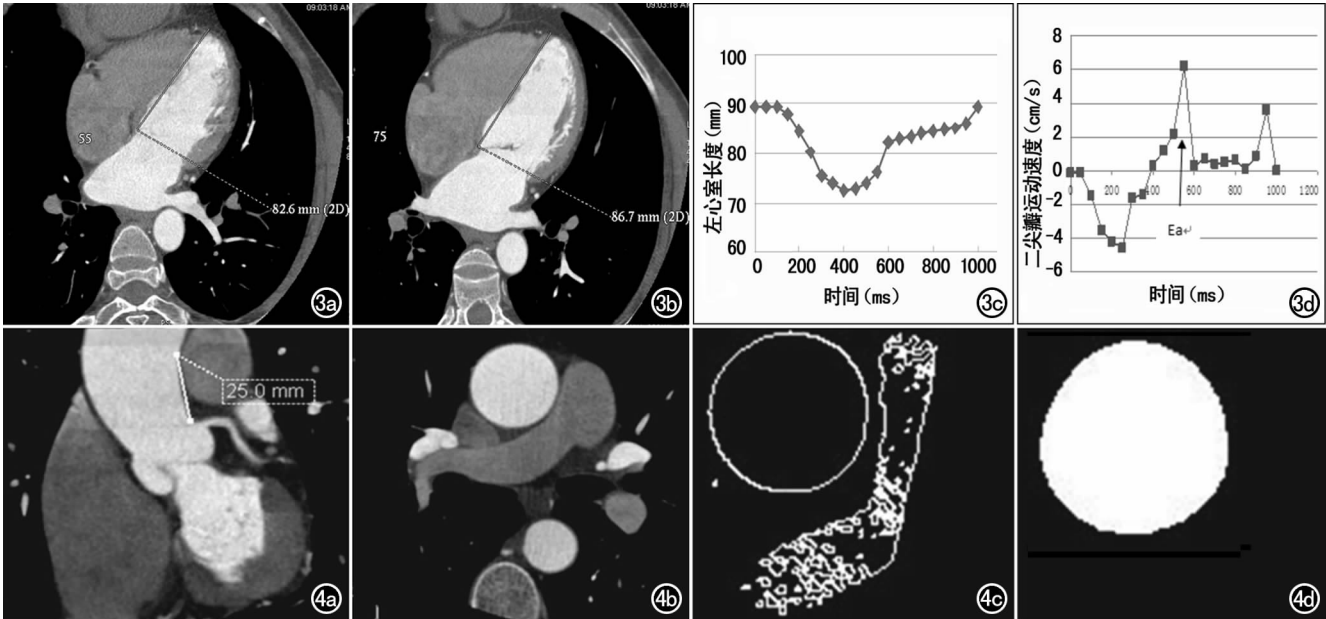


图 3 a) 收缩期测量左心室长度(二尖瓣间隔部至心尖的距离); b) 舒张期测量左心室长度; c) 左心室长度-时间曲线; d) 二尖瓣运动速度-时间曲线。 图 4 a) 主动脉的冠状面重组图像,选择右肺动脉中部水平主动脉断面,相当于主动脉窦上约 25 mm 处; b) 主动脉的横轴面图像; c) 利用 MATLAB 7.5 软件半自动图像分割,勾画主动脉管腔轮廓; d) 计算主动脉管腔面积。

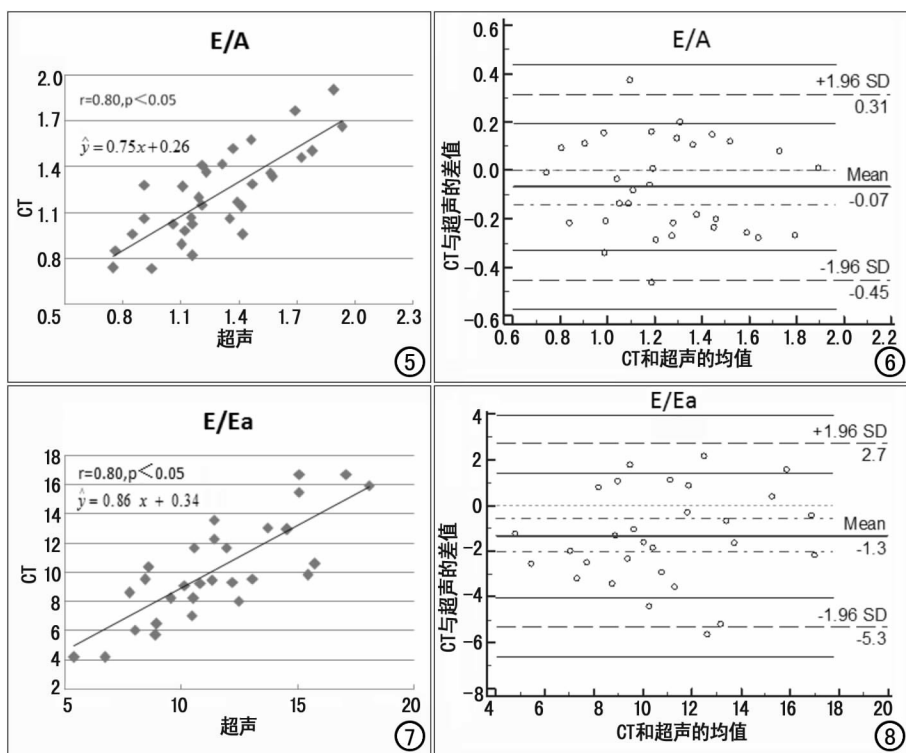


图 5 CT 和超声测量的 E/A 值散点图及直线回归方程, 两者呈线性关系($r=0.80$)。

图 6 以 CT 和超声对 E/A 每一对测值的差值对其均值的散点图, 虚线为 95% 一致性界限。

图 7 CT 和超声测量的 E/Ea 值散点图及直线回归方程, 两者呈线性关系($r=0.80$)。

图 8 以 CT 和超声对 E/Ea 每一对测值的差值对其均值的散点图, 虚线为 95% 一致性界限。

讨论

本研究尝试利用 64-MDCT 测量冠心病左心室舒张功能, 并与临床广泛应用的二维超声作对比, 研究发现 64-MDCT 与超声定量评价左心室舒张功能参数 E/A 及 E/Ea 相关性好, 与 Boogers 等^[7] 结论一致。同时, 本研究首次评价冠心病患者的升主动脉弹性与左心室舒张功能的相关性, 结果显示升主动脉弹性与左心室舒张功能均随冠脉病变程度增加而减退, 而且, 主动脉弹性 D 值与 E/A 及 E/Ea 独立相关。

主动脉弹性、左心室功能减退均与冠状动脉病变程度相关^[2,9], 在患者出现临床症状前即可出现主动脉弹性、左心室功能的异常。冠心病者主动脉弹性与左心室收缩、舒张功能关系的研究报道较少^[10]。Sakuragi 等^[11] 研究结果显示臂踝脉搏波速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV) 在冠心病组较非冠心病组明显增高, 而两组的收缩压、舒张压并无差异。

左心室舒张功能异常可能是冠心病者心肌缺血的早期表现。Ishii 等^[12] 用二维斑点追踪超声心动图应变成像检测经皮冠状动脉介入术后心肌缺血性损伤, 发现再灌注后收缩功能恢复至阻塞前近似水平而舒张

功能明显减退, 这表明舒张功能减退是心肌缺血引起的心室功能变化, 较收缩功能障碍出现更早, 对舒张功能的检测有利于提高心肌缺血的检出率。Fennira 等^[9] 研究认为 $Ea < 8.3 \text{ cm/s}$ 可以预测心肌缺血。Aronson 等^[13] 研究认为急性心肌梗死患者舒张功能异常的出现与再发房颤独立相关, 左室充盈压力的增加促进了心肌梗死后患者房颤的发生。最近研究表明, 限制性左室充盈模式的患者比非限制性左室充盈模式的患者死亡率明显提高^[14]。虽然侵入性左室充盈压的测量被认为是评价左室舒张功能最准确的方法, 但不是理想的复查、追踪方法, 难以广泛应用。目前, 作为非侵入性的替代手段, 二维超声心动图普遍用来评估左室舒张功能, 但超声检查对操作者依赖性强, 同时需要密切结合临床并测量多种指标^[15] 包括二尖瓣血流、组织运动速度以及肺静脉血流等。文献报道多普勒超声心

动图与心脏磁共振成像对二尖瓣血流的评估价值相当^[16], 但 MRI 价格昂贵、技术要求高, 有较多的检查禁忌症, 应用相对受限。本研究心功能的评价所需的资料来自传统冠脉 MDCT 的多期相原始数据, 无需额外的图像采集或辐射剂量。初步结果显示心脏 MDCT 可用来评价左心室舒张功能, 而且 MDCT 和超声对二尖瓣血流评估的相关性较好。

本研究结果显示升主动脉弹性与左心室舒张功能随冠脉病变程度的增加而减退, 与 Ahmadi^[2] 及籍振国等^[17] 研究结论相一致。相关分析显示升主动脉弹性 D 值与左心室舒张功能指数 E/A、Ea 及 E/Ea 相关, 多元分析排除年龄、性别、体重指数、高血压、糖尿病及冠脉病变程度等显示 D 与 E/A 及 E/Ea 均独立相关。本研究进一步证实主动脉弹性不仅是高危人群冠心病发生的预测因子, 而且与冠状动脉病变程度相关, 同时参与了冠心病患者心功能损害的进展。

本研究也存在一些局限性。本研究对应用了 β 受体阻滞剂药物者予以剔除, 而为了取得好的图像质量目前临床上心血管活性药物的应用仍较普遍, 对于用药对主动脉弹性与心功能测量有无影响及程度值得进一步探讨并且与其他手段如超声等进行对照研究。

随着数据采集和重建算法的进展, 多期相 MDCT

成像有望以比目前可用的成像模式更低的辐射剂量完成心脏检查。进一步深入探讨心脏 MDCT 评价左心室舒张功能的准确性、开发新的专用软件进一步简化流程、提高效率是今后的研究方向。

综上所述,64-MDCT 可以定量评价冠心病患者主动脉弹性与左心室功能,尤其是主动脉弹性与左心室舒张功能的评价能为冠心病患者的临床评价、治疗方式的选择及预后评估提供更为详尽的信息。

参考文献:

- [1] Sahni S, Vaishnav P, Darrow B. Coronary heart disease in the elderly; identifying established and subclinical disease with stress testing[J]. Mt Sinai J Med, 2011, 78(4): 583-589.
- [2] 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.
- [3] Orlova I, Ageev FT. Arterial stiffness as a predictor of cardiovascular events in coronary heart disease[J]. Ter Arkh, 2010, 82(1): 68-73.
- [4] Palazzuoli A, Cademartiri F, Geleijnse ML, et al. Left ventricular remodelling and systolic function measurement with 64 multi-slice computed tomography versus second harmonic echocardiography in patients with coronary artery disease; a double blind study[J]. Eur J Radiol, 2010, 73(1): 82-88.
- [5] Spuentrup E, Schroeder J, Mahnken AH, et al. Quantitative assessment of left ventricular function with interactive real-time spiral and radial MR imaging[J]. Radiology, 2003, 227(3): 870-876.
- [6] Uthamalingam S, Gurm GS, Sidhu MS, et al. Comparison of dual-source 64-slice adenosine stress CT perfusion with stress-gated SPECT-MPI for evaluation of left ventricular function and volumes[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2012, 6(1): 24-30.
- [7] Boogers MJ, van Werkhoven JM, Schuijf JD, et al. Feasibility of diastolic function assessment with cardiac CT; feasibility study in comparison with tissue Doppler imaging[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2011, 4(3): 246-256.
- [8] 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): 341-344.

- [9] Fennira S, Ben MF, Ellouze Y, et al. Pulse-wave Doppler tissue imaging in the assessment of regional left ventricular diastolic function in patients with coronary artery disease[J]. Tunis Med, 2010, 88(7): 492-496.
- [10] 连艳凯, 李虹伟, 吴永全, 等. 血糖异常的冠心病患者左室舒张功能与动脉僵硬度的关系[J]. 中华内科杂志, 2011, 50(8): 676-679.
- [11] Sakuragi S, Iwasaki J, Tokunaga N, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of left ventricular function in patients with coronary heart disease[J]. Cardiology, 2005, 103(2): 107-112.
- [12] Ishii K, Suyama T, Imai M, et al. Abnormal regional left ventricular systolic and diastolic function in patients with coronary artery disease undergoing percutaneous coronary intervention; clinical significance of post-ischemic diastolic stunning[J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 54(17): 1589-1597.
- [13] Aronson D, Mutlak D, Bahouth F, et al. Restrictive left ventricular filling pattern and risk of new-onset atrial fibrillation after acute myocardial infarction[J]. Am J Cardiol, 2011, 107(12): 1738-1743.
- [14] Moller JE, Whalley GA, Dini FL, et al. Independent prognostic importance of a restrictive left ventricular filling pattern after myocardial infarction; an individual patient meta-analysis; Meta-Analysis research group in echocardiography acute myocardial infarction[J]. Circulation, 2008, 117(20): 2591-2598.
- [15] Oh JK, Park SJ, Nagueh SF, et al. Established and novel clinical applications of diastolic function assessment by echocardiography[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2011, 4(4): 444-455.
- [16] Thavendiranathan P, Liu S, Datta S, et al. Automated quantification of mitral inflow and aortic outflow stroke volumes by three-dimensional real-time volume color-flow Doppler trans-thoracic echocardiography; comparison with pulsed-wave Doppler and cardiac magnetic resonance imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2012, 25(1): 56-65.
- [17] 籍振国, 刘刚, 刘超, 等. 左心导管与超声心动图检查对比评价冠状动脉病变对左心室舒张功能的影响[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2010, 9(2): 131-137.

(收稿日期: 2013-02-20 修回日期: 2013-07-08)

下期要目

儿科影像学专题

鼻腔良性肿瘤 CT 与 MRI 诊断要点

视-隔发育不良的 CT、MRI 表现

腹部局灶型巨淋巴结增生症影像学表现

颈椎脊索瘤影像学表现及鉴别诊断

MRI 在中青年缺血性脑卒中 rt-PA 静脉溶栓治疗中的价值

DWI 联合血清肿瘤标志物对肝癌术后转移复发早期的

诊断价值

原发性腹膜后脂肪肉瘤 CT 表现与病理对照分析

MSCTA 在大型脑膜瘤个性化手术方案设计中的应用价值