

年龄与性别对心脏形态学影响多排螺旋 CT 测量

徐倩, 郭志军, 白泽梅, 赵宝宏, 周海涛, 崔继岩

【摘要】 目的:利用多排螺旋 CT 最佳期相自动选择技术(Best phase),获得心脏收缩末期与舒张末期图像,进一步探讨年龄、性别对心脏形态学变化的影响。**方法:**利用 3 种方案对 118 例健康志愿者进行分组。方案一:按年龄分为 A 组(≥ 60 岁,49 例)和 B 组(< 60 岁,69 例);方案二:按性别分为 C 组(男,54 例)、D 组(女,64 例);方案三:综合性别与年龄因素分为四组:a 组(男,年龄 ≥ 60 岁,20 例),b 组(男,年龄 < 60 岁,34 例),c 组(女,年龄 ≥ 60 岁,29 例),d 组(女,年龄 < 60 岁,35 例)。利用 Best phase 技术所获得的心脏收缩末期与舒张末期 CT 图像,测量对比分析各心腔大小。**结果:**两期 CT 图像测量指标组间对比:A 组左心房各指标均大于 B 组($P < 0.05$);C 组左、右心室各指标均大于 D 组($P < 0.05$);d 组左心室各指标小于其它三组($P < 0.05$),d 组左心房舒张末期各指标也小于其它 3 组($P < 0.05$),d 组收缩末期各指标小于 a 组和 c 组($P < 0.05$),b 组右心室各指标均大于 c 组和 d 组($P < 0.05$)。**结论:**通过对多排螺旋 CT Best phase 技术获得心脏图像进行测量分析,随着年龄增大,左房增大明显,男性两心室明显大于女性。

【关键词】 体层摄影术,X 线计算机;心脏;测量

【中图分类号】 R814.42; R322.11; R857.11 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2019)06-0624-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.06.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



To study the effect of age and sex on the measurement of cardiac morphology using multi-slice spiral CT

XU Qian, GUO Zhi-jun, BAI Ze-mei, et al. Department of Radiology, Huabei Petroleum General Hospital, Hebei 062552, China

【Abstract】 Objective: The best phase automatic selection technique (Best phase) of multi-slice spiral CT was used to obtain images of cardiac end-systolic and end-diastolic dysfunction. And the effects of age and gender on cardiac morphological changes were further explored. **Methods:** 118 healthy volunteers were grouped by using three protocols. Option 1: They were divided into group A (≥ 60 years old, 54 cases) and group B (< 60 years old, 69 cases) by age; Option 2: They were divided into group C (male, 54 cases) and group D (female, 64 cases) by gender; Option 3: They were divided into four groups by integrating gender and age: group a (male, ≥ 60 years old, 20 cases), group b (male, < 60 years old, 34 cases), group c (female, ≥ 60 years old, 29 cases), group d (female, < 60 years old, 35 cases). The cardiac end-systolic and end-diastolic CT images obtained by Best phase technique were used to measure and compare the size of each heart chamber. **Results:** The measurement indicators of cardiac end-systolic and end-diastolic CT image were compared among groups: The indicators of left atrium of group A was larger than that of group B ($P < 0.05$); The indicators of left and right ventricular of group C was larger than that of group D ($P < 0.05$); The indicators of left ventricle of group d was smaller than that of the other three groups ($P < 0.05$); The indicators of left atrium end-diastolic of group d was smaller than that of the other three groups ($P < 0.05$); The indicators of cardiac end-systolic of group d was smaller than that of group a and group c ($P < 0.05$); The indicators of right ventricle of group b was larger than that of group c and group d ($P < 0.05$). **Conclusion:** The cardiac CT images obtained using best phase automatic selection technique of multi-slice spiral CT were meas-

作者单位: 062552 河北, 任丘市华北石油管理局总医院医学影像科(徐倩、郭志军、赵宝宏、周海涛、崔继岩); 河北, 任丘市华北石油管理局卫生处(白泽梅)

作者简介: 徐倩(1984—), 女, 河北徐水人, 硕士研究生, 主治医师, 主要从事心血管影像诊断工作。

通讯作者: 郭志军, E-mail: gzj3@163.com

ured and analyzed. The left atrium increased significantly with the increasing age and the size of ventricles of male was larger than that of female.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Heart; Measurement

近年来冠状动脉 CT 血管成像(coronary computed tomographic angiography, CCTA)检查作为临床评估疑似缺血性心脏病患者的重要方法,在全球范围内得到了广泛的发展和应用^[1],同时,利用最佳期相自动选择技术(Best phase)可以精确采集心脏各不同时期清晰图像。本研究通过利用 64 排螺旋 CT Best phase 技术获得心脏收缩末期与舒张末期图像,分析年龄与性别对心脏形态学变化的影响及其规律。

材料与方法

1. 一般资料

2016 年 6—10 月,经行冠脉 CTA 检查的健康志愿者 118 例(年龄 58.3 ± 9.9 岁)。^①按年龄分组,60 岁以上患者 49 例,60 岁以下患者 69 例;^②按性别分组,男 54 例,女 64 例;^③综合性别与年龄因素分为四组,a 组(男,年龄 ≥ 60 岁,20 例),b 组(男,年龄 < 60 岁,34 例),c 组(女,年龄 ≥ 60 岁,29 例),d 组(女,年龄 < 60 岁,35 例)。

纳入及排除标准:^①图像清晰,无伪影;^②经临床综合检查并随访 6 个月以上心功能正常,并除外可能引起心脏大小变化的疾病,如高血压、肺心病、风心病、肺动脉病变、先心病、心肌病等;^③冠状动脉 CTA 显示主要分支无明显狭窄(狭窄率 $< 30\%$)。

2. 仪器设备及扫描参数

采用 Somatom Definition AS 64 排螺旋 CT 机进行回顾性心电门控螺旋扫描,选择冠脉 CTA 扫描方案,使用扫描床内置的心电监护仪,患者禁食水 4~8 h,心率控制在 65 次/分以下(必要时口服阿替洛尔,

12.5~100 mg)。扫描范围为气管分叉下方 10~15 mm 至心脏膈面,在降主动脉设定感兴趣区自动触发扫描。采用高压注射器经肘静脉注入非离子型对比剂(碘海醇 350 mg I/mL)60 mL,然后以相同速率注射生理盐水 30 mL,流率 5.0 mL/s。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 200 mAs,机架转速 0.33 s/r,准直器宽度 40 mm(128×0.6 mm),螺距 0.2,standard 模式,扫描层厚 0.75 mm,以 0.625 mm 层厚、0.625 mm 间隔重组图像。通过西门子最佳期相自动选择软件(Best phase)重组出收缩末期和舒张末期的影像,并将图像数据传输至工作站。

3. 图像后处理及数据测量分析

图像后处理:采用 syngo. via Workstation 工作站

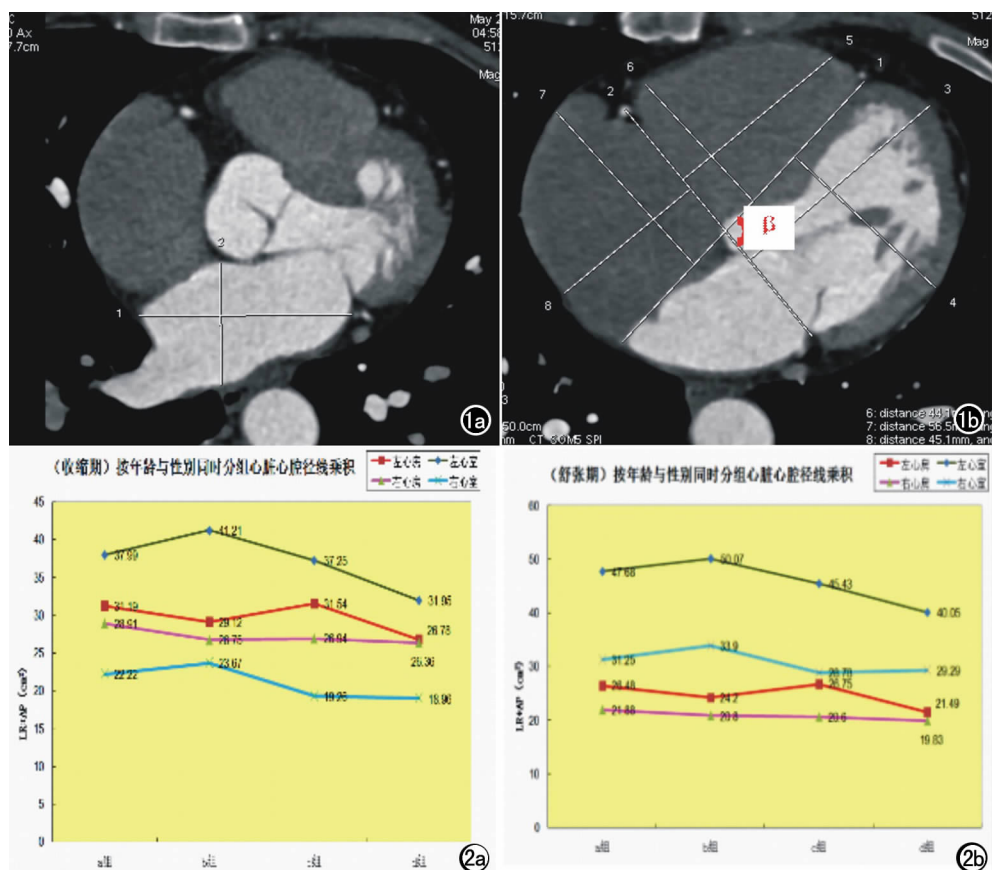


图 1 女,59 岁,舒张末期图像,冠脉 CTA 检查未见异常。a) 心脏左心房最大层面 RL 径(线 1)与 AP(线 2); b) 利用 4 个心腔分界线 1(前室间沟与后房间沟连线)与 2(左、右房室沟连线)为测量基线,左、右心室 RL 径与 AP 径(线 3—6)。图 2 四组健康志愿者:a 组(男,年龄 ≥ 60 岁),b 组(男,年龄 < 60 岁),c 组(女,年龄 ≥ 60 岁),d 组(女,年龄 < 60 岁)。d 组左心室在收缩末期与舒张末期,以及左心房在舒张期明显小于其它 3 组,收缩期小于 a 组和 b 组。两期右心室在 60 岁以下男性组均大于两个女性组。a) 收缩期; b) 舒张期。

将所获得重组图像进行多平面重建(multiple planar reconstruction, MPR)及心脏相关参数测量。图像处理及相关参数测量由 3 名主治医师经过统一培训后独立完成(采用双盲法),测量结果取其均值。

相关参数测量(图 1):①选取轴面左心房最大层面,测量最长径及垂直于长径的短径,分别为左房左右径(LR)及前后径(AP);②运用 MPR 技术以二尖瓣口为中心,重建出右心房及两心室均为最大的层面作为径线测量平面,经前室间沟与后房间沟作一条直线(线 1),左、右心室最远点到直线的距离为左、右心室的左右径(LR),右房最远点到直线的距离为右房左右径(LR)。经左、右房室沟作一直线(线 2),左右心室最远点到直线的距离为左、右心室前后径(AP),右房最远点到直线的距离为右房前后径(AP);③计算出各心腔 LR 及 AP 的乘积;④两条直线线 1 与线 2 相交所成左室方向的夹角为左室角(β)。

3. 统计学分析

利用 SPSS 19.0 软件包进行数据处理。组间性别与年龄均衡性检验分别采用卡方检验和 t 检验,按年龄分组及按性别分组组间比较采用独立样本 t 检验,按年龄及性别分组采用单因素方差分析,检验标准以 $P < 0.05$ 代表组间差异具有显著性。

结 果

1. 以年龄分组各心腔各期径线参数对比

根据不同年龄把 118 例健康志愿者分为两组:A 组(年龄 ≥ 60 岁,49 例),B 组(年龄 < 60 岁,69 例)。两组间对性别进行均衡性检验,组间差别无统计学意义($\chi^2 = 0.826, P = 0.363$)。在收缩末期及舒张末期,A 组左房 LR 径、左房 AP 径及左房两径线乘积(LR $\times$ AP)均大于 B 组($P < 0.05$)。其余各心腔 LR 径、AP

径、两径线乘积(LR $\times$ AP)及左室角(β),A、B 两组间比较均无统计学意义($P > 0.05$),其中舒张期左室 LR 径两组间比较 P 值为 0.075。

2. 以性别分组各心腔各期径线参数对比

根据不同性别把 118 例健康志愿者分为两组:C 组(男,54 例),D 组(女,64 例)。首先对两组年龄进行均衡性检验,组间差别无统计学意义($t = -0.940, P = 0.349$)。在收缩末期及舒张末期,两心室 LR 径、AP 径及两径线乘积(LR $\times$ AP)C 组均大于 D 组($P < 0.05$)。其余各心腔 LR 径、AP 径、两径线乘积(LR $\times$ AP)及左室角(β),C、D 两组间比较均无统计学意义($P > 0.05$),其中舒张期右心房 LR 径两组间比较 P 值为 0.089。

3. 综合性别与年龄因素分组各心腔各期径线乘积对比

综合性别与年龄因素分组,118 例健康志愿者分为 4 组,对各心腔各期径线乘积对比:a 组(男,年龄 ≥ 60 岁,20 例),b 组(男,年龄 < 60 岁,34 例),c 组(女,年龄 ≥ 60 岁,29 例),d 组(女,年龄 < 60 岁,35 例)。60 岁以下女性组左心室在收缩末期与舒张末期均小于其它 3 组($P < 0.05$),左心房在舒张期小于其它 3 组($P < 0.05$),收缩期小于 60 岁以上的男性组和女性组($P < 0.05$)。右心室在 60 岁以下男性组大于两个女性组($P < 0.05$)。右心房两各时期各组间差异不明显($P > 0.05$)。

讨 论

心脏疾病是一种严重威胁人类健康的常见疾病之一,具有高患病率、高致残率和高死亡率的特点。心脏各心腔大小及其变化对患者疾病诊断、预后、治疗方案的选择起着至关重要的作用^[2-4]。对于心脏增大的判

表 1 不同年龄各心腔测量参数对比分析

类别	收缩末期				舒张末期			
	A 组	B 组	t 值	P 值	A 组	B 组	t 值	P 值
左房								
LR(cm)	7.23 $\pm$ 0.52	6.94 $\pm$ 0.68	2.47	0.015	6.69 $\pm$ 0.67	6.29 $\pm$ 0.63	3.30	0.001
AP(cm)	4.33 $\pm$ 0.55	4.01 $\pm$ 0.60	3.00	0.003	3.98 $\pm$ 0.49	3.61 $\pm$ 0.60	3.46	0.001
左室								
LR(cm)	5.57 $\pm$ 0.62	5.44 $\pm$ 0.72	1.03	0.307	5.94 $\pm$ 0.59	5.71 $\pm$ 0.71	1.80	0.075
AP(cm)	6.68 $\pm$ 1.02	6.61 $\pm$ 1.23	0.33	0.744	7.76 $\pm$ 1.00	7.81 $\pm$ 1.12	-0.26	0.794
右房								
LR(cm)	5.34 $\pm$ 0.50	5.20 $\pm$ 0.57	1.36	0.177	5.15 $\pm$ 0.52	5.16 $\pm$ 0.57	-0.09	0.930
AP(cm)	5.18 $\pm$ 0.60	5.07 $\pm$ 0.63	1.02	0.309	4.09 $\pm$ 0.62	3.92 $\pm$ 0.52	-1.65	0.102
右室								
LR(cm)	3.83 $\pm$ 0.62	3.94 $\pm$ 0.72	-0.88	0.380	4.57 $\pm$ 0.57	4.73 $\pm$ 0.61	-1.403	0.163
AP(cm)	5.24 $\pm$ 1.00	5.26 $\pm$ 1.02	-0.08	0.937	6.43 $\pm$ 1.04	6.61 $\pm$ 0.89	-0.995	0.322
左房 LR $\times$ AP(cm ²)	31.39 $\pm$ 5.14	27.94 $\pm$ 5.51	3.46	0.001	26.64 $\pm$ 4.42	22.83 $\pm$ 4.80	4.39	0.000
左室 LR $\times$ AP(cm ²)	37.55 $\pm$ 8.47	36.51 $\pm$ 9.87	0.60	0.552	46.34 $\pm$ 9.10	44.99 $\pm$ 9.91	0.756	0.451
右房 LR $\times$ AP(cm ²)	27.74 $\pm$ 4.74	26.55 $\pm$ 5.35	1.25	0.214	21.13 $\pm$ 4.39	20.31 $\pm$ 3.95	1.06	0.292
右室 LR $\times$ AP(cm ²)	20.47 $\pm$ 6.50	21.28 $\pm$ 8.12	-0.58	0.562	29.79 $\pm$ 8.16	31.56 $\pm$ 7.27	-1.24	0.217
左室角($^{\circ}$)	92.76 $\pm$ 5.86	92.53 $\pm$ 6.58	0.19	0.848	92.51 $\pm$ 6.12	92.28 $\pm$ 5.61	0.22	0.829

注: $P < 0.05$ 示组间差异有显著性。

表 2 不同性别各心腔测量参数对比分析

类别	收缩末期				舒张末期			
	C 组	D 组	t 值	P 值	C 组	D 组	t 值	P 值
左房								
LR(cm)	7.09±0.71	7.04±0.57	0.37	0.713	6.50±0.69	6.42±0.67	0.64	0.526
AP(cm)	4.20±0.64	4.09±0.57	1.00	0.318	3.84±0.60	3.70±0.58	1.30	0.195
左室								
LR(cm)	5.65±0.66	5.37±0.67	2.27	0.025	6.00±0.64	5.64±0.65	3.03	0.003
AP(cm)	7.00±1.15	6.33±1.05	3.34	0.001	8.14±1.08	7.50±0.98	3.37	0.001
右房								
LR(cm)	5.33±0.54	5.21±0.55	1.19	0.238	5.25±0.46	5.08±0.60	1.71	0.089
AP(cm)	5.14±0.71	5.09±0.53	0.43	0.671	4.02±0.58	3.96±0.56	0.53	0.599
右室								
LR(cm)	4.12±0.60	3.71±0.69	3.43	0.001	4.81±0.58	4.54±0.59	2.46	0.015
AP(cm)	5.53±0.98	5.02±0.98	2.81	0.006	6.77±1.00	6.34±0.88	2.45	0.016
左房 LR×AP (cm ²)	29.89±5.92	28.94±5.33	0.92	0.362	25.04±4.96	23.87±5.00	1.27	0.207
左室 LR×AP (cm ²)	40.02±9.60	34.35±8.22	3.46	0.001	49.18±9.90	42.49±8.17	4.03	0.000
右房 LR×AP (cm ²)	27.55±5.59	26.62±4.69	0.98	0.330	21.20±4.34	20.18±3.94	1.34	0.182
右室 LR×AP (cm ²)	23.13±6.64	19.10±7.68	3.02	0.003	32.92±8.19	29.06±6.76	2.80	0.006
左室角(°)	92.80±5.70	92.48±6.74	0.28	0.784	92.72±5.97	92.08±5.69	0.60	0.550

表 3 综合性别与年龄因素分组各心腔各期径线乘积对比

类别	a 组(n=20)	b 组(n=34)	c 组(n=29)	d 组(n=35)	F 值	P 值
收缩末期						
左房 LR×AP (cm ²)	31.19±6.35 ^d	29.12±5.60	31.54±4.23 ^d	26.78±5.23 ^{ac}	5.149	0.002
左室 LR×AP (cm ²)	37.99±9.96 ^d	41.21±9.32 ^d	37.25±7.42 ^d	31.95±8.17 ^{abc}	6.735	0.000
右房 LR×AP (cm ²)	28.91±5.87	26.75±5.34	26.94±3.68	26.36±5.42	1.138	0.337
右室 LR×AP (cm ²)	22.22±7.97	23.67±5.78 ^{cd}	19.26±5.05 ^b	18.96±9.39 ^b	3.184	0.027
舒张末期						
左房 LR×AP (cm ²)	26.48±5.04 ^d	24.20±4.79 ^{cd}	26.75±4.02 ^{bd}	21.49±4.49 ^{abc}	8.693	0.000
左室 LR×AP (cm ²)	47.68±10.64 ^d	50.07±9.48 ^{cd}	45.43±7.94 ^{bd}	40.05±7.64 ^{abc}	7.894	0.000
右房 LR×AP (cm ²)	21.88±5.59	20.80±3.44	20.60±3.34	19.83±4.39	1.070	0.365
右室 LR×AP (cm ²)	31.25±10.58	33.90±6.38 ^{cd}	28.78±5.97 ^b	29.29±7.44 ^b	3.161	0.027

注:标 a、c、c、d 字母者表示与该字母组组间多重比较有统计学意义(P<0.05)。

断最早在胸部 X 线片上测量心胸比,但其敏感性及特异性都是受限制的^[5],也不能准确评估心室容积及左心功能^[6]。目前,临床常用的方法是心脏超声检查,但超声检查用时长,检查结果与检查者临床经验、检查手法明显相关^[7-8]。心脏 MR 检查目前被认为是影像学评价心脏形态及功能的金标准,但其费用相对高昂及禁忌症较多难以广泛应用^[9]。随着多排螺旋 CT 设备的不断更新、技术的快速发展,胸部 CT 在临床疾病检查及肺结节筛查方面均得到快速普及和应用。研究显示带有心电门控的多排螺旋 CT 广泛应用于冠脉 CT 检查与心功能的评价^[10]。随着心脏与冠脉 CT 的临床应用不断推广,辐射剂量的问题引起广泛的关注^[11]。CCTA 的飞速发展不仅使患者辐射剂量显著降低,通过一站式扫描还可以获得心肌灌注及冠状动脉解剖和功能学信息,甚至可以通过 3D 融合得到心脏的形态和功能^[12]。也有学者研究非门控多排螺旋 CT 判断心功能的可行性^[13],其评价效果优于心胸比的评估。Baquer-Juston 等^[14]另辟蹊径,研究测量左心房-椎体横径比值来评价左房大小。但是,目前对于心腔大小的判定缺乏统一的 CT 诊断标准^[15]。但不同年龄与性别对心脏形态学影响是在 CT 应用于心脏测量研

究中不能回避的问题^[16],本次研究目的在于通过利用 64 排螺旋 CT 心电门控技术获得心脏收缩末期与舒张末期图像,分析年龄与性别对心脏形态学变化的影响及其规律。

此次研究分别对以年龄和性别分组时的另一因素,进行了组间均衡性检验(P>0.05),从而有效避免了两个因素的交叉影响。以 60 岁为分组标准,A 组老年组(≥60 岁)与 B 组中青年组(<60 岁),在收缩末期及舒张末期的左房 LR、AP 两值,A 组均明显大于 B 组(P<0.05),而其余各心腔的相关测量参数无明显差异(P>0.05)。随着年龄的增长,尤其当人们步入老年后,左心功能会出现不同程度的下降,但由于左心室代偿能力很强,因此这种由于年龄因素导致的左心功能下降,首先可能表现为左心房形态学改变,即各径线增大。以性别分组,C 组(男性)与 D 组(女性)对比分析,两心室 LR 径、AP 径及两径线乘积(LR×AP)在收缩末期及舒张末期组间均具有统计学差异(P<0.05)。在收缩末期及舒张末期,其余各心腔 LR 径、AP 径、两径线乘积(LR×AP)及左室角(β),两组间比较均无统计学意义(P>0.05)。为了进一步探讨心脏形态学变化的规律,本次研究根据不同性别、不同

年龄把 118 例健康志愿者分为四组,发现 60 岁以下女性组左心室在收缩末期与舒张末期,以及左心房在舒张期均小于其它 3 组($P < 0.05$),收缩期小于 60 岁以上的男性组和女性组($P < 0.05$)。右心室在 60 岁以下男性组大于两个女性组($P < 0.05$)。

从研究结果中可以看到:以年龄分组时,舒张期左室 LR 值两组间比较 P 值为 0.075;以性别分组时,舒张期右心房 LR 值两组间比较 P 值为 0.089。与统计学检验标准 0.05 非常接近。如果增大样本量进行研究,可能出现组间差异存在统计学差异,此需要进一步研究证实。

左室角(β)是指四心腔分界线线 1 与线 2 相交所成左室方向的夹角为左室角(β)。以年龄和性别分组时,左室角(β)组间比较均无统计学意义($P > 0.05$)。其原因主要在于:由于年龄因素主要影响左心房,而左心房位置较高,对左室角(β)影响小;而性别因素主要影响两个心室,两心室同时发生变化时,左室角(β)改变不明显。

总之,通过对多排螺旋 CT Best phase 技术获得心脏图像进行测量分析,随年龄增大,左房增大较明显,男性两心室明显大于女性。此次研究方法测量的是各心腔外径,因此不能区分心脏改变是源于心腔扩大,还是心肌增厚,但同时有效减少了心脏运动影响及对比剂使用的依赖,因此该方法可用于利用普通胸部 CT 对心脏增大的估测。另一方面,此项研究样本量较少,尚需增加样本量,进一步测量分析。

参考文献:

- [1] Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology[J]. Eur Heart J, 2013, 34(38):2949-3003.
- [2] Kubo T, Baba Y, Hirota T, et al. Prognostic significance of non-dilated left ventricular size and mitral regurgitation in patients with dilated phase of hypertrophic cardiomyopathy[J]. Int Heart J, 2017, 58(1):63-68.
- [3] Dudzinski DM, Hariharan P, Parry BA, et al. Assessment of right ventricular strain by computed tomography versus echocardiography in acute pulmonary embolism[J]. Acad Emerg Med, 2017, 24(3):337-343.
- [4] Almodares Q, Wallentin G, Guron C, Thurin A, et al. Larger right atrium than left atrium is associated with all-cause mortality in elderly patients with heart failure[J]. Echocardiography, 2017, 34(5):662-667.
- [5] Chana HS, Martin CA, Cakebread HE, et al. Diagnostic accuracy of cardiothoracic ratio on admission chest radiography to detect left or right ventricular systolic dysfunction: a retrospective study[J]. J R Soc Med, 2015, 108(8):317-324.
- [6] 李丹燕,祝因苏,朱斌,等. 心胸比率与左心室容积及收缩功能的相关性研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(3):236-239.
- [7] Rigolli M, Anandabaskaran S, Christiansen JP, et al. Bias associated with left ventricular quantification by multimodality imaging: a systematic review and meta-analysis[J]. Open Heart, 2016, 3(1):e000388.
- [8] Dorosz JL, Lezotte DC, Weitzkamp DA, et al. Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: a systematic review and meta-analysis[J]. J Am Coll Cardiol, 2012, 59(20):1799-1808.
- [9] Krupickova S, Muthurangu V, Hughes M, et al. Echocardiographic arterial measurements in complex congenital diseases before bidirectional Glenn: comparison with cardiovascular magnetic resonance imaging[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2017, 18(3):332-341.
- [10] Danad I, Fayad ZA, Willemink MJ, et al. New applications of cardiac computed tomography: dual-energy, spectral, and Molecular CT imaging[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(6):710-723.
- [11] 应援宁,张立仁,徐冬生,等. 宝石 CT 冠状动脉成像低剂量扫描方案临床应用研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2014, 34(4):310-313.
- [12] 刘珮君,王怡宁,易妍,等. RSNA2017 心脏 CT 研究进展[J]. 放射学实践, 2018, 33(4):333-336.
- [13] Minkowitz S, Haramati LB, Zalta B, et al. Can left ventricular function be assessed on non-ECG-gated CT? [J]. Clin Imaging, 2014, 38(5):669-674.
- [14] Baque-Juston M, Volondat M, Fontas E, et al. Left atrio-vertebral ratio: a new computed-tomography measurement to identify left atrial dilation[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(1):255-260.
- [15] Alkema M, Spitzer E, Soliman OI, et al. Multimodality imaging for left ventricular hypertrophy severity grading: a methodological review[J]. J Cardiovasc Ultrasound, 2016, 24(4):257-267.
- [16] Yeon SB, Salton CJ, Gona P, et al. Impact of age, sex, and indexation method on MR left ventricular reference values in the Framingham Heart Study Offspring Cohort[J]. J Magn Reson Imaging, 2015, 41(4):1038-1045.

(收稿日期:2018-10-17 修回日期:2019-01-14)