

心率对左心功能指数、主动脉强化 CT 值及延迟时间的影响

李剑, 印弘, 石明国, 张劲松, 赵宏亮, 郑敏文

【摘要】 目的:探讨心率对左心功能指数、主动脉强化 CT 值和延迟时间的影响。方法:连续选择进行冠状动脉 CTA 的患者 74 例,在对比剂注射参数相同的情况下,按照心率分为低心率组(≤ 75 次/分)和高心率组(> 75 次/分)。所得数据在 0%~90% R-R 间期以 10%为间隔进行重组,分析心输出量、每搏输出量和射血分数,测量两组主动脉强化 CT 值和延迟时间。并对两组间的差异进行统计学分析。结果:在对比剂注射参数相同的情况下,高心率组心输出量高于低心率组($t=3.908, P<0.05$),但高心率组主动脉强化 CT 值和延迟时间均低于低心率组($t=2.536, 3.454, P$ 均 < 0.05)。结论:掌握不同心率下左心功能指数、主动脉强化 CT 值及延迟时间的变化有助于冠状动脉 CTA 扫描中对比剂注射参数的设定,获得优良的图像质量。

【关键词】 心率; 心输出量; 冠状动脉造影; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)11-1111-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.11.012

The effect of heart rate on left cardiac function index, enhanced CT value of aorta and delay time LI Jian, YIN Hong, SHI Ming-guo, et al. Department of Radiology, Xijing Hospital, the Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, P. R. China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to evaluate the effect of heart rate (HR) on left cardiac function index, enhanced CT value of aorta and delay time. **Methods:** Seventy-four consecutive patients underwent dual-source CT angiography using the same parameters for contrast administration. Patients were divided into slow HR groups (≤ 75 bpm) and fast HR groups (> 75 bpm). All of the original data were reconstructed at 0%~90% R-R interval with 10% interval and the cardiac output, stroke volume and ejection fraction were analyzed. The enhanced CT value of aorta and delay time were measured. Statistical analyses were performed between the two groups. **Results:** Using the same parameters for contrast administration, the cardiac output of the fast HR group was higher than that of slow HR group, with significant difference ($t=3.908, P<0.05$). Yet the enhanced CT value of aorta and delay time were lower in fast HR group compared with that of slow HR group ($t=2.536, 3.454; P<0.05$). **Conclusion:** Well knowledge about the variation of cardiac function index, enhanced CT value of aorta and delay time with different HR is very useful for designing contrast medium injection parameters and obtaining excellent image quality.

【Key words】 Heart rate; Cardiac output; Coronary angiography; Tomography, X-ray computed

冠状动脉血管强化 CT 值是影响冠状动脉 CT 血管成像 (coronary computed tomography angiography, CCTA) 图像质量和诊断符合率的重要因素^[1-2]。据文献报道^[3-5],最佳的冠状动脉强化 CT 值为 350 HU 左右,过高的血管强化 CT 值会减小管腔与管壁钙化斑的密度差,从而影响钙化斑的检出和评价;而过低的冠状动脉强化 CT 值则会因对比密度的不足而影响冠状动脉成像效果和狭窄的评估。研究证实^[6],心功能指数中的心输出量 (cardiac output, CO) 是影响冠状动脉强化 CT 值的主要因素之一,本研究主要探讨不同心率下 CO 等心功能指数的变化及其对主动脉强化 CT 值和延迟时间的影响,旨在指导 CCTA 扫描时对比剂的注射用量、流率、延迟时间等参数,从而达

到血管内均匀强化的目的。

材料与方法

1. 一般资料

连续选取 2015 年 3 月 1 日—15 日临床疑似冠心病并行 CCTA 扫描的患者 74 例,其中男 39 例,女 35 例,年龄 36~82 岁 (平均 56.07 ± 11.29 岁)。所有患者按照心率分为两组,低心率组 ≤ 75 次/分,40 例;高心率组 > 75 次/分,34 例。排除标准:体重 > 85 kg、有冠状动脉支架置入术和旁路移植手术史、心律不齐、碘对比剂过敏、肝肾功能不全等不能行碘对比剂增强扫描的患者。所有患者均签署知情同意书。

2. 扫描技术

采用 Siemens Healthcare Definition Flash 双源 CT 机,扫描范围从气管分叉下 2 cm 至心底水平。高压注射器采用欧利奇高压注射器,对比剂采用非离子低渗高浓度对比剂碘普罗胺 370 (370 mg I/mL),剂量

作者单位:710032 西安,第四军医大学西京医院放射科

作者简介:李剑(1978—),男,陕西西安人,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:郑敏文, E-mail: zhengmw2007@163.com

0.9 mL/kg, 流率 5.0 mL/s, 经肘前静脉注入, 注射完立即以相同流率注射 40 mL 生理盐水。应用对比剂跟踪(bolus-tracking)技术, 在对比剂注射 5 s 后开始在主动脉根部层面监测 CT 值, 当感兴趣区(ROI)内 CT 值达到 100 HU 时, 延迟 5 s(为机器呼吸指令的时间)自动触发扫描。扫描参数: 管电压 100 kV, 参考管电流 300 mAs, 使用自动毫安控制技术(CARE Dose 4D, Siemens)和心电图管电流调节技术, 螺距 0.17~0.50, 根据心率自动调整, 准直 $2 \times 64 \times 0.6$ mm, 层厚 0.75 mm, 重建间隔 0.4 mm, 矩阵 512×512 , 视野 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 。

3. 图像后处理

所有原始扫描数据均传至工作站(Syngo Multi-Modality Workplace, Siemens Healthcare)进行图像后处理。选择心动周期 0%~90% RR 间期, 间隔 10% 进行多期相重组, 所有重组期相应用后处理软件(circulation)进行心功能指数分析, 包括 CO, 每搏输出量(stroke volume, SV)和射血分数(ejection fraction, EF)。应用 DynEva 软件对自动检测(Monitoring)图像进行分析, 统计两组的延迟时间。

4. 图像质量客观评价方法

分别测量两组左冠状动脉开口处主动脉的强化 CT 值, ROI 在主动脉腔内尽可能大, 但避开主动脉壁、斑块和瓣膜。

5. 统计学处理

采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析, 计量结果均采用 $\bar{x} \pm s$ 进行统计, 组间比较采用 t 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料

74 例患者的双源 CCTA 扫描均成功。低心率组和高心率组患者的例数、年龄、体重均无明显差异($P > 0.05$), 两组的心率差异有统计学意义($P < 0.05$, 表 1)。

2. CT 心功能指数分析和测量数据

高心率组 SV 低于低心率组, EF 高于低心率组, 但差异均无统计学意义($P > 0.05$)。高心率组 CO 高于低心率组, 差异有统计学意义($P < 0.05$, 表 2)。而高

表 1 患者临床资料和基本参数

参数	低心率组	高心率组	检验值	P 值
例数(男/女)	40 (19/21)	34 (19/15)	$\chi^2=0.516$	0.472
年龄(岁)	57.53±12.25	54.35±9.95	$t=1.2090$	0.231
心率(次/分)	63.50±7.18	90.82±12.25	$t=11.915$	0.000
体重(kg)	65.72±8.73	69.18±9.88	$t=1.5950$	0.115

心率组主动脉的强化 CT 值低于低心率组(图 1~2), 差异有统计学意义($P < 0.05$, 表 2)。高心率组患者的平均延迟时间短, 较低心率组减少约 2 s, 差异有统计学意义($P < 0.05$, 表 2)。

表 2 患者心功能参数和测量数据

项目	低心率组	高心率组	t 值	P 值
CO(L/min)	3.38±1.06	4.41±1.20	3.908	0.000
SV(mL)	52.45±18.05	48.41±10.18	1.157	0.251
EF(%)	55.60±10.78	59.68±9.36	1.721	0.090
主动脉强化 CT 值(HU)	548.75±58.33	495.46±74.31	3.454	0.001
延迟时间(s)	17.29±2.55	15.95±1.86	2.536	0.013
启动阈值(HU)	133.37±27.41	140.97±29.82	1.142	0.257

讨 论

血管腔内的 CT 强化程度和对比剂的碘含量及 X 线的能量有关, X 线能量越接近碘的 K 边缘能量(33 keV), 则强化值越高。本组数据排除了肥胖的患者, 在正常体重下 100 kV 较接近碘的 K 边缘能量, 又不会明显增加图像噪声, 即降低了患者的辐射剂量, 又提高了强化值。当管电压一定时, 血管腔内 CT 强化值就和对比剂用量及患者个体情况相关。据文献报道^[7], 体重是影响血管 CT 强化值最主要的因素, 在一定的对比剂用量下, 随着体重的增加, 血管内强化值下降。本研究为了避免体重对血管强化值的影响, 采用了按照体重决定对比剂用量的方法。其次, 患者心功能状态也影响血管内强化 CT 值和循环时间。Husmann 等^[8]采用 64 层 CT 进行冠状动脉成像的强化

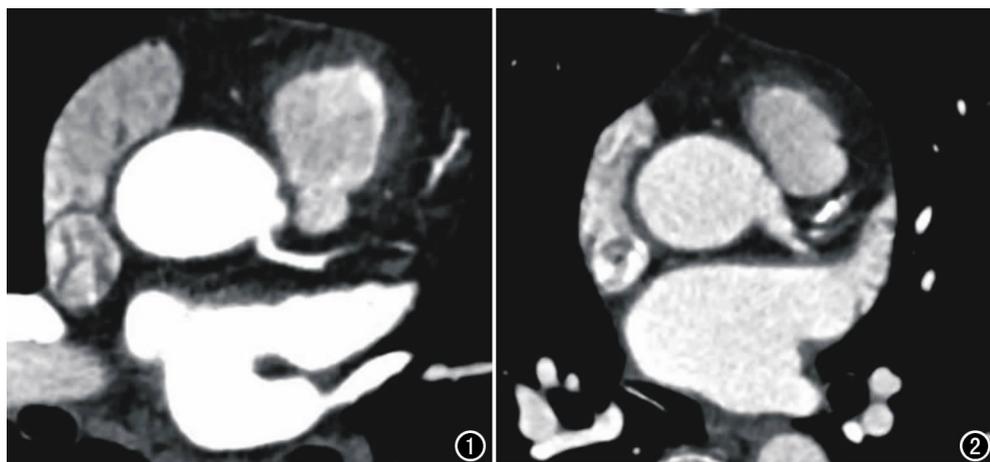


图 1 女, 67 岁, 体重 63 kg, 平均心率 63 次/分, EF 为 55%, CO 为 2.27 L/min, SV 为 36 mL, 主动脉强化值为 685.1 HU。图 2 女, 70 岁, 体重 62 kg, 平均心率 103 次/分, EF 为 57%, CO 为 4.16 L/min, SV 为 40 mL, 主动脉强化值为 416.5 HU。

CT 值与血液动力学数据显示 CO 和冠状动脉强化值成负相关。本组数据显示,高心率组 CO 大于低心率组,但高心率组主动脉强化 CT 值明显低于低心率组,和文献报道相符。从自动触发技术的启动扫描时间分析,高心率组患者的循环时间较低心率组短,即延迟时间缩短,差异有统计学意义。从本组数据发现患者的扫描延迟时间随着心率的增加而缩短,两者呈负相关。因此,在心功能正常的情况下,由于心率与 CO 呈正相关、与延迟时间呈负相关。在正常心率范围内进行冠状动脉扫描前可以从心率判断患者的 CO 状态和延迟时间的长短,即心率越高,CO 越大,延迟时间越短,这一结论可作为确定 CCTA 扫描中循环时间和对比剂注射参数的依据。

冠状动脉的强化 CT 值影响冠状动脉的成像效果和冠状动脉疾病诊断的准确性,不同的患者需要不同的对比剂用量和注射流率来达到满足诊断的强化 CT 值。采用个体化对比剂注射方案是确保 CCTA 检查成功的关键。但以往的研究多是以体重、体重指数和体表面积进行个体化分类^[9-10],但主要研究了在固定流率下对比剂的用量变化,对流率的变化应用探讨较少。并且,冠状动脉 CT 扫描中均采用自适应螺距,心率慢时,螺距减小,扫描时间延长,若用高的流率进行对比剂注射就可能因对比剂注射持续时间不够导致血管内强化 CT 值降低。而当心率高时,螺距增大,扫描时间相应缩短,若采用低的流率则可能会产生右室内高浓度对比剂堆聚而引起的伪影。本研究结果显示不同心率下 CO 不同,从而影响主动脉强化 CT 值,即高心率时主动脉强化 CT 值低,而低心率时主动脉强化 CT 值高。这一研究结果可指导 CCTA 扫描中根据心率来调整流率、提高对比剂利用率,即高心率时应提高对比剂注射流率,低心率时则应降低流率,从而达到不同心率患者冠状动脉强化 CT 值均匀一致的目的,改善冠状动脉的图像质量。其次,在进行冠状动脉扫描时适当的控制患者的心率,不仅可以得到好的冠状动脉的图像,提高诊断符合率,还能减少患者的对比剂用量,降低对比剂不良反应的发生率。

在进行强化 CT 值测量时,笔者采用的是左冠状动脉开口处主动脉的强化 CT 值进行比较,是因为左冠状动脉开口处的主动脉强化 CT 值和冠状动脉内的强化 CT 值基本一致,呈正相关。由于在实际测量中冠状动脉的管腔直径较小,兴趣区大小的选择和人为

测量的误差较大,尤其是冠状动脉发育纤细的人群测量误差更大,因此本研究采用冠状动脉开口处的主动脉强化 CT 值进行比较是合理的。

冠状动脉低辐射剂量扫描已近成熟,但对比剂的合理应用由于个体变化的影响很大而依然在探索中,根据心率再结合以往的研究结果决定对比剂注射参数,使对比剂注射总量和流率更合理,值得临床应用推广。

参考文献:

- [1] Cademartiri F, Maffei E, Palumbo AA, et al. Influence of intra-coronary enhancement on diagnostic accuracy with 64-slice CT coronary angiography[J]. Eur Radiol, 2008, 18(3): 576-583.
- [2] Lu JG, Lv B, Chen XB, et al. What is the best contrast injection protocol for 64-row multi-detector cardiac computed tomography [J]. Eur Radio, 2010, 75(2): 159-165.
- [3] 王永梅, 李宁, 张兆琪, 等. 双源 CT 冠状动脉成像评估冠状动脉狭窄不准确的原因分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2013, 19(2): 127-131.
- [4] Leber AW, Becker A, Knez A, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: a comparative study using intravascular ultrasound[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(3): 672-677.
- [5] 蒋孟茜, 王鹤, 王霄英, 等. 80kVp 条件下碘克沙醇(270mg I/mL)应用于冠状动脉 CTA 检查的可行性研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(3): 249-253.
- [6] Tomizawa N, Komatsu S, Akahane M, et al. Influence of hemodynamic parameters on coronary artery attenuation with 320-detector coronary CT angiography[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(2): 230-233.
- [7] Awai K, Hiraishi K, Hori S. Effect of contrast material injection duration and rate on aortic peak time and peak enhancement at dynamic CT involving injection protocol with dose tailored to patient weight[J]. Radiology, 2004, 230(1): 142-150.
- [8] Husmann L, Alkadhi H, Boehm T, et al. Influence of cardiac hemodynamic parameters on coronary artery opacification with 64-slice computed tomography[J]. Eur Radiol, 2006, 16(5): 1111-1116.
- [9] Zhu X, Zhu Y, Xu H, et al. Dual-source CT coronary angiography involving injection protocol with iodine tailored to patient body weight and body mass index: Estimation of optimal contrast material dose[J]. Acta Radio, 2013, 54(2): 149-155.
- [10] 康德强, 赵晶, 华海琴, 等. 低管电压扫描条件下个体化对比剂用量方案在冠状动脉 CTA 中的应用[J]. 中国介入影像与治疗学, 2014, 11(9): 616-620.

(收稿日期: 2015-07-17)