

论 著

冠状动脉CTA中基于瘦体重的对比剂注射方案与基于体重方案的比较

徐州医科大学附属医院影像科

(江苏 徐州 221000)

刘忠啸 谢丽响 徐 凯

【摘要】目的 探讨基于瘦体重的对比剂注射方案在冠状动脉CT血管造影中血管增强效果是否优于基于体重的方案。**方法** 200例进行冠状动脉CT血管造影扫描的患者随机分成两组,分别采用不同的对比剂用量计算方案:体重组采用体重乘以系数计算,瘦体重组利用测量得到的瘦体重乘以标准化的系数计算,每例患者对比剂注射持续时间等于扫描时间+8秒。测量两组间冠状动脉开口处的升主动脉、左冠状动脉主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉的血管内CT值,比较两组间各血管内CT值离均差绝对值的差异,并分析各组内升主动脉CT值和计算对比剂剂量的体型参数的相关性。**结果** 1、两组各血管内CT值的平均值的差异无统计学意义。2、体重组各血管内CT值的离均差绝对值显著大于瘦体重组。3、体重组肥胖患者中各血管内CT值的平均值显著大于瘦体重组。**结论** 利用瘦体重计算CCTA检查中对比剂的用量的方案,其血管增强效果的均一程度优于根据体重确定对比剂用量的方法。

【关键词】 冠状动脉CTA; 瘦体重; 体重; 对比剂

【中图分类号】 R541.4

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.02.015

通讯作者: 刘忠啸

Contrast Material Injection Protocol with the Dose Adjusted to the Lean Body Mass Compared with Body Weight for Coronary CT Angiography

LIU Zhong-xiao, XIE Li-xiang, XU Kai. Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

[Abstract] **Objective** To compare the effect of coronary enhancement at coronary CT angiography using contrast material injection protocol with dose adjusted to LBW with using protocols adjusted to total body weight. **Methods** A total of 200 consecutive patients undergoing DSCT CCTA without previous coronary stent placement, bypass surgery, congenital or valvular heart disease were included, and were randomly assigned to two groups. The contrast material dose of two groups were calculated by total body weight in TBW group and by measured lean body weight in LBW group. The injection durations of both groups were determined by using scan time plus 8 seconds divided total contrast material dose. Postcontrast attenuation measurements were obtained in AA above the coronary ostia, LM, LAD, LCX and RCA for each group. Mean absolute deviation were calculated in two group and analyzed. **Results** 1. The mean attenuations of AA, LM, LAD, LCX and RCA shows no significant differences between two groups. 2. The mean absolute deviation of aortic and coronary attenuation in TBW group was higher than the LBW group, and the result shows statistical significant. 3. Compare with non-obese patients, the aortic and coronary attenuations in obese patient were lower in TBW group. **Conclusion** By employing the lean body weight to calculate the contrast material dose needed for CCTA, it may lessen patient-to-patient enhancement variability while maintaining satisfactory aortic and coronary enhancement.

[Key words] Coronary CT Angiography; Lean Body Weight; Total Body Weight; Contrast Material

随着医学影像成像技术的日益发展,心电门控冠状动脉CT血管造影凭借其无创、快速、准确的特性,广泛应用于心血管疾病的诊断中^[1-4]。而随着CT成像设备的快速发展,拥有高时间分辨率、宽探测器覆盖的64层及以上的多层螺旋CT(multislice computed tomography, MSCT)逐步面世,使得CCTA的成像时间大为缩短,同时也使对比剂的用量显著降低^[5-8]。但是如何精准地个性化定制个体的对比剂用量,减少对比剂剂量过高或过低对于成像质量的影响,同时降低应用过量对比剂对于肾脏的损害,也是目前的研究热点之一。本研究主要探讨基于瘦体重的对比剂注射方案在冠状动脉CT血管造影中的成像效果,比较该方案与传统方案在成像效果和均一程度上的差异。

1 资料和方法

1.1 临床资料 2016年2月到2016年4月因怀疑有冠状动脉疾病的患者前来检查的患者200例,其中男性102例,女性98例,平均年龄56.8岁,年龄范围为31~81岁。入选标准:临床怀疑有冠状动脉疾病的患者。排除标准包括明确有碘过敏史、肾功能不全、先天性心脏病和瓣膜疾病、严重的心律失常、冠状动脉支架植入术和冠状动脉搭桥术后的患者。

1.2 检查方法 采用西门子Somatom Definition 64排双源CT进行

检查,患者取仰卧位,连接好心电监护监测心率,扫描前对患者进行严格的屏气训练。对于无青光眼及低血压者,舌下含服1mg硝酸甘油。

199名患者随机分配到A、B两组,其中A组(99人),对比剂的剂量根据体重计算,每公斤体重给予0.4g碘,即每公斤体重1.14ml对比剂(碘海醇,350mg I/ml);B组(101人),利用体脂测量仪(欧姆龙TBF-306)测量体脂率,按体重 $\times$ (1-体脂率)计算出瘦体重,男性每公斤瘦体重给予0.53g碘,即每公斤瘦体重1.52ml对比剂,女性每公斤瘦体重给予0.67g碘,即每公斤瘦体重1.63ml对比剂。对比剂注射速度按照以下公式计算^[9]: $FR=CM/(ST+8)$,其中,FR为注射速率(ml/s),CM为对比剂剂量(ml)ST为扫描时间(s)。采用Ulrich高压注射器进行对比剂注射,对比剂注射完成后以相同的速度注射生理盐水40ml。

管电压120kVp,管电流380-420mAs(CARE Dose软件自动调整),探测器宽度 64×0.6 mm,旋转时间0.33s,螺距根据心率调整,与最低心率相适应,范围0.2~0.5,矩阵 512×512 ,扫描范围从气管隆突下1~2cm至心脏膈面以下约2cm,从头向足扫描。扫描时间由扫描范围和螺距确定,采用回顾性心电门控方式扫描,利用团注追踪程序(Bolus Tracking)自动触发技术,在气管隆突下层面选择升主动脉作为兴趣血管,放置ROI监测CT值,触发阈值设置为100HU,触发后延迟6s进行扫描。

1.3 图像处理方法 所有扫描均重建收缩期图像,层厚0.75mm,层间隔0.4mm,重建算法B26f,由系统自带软件计算出最佳期相,如不能较好显示主要的冠脉血管,则另行挑选合适的期

相进行重建。重建完成后,利用冠状动脉分析软件进行冠脉的三维重建和血管分析,将冠状动脉主干及其主要分支以及病变的情况显示出来。利用冠脉四分法评分标准对主要的三支血管(LAD、LCX、RCA)的成像质量定量评价。由两名影像诊断医师分别对每例患者CCTA图像进行分段观察并做出评分。然后在横断位图像上进行测量,分别将感兴趣区(ROI)放置在邻近冠状动脉开口处的升主动脉,左主干、左前降支、左回旋支和右冠状动脉近段的中心,并小心避开管壁的钙化及斑块。其中升主动脉的ROI面积在 100mm^2 左右,其余ROI面积在 1mm^2 左右(图1)。之后计算出各支血管密度的离均差绝对值,计算方法为患者各血管的密度值减去本组内该血管密度的平均值。

1.4 统计学处理 由两名分别具有5年、7年临床经验的放射

科医生进行图像评分和ROI测量,测得的数据采用SPSS16.0统计软件处理。患者的一般变量作描述性统计,正态分布的定量资料用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,用Kappa一致性检验比较两位影像诊断医师对CCTA图像的评分。在两组结果的比较中,符合正态分布及方差齐性的定量资料采用两独立样本t检验,不符合正态分布的采用秩和检验。检验水准 $\alpha=0.05$, $P<0.05$ 被认为有统计学意义。

2 结果

两组患者年龄、性别、体重、身高、体重指数、人体脂肪率、测量瘦体重和计算瘦体重间差异无统计学意义。注射剂量A组大于B组,有统计学差异,见表1。

利用Kappa检验对两位医师的评分结果进行一致性检验,

表1 患者基本资料比较 $(\bar{x} \pm s)$

	A组	B组	P
年龄(岁)	57.0 $\pm$ 9.8	56.6 $\pm$ 10.7	0.239
性别(男/女)	41/43	51/50	0.922
体重(公斤)	68.1 $\pm$ 10.1	69.5 $\pm$ 10.7	0.775
身高(厘米)	164.3 $\pm$ 7.9	163.7 $\pm$ 7.8	0.532
心率(次/分)	72.65 $\pm$ 14.0	74.0 $\pm$ 13.9	0.339
体重指数(千克/平方米)	25.1 $\pm$ 2.8	25.9 $\pm$ 3.05	0.151
人体脂肪率(%)	30.5 $\pm$ 5.6	30.9 $\pm$ 5.3	0.313
测量瘦体重(公斤)	47.1 $\pm$ 7.8	48.0 $\pm$ 7.8	0.792
计算瘦体重(公斤)	50.2 $\pm$ 7.9	50.6 $\pm$ 8.0	0.192
注射剂量(毫升)	77.8 $\pm$ 11.4	72.6 $\pm$ 13.8	0.017

表2 冠状动脉各支图像评分 $(\bar{x} \pm s)$

血管名称	A组	B组	P
左前降支	3.58 $\pm$ 0.60	3.56 $\pm$ 0.65	0.591
左回旋支	3.56 $\pm$ 0.63	3.59 $\pm$ 0.67	0.638
右冠状动脉	3.58 $\pm$ 0.66	3.60 $\pm$ 0.65	0.248
平均	3.58 $\pm$ 0.56	3.59 $\pm$ 0.56	0.421

表3 各血管内CT值 $(\bar{x} \pm s)$,单位HU

血管名称	A组	B组	P
升主动脉	382.6 $\pm$ 49.0	369.5 $\pm$ 50.3	0.139
左主干	391.9 $\pm$ 52.8	372.7 $\pm$ 60.6	0.115
左前降支	379.4 $\pm$ 58.6	368.1 $\pm$ 60.5	0.391
左回旋支	393.4 $\pm$ 60.7	377.4 $\pm$ 63.7	0.383
右冠状动脉	409.3 $\pm$ 61.0	398.4 $\pm$ 67.1	0.119

$\kappa=0.83$ ，一致性较好。对各组各支冠状动脉图像质量评分进行比较，差别无统计学意义，见表2。

对测量的各血管内CT值进行分析，各血管内强化程度在各组间均未表现出统计学差异，见表2。

对各个血管密度的离均差绝对值进行比较后，A组各个血管密

度的离均差绝对值的均值大于B组，差别有统计学意义，见表3。

为了评估肥胖患者血管内强化程度是否与非肥胖患者有差异，分别对四组体重指数 ≥ 28 的肥胖人群和 < 28 的非肥胖人群的血管密度进行对比，可见肥胖患者中A组各主要血管内密度均高于B组，差别有统计学意义；而非肥

胖患者中各组件血管内密度差异无统计学意义，见表4-5。

3 讨 论

以往认为，动脉内血管内对比剂浓度越高，其产生的对比强化效果越强，能够更好地显示血管官腔情况。但近年来的研究表明，在冠状动脉CT血管造影中，血管中对比剂浓度过高或过低均会影响对血管的分析和对冠状动脉狭窄的诊断^[10-12]，诊断冠状动脉疾病的血管内密度不应过高或过低，最适合的密度应该在350HU^[13]左右。本次研究中，两组患者的AA、LM、LAD、LCX、RCA中的动脉平均密度均接近此数值，并且能够满足对冠脉疾病的诊断。然而，即使采用了按体重比例计算对比剂剂量的方案，在一些患者中，仍然出现了冠状动脉血管内密度过大或过小的情况。导致这一现象的主要因素是对比剂在人体内的分布主要和总血容量有关，而总血容量与体重的0.425次方成正比^[14]。因此，为了降低或者消除按体重比例计算对比剂用量而导致患者间血管内密度差异的现象，需要利用其他的体型参数计算对比剂用量。

Ho等人^[15]的研究利用瘦体重作为调整对比剂用量的参数，分别用标准化的系数乘以瘦体重得出对比剂用量，从而降低了患者间实质器官强化的差异。标准化的系数通过在体重计算方案中标准体重和脂肪率的成年男女每公斤瘦体重接受的对比剂剂量得到标准化的系数，进而应用到瘦体重计算方案中。另外Ho等人对测量得出的瘦体重和用公式计算得出的瘦体重分别进行了研究，得出了测量瘦体重应用于对比剂剂量的计算可以更显著地降低患者间实质脏器对比强化的差异。本

表4 各血管内密度的离均差的绝对值($\bar{x} \pm s$ ，单位HU)

血管名称	A组	B组	P
升主动脉	51.9 ± 41.3*	39.4 ± 31.1	0.042
左主干	61.9 ± 46.3*	51.3 ± 31.9	0.011
左前降支	65.5 ± 49.4*	48.5 ± 35.8	0.003
左回旋支	66.9 ± 52.4*	51.5 ± 37.2	0.014
右冠状动脉	69.1 ± 50.6*	54.9 ± 38.2	0.012

注：*表示与其他三组相比有统计学差异， $P < 0.05$

表5 肥胖患者 (BMI $\geq 28\text{g/m}^2$) 平均血管密度的对比($\bar{x} \pm s$ ，单位HU)

血管名称	A组	B组	P
升主动脉	394.2 ± 47.5*	378.5 ± 50.6	0.001
左主干	401.7 ± 49.6*	380.4 ± 62.4	0.008
左前降支	405.2 ± 48.1*	372.8 ± 63.0	0.002
左回旋支	406.6 ± 64.5*	388.2 ± 66.9	0.030
右冠状动脉	433.1 ± 65.0*	399.0 ± 66.0	0.002

注：*表示与其他三组相比有统计学差异， $P < 0.05$

表6 非肥胖患者 (BMI $< 28\text{g/m}^2$) 平均血管密度的对比($\bar{x} \pm s$ ，单位HU)

血管名称	A组	B组	P
升主动脉	376.0 ± 49.3	366.3 ± 50.2	0.516
左主干	385.2 ± 54.0	369.8 ± 60.1	0.104
左前降支	370.4 ± 57.0	366.4 ± 59.8	0.841
左回旋支	385.0 ± 60.1	373.4 ± 62.5	0.276
右冠状动脉	398.6 ± 57.8	398.2 ± 67.1	0.625

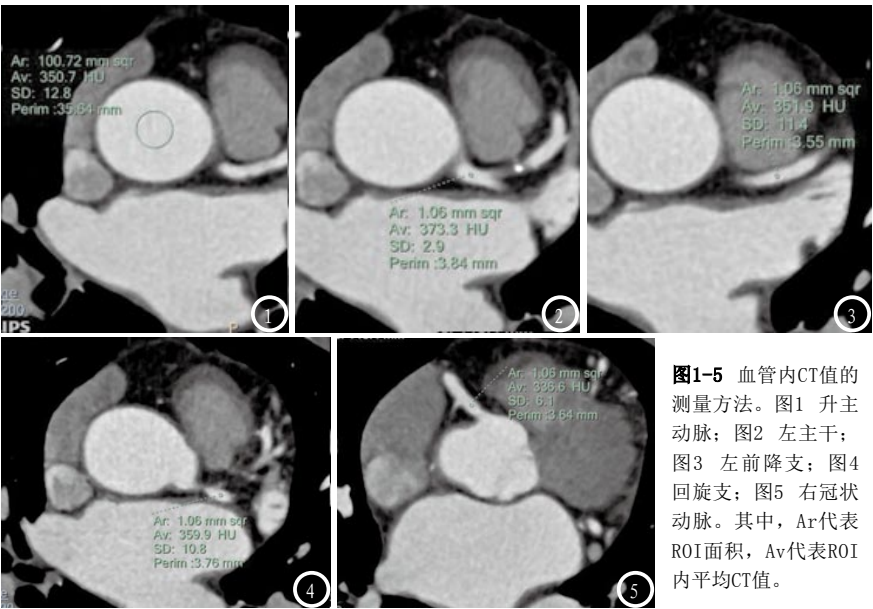


图1-5 血管内CT值的测量方法。图1 升主动脉；图2 左主干；图3 左前降支；图4 回旋支；图5 右冠状动脉。其中，Ar代表ROI面积，Av代表ROI内平均CT值。

研究也利用标准化的系数, 分别将根据测量到的体脂率得出的瘦体重乘以系数得出对比剂用量, 并与按体重比例计算方案进行对比, B组的离均差绝对值的均值均小于A组, 差别具有统计学差异, 说明根据瘦体重计算的对比剂注射方案在患者间血管内密度的差异要小于按体重计算对比剂的方案。

本研究还比较了不同注射方案在不同体型患者中冠状动脉血管内密度的差异。Yanaga等人^[16]研究得出, 分别利用体重和瘦体重计算对比剂用量的方案进行CCTA的扫描, 在体重低于60公斤和体脂率小于30%的患者当中, 两种方法得到的主动脉内密度都无显著差异; 而在体重高于60公斤和体脂率高于30%的患者当中, 利用体重计算的方案其血管内密度显著大于利用瘦体重计算的方案, 说明对于体型较胖的患者, 利用体重计算的对比剂用量会被高估。本研究中, 采用同样的思路, 根据卫生部疾病控制司发布中国成人肥胖标准, 选定BMI $\geq$ 28作为分界, 对比各组中各血管内密度的差异, BMI $<$ 28的患者中血管内密度无显著差异, 而BMI $\geq$ 28的患者中A组的各支血管内平均密度均大于B组, 说明对于肥胖或者脂肪含量高的患者, 基于体重计算对比剂剂量的方案在CCTA中冠状动脉血管内密度会偏高, 对比剂用量被高估。

本研究还有很大的局限性。首先, 虽然利用了CCTA扫描时间来确定注射时间和注射速率的方法来降低患者心率对心输出量的影响, 但是这一方法本身可能也会产生额外的患者间差异, 而本研究尚未分析此项因素。其次, 本研究CCTA检测出的冠状动脉狭窄病变并未与侵入性冠状动脉造影进行对照观察。

总之, 在CCTA的成像中, 利用瘦体重计算对比剂用量可以达到良好的诊断效果, 同时可以使患者间冠状动脉血管内强化程度的差异降低。

参考文献

- [1] Kapoor D, Thompson R C. Diagnostic accuracy of CT coronary angiography[J]. *Cardiology clinics*, 2009, 27 (4): 563-571.
- [2] Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience[J]. *European heart journal*, 2005, 26 (15): 1482-1487.
- [3] 吴震, 宋伟, 方颖. 多层螺旋CT冠脉成像评估冠脉狭窄病变的临床价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2016, 14 (6): 25-27.
- [4] 李绍东, 李江山, 胡春峰, 等. 16层螺旋CT与导管法冠脉成像的对照研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2008, 6 (2): 31-33.
- [5] Durmus T, Rogalla P, Lembcke A, et al. Low-dose triple-rule-out using 320-row-detector volume MDCT—less contrast medium and lower radiation exposure[J]. *European radiology*, 2011, 21 (7): 1416-1423.
- [6] Husmann L, Valenta I, Gaemperli O, et al. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating[J]. *European heart journal*, 2008, 29 (2): 191-197.
- [7] Oda S, Utsunomiya D, Yuki H, et al. Low contrast and radiation dose coronary CT angiography using a 320-row system and a refined contrast injection and timing method[J]. *Journal of cardiovascular computed tomography*, 2015, 9 (1): 19-27.
- [8] Zheng M, Wu Y, Wei M, et al. Low-concentration contrast medium for 128-slice dual-source CT coronary angiography at a very low radiation dose using prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition[J]. *Academic radiology*, 2015, 22 (2): 195-202.
- [9] Zhu X, Chen W, Li M, et al. Contrast material injection

protocol with the flow rate adjusted to the heart rate for dual source CT coronary angiography[J]. *The international journal of cardiovascular imaging*, 2012, 28 (6): 1557-1565.

- [10] Becker C R, Hong C, Knez A, et al. Optimal contrast application for cardiac 4-detector-row computed tomography[J]. *Investigative radiology*, 2003, 38 (11): 690-694.
- [11] Johnson T R, Nikolaou K, Wintersperger B J, et al. Optimization of contrast material administration for electrocardiogram-gated computed tomographic angiography of the chest[J]. *Journal of computer assisted tomography*, 2007, 31 (2): 265-271.
- [12] Srichai M B, Hecht E M, Kim D, et al. Dual-source computed tomography angiography image quality in patients with fast heart rates[J]. *Journal of cardiovascular computed tomography*, 2009, 3 (5): 300-309.
- [13] Fei X, Du X, Yang Q, et al. 64-MDCT coronary angiography: phantom study of effects of vascular attenuation on detection of coronary stenosis[J]. *AJR American journal of roentgenology*, 2008, 191 (1): 43-49.
- [14] Bae K T. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches[J]. *Radiology*, 2010, 256 (1): 32-61.
- [15] Ho L M, Nelson R C, Delong D M. Determining contrast medium dose and rate on basis of lean body weight: does this strategy improve patient-to-patient uniformity of hepatic enhancement during multi-detector row CT[J]. *Radiology*, 2007, 243 (2): 431-437.
- [16] Yanaga Y, Awai K, Nakaura T, et al. Effect of contrast injection protocols with dose adjusted to the estimated lean patient body weight on aortic enhancement at CT angiography[J]. *AJR American journal of roentgenology*, 2009, 192 (4): 1071-1078.

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2017-05-22