

• CT 低剂量影像学专题 •

冠脉 CT 检查个体化对比剂注射方案的优化研究

姜原, 刘建新, 王霄英, 邱建星

【摘要】 目的:探讨 64 排螺旋 CT 冠状动脉成像个体化的对比剂使用方案的优化方法。**方法:**将在我院接受 64 排 CT 冠状动脉检查的连续病例分为 3 组, A 组 56 例, B 组 32 例, C 组 32 例。其体重-对比剂流率系数依次为 0.06、0.07 及 0.08, 其余的扫描方案及对比剂注射方案相同。使用方差分析比较各组对比剂用量及 CTA 图像上冠状动脉各分支的强化程度。**结果:**三组的体重指数(BMI)差异无统计学意义($P>0.05$);三组的对比剂注射流率及对比剂用量比较, A 组明显低于 B 组和 C 组, 且差异有统计学意义($P<0.05$), B 组与 C 组间差异无统计学意义($P>0.05$)。三组患者中, 各段冠状动脉的强化程度均 >250 HU, 其中 B、C 组均 >300 HU。三组各段冠状动脉的强化程度均为 A 组低于 B 组和 C 组, 且差异有统计学意义($P<0.01$);除 RCA 近段外, 其余各段 B 组与 C 组间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**64 排 CT 冠状动脉成像时体重-注射流率系数取 0.07 来确定对比剂注射流率和使用总量的个体化方案图像质量最佳, 且对比剂用量较少。

【关键词】 冠状动脉; 血管成像; 体层摄影术, X 线计算机; 对比剂

【中图分类号】 R814.42; R543.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)03-0303-04

Individually optimized contrast material injection protocol for 64-detector row computed tomography coronary angiography

JIANG Yuan, LIU Jian-xin, WANG Xiao-ying, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, P. R. China

【Abstracts】 Objective: The aim of this study was to determine if the injection rate and volume of contrast material in 64-detector row CT coronary angiography could be individually optimized based on the weight of patients. **Methods:** Patients undergoing 64-detector row CT coronary angiography in April 2011 were divided into three groups (Group A $n=56$, Group B $n=32$, Group C $n=32$). The weight-rate indices of the three groups were group A 0.06, group B 0.07 and group C 0.08. The injection rate (IR) and injection volume (IV) of contrast material were set based on the formula. For each group, IR, IV and enhancement of different segments of coronary artery were measured and statistically analyzed by one-way ANOVA. **Results:** The BMI of three groups were not statistically different ($P>0.05$). The average IR and IV of group A were significantly lower than those of group B and group C ($P<0.05$). Group B and group C were not statistically different ($P>0.05$). But the average IV of each group was lower than conventional dosage. The average CT values of the coronary segments in three groups were higher than 250HU and they were higher than 300HU in group B and group C. The enhancement of the coronary segments in group B and group C was significantly higher than that in group A ($P<0.01$). But it was not statistically different between group B and group C ($P>0.05$) unless proximal segment of the right coronary artery. **Conclusion:** The injection rate and injection volume of contrast material in 64-detector row CT coronary angiography can be personalized based on the weight-rate index of 0.07 with acceptable image quality.

【Key words】 Coronary artery; Angiography; Tomography, X-ray computed; Contrast medium

冠状动脉 CT 成像技术近年来得到迅速发展, 成为诊断冠状动脉疾病较为可靠的检查手段之一。它可以清楚地显示冠状动脉的结构, 为判断管腔狭窄程度、管壁斑块性质及支架术后复查等方面提供帮助^[1-2]。而对比剂的使用对诊断准确性起着至关重要的作用: 一方面, 强化较差的冠状动脉不能较好地与周围组织进行区别则影响判断; 另一方面, 若血管内对比剂显影过强对周围组织可产生硬化伪影, 从而影响对管壁软斑块的诊断^[3]。目前, 国内外应用的多是非离子型对

比剂, 安全性较高, 但碘对比剂对于肾细胞具有一定的毒性作用, 甚至引起对比剂肾病^[4-5]。本研究通过验证基于患者体重及体重-流率系数来设定对比剂用量及注射流率的新方法的有效性, 旨在探索在保证图像质量的前提下尽量减少对比剂使用量的优化方法。

材料与方法

入组病例为 2011 年 4 月内在我院接受 64 排螺旋 CT 冠状动脉检查的连续患者, 排除心脏支架植入术后、心脏搭桥术后复查、心功能不全(即左室射血分数 $<50\%$ 或临床提示心功能不全者)以及患者自身情况不能耐受计算出的注射流率者。检查前所有患者心率

作者单位: 100034 北京, 北京大学第一医院医学影像科

作者简介: 姜原(1987—), 女, 辽宁辽阳人, 硕士研究生, 主要从事 CT 血管方面研究。

通讯作者: 邱建星, E-mail: qjx2000@hotmail.com

将控制在 70 次/分以下,必要时口服倍他洛克 25~50 mg 以降低心率。实验共分为 3 组,每组拟入组至少 30 例患者。

所有患者均使用 GE LightSpeed VCT XT 螺旋 CT 机。扫描范围自气管隆突下 1 cm 至左侧心膈角下 1 cm。扫描参数:回顾性心电门控,0.3 s/r,120 kVp,管电流为设备自动选择($<700\text{ mA}$), $64\text{ i}\times 0.625\text{ mm}$,视野直径 25 cm。常规先进行钙化积分分析,再行冠脉 CTA 检查,采用对比剂自动跟踪技术,于升主动脉设定监测兴趣区,触发阈值为 50 HU。

冠脉 CTA 常规对比剂注射流率为 $5\text{ ml/s}^{[6]}$,其与患者平均体重(本组中约 70 kg)的比值即体重-流率系数为 0.07,再增加和减少一个数量级即得到体重-流率系数 0.06 和 0.08,再根据特定的公式计算对比剂注射流率及对比剂用量,对比使用这 3 种体重-流率系数时冠状动脉显影效果。

所有患者均采用同一种对比剂(Ultravist370),经右手背静脉使用高压器注射。A、B、C 三组设定体重-对比剂注射流率系数分别为 0.06、0.07 及 0.08,每例患者根据其体重计算对比剂注射流率(R):

$$\text{注射流率}=\text{体重}-\text{流率系数}\times\text{体重}\tag{1}$$

考虑到血管承受压力及患者耐受情况,设定 6 ml/s 为注射流率上限,即计算出的流率超过 6 ml/s 时按 6 ml/s 注射。对比剂用量(V)计算公式为:

$$V=R\times(t+t')\tag{2}$$

其中 t 为扫描时间,t'为 CT 机的扫描延迟时间,本机为 3 s。对比剂注射完毕后采用相同注射流率追加注射 0.9%生理盐水 5 s。记录所有患者对比剂流率、对比剂用量及盐水用量。

图像后处理包括对冠脉各分支血管进行容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、曲面重组(CPR)等处理。图像质量分析由两位有经验的医师采用盲法测量各段目标血管腔内的 CT 值,并取两者的测量的平均值。所测量的血管为冠状动脉窦、左前降支近段(proximal segment of left anterior descending of coronary artery, LAD-p)、左回旋支近段(proximal segment of left circumflex coronary artery, LCX-p)、右冠状动脉近段(proximal segment of right coronary artery, RCA-p)及右冠状动脉远段(distal segment of right coronary artery, RCA-d)(或后降支 posterior descending coronary artery, PDA)。冠状动脉窦兴趣区大小为 50 mm^2 ,并记录其标准差(SD)作为图像噪声,其他分支均尽量选取较大兴趣区同时避开钙化、软斑块等区域以保证所测量 CT 值的准确性。

所有数据均使用 SPSS 13.0 统计学软件进行统计学处理。分别统计患者各项临床资料、对比剂注射参

数及冠状动脉各分支强化程度,使用 Kruskal-Wallis 法比较三组性别差异,并使用单因素方差分析法对 3 组间其他各项指标进行统计学分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 临床资料

最终 3 组有效病例 56、32 及 32 例。三组的性别构成:A 组男 31 例、女 25 例,B 组男 15 例、女 17 例,C 组男 16 例、女 16 例,三组的性别差异无统计学意义($P=0.730$)。三组的年龄、身高、体重、身高体重指数(BMI)及心率值见表 1。A 组与 C 组的身高及体重差异有统计学意义,其他指标差异均无统计学意义。

表 1 三组的临床资料

指标	平均值			F 值	P 值		
	A	B	C		A 与 B	A 与 C	B 与 C
年龄(岁)	60.1	60.3	63.2	0.821	0.946	0.226	0.311
身高(cm)	166.9	166.2	162.9	2.819	0.677	0.022	0.093
体重(kg)	72.7	70.1	65.2	4.414	0.310	0.004	0.086
BMI(kg/m ²)	25.9	25.4	24.6	1.766	0.424	0.063	0.34
心率(bpm)	60.3	61.9	60.3	0.697	0.270	0.980	0.339

注:bpm 为次/分。

2. 对比剂使用方案

三组的对比剂注射流率、对比剂用量及统计分析结果见表 2。A 组的注射流率及对比剂用量高于 B 组和 C 组,差异有统计学意义($P<0.05$),而 B 组与 C 组间差异无统计学意义($P>0.05$)。A 组与 B 组扫描时间的差异有统计学意义。

表 2 三组对比剂使用方案比较

指标	平均值			F 值	P 值		
	A	B	C		A 与 B	A 与 C	B 与 C
注射流率(ml/s)	4.4	4.9	5.2	13.774	0.002	0.000	0.090
扫描时间(s)	5.7	5.4	5.6	2.051	0.047	0.655	0.171
用量(mL)	37.6	41.4	44.7	11.358	0.024	0.000	0.099

3. 冠脉图像质量评价

三组各冠状动脉分支的 CT 值及统计分析结果见表 3、4。

表 3 三组冠脉强化程度平均值 (HU)

部位	A 组	B 组	C 组
冠状动脉窦	351.16±49.86	407.66±63.98	429.10±58.18
LAD 近段	347.86±59.49	395.78±63.97	421.30±60.18
LCX 近段	337.73±58.75	388.09±67.50	406.68±57.15
RCA 近段	341.91±61.85	393.60±69.87	427.94±71.53
RCA 远段或 PDA	287.67±61.77	359.92±69.37	386.23±75.36

表 4 A、B、C 三组冠脉强化程度的统计学分析结果

部位	F 值	P 值		
		A 与 B	A 与 C	B 与 C
冠状动脉窦	22.581	0.000	0.000	0.129
LAD 近段	16.236	0.001	0.000	0.096
LCX 近段	15.132	0.000	0.000	0.224
RCA 近段	18.042	0.001	0.000	0.042
RCA 远段或 PDA	24.892	0.000	0.000	0.128

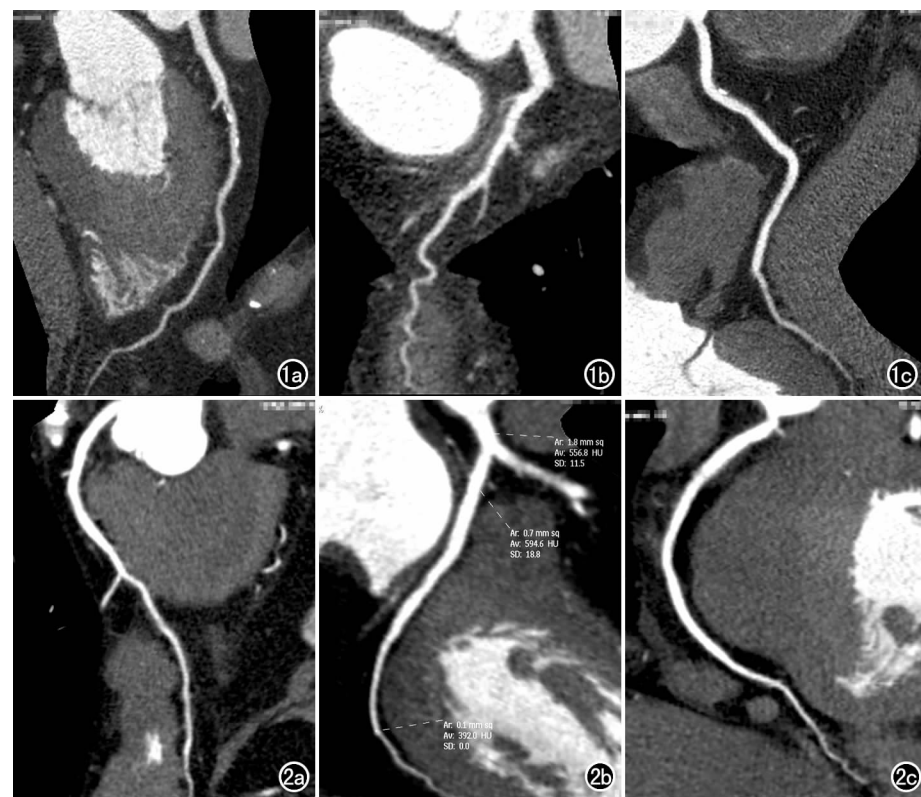


图 1 A 组注射方案 CTA 图像,注射流率 4.5ml/s,对比剂总量 38mL。a) 左前降支曲面重组图像; b) 左回旋支(箭)LCX 曲面重组图像; c) 右冠状动脉曲面重组图像。

图 2 B 组注射方案 CTA 图像,注射流率 5.0ml/s,对比剂总量 42mL。a) 左前降支曲面重组图像; b) 左回旋支曲面重组图像; c) 右冠状动脉 RCA 曲面重组图像。

A 组 RCA-d(或 PDA)强化程度均值小于 300 HU (287.67 HU, 95%可信区间为 271.12~304.21 HU), 但大于 250 HU; 其余各冠状动脉分支的强化程度均值高于 300 HU(图 1~3)。

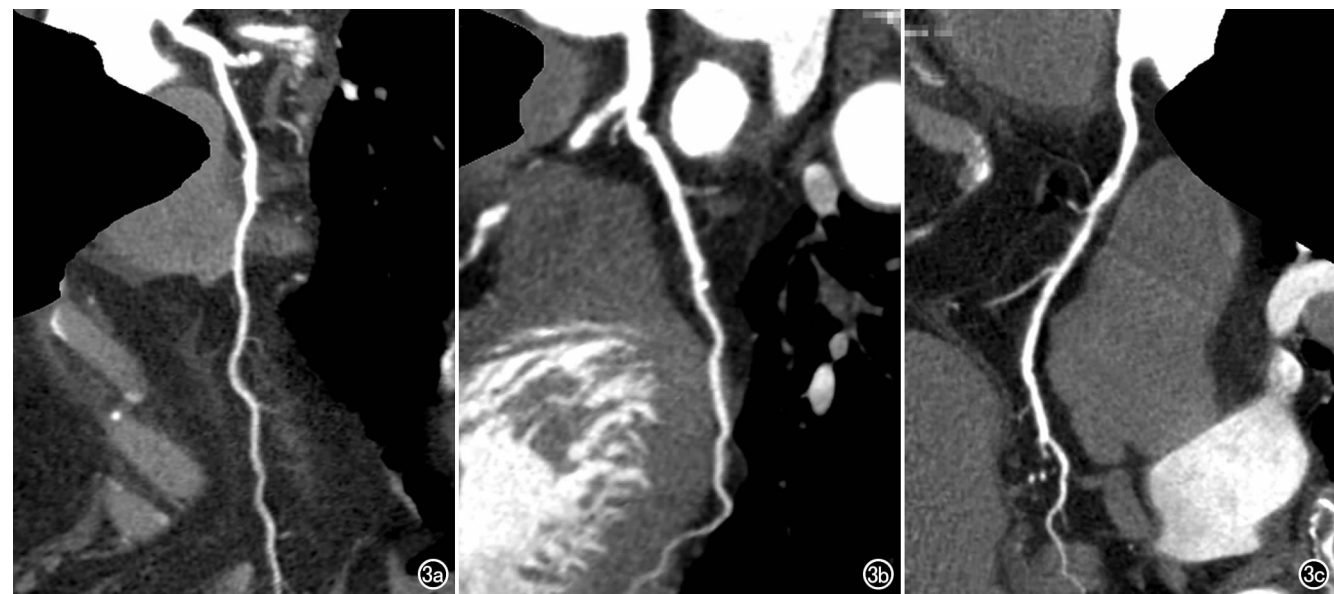


图 3 C 组注射方案 CTA 图像,注射流率 5.2ml/s,对比剂总量 46mL。a) 左前降支曲面重组图像; b) 左回旋支曲面重组图像; c) 右冠状动脉曲面重组图像。

三组病例中,各段冠状动脉分支的强化程度均表现为 B 组与 C 组明显优于 A 组, C 组 RCA-p 强化程度优于 B 组(图 1~3), 且差异均有统计学意义; 其余 B 组及 C 组间差异无统计学意义。

三组图像的噪声测量值分别为 (21.67 ± 9.94) 、 (24.49 ± 7.18) 和 (23.11 ± 8.82) HU, 三组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

讨 论

冠脉 CTA 以其能非侵袭性地显示冠状动脉结构的优势, 目前已成为冠心病的常用检查手段^[1-2]。但规范化的检查流程, 尤其是合适的对比剂使用方案仍是需要积极研究的。有研究表明^[5,7], 非离子型碘剂可引起肾管形细胞的凋亡和坏死, 而且等渗性或低渗性对比剂均会引起与剂量相关的不同程度的肾细胞凋亡。由于这种肾毒性机制尚未能阐明, 因此对比剂用量及使用时间均应尽量减少。基于这种要求,

笔者尝试研究个体化设计对比剂使用方案, 验证应用此对比剂使用方案得到的图像是否达到诊断要求。

在病例入组中, 心脏搭桥术后的患者由于不能严格控制扫描范围而不能入组。而冠状动脉支架术后患

者,管腔内的显影要求较高,对比剂的用量要比常规用量更多以显示管腔内通畅或再狭窄程度,因而也作为排除标准。部分患者年纪较大,血管耐受程度有限,为保证患者自身利益及检查成功率,若计算出的注射流率患者可能不能耐受,则将其排除。关于图像质量并无统一的要求。有作者认为,冠状动脉增强后 CT 值大于 250~300 HU 即已达到诊断要求^[8],因而本实验中未设对照组,只将这一标准作为金标准来评价图像是否达到诊断要求。本实验中,A 组除了 RCA-d 的平均 CT 值低于 300 HU,其他各支均大于 300 HU;而 B 组和 C 组的冠状动脉各分支的平均 CT 值均在 300 HU 以上,所以 B 组与 C 组的图像质量更好。三组的平均注射流率均属于人体耐受范围,但由于 C 组设定的体重-流率系数较大,在入组时,体重较重者尤其是年纪较大的患者,因第 4 条排除标准不能入组,可能导致了 A 组与 C 组之间身高及体重的差异,但两组 BMI 差异无统计学意义,C 组仍有待进一步验证可行性。A 组与 B 组扫描时间的差异,考虑可能由于不同操作人员对扫描范围的把握尺度不同所导致,其原因有待进一步研究。关于对比剂用量,虽然 A 组的对比剂用量更少,但不论哪一组,对比剂的用量均较以往 70 ml^[6]有明显减少(A 组 37.6 ml,B 组 41.4 ml,C 组 44.7 ml)。因而本研究认为在对比剂用量较常规明显减少的情况下,B 组获得的冠状动脉图像更佳。所以得出这样的结论:按照体重-流率系数=0.07 对 64 排螺旋 CT 冠状动脉成像对比剂注射流率和对比剂用量进行个体化设定是能够满足诊断需求的,同时这种方法使用的对比剂总量较以往明显减低。

本研究有明显的局限性:①由于本实验为前瞻性初步研究,在病例入组时未进行随机分组,对结果可能存在影响;②实验中仅以体重和扫描时间为变量决定对比剂优化方案,如果根据 BMI 分组后再设定不同体重-注射流率系数可能会得到不同结果;③个体化扫描,对操作者有较高的要求,推广有一定难度。所以,本方案应用于临床仍需要进一步的扩大样本量去实践和验证。

参考文献:

- [1] 郭小超,刘建新,邱建星,等. 冠状动脉 64 排螺旋 CT 成像中前瞻性与回顾性心电门控比较[J]. 中国医学影像技术,2009,25(11):2004-2008.
- [2] 蒋学祥,邱建星,刘剑,等. 64 层螺旋 CT 评估冠状动脉狭窄的准确性——与传统冠状动脉造影对照研究[J]. 中国医学影像技术,2006,22(10):1472-1476.
- [3] Becker CR, Hong C, Knez A, et al. Optimal contrast application for cardiac 4-detector-row computed tomography [J]. Invest Radiol, 2003, 38(11):690-694.
- [4] 王霄英,薛华丹. 泌尿生殖系统影像学 2011 年度进展报告[J]. 中国继续医学教育,2011,3(8):75-85.
- [5] Zhao Y, Tao Z, Xu Z, et al. Toxic effects of a high dose of non-ionic iodinated contrast media on renal glomerular and aortic endothelial cells in aged rats in vivo[J]. Toxicol Lett, 2011, 202(3):253-260.
- [6] 邱建星,王继琛,刘剑,等. 64 层 CT 冠状动脉成像对比剂注射剂量的优化研究[J]. 中国医学影像技术,2006,22(10):1464-1467.
- [7] Giulia R, Carlo B, Cristina Q, et al. Contrast agents and renal cell apoptosis[J]. European Heart J, 2008, 29(20):2569-2576.
- [8] Schoepf UJ. CT of the heart: principles and applications[M]. New York: Humana Press, 2005:377-380.

(收稿日期:2013-01-23 修回日期:2013-02-21)