

64层螺旋 CT冠状动脉支架成像效果的影响因素

余波¹, 周逸¹, 陈曼华¹, 谢元亮²

(华中科技大学同济医学院附属武汉中心医院 1. 心内科, 2 影像科, 湖北省武汉市 430014)

[关键词] 冠状动脉; 支架; 体层摄影术; 螺旋计算机

[摘要] 目的 探讨 64层螺旋 CT冠状动脉支架成像效果的影响因素。方法 选取冠状动脉药物涂层金属支架植入术后行 64层螺旋 CT检查的病例 116例, 对支架部位图像质量采取半定量评价, 分析支架直径、支架长度、支架材质、支架个数和钙化情况对支架部位 CT图像质量的影响。结果 64层螺旋 CT检出有意义支架内再狭窄的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 85.7%、90.2%、60.0%、97.4%。直径 ≥ 2.75 mm 以上支架的 CT图像质量优于直径 ≤ 2.75 mm 及以下的支架 ($P < 0.001$), 非钙化病变的支架术后 CT图像质量优于钙化病变 ($P < 0.05$)。支架长度、支架材质和是否多支架对支架部位 CT图像质量无影响。结论 64层螺旋 CT能胜任冠状动脉支架术后复查。直径 ≥ 2.75 mm 以上支架和非钙化病变的支架病例更适合用 64层螺旋 CT进行复查。

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Influential Factors of Coronary Stent Image Quality of 64-Slice Spiral Computed Tomography

YU Bo¹, ZHOU Yi¹, CHEN Man-Hua¹, and XIE Yuan-Liang²

(1. Department of Cardiology, 2. Department of Imaging, the Central Hospital of Wuhan, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430014, China)

[KEY WORDS] Coronary Stent Tomography Spiral Computed

[ABSTRACT] **Aim** To analyze factors that affected the coronary stent image quality of 64-slice spiral computed tomography. **Methods** 116 patients who received 64-slice spiral computed tomography after coronary drug-eluting metal stent implantation from 2007 to 2010 were selected. Those stents image were assessed by semi-quantitative method. Whether stent diameter, stent length, stent material, stent number and calcification status affected the stent image quality were analyzed. **Results** The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value of 64-slice spiral computed tomography to detect significant in-stent restenosis were 85.7%, 90.2%, 60.0%, 97.4%, respectively. Image quality of stents with diameters of ≥ 2.75 mm was better than stents with diameter of < 2.75 mm ($P < 0.001$). Image quality of stents which located on noncalcified plaque were better than stents which located on calcified plaque ($P < 0.05$). Stent length, stent material, stent number did not affect the stent image quality of computed tomography.

Conclusion 64-slice spiral computed tomography had ability to assess the coronary stent after implantation. 64-slice spiral computed tomography was more suitable for assessing stents with diameters of ≥ 2.75 mm and stents which located on non-calcified plaque.

随着多层螺旋 CT (multislice spiral computed tomography, MSCT) 成像技术不断进步, MSCT 已成为冠状动脉支架植入术前评估和术后复查的有效检查手段^[1,2]。由于受到金属伪影及钙化伪影的影响, MSCT 对冠状动脉支架植入术后评估的效果尚不理想。本文选取冠状动脉支架植入术后行 MSCT 检查的病例, 对支架部位的影像质量进行评分, 分析 MSCT 成像效果的影响因素。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取我院 2007 年至 2010 年行 MSCT 检查的冠状动脉支架术后病例, 共 116 例, 其中男 73 例, 女 43 例, 年龄 65.1 ± 8.3 岁, 支架植入和 MSCT 检查的间隔时间为 4~40 个月, 平均 15.9 ± 8.7 月。排除非支架部位 MSCT 冠状动脉成像效果差的病例及分支支架和植入金属裸支架的病例。

1.2 支架材质及规格

116 例冠心病患者共植入雷帕霉素药物涂层金属支架 173 枚, 平均每例 1.49 枚支架。不锈钢支架有 Partner 支架 (乐普公司)、Firebird 支架 (第一代, 微创公司)、Cypher select 支架 (Cordis 公司)。钴合

[收稿日期] 2010-08-29 [修回日期] 2010-10-15

[作者简介] 余波, 医师, 研究方向为冠心病临床诊疗, E-mail: yb1205@163.com。周逸, 硕士, 主治医师, 研究方向为冠状动脉疾病发病机制及介入治疗。通讯作者陈曼华, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向为心血管疾病发病机制及介入治疗。

金支架有 Firebird 2 支架(微创公司)、Endeavor 支架(美敦力公司)。不锈钢支架 109 枚, 钴合金支架 64 枚。支架直径有 2.25 mm 至 4.0 mm 不同规格, 将直径小于或等于 2.75 mm 的划分为小直径支架, 将直径大于 2.75 mm 的划分为大直径支架^[3]。支架长度有 12 mm 至 36 mm 不同规格, 将长度小于或等于 21 mm 的划分为短支架; 将长度大于 21 mm 的划分为长支架。

1.3 64层螺旋 CT扫描技术

采用 TOSHIBA Aquilion 64 层螺旋 CT 扫描机。对心率高于 75 次/min 的受检者扫描前给予倍他乐克 25~100 mg 口服以控制心率。使用回顾性心电门控螺旋扫描, 应用 Nemoto 双筒高压注射器经右侧肘静脉以 5.0 mL/s 流率注射碘海醇 (350 g/L) 50~60 mL, 注射完后以相同流率注射生理盐水 40 mL。使用 Surestart 智能触发(触发阈值为 170~190 Hu 兴趣区置于主动脉根部)进行吸气后屏气扫描。扫描范围从气管分叉部到肝脏上缘。扫描参数: 探测器 0.5×64 排, Pitch 值 1.2, 有效层厚 0.3 mm, 管电压 135 kV, 管电流 350~440 mA, 扫描时间 6.5~8.0 s, 采集矩阵 512×512。

1.4 64层螺旋 CT图像后处理

64 层螺旋 CT 冠状动脉成像扫描完成后进行回顾性重组, 主要以 75% R-R 时相进行重组, 部分右冠状动脉选择 38% R-R 时相, 若图像质量仍不满意, 再采用个体化的 R-R 时相进行图像重组。然后在 Vitrea 2 工作站将图像进行后处理, 主要方法有容积重组 (VR)、多平面重组 (MPR)、曲面重组 (CPR)、最大密度投影 (MIP) 和血管探针技术 (VP)。

1.5 冠状动脉支架部位斑块钙化分析

选取在冠状动脉支架术前已进行 MSCT 检查的病例, 回顾性分析支架术前 MSCT 影像, 依据是否钙化将靶部位斑块分为钙化病变和非钙化病变。

1.6 64层螺旋 CT图像质量评分

为避免不同阅片人评分的差异, 本研究的 MSCT 图像质量评分全部由一位医生完成。参照 Das 评分^[4], 对支架部位图像质量进行半定量分析。1分: 无伪影, 支架及支架内管腔清晰显示; 2分: 支架边缘欠清晰, 少量伪影对支架内管腔观察有轻度影响; 3分: 支架影模糊, 伪影对支架内管腔观察有影响; 4分: 支架影模糊, 严重伪影导致不能判断支架内管腔情况。

1.7 支架内再狭窄定义

在 Vitrea 2 工作站使用 VP 软件分析 MSCT 图

像, 取支架长轴剖面评价支架内的狭窄程度。狭窄程度 = (狭窄段近心端正常血管直径 - 狭窄处直径) / 狭窄段近心端正常血管直径 × 100%。支架内再狭窄 (in-stent restenosis, ISR) 指支架内管腔直径狭窄大于 50%, MSCT 及 CAG 均以该标准判断有意义的 ISR。

1.8 统计学分析

数据处理采用 SPSS11.5 分析软件, 资料采用非参数检验 (Mann-Whitney U)。

2 结果

2.1 64层螺旋 CT 检出有意义支架内再狭窄的正确率

本研究中有 29 例患者在 MSCT 之后进行了冠状动脉造影术 (coronary angiography, CAG), 共 48 处支架纳入对照分析。经 CAG 确定有 7 处 ISR, 其余 41 处无 ISR, MSCT 误诊 4 处, 漏诊 1 处。MSCT 检出有意义 ISR 的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 85.7%、90.2%、60.0% 和 97.4%, 正确率达 89.6%。

2.2 支架规格对支架部位多层螺旋 CT 图像质量的影响

大直径支架的图像质量评分优于小直径支架 ($P < 0.001$; 表 1)。长支架和短支架的 MSCT 图像质量评分相似 ($P > 0.05$; 表 2)。

表 1 大直径支架和小直径支架 MSCT 图像质量评分 (枚)

评分	大直径支架 (n = 97)	小直径支架 (n = 76)
1分	49	16
2分	24	28
3分	19	16
4分	5	16

表 2 长支架和短支架的 MSCT 图像质量评分情况 (枚)

评分	长支架 (n = 109)	短支架 (n = 64)
1分	43	22
2分	30	22
3分	21	14
4分	15	6

2.3 支架材质对支架部位 MSCT 图像质量的影响

不锈钢支架和钴合金支架 MSCT 图像质量评分相似 ($P > 0.05$; 表 3)。选出两种材质中小直径支架进一步分析, 小直径不锈钢支架和小直径钴合金支架 MSCT 图像质量评分未见差异 ($P > 0.05$; 表 4)。

表 3 不锈钢支架与钴合金支架 MSCT 图像质量评分 (枚)

评分	不锈钢支架 (n = 109)	钴合金支架 (n = 64)
1分	36	29
2分	31	21
3分	25	10
4分	17	4

表 4 小直径不锈钢支架与小直径钴合金支架 MSCT 图像质量评分 (枚)

评分	不锈钢支架 (n = 50)	钴合金支架 (n = 26)
1分	11	5
2分	17	11
3分	9	7
4分	13	3

2.4 支架个数对支架部位 MSCT 图像质量的影响

单支架植入有 71 例, 多支架植入有 45 例, 累计 102 处支架部位。多支架与单支架的图像质量评分相似 ($P > 0.05$, 表 5)。

表 5 单支架和多支架的 MSCT 图像质量评分比较

评分	单支架 (n = 79)	多支架 (n = 94)
1分	33	32
2分	24	28
3分	13	22
4分	9	12

2.5 钙化对支架部位 MSCT 图像质量的影响

选取冠状动脉支架术前行 MSCT 检查的 53 例患者, 共 84 处支架, 非钙化病变 37 处, 钙化病变 47 处。钙化病变冠状动脉支架术前、术后 MSCT 及 CAG 对照分析 (图 1) 显示钙化灶影响支架后再狭窄的判断。非钙化病变冠状动脉支架术前、术后 MSCT 对照分析 (图 2) 显示非钙化性病变对支架后再狭窄判断无明显影响。对两类病变的术后 MSCT 图像质量评分进行比较, 发现非钙化病变的图像质量优于钙化病变 ($P < 0.05$, 表 6)。

表 6 钙化病变和非钙化病变 MSCT 图像质量评分比较 (枚)

评分	钙化病变 (n = 47)	非钙化病变 (n = 37)
1分	11	21
2分	16	10
3分	12	4
4分	8	2

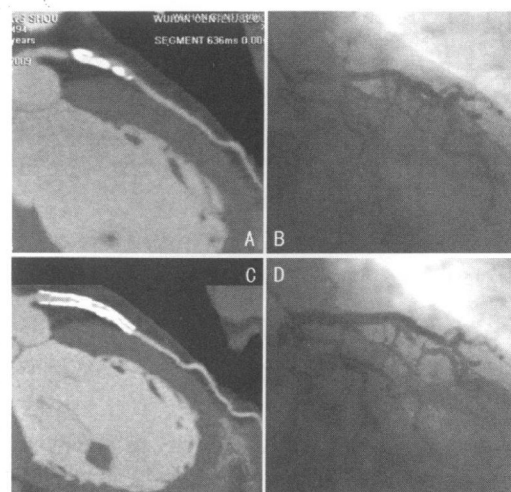


图 1 钙化病变的支架术前、术后 64 层螺旋 CT 和冠状动脉造影图像

A 为冠状动脉支架术前 64 层螺旋 CT 重建的最大密度投影图像, 显示位于前降支近段累及左主干的钙化病变; B 为冠状动脉造影图, 显示病变部位管腔呈高度狭窄; C 为冠状动脉支架术后 64 层螺旋 CT 重建的最大密度投影图像, 显示支架内再狭窄, 经血管探针软件分析狭窄程度大于 50%; D 为随后的冠状动脉造影术经多体位投照证实支架内并无再狭窄。

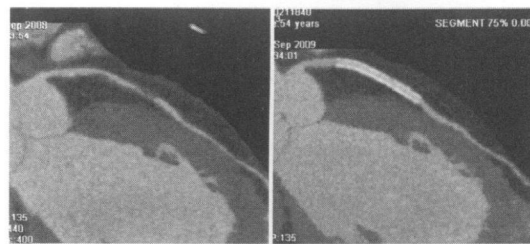


图 2 非钙化病变的支架术前、术后 64 层螺旋 CT 图像

左为冠状动脉支架术前 64 层螺旋 CT 重建的最大密度投影图像, 显示位于前降支近段的非钙化病变; 右为冠状动脉支架术后 64 层螺旋 CT 重建的最大密度投影图像, 显示支架内无再狭窄。

3 讨论

传统的 CAG 是判断 ISR 的“金标准”。目前广泛应用的药物涂层技术降低了 ISR, 因此无症状的冠状动脉支架术后病例不常规进行有创的 CAG 检查。随着 MSCT 性能的提高, MSCT 已具备判断支架及支架内管腔的能力^[2]。相比有创的 CAG, 无创的 MSCT 更易被患者接受。

Das 等^[4]报道 MSCT 能有效检出 ISR, 以传统的 CAG 为参照, MSCT 的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 96.9%、88.0%、77.3% 和 98.5%, 正确率达 91%。本研究结果与 Das 的报道相似, 阴性预测值达 97.4%, 仅漏诊 1 处。

受空间分辨率的限制和支架金属伪影的干扰, MSCT 图像质量与支架直径密切相关。Gilard 等^[5]报道 16 层螺旋 CT 仅能评估直径 3.0 mm 以上的冠

状动脉支架。随着空间和时间分辨率的提高, 64层螺旋 CT评估支架的能力较 16层螺旋 CT有了很大进步^[6]。虽然 64层螺旋 CT对直径 3.0 mm 以下的冠状动脉支架也能有效分析, 但支架直径仍然是图像质量的制约因素^[7]。Chung等^[3]应用 64层螺旋 CT进行冠状动脉支架术后复查, 以直径 2.75 mm 划分大直径支架和小直径支架, 结果大直径支架的 MSCT 影像效果明显优于小直径支架。本研究显示大直径支架的平均图像评分为 1.79 ± 0.94 小直径支架的平均图像评分为 2.42 ± 1.05 小直径支架 MSCT 成像效果较差 ($P < 0.001$)。为达到病变部位的全覆盖, 长冠状动脉支架的应用越来越普遍。目前冠状动脉支架的长度是否影响 MSCT 的成像效果尚无相关研究, 本研究显示长支架和短支架的图像质量无明显差异, 说明支架长度不影响 MSCT 成像效果。

支架金属具有 X 线可视特性, 在 X 线下准确判断支架位置, 但在 MSCT 成像时会形成金属伪影。Maintz等^[8]应用双源 CT 对不同材质金属支架进行扫描, 支架直径统一为 3 mm, 为避免其他因素干扰, 支架在体外进行 MSCT 扫描, 该研究显示支架金属伪影干扰 MSCT 判断支架内管腔的情况, 伪影最小的镁支架能达到支架内管腔 90% 可视, 而不锈钢和钴合金只能达到支架内管腔 50% ~ 59% 可视。就材质而言, 钴合金的 X 线可视性高于不锈钢, 其金属伪影较不锈钢会更明显, 因此在 MSCT 成像时图像质量应该较差。本研究显示不锈钢支架的平均图像评分为 2.21 ± 1.07 , 钴合金支架的平均图像评分为 1.83 ± 0.92 两者相似。即使是选择两种材质中的小直径支架进行亚组比较, 也未见明显差异。钴合金和不锈钢两种材质的 X 线可视性不同, 但两种支架的 MSCT 图像评分未见差异, 原因可能在于支架壁厚不同。钴合金的力学性能优于不锈钢, 因此钴合金支架可以设计得更薄, 而且能保持良好的径向支撑力^[9]。降低支架壁厚度有利于提高支架的柔顺性和减少支架内再狭窄^[10]。本研究中不锈钢材质的 Partner 支架、Firebird 支架 (第一代)、Cypher select 支架的壁厚分别为 0.0045 英寸、0.0040 英寸、0.0055 英寸, 钴合金材质的 Firebird 2 支架、Endeavor 支架的壁厚分别为 0.0034 英寸、0.0036 英寸。钴合金支架的壁厚普遍低于不锈钢支架, 使两种支架最终的 X 线可视性相近, 因此 MSCT 图像质量也相似。

MSCT 对钙化的敏感度极高, 钙化伪影是 MSCT 成像的重要干扰因素之一。本研究选取冠状动脉支架术前已行 MSCT 检查的 53 个病例, 按靶部位斑块是否钙化进行分组, 有钙化病变的 MSCT 图像质量差于非钙化病变, 说明钙化伪影明显降低了 MSCT 的图像质量。Leber等^[11]报道 MSCT 有能力评价冠状动脉斑块体积, 但与冠状动脉血管内超声比较, MSCT 易高估钙化斑块的体积。支架植入术后靶部位斑块的钙化灶虽然在支架管腔外, 但钙化伪影仍会干扰 MSCT 对管腔内的判断, 使 MSCT 过高的估计 ISR。当显著的钙化伪影使 MSCT 无法判断管腔内情况时, 只能借助支架远端冠状动脉充盈情况来间接提示支架内是否通畅。

MSCT 冠状动脉成像是冠状动脉支架术后复查的有效方法, 本研究的结果表明支架直径和支架部位钙化情况影响 MSCT 的成像质量, 大直径支架和非钙化病灶的冠状动脉支架适于 MSCT 冠状动脉成像复查。

[参考文献]

- [1] 周逸, 陈曼华, 王翔, 等. 不同类型冠状动脉斑块支架植入术的比较 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2010, 18 (4): 315-318
- [2] 王翔, 金朝林, 张正威, 等. 64层螺旋 CT对冠心病患者再血管化治疗后的疗效评价 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2007, 15 (5): 385-388
- [3] Chung SH, Kim YJ, Hur J, et al. Evaluation of coronary artery in-stent restenosis by 64-section computed tomography: factors affecting assessment and accurate diagnosis [J]. J Thorac Imaging, 2010, 25 (1): 57-63
- [4] Das KM, Elmeny AA, Salam AM, et al. Contrast-enhanced 64-section coronary multidetector CT angiography versus conventional coronary angiography for stent assessment [J]. Radiology, 2007, 245 (2): 424-432
- [5] Gilad M, Comily JC, Pennec PY, et al. Assessment of coronary artery stents by 16 slice computed tomography [J]. Heart, 2006, 92 (1): 58-61
- [6] Seifarth H, Ozgun M, Raupach R, et al. 64-versus 16 slice CT angiography for coronary artery stent assessment: in vitro experience [J]. Invest Radiol, 2006, 41 (1): 22-27
- [7] Cademartiri F, Schuijff JD, Pugliese F, et al. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis [J]. J Am Coll Cardiol, 2007, 49 (22): 2204-2210
- [8] Maintz D, Burg MC, Seifarth H, et al. Update on multidetector coronary CT angiography of coronary stents: in vitro evaluation of 29 different stent types with dual-source CT [J]. Eur Radiol, 2009, 19 (1): 42-49
- [9] Milewski K, Zurkowski A, Pajak J, et al. Comparison of thin-strut cobalt-chromium stents and stainless steel stents in a porcine model of neointimal hyperplasia [J]. Med Sci Monit, 2010, 16 (1): BR40-44
- [10] Pache J, Kastrati A, Mehilli J, et al. Intracoronary stenting and angiographic results: strut thickness effect on restenosis outcome (ISAR-STEREO-2) trial [J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 41 (8): 1283-288
- [11] 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

(此编辑 许雪梅)