

优化高心率时支架CT成像的体模实验研究

马 天, 李 芳, 周 艳, 许英浩, 贺 毅

A Phantom Experimental Study on Improving the Imaging Quality of Stent CT at a Fast Heart Rate

MA Tian, LI Fang, ZHOU Yan, XU Yinghao, and HE Yi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2024.021>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

宝石CT评价冠脉支架的临床应用价值

Applied Value of Gemstone Spectral CT Imagine on Coronary Stents

CT理论与应用研究. 2017, 26(6): 689–694

64层螺旋CT与DSA评估冠状动脉支架置入术后的通畅性对比

Comparison of 64–slice Spiral CT and DSA in Evaluation of Patency after Coronary Stenting

CT理论与应用研究. 2018, 27(5): 659–665

磨玻璃病灶影像检查技术应用对比的体模研究

Contrast Study on the Application of Imaging Techniques in Detection of Ground Glass Lesion Using Phantom

CT理论与应用研究. 2021, 30(4): 447–454

能谱CT单能量成像结合MAR技术降低金属植入物伪影的体模研究

Utility of Spectral CT Monochromatic Imaging with Metal Artifacts Reduction (MAR) for the Reduction of Metal Artifacts of Embolization Coil Implants

CT理论与应用研究. 2019, 28(5): 529–539

计算机辅助检测低剂量CT早期肺癌筛查可行性研究

Computer–aided Detection Low–dose CT for Early Lung Cancer Screening: A Feasibility Study

CT理论与应用研究. 2019, 28(1): 39–44

计算机辅助评价急性肺栓塞严重度的可靠性研究

Reliable Study on Computer–aided Evaluation of the Severity of Acute Pulmonary Embolism

CT理论与应用研究. 2020, 29(4): 456–464



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

马天, 李芳, 周艳, 等. 优化高心率时支架 CT 成像的体模实验研究[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(5): 594-600. DOI:10.15953/j.ctta.2024.021.

MA T, LI F, ZHOU Y, et al. A Phantom Experimental Study on Improving the Imaging Quality of Stent CT at a Fast Heart Rate[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(5): 594-600. DOI:10.15953/j.ctta.2024.021. (in Chinese).

优化高心率时支架 CT 成像的体模实验研究

马天, 李芳, 周艳, 许英浩, 贺毅[✉]

首都医科大学附属北京友谊医院放射科, 北京 100050

摘要: 目的: 本研究探讨不同成像参数对高心率时体模支架成像及支架内狭窄程度判读的影响, 在保证图像质量的前提下, 降低辐射剂量, 为今后临床工作中高心率患者的支架 CT 成像参数优化提供理论依据。方法: 本研究通过设置不同成像参数, 获得高心率时体模支架的多组 CT 图像; 共有 4 支不同内径的冠状动脉支架, 每枚支架内设置 4 种狭窄程度, 分批注入 2 种不同浓度碘对比剂; 利用佳能 320 CT 机分别采用 100kV 和 120kV 管电压扫描, 均以支架重建模式进行图像重建; 两位有 3 年以上冠脉 CT 诊断经验的放射科医生采用 5 分制评分法, 对支架可视化效果、图像质量、支架内狭窄的评估, 进行图像质量主观评分; 采用多元回归分析, 评估支架内径、支架内狭窄程度、管电压、碘对比剂浓度对图像质量主观评分的统计学影响。结果: 在所有参数组合中, 4 种内径支架的结构均可显示, 但支架腔内显示存在差异; 支架内径、支架内狭窄程度、碘对比剂浓度对图像质量主观评分影响显著, 随着支架内径的增加和支架内狭窄程度的减轻、碘对比剂浓度的减低, 评分上升, 支架内径对评分的影响最为强烈; 管电压对图像质量主观评分影响不显著。结论: 高心率条件下, 支架内径、支架内狭窄程度和碘对比剂浓度直接影响支架 CT 成像的图像质量, 而管电压对图像质量没有影响。本研究可为优化高心率人群的支架成像方案提供理论基础。

关键词: 计算机断层成像; 体模; 支架; 高心率

DOI:10.15953/j.ctta.2024.021 中图分类号: R 331 文献标识码: A

冠心病是一种全球范围内危及患者生命的重要疾病, 而支架植入术作为一种广泛应用的冠脉血运重建手术, 对患者的生存和生活质量具有重要影响^[1-2]。近年来, 我国支架植入术逐年增多, 支架植入术后患者的随访至关重要^[3]。

冠脉 CTA 以非侵入性、全面性、高分辨率及快速成像的优势, 清晰展示支架的位置、形态和血流情况, 成为医生评估支架植入情况的重要工具^[4-5]。然而, 在临床实践中, 患者的心率水平常常因各种原因而波动, 高心率条件下的支架成像问题一直是医学影像学面临的挑战之一^[6-8]。既往国内外研究一般是在最优心率 (60~75 次/min) 条件下, 探究支架内径、扫描技术、重建模式和后处理技术对冠脉支架 CT 成像的图像质量影响, 在高心率条件下不同参数对图像质量影响的研究仍相对有限^[9]。

本研究旨在深入探讨高心率条件下不同参数对体模支架成像的影响, 期望揭示在高心率状态下, 不同参数对支架成像质量的影响趋势, 为未来的临床实践提供更为可靠的成像指导。

1 材料与方法

1.1 支架的选取及体模制作

选取 4 枚不同直径的冠状动脉支架 (Somos Watershed XC 11122: 内径分别为 2.75、3、3.5 和 4 mm), 每枚支架内均含有阶梯状排布的透明光敏树脂材质斑块, 在 120kV 条件下的 CT 值为 85~122 HU; 每一梯度斑块造成的狭窄程度分别为 0%、25%、50% 和 70%。

将 4 枚支架置入模拟冠状动脉, 分批注入 2 种不同浓度碘对比剂 (在 120kV 条件下的 CT 值: A

收稿日期: 2024-01-29。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (基于时序分析神经网络解析室壁形变评估心肌缺血的智能辅助诊断方法研究 (82272068))。

组 360 HU, B 组 420 HU), 模拟冠状动脉两端密封, 等间距对称置于体模表面, 所有支架均与扫描仪 z 轴同向。体模内填充植物油模拟心外膜脂肪组织。

1.2 CT 扫描

对体模使用佳能 320 CT 机, 采用前瞻式轴位模式扫描, 采取虚拟 ECG 信号模拟心率 90 次/min, 分别选取管电压 100 kV 和 120 kV 对 4 枚含碘对比剂支架在 A 组、B 组碘对比剂浓度下进行扫描, 转速 0.275 s, 层厚 0.25 mm, SD 值 25, 自动选取最佳舒张期成像, 并以支架重建模式进行重建。

1.3 图像分析

图像质量主观评价由两位 3 年以上冠脉 CTA 诊断经验的放射科医生完成, 评价结果不一致时共同阅片, 最终达成一致意见。评价时, 所有图像的参数信息均被隐藏。

图像质量主观评分基于支架结构和支架管腔内部的观察, 采用 5 分制: 1 分, 图像质量非常差, 支架结构模糊不清, 无法观察到管腔内部情况; 2 分, 图像质量差, 支架结构可见, 无法观察到管腔内部情况; 3 分, 图像质量中等, 支架结构可见, 可观察到管腔内部存在斑块, 但无法判断狭窄程度; 4 分, 图像质量良好, 支架结构可见但细小结构显示模糊, 可以判断管腔内部狭窄程度; 5 分, 图像质量优秀, 支架边缘锐利、细小结构显示清楚, 可以判断管腔内部狭窄程度。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 26.0 统计软件, 采用多元回归分析, 评估支架内径、支架内狭窄程度、管电压、碘对比剂浓度对图像质量主观评分的统计学影响。检验水准 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 数据收集情况

两名放射科医生对所有参数组合生成的支架 CT 图像进行图像质量主观评分, 评估后共获得 64 个主观评分数据, 其中最低分为 3 分, 最高分为 5 分。

在不同的参数组合下, 4 种不同内径支架的结构均能被有效显示, 但支架内部斑块和狭窄程度的显示存在差异(图 1)。

2.2 多元回归分析结果

2.2.1 模型拟合度评价

成像参数预测主观评分模型拟合度分析显示(表 1), $R = 0.868$, $R^2 = 0.753$, 调整后的 $R^2 = 0.736$ 。前述三者的值均接近 1, 表明该回归模型拟合优度高, 且预测变量支架内径、支架内狭窄程度、管电压和碘对比剂浓度与因变量主观评分呈密切线性相关, 并同时考虑自由度调整。由表 1 中可知 $P = 0.000$, 表明支架内径、支架内狭窄程度、管电压和碘对比剂浓度整体上对模型的解释力度显著。

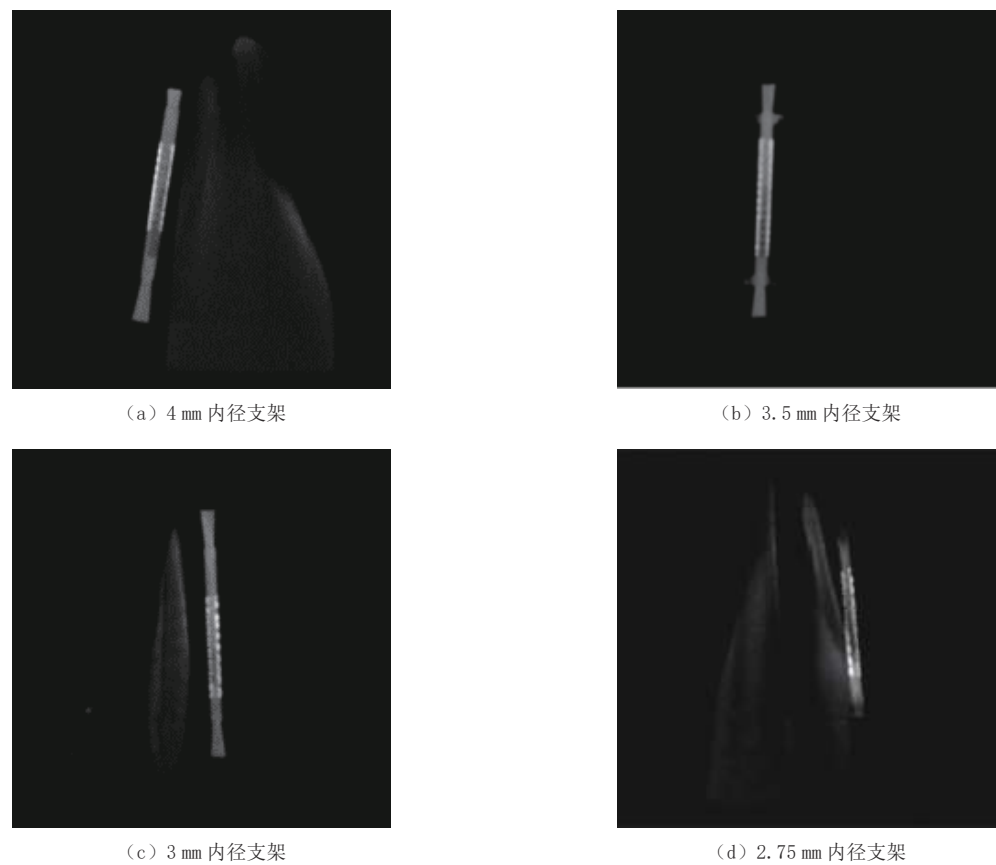
2.2.2 模型总体显著性验证

主观评分与成像参数回归模型显著性分析显示(表 2), 回归模型拟合 4 个预测变量支架内径、支架内狭窄程度、管电压和碘对比剂浓度中至少有一个解释了一部分因变量主观评分的变异, 从而使得回归变异变大, 残差变异减少, 可以认为所拟合的多重线性回归方程具有统计学意义, 模型成功建立。

2.2.3 回归系数显著性验证

成像参数的显著性检验结果表明(表 3), 除管电压外, 支架内径、支架内狭窄程度、造影剂浓度的回归系数检验的 P 值均 < 0.05 , 具有统计学显著性, 均可纳入到最终的回归模型中。支架内径的 t 值为正值, 即支架内径在统计上正向地影响主观评分。支架内狭窄程度、碘对比剂浓度的 t 值为

负值,即支架内狭窄程度、碘对比剂浓度在统计上负向地影响主观评分。支架内径的 t 值绝对值最大,即支架内径这一因素对主观评分的影响最为强烈。



注:模拟心率 90 次/min 时,注入 A 组碘对比剂后,采用 100 kV 管电压扫描获得的 4 种不同内径支架的 CT 图像,各支架结构均可显示,其中 4、3.5 和 3 mm 内径的支架内碘对比剂与梯度狭窄的分界均可显示,2.75 mm 内径的支架内部显示不清。

图 1 体模实验中不同内径支架的 CT 图像
Fig.1 CT images of different internal diameter stents in the phantom experiment

表 1 模型拟合度分析
Table 1 Model fit analysis

模型摘要	R	R^2	调整后 R^2	标准误	更改统计				
					R^2	F	自由度 1	自由度 2	P
1	0.868	0.753	0.736	0.338	0.753	44.981	4	59	0.000

表 2 回归模型显著性分析
Table 2 Significance analysis of regression model

模型 ANOVA	平方和	自由度	均方	统计检验	
				F	P
回归	20.603	4	5.151	44.981	0.000 ^a
残差	6.756	59	0.115		
总计	27.359	63			

2.2.4 模型预测能力评价

回归模型预测偏差性分析(表 4)显示,模型的残差统计表现相对良好,预测值和残差的分布情

况都在合理范围内，没有明显的异常情况，整体上模型对观测值的拟合较好，模型对主观评分的预测值与实际观测值相符，残差的离散程度相对较低。

表 3 模型参数的显著性检验结果
Table 3 Significance test results of model parameters

模型系数	未标准化系数		标准化系数	统计检验		B 的 95.0% 置信区间		相关性		
	B	标准误	Beta	t	显著性	下限	上限	零阶	偏	部分
(常量)	2.584	0.781		3.311	0.002	1.023	4.146			
支架内径	1.140	0.088	0.837	12.936	0.000	0.964	1.316	0.837	0.860	0.837
狭窄程度	-0.347	0.161	-0.140	-2.159	0.035	-0.669	-0.025	-0.140	-0.271	-0.140
管电压	-0.005	0.004	-0.072	-1.108	0.272	-0.013	0.004	-0.072	-0.143	-0.072
碘对比剂浓度	-0.004	0.001	-0.167	-2.586	0.012	-0.006	-0.001	-0.167	-0.319	-0.167

表 4 回归模型预测偏差性分析
Table 4 Regression model prediction bias analysis

残差统计	最小值	最大值	平均值	标准偏差	个案数
预测值	3.382	5.363	4.297	0.572	64
残差	-0.632	0.693	0.000	0.327	64
标准预测值	-1.599	1.864	0.000	1.000	64
标准残差	-1.868	2.049	0.000	0.968	64

3 讨论

本研究通过对高心率条件下不同支架成像参数生成的图像主观评分进行多元回归分析，深入探讨这些参数对支架成像质量的影响，得出以下结果。

(1) 四种不同内径支架的结构在不同的参数组合下均能被有效显示，这为支架 CT 成像的实际应用提供了可靠的基础。然而，各种不同参数下支架内部的显示存在明显差异，这提示在高心率条件下支架 CT 成像时，对成像参数进行调整是有必要的，适当的成像参数可以获得支架内部结构显示清晰度更高的图像。通过与既往支架成像研究结果的对比，研究组进一步加深了对这些成像参数的理解^[10-13]。

(2) 本研究发现在高心率条件下支架内径仍是影响支架成像的重要因素之一，这与过去的研究结果一致^[14]。支架内径对主观评分呈现显著的正相关性，并且这种显著的正相关性使得支架内径成为本研究诸多参数中影响支架 CT 成像图像质量的主导因素。这一结果表明，在不同的研究背景下，支架内径都是支架 CT 成像中主观评分的稳定和显著的正向预测因子。换言之，较大的支架内径通常使得支架更易在 CT 图像中被观察到，但较小内径的支架，尤其是内径 3 mm 及以下的支架，在 CT 图像中的观察是受限的，该结论已经被多种单源多排螺旋 CT 机扫描实验结果所佐证。随着技术的进步，双源 CT 因其高时间分辨率在高心率患者心脏成像中发挥了极大优势，提高了较小内径支架的管腔显示能力^[15]。但实际临床工作中各大医院双源 CT 机的持有率远小于单源多排螺旋 CT 机，在扫描 CT 机型有限的情况下，基于本研究结果的显示，针对较小内径的支架，对其他参数的调整亦可以有效提高图像质量的主观评分。

(3) 本研究中的每个支架内都设置了阶梯状分布的斑块，以模拟不同程度的支架内再狭窄。分析发现，支架内狭窄程度越高，主观评分越低，即图像质量被认为越差，降低了图像的可信度和医生对图像的诊断信心。这提示医生在此类情况下可能需要更谨慎地解读图像，或采取额外的图像优化措施，并在图像解释时结合其他临床信息，以确保对患者情况的准确评估。

既往规范应用中推荐的理想的冠脉强化标准是 300~450 HU^[16]，本研究在配置碘对比剂时参考了这一标准，分别配置了 120 kV 条件下的 CT 值为 360 HU 和 420 HU 的两组碘对比剂溶液。既往研究已

经指出^[17], 合适的碘对比剂浓度有助于保持支架 CT 成像的清晰度, 此研究进一步确认了这一观点, 碘对比剂浓度的负相关性结果与过去的研究相符, 并提供了更具体的定量结果。

值得注意的是, 管电压的回归系数在 t 检验中未显示出显著性, 表明其对主观评分的影响并不显著, 即在当前的研究条件下, 调整管电压并不能对支架 CT 成像的图像质量造成影响, 这与既往研究的结果一致^[18-20]。

实际上来检患者置入的支架内径及支架内狭窄程度是不可控的, 但管电压和碘对比剂浓度是操作者可控的, 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用推荐在体重 ≤ 90 kg 的患者中, 使用 100 kV 或 120 kV 管电压进行扫描。临床工作中, 管电压与受检者受辐射剂量成正相关。本研究中, 管电压对主观评分的影响是不显著的, 碘对比剂浓度与图像质量主观评分呈负相关, 这提示操作者可能可以使用低管电压、低碘对比剂浓度的“双低”扫描方案, 既保证图像质量, 亦能降低来检患者接受的辐射剂量。

此外, 针对较小内径支架的患者, 尽管调整扫描参数可以提高一定的图像质量, 但使用双源 CT 机复查评估效果可能更佳, 在不具备双源 CT 机的情况下, 应由心内科医生综合评估患者是否需要直接行冠脉造影检查, 从而减少患者无效检查的费用和不必要的辐射。

本研究存在一定的局限性, 特别是在体模实验中的一些限制。首先, 体模实验虽然提供了对高心率条件下支架 CT 成像的初步认识, 但仍无法完全模拟真实患者的生理变化, 且无法考虑到患者个体差异和不同医疗设备的影响, 这可能限制了结果的推广性。其次, 本研究涉及的成像参数有限, 尚不能全面完善高心率条件下支架 CT 成像的最优方案。

在未来的研究中, 研究者可以考虑采用更多的临床数据, 结合体模实验结果, 增加不同的扫描技术、重建模式、后处理技术等研究参数, 从而更全面、精确地评估多种参数对临床实践中患者冠脉支架 CT 图像质量的影响效果。这将有助于为支架 CT 成像的优化提供更为可靠的科学依据, 对于指导医学影像的临床实践, 具有一定的实际应用意义。

参考文献

- [1] TU C C, XIE L, WANG Z J, et al. Association between ceramides and coronary artery stenosis in patients with coronary artery disease[J]. *Lipids in Health and Disease*, 2020, 19(1): 151. DOI:10.1186/s12944-020-01329-0.
- [2] HAIDEGGER M, KNEIHSL M, NIEDERKORN K, et al. Blood biomarkers of progressive atherosclerosis and restenosis after stenting of symptomatic intracranial artery stenosis[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 15599. DOI:10.1038/s41598-021-95135-y.
- [3] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2022 概要[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(6): 583-612. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2023.06.001.
- [4] BERGSTRÖM G, PERSSON M, ADIELS M, et al. Prevalence of subclinical coronary artery atherosclerosis in the general population[J]. *Circulation*, 2021, 144(12): 916-929. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.121.055340.
- [5] AZIZ M U, SINGH S. Computed tomography of coronary artery atherosclerosis: A review[J]. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 2021, 52(S3): S19-S39. DOI:10.1016/j.jmir.2021.08.007.
- [6] 李笑石, 耿纪刚, 朱寅虎, 等. 不同迭代算法对冠状动脉 CTA 人工智能重建与分析的影响[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2023, 21(5): 63-66. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.05.022.
LI X S, GENG J G, ZHU Y H, et al. Effects of different reconstruction ratios of iterative modes on artificial intelligence reconstruction and analysis of coronary CTA[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2023, 21(5): 63-66. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.05.022. (in Chinese).
- [7] YANG C C, LAW W Y, LU K M, et al. Relationship between heart rate and optimal reconstruction phase in coronary CT angiography performed on a 256-slice multidetector CT[J]. *British Journal of Radiology*, 2019, 92(1101): 20180945. DOI:10.1259/bjr.20180945.
- [8] LIANG J, WANG H, XU L. et al. Impact of SSF on diagnostic performance of coronary computed tomography angiography within 1 heart beat in patients with high heart rate using a 256-row detector computed tomography[J]. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 2018, 42(1): 54-61. DOI:10.1097/RCT.0000000000000641.

- [9] 吴锬, 陈希奎, 唐贵超, 等. 320 排容积 CT “Target CTA 扫描模式” 在低心率患者冠状动脉 CT 血管成像中的应用探究[J]. *中国医疗设备*, 2023, 38(1): 77–82. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2023.01.015.
WU K, CHEN X K, TANG G C, et al. Application study of “Target CTA Scanning Mode” in 320-row volume CT for coronary angiography in patients with low heart rate[J]. *China Medical Devices*, 2023, 38(1): 77–82. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2023.01.015. (in Chinese).
- [10] 康瑞, 王昕, 石峰. 冠状动脉支架术后 CTA 成像的优化应用及再狭窄危险因素分析[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2020, 18(2): 153–156. DOI:10.3969/j.issn.1672-0512.2020.02.014.
KANG R, WANG X, SHI F. The optimization of CTA imaging and the analysis of risk factors for the patients of coronary artery stent[J]. *Chinese Imaging Journal of Integrated Traditional and Western Medicine*, 2020, 18(2): 153–156. DOI:10.3969/j.issn.1672-0512.2020.02.014. (in Chinese).
- [11] 王莹, 王奇政, 陈永晔, 等. 基于宽体探测器高分辨率扫描模式下的多种不同重建算法对冠状动脉支架可视化评估对比研究[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2022, 28(4): 433–438. DOI:10.3969/j.issn.1006-5741.2022.04.020.
WANG Y W, WANG Q Z, CHEN Y Y, et al. Comparison of different reconstruction algorithms for visual evaluation of coronary stents using the whole-organ high-definition CT scanner[J]. *Chinese Computed Medical Imaging*, 2022, 28(4): 433–438. DOI:10.3969/j.issn.1006-5741.2022.04.020. (in Chinese).
- [12] 阮席武, 蒋佳坤, 邵君, 等. 高心率患者冠状动脉 CTA 收缩期绝对时相重组的优化[J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41(5): 866–871. DOI:10.3969/j.issn.1001-9324.2022.5.lcfsxzz202205014.
RUAN X W, JIANG J S, SHAO J, et al. Optimization of absolute phasic systolic acquisition in coronary CT angiography in patients with high heart rate[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2022, 41(5): 866–871. DOI:10.3969/j.issn.1001-9324.2022.5.lcfsxzz202205014. (in Chinese).
- [13] 陈艳, 卫旭瑛. 探究多层螺旋 CTA 成像中心率、最佳重建相位窗对其图像质量的影响[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(6): 90–92. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.06.029.
CHEN Y, WEI X Y. Effect of center rate and optimal reconstruction window of multi-slice spiral (MSCT) CTA imaging on its image quality[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2022, 20(6): 90–92. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.06.029. (in Chinese).
- [14] 王晓瑜, 祁荣兴, 黄胜. 低剂量冠状动脉 CTA 支架成像研究[J]. *放射学实践*, 2019, 34(6): 698–702. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.06.021.
- [15] KIYOHARA Y, AIKAWA T, KAYANUMA K, et al. Comparison of clinical outcomes among various percutaneous coronary intervention strategies for small coronary artery disease[J]. *The American Journal of Cardiology*, 2024, 211: 334–342. DOI:10.1016/j.amjcard.2023.11.043.
- [16] 中华医学会放射学分会心胸学组. 《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排 CT 临床应用指南写作专家组. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(10): 732–743. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.10.004.
- [17] 张维明, 牟晓静, 张浩, 等. 不同浓度对比剂在冠状动脉 CTA 检查中的图像质量临床分析[J]. *医学影像学杂志*, 2022, 32(9): 1601–1603.
ZHANG W M, MOU X J, ZHANG H, et al. Analysis of image quality and safety of different concentrations of contrast agents in coronary CTA[J]. *Journal of Medical Imaging*, 2022, 32(9): 1601–1603. (in Chinese).
- [18] 杨政君, 张昂, 陈勇, 等. 辐射剂量和管电压对 CT 图像质量的影响: 基于任务的图像质量评价[J]. *CT 理论与应用研究*, 2022, 31(2): 211–217. DOI:10.15953/j.ctta.2021.060.
YANG Z J, ZHANG A, CHEN Y, et al. The effect of radiation dose and tube potential on image quality of CT: A task-based image quality assessment[J]. *CT Theory and Applications*, 2022, 31(2): 211–217. DOI:10.15953/j.ctta.2021.060. (in Chinese).
- [19] 余燕武, 崔小巍, 王晓慧, 等. 低管电压技术在高心率患者冠状动脉 CTA 中的临床应用研究[J]. *中国医学创新*, 2020, 17(23): 131–134. DOI:10.3969/j.issn.1674-4985.2020.23.033.
YU Y W, CUI X W, WANG X H, et al. Clinical application of low tube voltage technique in coronary artery CTA in patients with high heart rate[J]. *Medical Innovation of China*, 2020, 17(23): 131–134. DOI:10.3969/j.issn.1674-4985.2020.23.033. (in Chinese).
- [20] LEE J W, KIM C W, LEE H C, et al. High-definition computed tomography for coronary artery stents: Image quality and radiation doses for low voltage (100 kVp) and standard voltage (120 kVp) ECG-triggered scanning[J]. *International Journal of Cardiovasc Imaging*, 2015, 31(S1): 39–49. DOI:10.1007/s10554-015-0686-y.

A Phantom Experimental Study on Improving the Imaging Quality of Stent CT at a Fast Heart Rate

MA Tian, LI Fang, ZHOU Yan, XU Yinghao, HE Yi[✉]

Department of Radiology, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the impact of different imaging parameters on stent imaging and stenosis assessment in a fast heart rate model. The goal was to reduce the radiation dose while ensuring image quality, and to provide a theoretical basis for optimizing computed tomography (CT) imaging parameters for stent imaging in patients with fast heart rates in future clinical practice. Methods: Different imaging parameters were set to obtain multiple sets of CT images of stents in a fast heart rate model. Four coronary artery stents with different internal diameters were used. Each stent was set to four levels of stenosis. Two different concentrations of iodine contrast agents were injected in batches. The Canon 320 CT scanner was used to perform scans at 100 kV and 120 kV tube voltages, and image reconstruction was performed using the stent reconstruction mode. Two radiologists, with more than three years of experience in coronary CT diagnosis, used a 5-point scoring method to subjectively evaluate image quality based on stent visualization, image quality, and stenosis assessment. Multiple regression analysis was conducted to assess the influence of stent diameter, stenosis level, tube voltage, and iodine contrast agent concentration on the subjective image quality scores. Results: The structures of the four stents could be visualized in all parameter combinations, but there were significant differences in the intraluminal display. The stent diameter, stenosis level, and iodine contrast agent concentration had a significant impact on the subjective image quality scores. The scores increased as the stent diameter increased and the stenosis level and iodine contrast agent concentration decreased. Moreover, the stent diameter had the strongest impact on the scores. Tube voltage did not significantly affect the subjective image quality scores. Conclusion: In fast heart rate conditions, the stent diameter, stenosis level, and iodine contrast agent concentration directly affect the image quality of stent CT imaging. Conversely, tube voltage had no impact on image quality. Our findings provided a theoretical basis for optimizing stent imaging protocols in patients with fast heart rates.

Keywords: computed tomography; phantom; stent; high heart rate



作者简介: 马天, 女, 首都医科大学附属北京友谊医院、首都医科大学影像医学与核医学专业硕士研究生, 主要从事心胸影像研究, E-mail: snoopymt@163.com; 贺毅[✉], 女, 首都医科大学附属北京友谊医院教授、博士生导师, 主要从事心血管影像研究, E-mail: heyil39@sina.com。