

❖ 心脏、血管影像学

Modified single short-time breath-holding method applied in subtraction coronary CT angiography

MENG Xue, XING Jun, XU Nan, XI Qian*

(Department of Medical Imaging, Shanghai East Hospital Affiliated Tongji University, Shanghai 200120, China)

[Abstract] **Objective** To observe the application value of modified single short-time breath-holding method in subtraction coronary CT angiography (S-CCTA). **Methods** Twenty-one patients who received re-examination of coronary calcifications ($n=18$) or after coronary stent implantation ($n=3$) were collected and underwent modified single short-time breath-holding S-CCTA. The images obtained from 2 times of scanning and subtraction were processed. The image qualities of coronary CT angiography (CCTA) and S-CCTA were evaluated using a 4-point scale, and the effective dose (ED) was calculated. **Results** The breath-holding time was (10.34 ± 1.07) s, and the radiation ED was (3.43 ± 1.04) mSv. The image qualities of S-CCTA of 90 calcified plaques in 18 patients with coronary calcifications $([3.47 \pm 0.69]$ points) were significantly higher than those of CCTA $([2.48 \pm 0.70]$ points, $P < 0.001$), and S-CCTA images showed that the severe calcified coronary segments (88.89%) which could be used to evaluate the degree of lumen stenosis were significantly more than those of CCTA (66.67%, $P < 0.001$), while the image qualities of S-CCTA $([2.75 \pm 0.29]$ points) of 5 stents in 3 patients were significantly higher than those of CCTA $([1.84 \pm 0.23]$ points, $P < 0.05$). **Conclusion** The modified single short-time breath-holding S-CCTA could effectively shorten the breath-holding time, reduce radiation ED and improve image quality of CCTA.

[Keywords] coronary artery disease; stents; coronary angiography; subtraction technique

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.09.010

改良单次短时屏气法用于血管减影冠状动脉 CT 成像

孟雪, 邢俊, 许楠, 席芊*

(同济大学附属东方医院医学影像科, 上海 200120)

[摘要] **目的** 观察改良单次短时屏气法用于血管减影冠状动脉 CT 成像(S-CCTA)的价值。**方法** 收集 21 例冠状动脉钙化复查($n=18$)或冠状动脉支架植入术后($n=3$)患者,采用改良单次短时屏气法行 S-CCTA 扫描,获得两次扫描图像和减影后图像后进行处理,采用 4 分制评价冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)及 S-CCTA 图像质量,观察以严重钙化节段评估管腔狭窄程度的能力,并计算有效辐射剂量(ED)。**结果** 21 例患者屏气时间为 (10.34 ± 1.07) s,辐射 ED 为 (3.43 ± 1.04) mSv。18 例冠状动脉钙化复查患者共 90 个钙化斑块, S-CCTA 图像质量 $([3.47 \pm 0.69]$ 分)明显高于 CCTA $([2.48 \pm 0.70]$ 分, $P < 0.001$),且 S-CCTA 图像所示可用于评估管腔狭窄程度的严重钙化冠状动脉节段(88.89%)明显多于 CCTA 图像(66.67%, $P < 0.001$);3 例冠状动脉支架植入术后患者共植入 5 枚支架,其 S-CCTA 图像质量 $([2.75 \pm 0.29]$ 分)明显高于 CCTA $([1.84 \pm 0.23]$ 分, $P < 0.05$)。**结论** 改良单次短时屏气 S-CCTA 可有效缩短屏气时间、减少辐射剂量并提高冠状动脉图像质量。

[第一作者] 孟雪(1993—),女,四川成都人,硕士,医师。研究方向:心血管疾病。E-mail: 18783902096@163.com

[通信作者] 席芊,同济大学附属东方医院医学影像科,200120。E-mail: 96125007@sina.com

[收稿日期] 2020-08-20 **[修回日期]** 2021-07-09

〔关键词〕 冠状动脉疾病; 支架; 冠状动脉血管造影术; 减影技术

〔中图分类号〕 R541.4; R814.42 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1003-3289(2021)09-1321-06

冠状动脉 CT 血管成像(coronary CT angiography, CCTA)可辅助临床诊断冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病),具有空间分辨率高、灵敏度高(95%~99%)和阴性预测值高(97%~99%)等优势^[1-3],但高密度伪影和线束硬化伪影常致高估冠状动脉钙化或植入金属支架患者局部管腔狭窄程度^[4];利用迭代重建和高管电压扫描虽能降低钙化 CT 值,但无法消除伪影的影响,导致对 Agatston 评分 ≥ 400 的患者不建议行 CCTA 检查^[5]。近年来,血管减影 CCTA(subtraction CCTA, S-CCTA)技术逐渐用于评估冠状动脉狭窄程度,通过减去 CCTA 图像中的钙化斑块和金属支架以显示真实管腔而为临床诊断及治疗冠心病提供指导^[6-9],但多需采用单次屏气法,屏气时间为 20~40 s,部分患者较难完成,进而影响减影的准确性^[6]。本研究观察在 S-CCTA 中采用改良单次短时屏气法的应用价值,旨在缩短屏气时间、减少配准伪影,以获得良好的图像质量。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集 2019 年 8 月—2020 年 5 月 21 例于同济大学附属东方医院因冠状动脉钙化复查($n=18$)或冠状动脉支架植入术后($n=3$)患者,男 16 例,女 5 例,年龄 43~87 岁,平均(63.7 ± 13.2)岁。18 例复查患者中,男 14 例,女 4 例,年龄 43~87 岁,平均(63.6 ± 12.2)岁,共检出 90 个冠状动脉钙化斑块;3 例冠状动脉支架植入术后患者,男 2 例,女 1 例,年龄分别为 70 岁、67 岁和 84 岁,每例植入 1~2 枚支架,共植入 5 枚支架。纳入标准:①心率低于 70 次/分;②可屏气至少 15 s。排除标准:①孕妇;②既往接受冠状动脉搭桥手术;③心律失常(心房颤动、二度和三度房室传导阻滞)及先天性心脏病等严重心功能不全、肺功能不全、肾功能不全(血

肌酐 >1.50 mg/dl)及未经控制的甲状腺功能亢进;④碘过敏。检查前患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 扫描前对患者进行 15 s 屏气训练。采用 Toshiba Aquilion 第二代 320 层 CT,自适应迭代剂量减少 3D 技术。嘱患者仰卧,屏气约 15 s,经肘静脉注入 5 ml 对比剂,获得时间-密度曲线(图 1A),以曲线开始上升时间为 X,设 $(X-3)$ s 为开始时间,行第一次延迟扫描,范围为气管隆嵴水平至心脏膈面下,并于降主动脉段选择半径约 2 mm 的 ROI。之后经右肘静脉以流率 4.00~4.50 ml/s 注射碘帕醇(370 mgI/ml)及 30 ml 生理盐水,总量为 50 kg 以下 40 ml、50~60 kg 45 ml、60~70 kg 50 ml、70~80 kg

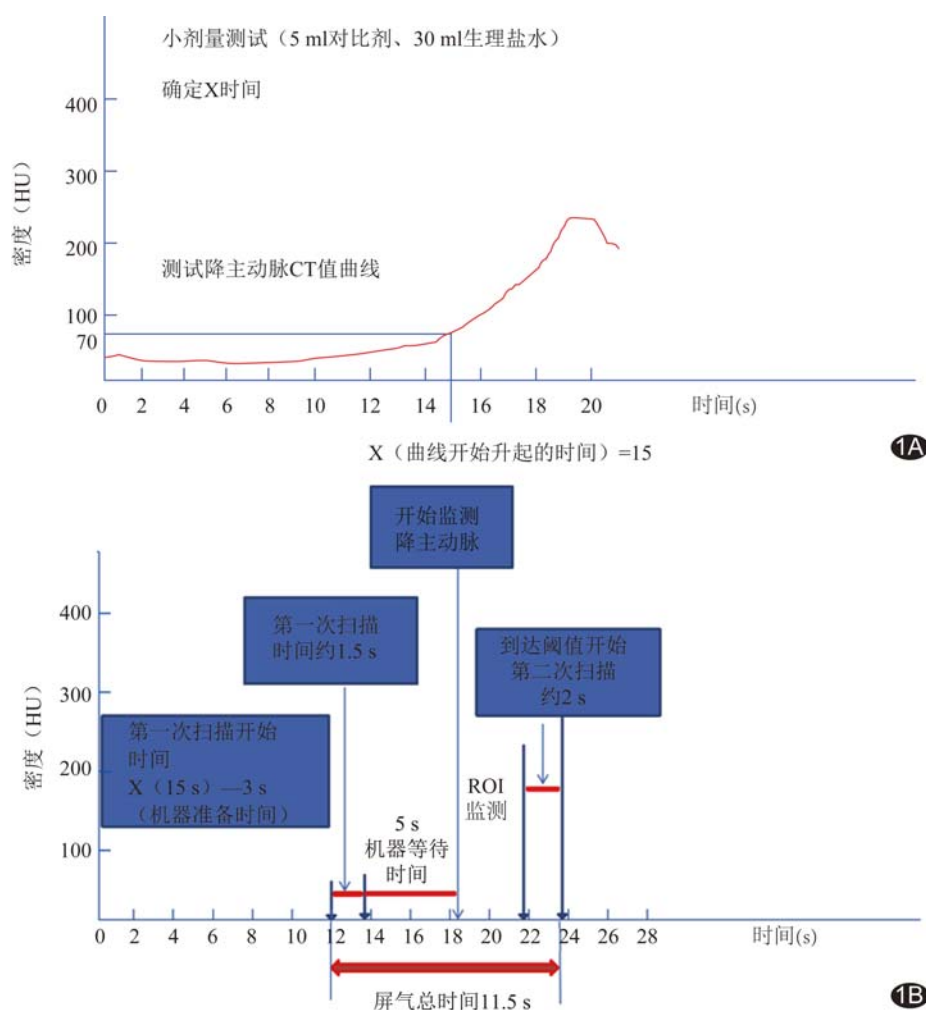


图 1 CT 扫描时间-密度曲线 A. 选用小剂量对比剂进行测试,将降主动脉段增强曲线开始升起时间记为 X,并设置第一次扫描开始时间为 $(X-3)$ s; B. 设定阈值 240 HU,于第一次扫描开始后 6.50 s 以降主动脉为监测点进行监测,达到阈值后自动触发第二次扫描

55 ml、80~90 kg 60 ml、90 kg 以上 65 ml;采用前瞻性心电门控序列,设定阈值 240 HU,于第一次扫描开始后 6.50 s 以降主动脉 ROI 为监测点进行监测,达到阈值后自动触发第二次扫描(图 1B),范围与第一次扫描相同。参数:第一次扫描管电压 80 kV,第二次 100 kV,自动 mAs,FOV 160 mm,矩阵 512×512 ,层厚 0.50 mm,层间距 0.25 mm。以上扫描均由 2 名具有 5 年以上工作经验的影像科技师完成。

1.3 图像处理 增强扫描后自动重建出最佳时相,若其图像质量不佳,则手动寻找第一次扫描最佳时相,并以之为中心,每隔 1% 重建其附近 10% 的图像,于 10 个时相内寻找与第二次扫描匹配度最佳的第一次扫描时相并进行减影。应用 Toshiba 最新后处理工作站和 Sure Subtraction Coronary V7.0 软件将两次扫描所获 CCTA 数据进行心脏及血管树整体非刚性对位和胸廓刚性对位;首先基于 atlas-based knowledge 像素网格图模型对实质脏器进行分割及分层,使 2 组数据准确对位,并以“容积 CT 数字减影血管造影”算法进行减影^[10],获得相减图像(图 2、3);若减影效果不理想,可重新调整局部钙化斑块及支架对位。采用曲面重建(curved planner reformation, CPR)、容积再现(volume rendering, VR)及最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)分别对重建 CCTA(第二次扫描图像)和 S-CCTA(减影后图像)2 组图像数据进行后处理。

1.4 图像评价 由 2 名具有 5 年以上工作经验的放射科医师采用 4 分制^[11]评价冠状动脉钙化斑块处和

支架处的图像质量,并观察以严重钙化节段(图 4)评估管腔狭窄程度的能力:1 分,图像伪影严重,完全遮盖管腔,不能用于评估管腔狭窄;2 分,图像伪影较明显,大部分管腔被遮盖,不能用于评估管腔狭窄;3 分,图像伪影较轻,遮盖部分管腔,可用于评估管腔狭窄;4 分,图像质量良好,无伪影,可用于评估管腔狭窄。意见不一致时协商决定,若分歧严重,则提交另一名具有 10 年以上经验的放射科医师判定。

1.5 辐射剂量 有效辐射剂量(effective dose, ED)=剂量长度乘积(dose-length product, DLP)×胸部 CT 转换因子 $k[0.014 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})]$ 。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计分析软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布的计量资料,采用配对 t 检验比较 CCTA 与 S-CCTA 图像质量评分;以频数和百分率表示计数资料,采用 χ^2 检验进行比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组 21 例第一次扫描时心率 50.51~68.52 次/分,平均 (59.38 ± 6.83) 次/分,第二次扫描心率 51.64~69.69 次/分,平均 (57.30 ± 8.02) 次/分;屏气时间 8~12 s,平均 (10.34 ± 1.07) s;ED(两次扫描辐射 ED 的总和)1.34~5.19 mSv,平均 (3.43 ± 1.04) mSv。于 18 例冠状动脉钙化复查患者共检出 90 个钙化斑块,其 CCTA 图像质量评分为 1~4 分,平均 (2.48 ± 0.70) 分;S-CCTA 图像质量 2~4 分,平均 (3.47 ± 0.69) 分,明显高于 CCTA 图像质量($t = -11.333, P < 0.001$);且 CCTA

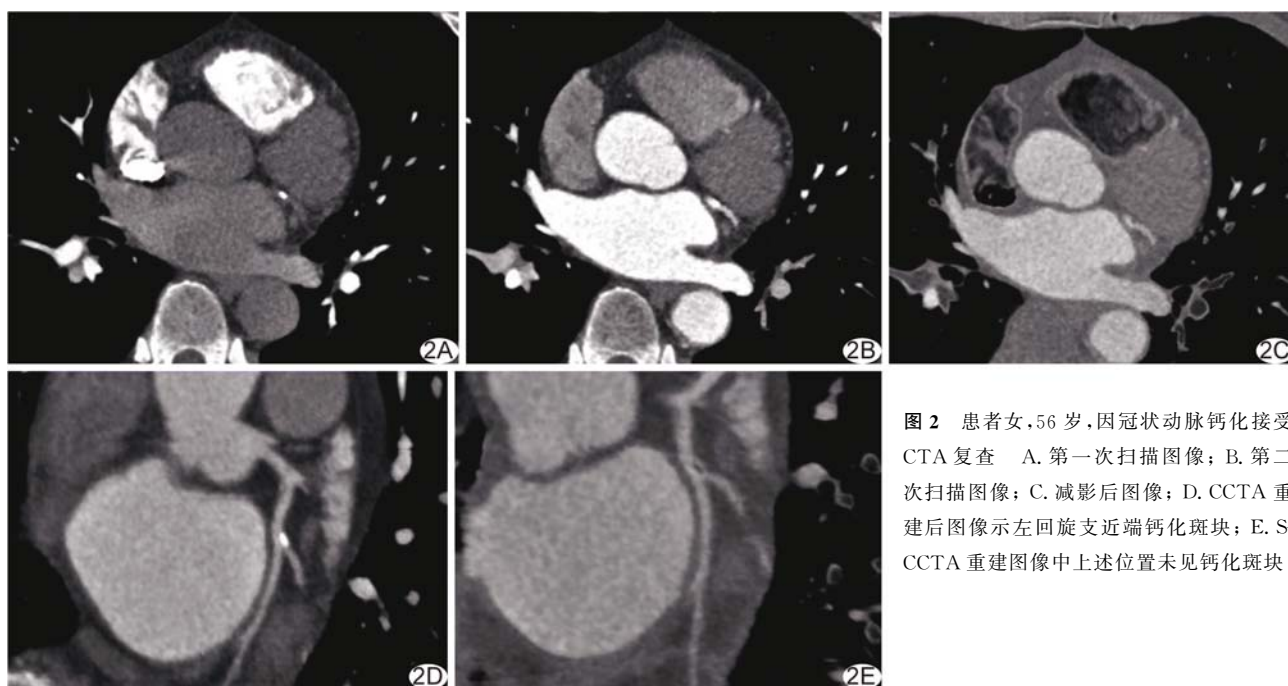


图 2 患者女,56 岁,因冠状动脉钙化接受 CTA 复查 A. 第一次扫描图像;B. 第二次扫描图像;C. 减影后图像;D. CCTA 重建后图像示左回旋支近端钙化斑块;E. S-CCTA 重建图像中上述位置未见钙化斑块

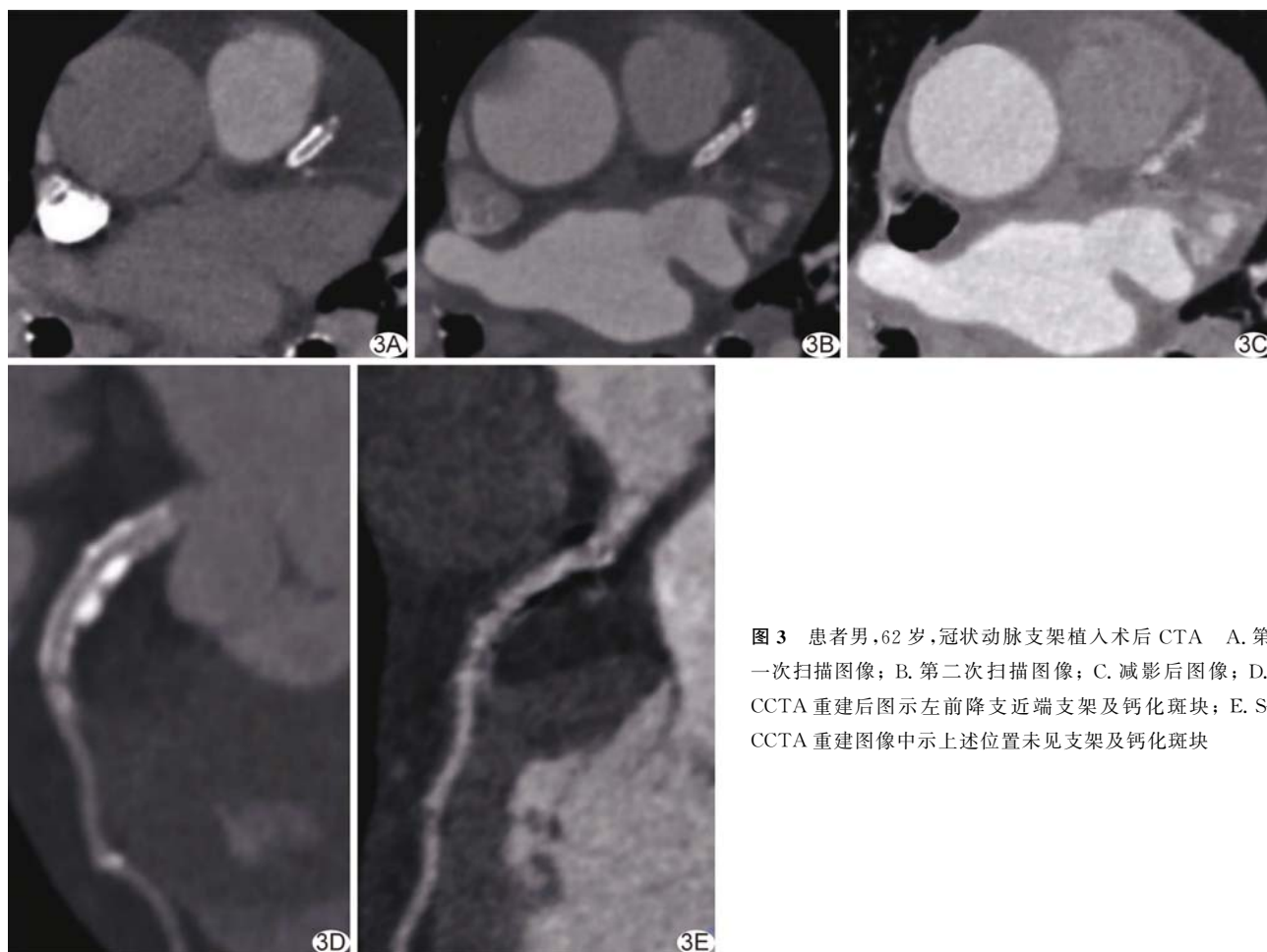


图3 患者男,62岁,冠状动脉支架植入术后 CTA A. 第一次扫描图像; B. 第二次扫描图像; C. 减影后图像; D. CCTA 重建后图示左前降支近端支架及钙化斑块; E. S-CCTA 重建图像中示上述位置未见支架及钙化斑块

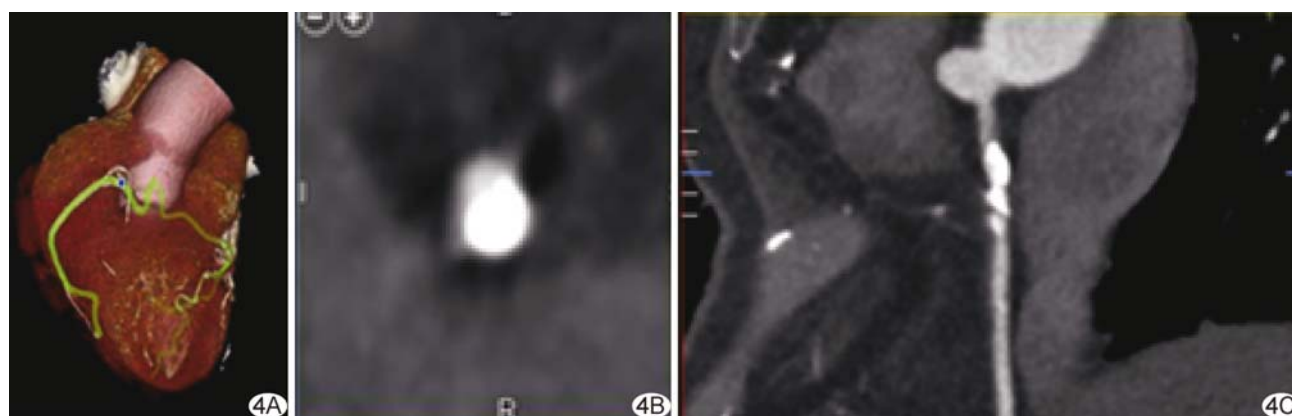


图4 严重钙化右冠状动脉节段 VR 图像(A)和 MIP 图像(B,C)示右冠状动脉近端弧形钙化斑块围绕管腔 $>180^{\circ}$

图像所示可用于评估管腔狭窄程度的严重钙化冠状动脉节段为 66.67% (60/90), 而 S-CCTA 图像为 88.89% (80/90), 后者高于前者 ($\chi^2 = 12.857$, $P < 0.001$)。3 例冠状动脉支架植入术后患者共植入 5 枚支架, CCTA 图像质量评分为 1~2 分, 平均 (1.84 ± 0.23) 分; S-CCTA 图像质量 1~3 分, 平均 (2.75 ± 0.29) 分, 明显高于 CCTA ($t = -8.785$, $P < 0.05$)。

3 讨论

CCTA 评价冠状动脉钙化节段及植入支架节段管腔狭窄的能力有限, 主要原因在于钙化及支架的硬化伪影^[12]。S-CCTA 可将两次扫描图像数据相减, 以避免硬化伪影的影响, 现已成熟应用于头颈部血管检查, 可减少颅骨和椎骨的影响, 使后处理过程简单、有效; 而在心脏及大血管, 受心脏搏动的影响, 其发展相对滞后。第

二代 320 层 CT 支持采用 Registration 配准软件行 S-CCTA,使病灶对位更精确,但需要较长的屏气时间,部分患者难以完成,导致未能广泛应用于临床。

S-CCTA 可采用两次屏气法和单次屏气法。两次屏气法指分别通过两次屏气扫描获得 2 组图像,其间无法完全匹配,可能出现配准错误^[13-14]。单次屏气法指通过一次屏气获得 2 组图像,可减少配准误差,但传统方法需屏气 20~40 s,部分患者无法完成。YOSHIOKA 等^[15-16]发现,采用单次屏气法,S-CCTA 的诊断准确性较高;而采用改良单次屏气法可改善冠状动脉钙化段的图像质量,提高诊断准确性。KIDOH 等^[17]对 5 例冠状动脉钙化患者注射小剂量对比剂,得到时间-密度曲线,并根据该曲线决定 CT 平扫及增强扫描开始时间,从而将屏气时间缩短到 (18.3 ± 3.4) s;YAMAGUCHI 等^[18]则将屏气时间缩短到为 (13.2 ± 0.6) s。YOSHIOKA 等^[15]尝试对 12 例冠状动脉钙化患者先行增强扫描,待对比剂自冠状动脉消退后再行平扫,将屏气时间缩短至 12~14 s。本研究采用改良单次短时屏气法行 S-CCTA 扫描,以小剂量对比剂得到时间-密度曲线,并根据该曲线尽可能延迟第一次扫描开始时间,使两次扫描间隔时间(即患者屏气时间)缩短至 (10.34 ± 1.07) s,所获 S-CCTA 图像质量明显高于 CCTA 图像质量,且可用于评估狭窄程度的严重钙化冠状动脉节段由 66.67%提高到了 88.89%,与既往报道^[12]相符;ED 为 (3.43 ± 1.04) mSv,低于 AMANUMA 等^[8]和 YOSHIOKA 等^[15]的结果。

本研究通过一次屏气获得 2 组图像,虽已尽可能于冠状动脉强化前获得第一次扫描图像,但第一次扫描时对比剂已进入右心,第二次扫描可见右心密度降低,使右心呈现“减去”效果,但对 S-CCTA 用于诊断基本无影响。但本研究未能观察 S-CCTA 用于评估冠状动脉狭窄程度的效能,后续有待进一步扩大样本深入观察。

综上所述,改良单次短时屏气法用于 S-CCTA 扫描可在有效缩短屏气时间的同时减少辐射剂量、提高图像质量,值得临床推广及应用。

[参考文献]

- [1] DRIESSEN R S, DANAD I, STUIJFZAND W J, et al. Comparison of coronary computed tomography angiography, fractional flow reserve, and perfusion imaging for ischemia diagnosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(2):161-173.
- [2] 熊青峰,马小静,陈险峰,等.冠状动脉 CTA 联合节段心功能评价冠心病临床价值[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(6):813-816.
- [3] 吕滨.以临床需求为导向,推进冠状动脉 CT 成像新技术的临床应用[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(2):161-164.
- [4] FUCHS A, KUHL J T, CHEN M Y, et al. Feasibility of coronary calcium and stent image subtraction using 320-detector row CT angiography[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2015, 9(5):393-398.
- [5] VILADES MEDEL D, LETA R, ALOMAR SERRALACH X, et al. Reliability of a new method for coronary artery calcium or metal subtraction by 320-row cardiac CT[J]. Eur Radiol, 2016, 26(9):3208-3214.
- [6] YOSHIOKA K, TANAKA R, MURANAKA K, et al. Subtraction coronary CT angiography using second-generation 320-detector row CT [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(Suppl 1):51-58.
- [7] AMANUMA M, KONDO T, SANO T, et al. Assessment of coronary in-stent restenosis: Value of subtraction coronary computed tomography angiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2016, 32(4):661-670.
- [8] AMANUMA M, KONDO T, SANO T, et al. Subtraction coronary computed tomography in patients with severe calcification [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(8):1635-1642.
- [9] FUCHS A, KUHL J T, CHEN M Y, et al. Subtraction CT angiography improves evaluation of significant coronary artery disease in patients with severe calcifications or stents—The C-Sub 320 multicenter trial[J]. Eur Radiol, 2018, 28(10):4077-4085.
- [10] GUO W, TRIPATHI P, YANG S, et al. Modified subtraction coronary CT angiography with a two-breathhold technique: Image quality and diagnostic accuracy in patients with coronary calcifications[J]. Korean J Radiol, 2019, 20(7):1146-1155.
- [11] 过伟锋,曾蒙苏,钱菊英,等.冠脉严重钙化节段 CT 减影血管成像技术的临床应用[J]. 复旦学报(医学版), 2017, 44(3):274-279.
- [12] ANDREW M, JOHN H. The challenge of coronary calcium on coronary computed tomographic angiography (CCTA) scans: Effect on interpretation and possible solutions [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(Suppl 2):145-157.
- [13] de SANTIS D, JIN K N, SCHOEPE U J, et al. Heavily calcified coronary arteries: Advanced calcium subtraction improves luminal visualization and diagnostic confidence in dual-energy coronary computed tomography angiography[J]. Invest Radiol, 2018, 53(2):103-109.
- [14] QIN L, GU S, CHEN C, et al. Initial exploration of coronary stent image subtraction using dual-layer spectral CT [J]. Eur Radiol, 2019, 29(8):4239-4248.
- [15] YOSHIOKA K, TANAKA R, TAKAGI H, et al. Diagnostic accuracy of a modified subtraction coronary CT angiography method with short breath-holding time: A feasibility study[J]. Br J Radiol, 2016, 89(1066):20160489.
- [16] YOSHIOKA K, TANAKA R, NAGATA K, et al. Modified subtraction coronary CT angiography method for patients unable

to perform long breath-holds: A preliminary study [J]. Acad Radiol, 2016, 23(9):1170-1175.

- [17] KIDOH M, UTSUNOMIYA D, ODA S, et al. Optimized subtraction coronary CT angiography protocol for clinical use with short breath-holding time-initial experience [J]. Acad

Radiol, 2015, 22(1):117-120.

- [18] YAMAGUCHI T, ICHIKAWA K, TAKAHASHI D, et al. A new contrast enhancement protocol for subtraction coronary computed tomography requiring a short breath-holding time [J]. Acad Radiol, 2017, 24(1):38-44.

Primary diffuse large B cell lymphoma of common bile duct: Case report 胆总管原发性弥漫大 B 细胞淋巴瘤 1 例

郭 城^{1,2}, 王敏哲^{1,2}, 雷军强²

(1. 兰州大学第一临床医学院, 甘肃 兰州 730099; 2. 兰州大学第一医院放射科, 甘肃 兰州 730013)

[Keywords] common bile duct; lymphoma, non-Hodgkin; tomography, X-ray computed

[关键词] 胆总管; 淋巴瘤, 非霍奇金; 体层摄影术, X 线计算机

DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2021.09.011

[中图分类号] R735.8; R814.42 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2021)09-1326-01

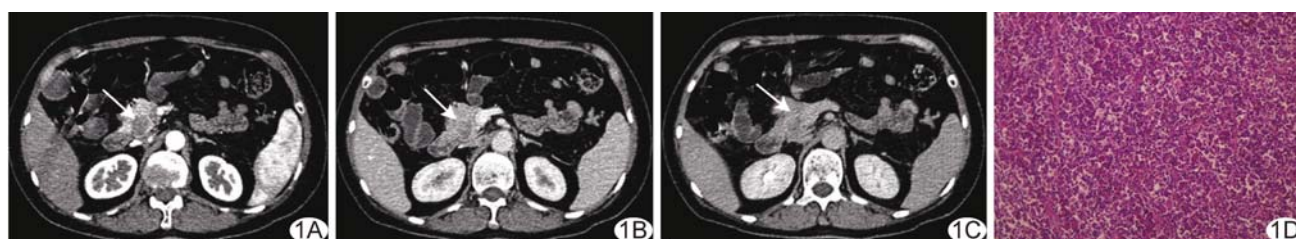


图 1 胆总管原发性弥漫大 B 细胞淋巴瘤 A. 轴位动脉期增强 CT 图; B. 轴位门静脉期增强 CT 图; C. 轴位延迟期增强 CT 图; D. 病理图 (HE, ×200) (箭示病灶)

患者女, 60 岁, 因腹痛、腹胀伴恶心、呕吐伴腰背部放射痛半个月入院; 既往体健。查体: 全身皮肤黏膜及巩膜轻度黄染, 右上腹深压痛, 墨菲征阳性。实验室检查: 总胆红素 $42.4 \mu\text{mol/L}$, 直接胆红素 $17.3 \mu\text{mol/L}$, 间接胆红素 $25.1 \mu\text{mol/L}$, 总胆汁酸 $17.6 \mu\text{mol/L}$, 碱性磷酸酶 368.0 U/L , γ -谷氨酰转氨酶 855.1 U/L 。腹部 CT: 胆总管下段见 $3.8 \text{ cm} \times 1.9 \text{ cm}$ 团状低密度肿物, CT 值约 64 HU, 与邻近胰腺组织分界欠清, 增强扫描轻度强化; 邻近胆总管受压, 肝内外胆管扩张 (图 1A~1C); 诊断: 胰头占位, 考虑胰腺癌? 行胰十二指肠切除术, 术中见胆总管胰腺段 $4.0 \text{ cm} \times 2.0 \text{ cm}$ 扁平肿物, 质硬, 活动度差, 与周围组织界限欠清。术后病理: 光镜下胆管黏膜上皮正常结构消失, 见弥漫排列的淋巴样细胞, 部分具异型性, 累及周围胰腺组织 (图 1D); 免疫组织化学: CD3(++)、CD20(++)、CD21(+)、Ki67 (80%+)、bcl-2(+++)、CD10(++)、bcl-6(+)、mum-1(+), CD5(+++), GranzymeB(+). 病理诊

断: (胆总管) 弥漫大 B 细胞淋巴瘤。

讨论 非霍奇金淋巴瘤是来源于淋巴组织的恶性实体淋巴造血组织肿瘤, 弥漫大 B 细胞淋巴瘤为其最常见组织学亚型, 好发于淋巴结, 亦可发生于结外; 原发于胆总管的非霍奇金淋巴瘤罕见, 临床多表现为梗阻性黄疸, CT 见胆总管壁弥漫性增厚, 伴或不伴胆管内等或低密度肿块, 近端胆管扩张, 增强后胆管壁环形强化, 胆管内肿块轻度强化; MRI 表现为胆管壁病理性增厚, 呈 T1WI 低信号、T2WI 高信号, 弥散加权成像呈高信号, 增强表现与增强 CT 类似。鉴别诊断: ①胆管癌, 影像学及临床表现与本病相似, CT 或 MRI 多表现为胆管肿物围绕管壁浸润性生长, 常致胆管局部环形狭窄; ②胰腺癌, 多为乏血供肿瘤, MR T1WI 多呈低信号、T2WI 呈不均匀高信号, 增强扫描早期肿块强化程度明显低于周围正常胰腺组织, 可与本病相鉴别。胆总管原发性非霍奇金淋巴瘤影像学表现缺乏特异性, 确诊需依靠病理学检查。

[第一作者] 郭城 (1995—), 男, 甘肃平凉人, 在读硕士。E-mail: guoch19@163.com

[收稿日期] 2021-02-09 [修回日期] 2021-08-15