

论 著

团注追踪触发扫描技术在支气管动脉CTA检查中的应用*

姚大鹏¹ 孙存杰² 薛秀青^{3,4}
李晓峰^{1,*}

1. 江苏大学附属徐州医院放射科

(江苏 徐州 221005)

2. 徐州医科大学附属医院放射科

(江苏 徐州 221006)

3. 徐州医科大学盐城临床学院

(江苏 盐城 224005)

4. 盐城市第一人民医院核医学科

(江苏 盐城 224005)

【摘要】目的 探讨团注追踪触发扫描触发后不同延迟时间对支气管动脉CTA图像质量的影响。**方法** 回顾性分析江苏大学附属徐州医院2021年1月至2022年6月60名患者的支气管动脉CTA检查图像资料。将触发后最短延迟时间扫描(7.6秒)的检查设为对照组, 触发后12.6秒开始扫描设为观察组。观察两组增强后降主动脉及支气管动脉图像, 比较两组间图像质量差异、伪影、是否存在干扰, 并比较两组图像上腔静脉、肺动脉、降主动脉及支气管动脉起始部CT值净增值的差异。**结果** 对照组及观察组的上腔静脉、肺动脉、气管分叉水平主动脉、支气管动脉起始部CT值净增值分别为 $271.00 \pm 74.51\text{HU}$ 和 $189.87 \pm 58.33\text{HU}$ ($P < 0.001$)、 $223.40 \pm 59.26\text{HU}$ 和 $168.30 \pm 39.18\text{HU}$ ($P < 0.001$)、 $318.77 \pm 32.53\text{HU}$ 和 $341.17 \pm 37.50\text{HU}$ ($P = 0.016$)、 $318.77 \pm 30.96\text{HU}$ 和 $351.03 \pm 34.65\text{HU}$ ($P < 0.001$); 对照组和观察组患者的主观图像质量分级为3(2.75,3)和4(3,4), 观察组图像质量高于对照组且具有统计学意义($P < 0.001$)。**结论** 团注追踪触发扫描技术不同延迟时间影响支气管动脉CTA成像质量。触发后12.6秒开始扫描在支气管动脉起始部CT值以及腔静脉、肺动脉、肺静脉对支气管动脉的干扰均有明显改善, 能够提高支气管动脉CTA扫描的图像质量。

【关键词】 支气管动脉; 团注追踪技术; 对比剂; 延迟时间。

【中图分类号】 R562.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 江苏大学临床医学科技

发展基金(JLY2021082);

徐州市重点研发计划(社会发展-医药卫生面上项目)(KC23229);

2022年度盐城市重点研发计划(社会发展)指导性项目(YCBE202210)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.012

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.012

Application of Bolus Tracking Trigger Scanning Technique in Bronchial Artery CTA Examination*

YAO Da-peng¹, SUN Cun-jie², XUE Xiu-qing^{3,4}, LI Xiao-feng^{1,*}.

1. Department of Radiology, Xuzhou Hospital Affiliated to Jiangsu University, Xuzhou 221005, Jiangsu Province, China

2. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221006, Jiangsu Province, China

3. Yancheng Clinical College of Xuzhou Medical University, Yancheng 224005, Jiangsu Province, China

4. Department of Nuclear Medicine, Yancheng NO.1 People's Hospital, Yancheng 224005, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective to investigate the effect of different delay time on CTA image quality of bronchial artery after bolus tracking trigger scan. **Methods** the bronchial artery CTA images of 60 patients in Xuzhou Hospital affiliated to Jiangsu University from January 2021 to June 2022 were analyzed retrospectively. The minimum delay time scan (7.6 seconds) after trigger was set as the control group, and the scan started at 12.6 seconds after trigger as the observation group. The images of descending aorta and bronchial artery of the two groups were observed, and the differences of image quality, artifacts and interference between the two groups were compared, and the differences of the net increment of CT values of superior vena cava, pulmonary artery, descending aorta and the beginning of bronchial artery between the two groups were compared. **Results** the CT values of superior vena cava, pulmonary artery, aorta at the level of tracheal bifurcation and the beginning of bronchial artery in the control group and observation group were $271.00 \pm 74.51\text{HU}$ and $189.87 \pm 58.33\text{HU}$ ($P < 0.001$), $223.40 \pm 59.26\text{HU}$ and $168.30 \pm 39.18\text{HU}$ ($P < 0.001$), $318.77 \pm 32.53\text{HU}$ and $341.1737.50\text{HU}$ ($P = 0.016$), $318.77 \pm 30.96\text{HU}$ and $351.0334.65\text{HU}$ ($P < 0.001$), respectively. The subjective image quality grades of the patients in the control group and the observation group were 3(2.75,3) and 4(3,4), respectively. The image quality of the observation group was significantly higher than that of the control group ($P < 0.001$). **Conclusion** different delay time of bolus tracking trigger scanning technique affects the imaging quality of bronchial artery CTA. The CT value at the beginning of bronchial artery and the interference of vena cava, pulmonary artery and pulmonary vein to bronchial artery were significantly improved at 12.6 seconds after trigger, which could improve the image quality of bronchial artery CTA scanning.

Keywords: Bronchial Artery; Bolus Tracking Trigger Scan; Contrast Agent; Delay Time.

咯血及中晚期肺癌均是临床上的常见疾病。对于咯血患者而言, 支气管动脉(bronchial artery, BA)是咯血的主要供血动脉, 支气管动脉的介入治疗是咯血患者的主要治疗方案^[1]; 同时, 寻找供血支气管动脉也是中晚期肺癌介入治疗成败的关键之一^[2-5]。支气管动脉细小的管径、较多的解剖变异增加了支气管动脉介入治疗的难度^[6], 故临床上常使用支气管动脉CTA图像对咯血或肺肿瘤患者进行介入术前评估^[7]。虽然支气管动脉CTA可以为介入手术治疗提供良好的术前指导, 且对异位起源的支气管动脉也有较大的意义^[8-9], 但优秀的支气管动脉CTA图像获得比较困难。目前既往研究主要关注不同阈值或者不同位置触发扫描对支气管动脉CTA图像的影响^[2,10], 团注追踪触发扫描触发后不同延迟时间对支气管动脉CTA图像质量的影响尚不明确。本研究旨在探讨团注追踪触发扫描技术延迟时间对支气管动脉CTA成像质量的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析江苏大学附属徐州医院2021年1月到2022年6月共60名患者的支气管动脉CTA图像, 其中男性38例, 女性22例, 年龄为 61.45 ± 10.24 岁, 将其中触发后使用最短延迟时间扫描(7.6秒)的检查设为对照组, 触发后12.6秒开始扫描的检查设为观察组。患者增强检查前排除禁忌症并且均签署知情同意书。

1.2 检查方法 所有患者使用GE DISCOVERY 750HD 能谱宝石CT进行扫描, 患者取仰卧位, 双手交叉抱头, 采用20G套管针, 经右侧肘正中静脉采用高压注射器注入非离子造影剂碘海醇350mgI/mL(GE Healthcare; 批号16603171)。所有患者均使用团注追踪动态触发方法进行扫描, 对比剂(碘海醇350mgI/mL)使用剂量为 1.0mL/kg , 注射速率 4mL/s , 监测点设在支气管分叉水平降主动脉内, ROI大小为降主动脉管径的 $1/3$ 大小, 触发阈值为90HU。均为吸气后屏气扫描, 扫描范围为肺尖至膈肌, 头足方向。能谱GSI扫描参数: 管电压为GSI, 管电流375 mA, 重建层厚 0.625mm , 螺距 0.984 , DFOV 36cm, 球管旋转速度 0.6 s/rot 。所有图像均使用60keV单能量重建, 检查结束传输至AW4.7后处理工作站进行进一步处理。

1.3 图像评价 主观评价: 由2位10年以上工作经历的影像诊断医师对每个图像质量进行评分, 如果意见不一致请上级医师会诊后作为最终结论。分别比较患者增强后降主动

【第一作者】姚大鹏, 男, 主管技师, 主要研究方向: 医学影像技术。E-mail: ydp3007@163.com

【通讯作者】李晓峰, 男, 副主任医师, 主要研究方向: 分子影像。E-mail: lxf5818@163.com

脉及支气管动脉图像，将图像质量差异、伪影、是否存在干扰等情况进行汇总分析。采用4分法^[2]对图像进行分析评价，对两组病例图像质量进行分级。主观图像分级标准：BA MPR及MIP起始部、肺内段、纵隔段显示清晰，腔静脉污染轻或无的图像为4分；BA起始部及纵隔段显示清晰，肺内段未见显示或显示不清，上腔静脉污染较轻，无硬化线束伪影或伪影不影响诊断的图像为3分；仅能显示BA起始部，纵隔段、肺内段未见显示，腔静脉污染的硬化线束伪影较大的图像为2分；BA起始部、纵隔段及肺内段均未显示，上腔静脉污染严重的图像为1分。4分图像质量最优，1分图像质量最差。

客观评价：在横轴位图像上，测量各组支气管分叉的水平降主动脉、肺动脉主干、支气管动脉起始部和上腔静脉的平扫和增强扫描的CT值，通过计算CT值的净增值来评估图像结果。CT值的净增值是指同一位置上增强扫描的CT值减去平扫的CT值。由于支气管动脉较为细小，在平扫图像中难以清晰显示，因此以降主动脉的平扫CT值代替支气管动脉的平扫CT值，用于计算增强后支气管动脉的CT值净增值^[10]。在测量过程中，应尽量避免测量范围内存在钙化，并确保增强前后测量CT值的层面保持一致。所有感兴趣区域的选取应为标准圆形，面积为(100±4)mm²。

1.4 统计学方法 应用Graphpad prism6.0统计学软件进行数据分析。计数资料比较采用卡方检验；计量资料符合正态分布，以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，组间均数比较采用独立样本t检验；非正态分布的计量资料以中位数(四分位间距)[M(P₂₅, P₇₅)]表示，采用Mann-Whitney检验比较两组扫描时间和评分差异。以P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料 年龄、性别及CT阳性结果差异均无统计学意义(P>0.05)，见表1。

2.2 客观评价结果 增强后支气管分叉水平降主动脉CT值净增值两组之间差异有统计学意义(P=0.016)、支气管动脉起始部CT值净增值两组之间差异有统计学意义(P<0.001)，肺动脉主干CT值净增值两组之间差异有统计学意义(P<0.001)，上腔静脉CT值净增值两组之间差异有统计学意义(P<0.001)，见表2。

2.3 图像主观评价结果 两组支气管动脉CTA图像质量评分组间差异有统计学意义(P<0.05)，见表3。

研究发现观察组数据除了支气管动脉起始部CT值和图像质量更理想之外，腔静脉、肺动脉、肺静脉对支气管动脉的干扰也有明显改善，见图1~4。

表1 两组患者的一般资料和诊断阳性结果比较

组别	例数	男/女[例(%)]	年龄(岁)	CT诊断结果阳性[例(%)]
对照组	30	18(60)/12(40)	62.1±9.0	22(73.33)
观察组	30	20(66.67)/10(33.33)	60.8±11.4	23(76.67)
χ^2/t 值		0.536	0.488*	0.298
P值		0.592	0.627*	0.765

注：*为t检验。

表3 两组患者图像质量客观评分比较[例(%)]

组别	例数	4分	3分	2分	1分
对照组	30	5(16.67)	18(60)	7(23.33)	0(0)
观察组	30	17(56.67)	12(40)	1(3.33)	0(0)
P值			<0.001		

表2 两组患者的各测量位置CT值比较

组别	例数	上腔静脉CT值	肺动脉CT值	气管分叉水平主动脉CT值	支气管动脉起始处CT值
对照组	30	271.00±74.51	223.40±59.26	318.77±32.53	318.77±30.96
观察组	30	189.87±58.33	168.30±39.18	341.17±37.50	351.03±34.65
t值		4.696	4.251	2.471	3.803
P值		<0.001	<0.001	0.016	<0.001

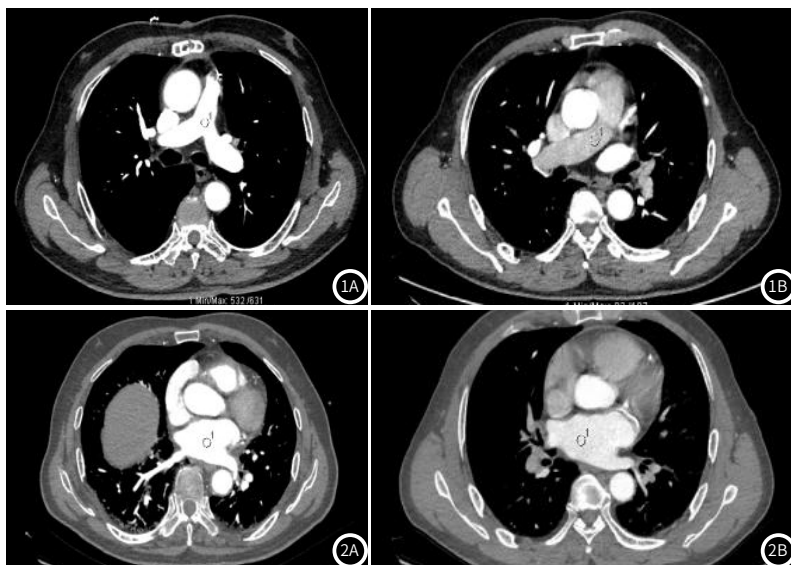


图1 肺动脉CT值观察组b(139HU)明显低于对照组a(571HU)。
图2 肺静脉CT值观察组b(356HU)明显低于对照组a(627HU)。

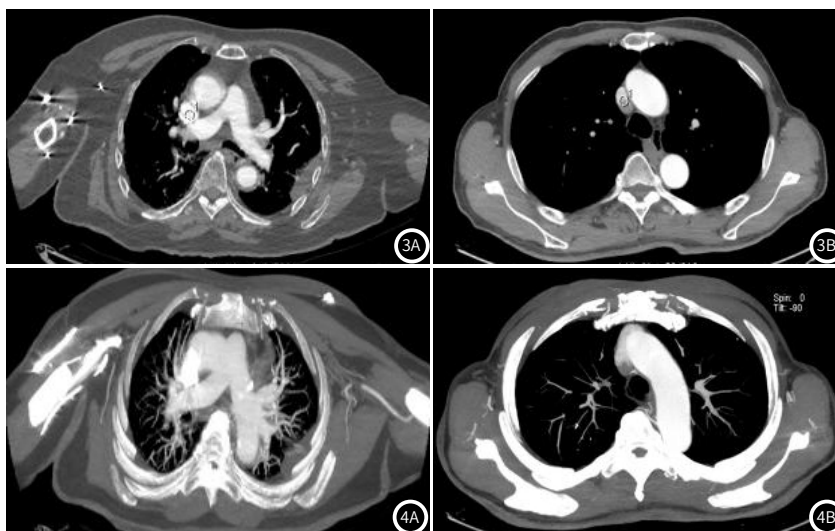


图3 观察组b的上腔静脉污染较于对照组a改善明显。
图4 对照组b支气管动脉(箭头示)显示优于观察组a。

3 讨论

支气管动脉CTA扫描技术临床应用广泛,使用能谱较低能级的单能量重建、适度增加碘注射流率以及进行低KVp扫描均对血管显示图像质量有一定程度的提升^[11-13]。团注追踪触发扫描是大多数医院采用的主要方法,选取触发后12.6秒开始扫描对提升支气管动脉CTA图像质量具有重要意义。

由于支气管动脉的细小和其复杂的形态、起源和走向,出色的支气管动脉CTA图像难以获得。因此,许多学者致力于通过增加对比剂剂量、提高碘注射流率、采用能谱较低能级重建和适度降低KVp等方法来提升支气管动脉的对比度,然而,对比剂总量的提高会增加对比剂性肾病的风险^[14-15]。在本研究中,确保了碘注射流率和扫描参数的一致性,旨在研究在使用最佳单能量或低KVp扫描的情况下,通过改变降主动脉阈值触发后的延迟时间,以获得最佳的支气管动脉CTA图像。为了保证最佳对比度,使支气管动脉获得较高的CT值的同时,还需要尽量降低肺动脉、肺静脉和上腔静脉的CT值。

该研究发现,观察组的肺动脉、肺静脉和上腔静脉的CT值净增值明显低于对照组,这种差异具有统计学意义。虽然上腔静脉与支气管动脉距离较远,但当上腔静脉受到严重污染时,产生的硬化线束伪影依然会对目标血管(支气管动脉)造成影响。因此,为了降低上腔静脉对图像的影响,常常采用生理盐水冲刷的方法^[16]。研究过程中发现,提高生理盐水冲刷速度(通常为5mL/s,而常规为3-4mL/s),极大地降低了硬化线束伪影和光子饥饿效应,有效减轻了上腔静脉污染对图像的影响。探讨对比剂注射后,生理盐水冲刷速率与腔静脉污染之间的关系可作为下一步研究的方向。在支气管动脉CTA扫描中,循环时间因个体差异较大而变化,因此需要根据具体情况选择合适的延迟时间,进行个性化参数调整。心功能的优劣也是影响循环时间的重要因素之一,心功能较差患者的最佳期相捕捉较为困难,因此我们可以使用气管分叉下6-8cm层面作为检测面(五腔心层面),以动态观察对比剂在每个心腔和血管中的变化,从而更准确地确定扫描触发时间和延迟时间。

本研究存在下列局限性:首先是样本量不足,这将在后续研究中继续增加样本量。其次影响血管增强变化因素非常多^[17],入组患者年龄为对照组(62.1±9.01)岁、观察组(60.8±11.46)岁,年龄较大,且部分患者有肺癌病史,所以在呼吸配合方面存在一定问题^[18-19],对图像主观评分造成了一定的影响。我们使用主观评价和客观评价相结合的方式,最大程度地将患者配合不佳对实验结果造成的影响降到最低。再者,本研究未探讨对比剂注射后生理盐水冲刷速率与腔静脉污染之间的关系,这将会在后续研究中进一步完善。

使用团注追踪触发扫描技术行支气管动脉CTA扫描时,触发

后12.6秒开始扫描在支气管动脉起始部CT值及腔静脉、肺动脉、肺静脉对支气管动脉的干扰均有明显改善,对提高支气管动脉CTA图像质量具有一定的价值。

参考文献

- [1]符传刚,黄世豪,陈垂文,等. 128层螺旋CT支气管动脉造影技术用于中央型肺癌诊断的临床研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(3): 55-57.
- [2]鲍俊初,邹晓风,林晓彬,等. 不同位置触发扫描对支气管动脉CTA图像质量影响的对比研究[J]. 海南医学, 2022, 33(12): 1570-1573.
- [3]蒋其兵,肖力威,夏梦姣,等. CT血管成像(CTA)在支气管动脉成像中的应用[J]. 现代医用影像学, 2021, 30(12): 2270-2273.
- [4]陆建东,茅旭平,徐向荣,等. 128层螺旋CT支气管动脉三维成像解剖特征及临床意义[J]. 实用医学影像学杂志, 2013, 14(06): 425-427.
- [5]张兵,岳天华,黄健,等. 支气管动脉CT血管成像在支气管动脉栓塞治疗中的作用[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(6): 963-966.
- [6]寇明清,于红,肖湘生. 原发性肺癌支气管动脉CTA造影分析[J]. 华南国防医学杂志, 2014, 28(06): 567-569.
- [7]刘海峰,张东友,高小玲,等. 支气管动脉CT血管成像与气管三维重建技术对咯血介入治疗的价值[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(4): 541-543.
- [8]屈长征,刘经武,吴廷创,等. 术前支气管动脉CTA在大咯血支气管动脉栓塞治疗中的临床价值[J]. 当代医学, 2020, 26(17): 32-34.
- [9]江文婷,刘建军,占波. 肺动脉、支气管动脉双期CT血管成像在咯血诊断中的应用[J]. 中国当代医药, 2020, 27(35): 156-159.
- [10]钟井松,胡春洪. 团注追踪触发扫描技术支气管动脉CT血管造影触发阈值的优化[J]. 中国CT和MRI杂志, 2014, 12(09): 89-91, 96.
- [11]陈晓宇,孙厚长,赵添,等. 高流量对比剂注射速率下CTA对支气管动脉源性咯血栓塞治疗的价值[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(04): 593-596, 606.
- [12]游永春,李万江,钟思华,等. AIIR重建算法对70 kVp低管电压扫描主动脉CTA图像质量影响的研究[J]. 中国医疗设备, 2021, 36(10): 75-79.
- [13]Huang X, Gao SZ, Ma Y, et al. The optimal monoenergiespectral image level of coronary computed tomography (CT) angiography on a dual-layer spectral detector CT with halfdose contrast media[J]. Quant Imaging Med Surg, 2020, 10(3): 592-603.
- [14]Liu Y, Liang X, Xin S, Liu J, et al. Risk factors for contrast-induced acute kidney injury (CI-AKI): protocol for systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2019 Aug 15; 9(8): e030048.
- [15]Ricarda H, Matthias E, Ralf G, et al. CT angiography of the aorta: contrast timing by using a fixed versus a patient-specific trigger delay[J]. Radiology, 2019, 291(2): 531-538.
- [16]傅贤方,胡海菁,徐里纯,等. 个体化大剂量高速率生理盐水在头颈部CTA降低入路静脉伪影的可行性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(12): 47-49.
- [17]Marco R, Anoeska D, Marisa L, et al. Impact of iodine concentration and iodine delivery rate on contrast enhancement in coronary CT angiography: a randomized multicenter trial (CT-CON) [J]. Eur Radiol, 2019, 29(11): 6109-6118.
- [18]杨菊菊,徐志巧. 化疗基础上加以经气管镜微创介入治疗对中心型肺癌患者临床症状改善情况及生活质量的影响[J]. 罕见病杂志, 2023, 30(7): 29-31.
- [19]申晓娟,张一红,王修霞,等. 全程优质护理对肺癌手术患者疼痛程度、生活质量的影响[J]. 罕见病杂志, 2024, 31(2): 130-131, 136.

(收稿日期: 2024-06-26)

(校对编辑: 赵望淇)