



不同触发阈值对肺动脉CTA图像质量影响的研究

王永胜, 杨磊清, 杨怡帆, 裴青霞, 王晨思, 鲁梦云, 何俊林, 陈文静, 田香宝

The Effect of Different Trigger Thresholds on the Quality of Pulmonary Artery CT Angiography Images

WANG Yongsheng, YANG Leiqing, YANG Yifan, PEI Qingxia, WANG Chensi, LU Mengyun, HE Junlin, CHEN Wenjing, and TIAN Xiangbao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2023.121>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

胸部增强CT扫描触发阈值在肺癌鉴别诊断中的应用

Application of Trigger Threshold on Chest Enhanced CT Scan in Differential Diagnosis of Lung Cancer

CT理论与应用研究. 2020, 29(3): 337–346

个性化造影剂注射方案在提升肺动脉CTA生物应用安全性的价值研究

Study on the Value of Individualized Contrast Agent Injection Scheme in Improving the Biosafety of Pulmonary Artery CTA

CT理论与应用研究. 2021, 30(6): 777–783

冠状动脉CTA在冠状动脉-肺动脉瘘中诊断价值的回顾性研究

Coronary Artery CT Angiography in Coronary-pulmonary Fistula: A Retrospective Study

CT理论与应用研究. 2017, 26(4): 519–524

低剂量对比剂联合低监测阈值在头颈部CTA中的应用

To Investigate the Application of Low-dose Contrast Agent Combined with Low Monitoring Threshold in CTA of the Head and Neck

CT理论与应用研究. 2019, 28(4): 455–461

能谱CT最佳单能量技术优化头颈部CTA图像质量的研究

Spectral CT with Optimal Monochromatic Energy to Improve CTA Image Quality of Head and Neck

CT理论与应用研究. 2018, 27(6): 719–726

基于CT和MRI的大鼠慢性肺动脉高压模型评价分析

Evaluation and Analysis of Chronic Pulmonary Hypertension Model of Rats Based on CT and MRI

CT理论与应用研究. 2017, 26(6): 679–687



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

王永胜, 杨磊清, 杨怡帆, 等. 不同触发阈值对肺动脉 CTA 图像质量影响的研究[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(2): 175-181. DOI:10.15953/j.ctta.2023.121.

WANG Y S, YANG L Q, YANG Y F, et al. The Effect of Different Trigger Thresholds on the Quality of Pulmonary Artery CT Angiography Images[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(2): 175-181. DOI:10.15953/j.ctta.2023.121. (in Chinese).

不同触发阈值对肺动脉 CTA 图像质量影响的研究

王永胜, 杨磊清[✉], 杨怡帆, 裴青霞, 王晨思,
鲁梦云, 何俊林, 陈文静[✉], 田香宝

上海市金山区亭林医院放射科, 上海 201505

摘要: 目的: 研究不同触发阈值对肺动脉 CTA 图像质量的影响。资料与方法: 前瞻性纳入上海市金山区亭林医院 2021 年 12 月至 2023 年 4 月临床怀疑肺动脉栓塞的患者 112 例作为研究对象, 其中男性 49 例, 女性 63 例, 年龄在 37~93 岁, 平均年龄为 64.28 岁。根据触发阈值不同分成 3 组, 将患者分配到 A、B、C 3 组, A 组触发阈值为 120HU 共 38 例、B 组触发阈值为 200HU 共 37 例、C 组触发阈值为 250HU 共 37 例, 3 组间性别、年龄、身高、体重差异无统计学意义。采用单因素 ANOVA 检验, 比较 3 组间的上腔静脉、肺动脉主干及左右肺动脉、右肺静脉的 CT 值以及图像质量主观评分。结果: 3 组间肺动脉主干及左右肺动脉 CT 值无统计学差异, 上腔静脉、右肺静脉 CT 值有统计学差异; 3 组间的图像质量主观评分有统计学差异; 两名医师间对所得图像质量主观评价的一致性结果为高度一致, Kappa = 0.78。结论: 肺动脉 CTA 触发阈值在 200HU, 2s 后启动扫描时, 既能保证肺动脉主干 CT 值的浓度, 满足临床诊断, 又保证对比剂充分的灌注到 5~6 级分支, 上腔静脉滞留少, 肺静脉显影淡, 肺动脉 CTA 的图像质量最佳。

关键词: 肺动脉 CTA; 触发阈值; 图像质量

DOI:10.15953/j.ctta.2023.121 中图分类号: R814 文献标识码: A

肺动脉 CTA 作为一种无创血管成像技术, 在诊断肺动脉栓塞、观察血管解剖具有较高的敏感度和准确度^[1-2], 是目前公认的诊断肺动脉栓塞的金标准。其中团注追踪法是肺动脉 CTA 最有效、最常用的检查方式^[3-4], 由于肺动脉不同于体循环, 除了受对比剂注射速率、对比剂剂量及对比剂浓度的影响, 其还受到个体的身高、体重、肺动脉血流速度、右心泵血功能、呼吸等^[5-6]多种因素的影响, 想要得到理想的肺动脉 CTA 图像, 关键在于把握准确的扫描时间窗。因此, 在团注追踪时如何选择适当触发阈值非常关键。

本文前瞻性纳入上海市金山区亭林医院肺动脉 CTA 共 112 例, 观察不同触发阈值下对肺动脉 CTA 图像质量的影响, 旨在选取最佳的触发阈值。

1 材料和方法

1.1 一般资料

前瞻性纳入上海市金山区亭林医院 2021 年 12 月至 2023 年 4 月临床怀疑肺动脉栓塞的患者 112 例作为研究对象, 其中男性 49 例, 女性 63 例, 年龄在 37~93 岁, 平均年龄为 64.28 岁。根据不同触发阈值随机将患者分配到 A、B、C 3 组中, A 组触发阈值为 120HU 共 38 例、B 组触发阈值为 200HU 共 37 例、C 组触发阈值为 250HU 共 37 例。3 组间性别、年龄、身高、体重差异无统计学意义 (表 1), 可以比较。

纳入标准: ① 临床怀疑肺栓塞患者; ② 能顺利完成检查者。排除标准: ① 碘过敏患者; ② 严

收稿日期: 2023-06-05。

基金项目: 上海市金山区卫健委基金 (个性化造影剂注射方案在提升肺动脉 CTA 生物应用安全性的价值研究 (JSKJ-KTMS-2021-01))。

重的肾功能衰竭；③严重心衰不能平卧者；④怀孕8~15周的妇女；⑤各种原因不能配合完成检查者。

表1 3组不同触发阈值的一般情况比较
Table 1 Comparison of patient demographics across three different trigger thresholds

项目	组别			统计检验	
	A组	B组	C组	F	P
男/女	15/22	14/23	20/18	0.89	0.43
年龄/岁	62.82 ± 12.48	65.95 ± 12.83	64.81 ± 18.86	5.06	0.06
身高/mm	166.07 ± 9.57	163.94 ± 7.61	164.48 ± 11.03	1.24	0.39
体重/kg	68.08 ± 14.63	64.09 ± 13.75	60.57 ± 16.67	1.35	0.17
肺栓塞(阳性/阴性)	8/29	7/30	16/22	2.68	0.07

上述患者均通过医院伦理委员会的批准然后告知患者及家属存在的风险因素，并签署知情同意书后方可进行检查。

1.2 机器设备、对比剂和检查方法

联影 uCT760-64 排螺旋 CT 及其联影配套工作站，美德瑞达 Salient (DC009DW) 双筒高压注射器。对比剂选用 350 mgI/mL 碘海醇注射液 (扬子江药业)。患者取仰卧位，双手上举交叉置于前额部，右侧肘静脉埋置 18 号静脉套管针。

扫描范围从肺尖扫描至肺底部。注射方案：20 mL 生理盐水 + 45 mL 对比剂 + 30 mL 生理盐水，注射速率均为 4.5 mL/s^[7-8]。ROI 置于肺动脉根部，注射造影剂 6 s 后开始检测扫描，检测时间间隔为 1 s，触发阈值根据分组分别为 120、200 和 250 HU，阈值触发后 2 s 开始启动扫描。扫描螺距均为 1.25，层厚 5.0 mm，层间距 5.0 mm；增强后重建层厚为 1.25 mm，重建层间距 1.25 mm。在工作站上做出三维 VR、MIP 及 MPR 图像。

1.3 评判标准

客观评判：分别测量上腔静脉、肺动脉主干及左右肺动脉、右肺静脉的 CT 值作为客观依据进行分析。

主观评分：采用双盲 5 分值 + 附加减分法^[2,7]，由两位高年资主治医师对 3 组患者所得到的 CT 横断面图像、VR、MIP 以及 MPR 图像进行综合评分。5 分，肺动脉清晰，与周围组织界限清晰可辨，可以显示肺动脉第 5~6 级血管属支；4 分，肺动脉清晰，与周围组织界限清晰可辨，可以显示肺动脉第 4~5 级血管属支；3 分，肺动脉清晰，与周围组织界限清晰可辨，可以显示肺动脉第 3~4 级血管属支；2 分，肺动脉显示较差，与周围组织对比较差，仅以显示肺动脉第 1~2 级血管属支；1 分，肺动脉显示模糊，与周围组织界限不清，仅显示肺动脉主干。

附加减分项：上腔静脉大量对比剂滞留产生线束硬化伪影干扰，-1 分；肺静脉显影密度高，接近或超过肺动脉，干扰到肺动脉阅读，-1 分。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 19.0 软件对所得数据进行统计学分析。采用单因素 ANOVA 检验，比较 3 组间的上腔静脉、肺动脉主干及左右肺动脉、右肺静脉 CT 值；3 组间的图像质量主观的综合评分。以 $P < 0.05$ 为具有统计学意义。

采用 Kappa 检验评价两名主治医师间对所得图像质量主观评价的一致性，0.0~0.20 为一致性极低、0.21~0.40 为一致性一般、0.41~0.60 为的一致性中等、0.61~0.80 为高度一致、0.81~1 为完全一致。

2 结果

2.1 CT 值对比

3 组上腔静脉、肺动脉主干、右肺动脉、左肺动脉、右肺静脉 CT 值对比(表 2)。采用单因素 ANOVA 检验 3 组数据, 3 组间的肺动脉主干、右肺动脉、左肺动脉 CT 值比较接近, 无统计学差异。

表 2 3 组不同触发阈值的图像质量比较
Table 2 comparison of image quality across three different trigger thresholds

指标	组别			统计检验	
	A 组	B 组	C 组	F	P
肺动脉主干 CT 值	360.34 ± 104.74	356.63 ± 107.18	344.30 ± 131.03	0.20	0.82
左肺动脉 CT 值	333.53 ± 95.67	349.38 ± 103.52	334.86 ± 120.09	0.23	0.80
右肺动脉 CT 值	334.00 ± 90.65	348.84 ± 101.81	348.46 ± 121.14	0.24	0.79
上腔静脉 CT 值	701.08 ± 434.61	594.09 ± 433.70	440.57 ± 263.67	4.35	0.02
右肺静脉 CT 值	184.82 ± 77.27	226.50 ± 66.95	252.05 ± 71.64	8.25	0.00
图像主观评分	3.82 ± 0.80	4.47 ± 0.76	4.05 ± 0.97	5.17	0.01

3 组间的上腔静脉、右肺静脉 CT 值比价有统计学差异。上腔静脉随触发阈值的提升而降低, 而右肺静脉 CT 值随触发阈值的升高而下降。

2.2 图像质量主观评分比较

3 组间的图像质量主观评分比较。A 组: 3.82 ± 0.80、B 组: 4.47 ± 0.76、C 组: 4.05 ± 0.97。3 组间的图像质量主观评分有统计学差异, B 组 > C 组 > A 组, 以 B 组触发阈值为 200 HU 时, 评分最高。

2.3 肺动脉 CTA 阳性率及评价一致性比较

本组 112 例肺动脉 CTA 共检出肺动脉栓塞 31 例, 采用单因素 ANOVA 检验 3 组间肺栓塞阳性率无统计差异(表 2); 采用 Kappa 检验评价两名医师间对所得 112 例图像质量主观评价的一致性结果为高度一致, Kappa = 0.78。

3 讨论

肺动脉 CTA 是被公认的诊断肺动脉栓塞的金标准^[9]。高质量的肺动脉 CTA 图像不仅能提高肺栓塞的检出率, 同时也能增强医师诊断信心, 提升其诊断效能^[10-11]。目前肺动脉 CTA 的检查方式有 3 种, 第 1 种是经验法, 即设置固定时间内启动扫描, 其成像质量不稳定, 目前已经逐步被淘汰。第 2 种是小剂量团注测试法, 虽然成像质量较高, 但其检查操作复杂, 同时对对比剂使用量多, 检查时产生的辐射剂量也高于其他方式^[12]。第 3 种是团注追踪法, 其操作方法简单, 对比剂使用量小, 辐射剂量少, 图像质量可靠, 是目前临床上最常用的检查方式^[1,6,13]。但是, 想得到非常理想的肺动脉 CTA 图像也并非易事, 主要原因是肺循环时间短, 而且受到个体因素影响较大, 不同患者的肺循环达峰时间均有差异。如果扫描启动时间过早易造成对比剂在肺动脉干显影较淡, 或不能充分灌注到 5~6 级分支血管, 同时上腔静脉高浓度对比剂滞留, 产生的线束硬化伪影影响右肺动脉干附壁血栓的观察^[6,9,14]; 启动扫描过迟则造成肺静脉显影浓度高, 干扰肺动脉的读取; 因此选择适当的触发阈值来抓取合理的检查时间窗非常重要^[6]。

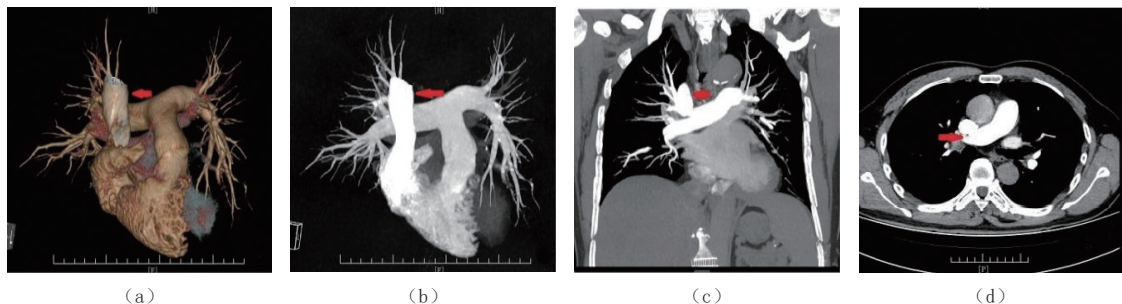
在选择触发具体阈值时国内外学者均存在较大争议, 多数学者认为触发阈值在 80~150 HU 间最合理^[5]。奚佳汇^[4]认为使用高于基线 20 HU 的低触发阈值, 即触发阈值在 70~80 HU 间, 可获取高质量的肺动脉 CTA 图像, 其文中也承认所选各组病例并非都能得到理想的图像; 曾玉平等^[5]认为的触发阈值设置在 100 HU 时图像质量最佳, 但是对于患者出现心影明显增大、右心功能不全、肺动脉高压

等情况, 应适当提高设定阈值才能获得优质图像; Palm 等^[3]认为, 触发阈值应高出主肺动脉基线 100 HU 之后开始扫描, 即触发阈值在 150~160 HU 左右, 文中也提及检查时会出现上腔静脉造影剂滞留以及肺静脉显影现象。

综上所述, 之前的国内外多数学者的研究都存在一个倾向, 就是认为选择较低的触发阈值可以取得较高质量的肺动脉 CTA 图像^[3-5, 15]。实际上, 上述研究都基于这样一个现实, 就是由于受到 CT 机型条件限制, 后延迟时间较长, 达到触发阈值还要延迟一段时间才能进行扫描^[15]。一般各个机型不同, 所设延迟时间也各不相同, 国内外报道大多为 4~7.5 s 不等^[3-5, 15-16]。奚佳汇^[4]认为触发阈值在 70~80 HU 间, 后延迟时间在 3 s; 曾玉平等^[5]认为的触发阈值设置在 100 HU, 后延迟时间为 9~11 s; Palm 等^[3]的研究触发阈值在 150~160 HU 左右, 后延迟时间为 5 s。

随着 CT 技术的不断发展, 后延迟时间也不断在缩短, 达到目标阈值后可以在较短时间完成全肺动脉容积扫描, 这样我们就可以实现以目标阈值做为触发阈值^[13], 以较短的后延迟时间 (2 s) 就可以抓取到肺目标阈值, 并在对比剂达峰的时间段内完成扫描^[14], 以取得高质量的肺动脉 CTA 图像。目前, 可以肯定的是国内外许多研究均认为, 肺动脉主干及左右肺动脉的 CT 值需达到 200~250 HU 就可满足诊断^[7, 17-18]。

在正常情况下, 肺动脉 CTA 触发阈值达到 80~150 HU 后, 4 s 启动扫描, 由于肺循环时间在延迟 3~4 s 后肺动脉 CT 值是能达到预期目标。但是对比剂经肘静脉注入后到达肺动脉的峰值时间, 除受个体的身高、臂长、体重的差异的影响外, 还受右心功能以及肺动脉压力等的影响^[10, 14, 19-20], 特别在肺动脉主干栓塞、右心功能不全、肺动脉瓣膜病变、肺动脉高压等情况下, 血流速度慢, 需要时间会更长, 对比剂不能快速充盈肺动脉主干, 并灌注到 5~6 级分支血管^[5-6, 16], 同时上腔静脉高浓度对比剂剂滞留产生的线束硬化伪影, 影响右肺动脉干附壁血栓的观察, 导致漏诊误诊 (图 1)。



注: (a)~(d)患者体重 65 kg, 使用对比剂为 45 mL, 注射流速为 4.5 mL/s, 触发阈值为 120 HU, 肺动脉显示清晰, 与周围组织界限清晰可辨, 可以显示肺动脉第 5~6 级血管属支, 5 分; 上腔静脉大量滞留并见少许放射状伪影 (红箭头所指), 干扰右肺动脉, -1 分。综合评价: 4 分。

图 1 触发阈值为 120 HU 的 VR、MIP、MPR 及横断位图

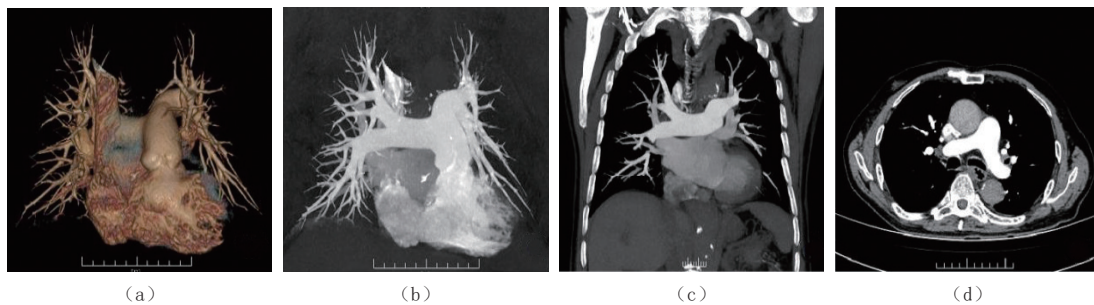
Fig.1 Trigger VR, MIP, MPR, and cross-sectional bitmaps with a threshold of 120 HU

而适当调高触发阈值达到 200 HU 时, 2 s 后启动扫描, 既能保证肺动脉主干 CT 值的浓度, 满足临床诊断, 又可以保证对比剂充分灌注到肺动脉 5~6 级分支, 上腔静脉滞留少, 虽然肺静脉显影, 但是仍然较淡 (图 2), 并不影响肺动脉观察, 总体上是满足了临床需求, 提高了肺动脉 CTA 的图像质量。本研究中 B 组 37 例病例中, 肺动脉主干 CT 值为 (356.63 ± 107.18) HU、右肺动脉 CT 值为 (349.38 ± 103.52) HU、左肺动脉 CT 值为 (348.84 ± 101.81) HU, 肺动脉 5~6 分支显影理想, 而上腔静脉平均 CT 值为 594.09, 尚不形成线束硬化伪影, 右肺静脉 CT 值较淡显影, 为 226.50 HU, 主观综合评分最高。

但是继续提高触发阈值到 250 HU, 2 s 后启动扫描时, 虽然对比剂能够充分的灌注到肺动脉 5~6 级分支, 上腔静脉滞留更少, 但是肺静脉显影浓度增加, 会干扰到肺动脉的观察。本 C 组右肺静脉的 CT 值达到 (252.05 ± 71.64) , 对肺动脉末梢细小血栓的判断有干扰 (图 3)。

综上所述, 肺动脉 CTA 触发阈值在 200 HU, 2 s 后启动扫描时, 既能保证肺动脉主干 CT 值的浓

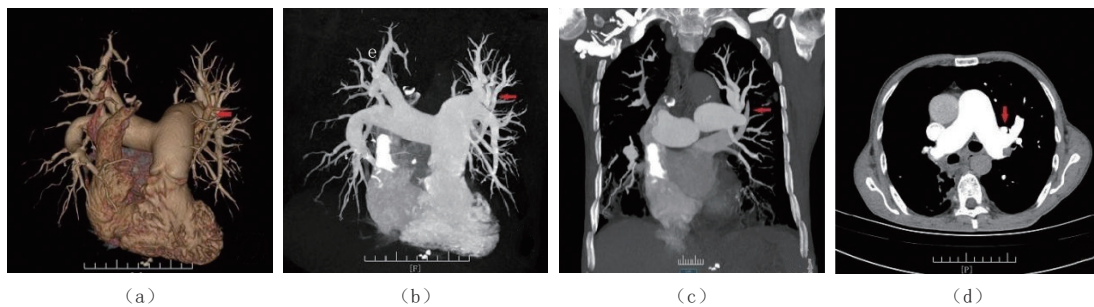
度，满足临床诊断，又保证对比剂充分地灌注到 5~6 级分支，上腔静脉滞留少，肺静脉显影淡，肺动脉 CTA 的图像质量最佳。



注：(a)~(d)患者体重 65 kg，使用对比剂为 45 mL，注射流速为 4.5 mL/s，触发阈值为 200 HU，肺动脉显示清晰，与周围组织界限清晰可辨，可以显示肺动脉第 5~6 级血管分支，5 分。上腔静脉滞留少，未见少许放射状伪影，肺静脉淡，不干扰读片。综合评分：5 分。

图 2 触发阈值为 200 HU 的 VR、MIP、MPR 及横断位图

Fig. 2 Trigger VR, MIP, MPR, and cross-sectional bitmaps with a threshold of 200 HU



注：(a)~(d)患者体重 64 kg，使用对比剂为 45 mL，注射流速为 4.5 mL/s，触发阈值为 250 HU，肺动脉显示清晰，与周围组织界限清晰可辨，可以显示肺动脉第 5~6 级血管分支，5 分；肺静脉显影密度高(红箭头所指)，密度接近肺动脉，干扰肺动脉，-1 分。综合评分：4 分。

图 3 触发阈值为 250 HU 的 VR、MIP、MPR 及横断位图

Fig. 3 Trigger VR, MIP, MPR, and cross-sectional bitmaps with a threshold of 250 HU

本组研究尚存在一定的不足：① 本组研究样本量较小并且为单中心研究，在主观评分上可能存在个体偏好，因此仍需进一步扩大样本量和组织多中心研究，以进一步研究证实本研究的有效性；② 由于在本次研究设计中，分组间的触发阈值的跨度较大，在接下来的研究中逐步缩小阈值间的间距，如间距为 20 HU，可进一步精确触发阈值的具体数字；③ 同时本次缺乏个性化设计，特别在肺主干栓塞、右心功能不全者、肺动脉高压等情况下，可借助心脏超声检查肺动脉压力和右心射血分数，来满足不同患者的个性化要求。

参考文献

- [1] KONSTANTINIDES S V, MEYER G, BECATTINI C, et al. 2019 ESC guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS)[J]. *European Heart Journal*, 2020, 41(4): 543-603. DOI:10.1093/eurheartj/ehz405.
- [2] 罗立峰, 田丰, 王俊鹏, 等. 应用低剂量对比剂肺动脉 CTA 成像检查肺动脉栓塞的可行性研究[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(1): 79-81. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.01.025.
LUO L F, TIAN F, WANG J P, et al. Feasibility study of pulmonary artery CTA imaging with low-dose contrast agent for pulmonary embolism[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2022, 20(1): 79-81. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.01.025. (in Chinese).
- [3] PALM V, RENGIER F, RAJIAH P, et al. Acute pulmonary embolism: Imaging techniques, findings, endovascular treatment and differential diagnoses[J]. *RoFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin*, 2020, 192(1): 38-49. DOI:10.1055/a-0900-4200.

- [4] 奚佳汇. 肺动脉 CT 团注追踪技术优化扫描方案[J]. *现代医用影像学*, 2020, 29(9): 1611-1614. DOI:10.3969/j.issn.1006-7035.2020.09.010.
XI J H. Pulmonary artery CTA bolus tracking technology optimizes scanning plan[J]. *Modern Medical Imaging*, 2020, 29(9): 1611-1614. DOI:10.3969/j.issn.1006-7035.2020.09.010. (in Chinese).
- [5] 曾玉平, 陈观尚, 龙世亮, 等. 64 层螺旋 CT 在肺动脉 CT 血管成像中自动跟踪触发扫描阈值的选择分析[J]. *中国临床新医学*, 2017, 10(2): 148-152. DOI:10.3969/j.issn.1674-3806.2017.02.16.
ZENG Y P, CHEN G S, LONG S L, et al. The option of automatic tracking triggers scanning threshold value of 64-slice spiral CT in pulmonary angiography[J]. *Chinese Journal of New Clinical Medicine*, 2017, 10(2): 148-152. DOI:10.3969/j.issn.1674-3806.2017.02.16. (in Chinese).
- [6] 刘曦, 孔令文, 刘翠芳, 等. 基于 CT 肺动脉造影的肺动脉达峰时间影响因素分析和预测模型构建[J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(11): 1178-1182. DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2022.11.019.
LIU X, KONG L W, LIU C F, et al. Analysis of influencing factors and constructing prediction model of time to peak in pulmonary artery based on computed tomography pulmonary angiography[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging*, 2022, 30(11): 1178-1182. DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2022.11.019. (in Chinese).
- [7] 王永胜, 王晨思, 陆浩宇, 等. 个性化造影剂注射方案在提升肺动脉 CTA 生物应用安全性的价值研究[J]. *CT 理论与应用研究*, 2021, 30(6): 777-783. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.06.14.
WANG Y S, WANG C S, LU H Y, et al. Study on the value of individualized contrast agent injection scheme in improving the biosafety of pulmonary artery CTA[J]. *CT Theory and Applications*, 2021, 30(6): 777-783. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.06.14. (in Chinese).
- [8] 鸣鹏. 医学影像技术学 CT 检查技术卷[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 221.
- [9] KAPTEIN F, KROFT L, HAMMERSCHLAG G, et al. Pulmonary infarction in acute pulmonary embolism[J]. *Thrombosis Research*, 2021, 202(5): 162-169.
- [10] 王永胜, 张鹏宇, 李方中, 等. 不同管电压对头颈部 CTA 图像质量影响的研究[J]. *CT 理论与应用研究*, 2022, 31(5): 631-638. DOI:10.15953/j.ctta.2022.026.
WANG Y S, ZHANG P Y, LI F Z, et al. Study on the influence of head and neck CTA image quality under different tube voltages[J]. *CT Theory and Applications*, 2022, 31(5): 631-638. DOI:10.15953/j.ctta.2022.026. (in Chinese).
- [11] 中华医学会放射学分会质量管理与安全管理学组. CT 辐射剂量诊断参考水平专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(11): 817-822. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.11.001.
Quality Management and Safety Management Group, Chinese Society of Radiology, Chinese Medical Association. Expert consensus on reference level of CT radiation dose diagnosis[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2017, 51(11): 817-822. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.11.001. (in Chinese).
- [12] 薛波, 方玉, 尹航, 等. 基于时间-密度曲线的改进的个性化肺动脉 CTA 扫描方案研究[J]. *中国医疗设备*, 2020, 35(2): 86-89. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2020.02.021.
XUE B, FANG Y, YIN H, et al. Study on improved individualized pulmonary artery CTA scanning scheme based on time-density curve[J]. *China Medical Devices*, 2020, 35(2): 86-89. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2020.02.021. (in Chinese).
- [13] JAMALI L, ALIKHANI B, GETZIN T, et al. Arterial attenuation in individualized computed tomography pulmonary angiography injection protocol adjusted based on the patient's body mass index[J]. *Journal of Research in Medical Sciences*, 2020, 25: 94. DOI:https://doi.org/10.1055/a-0900-4200.
- [14] 顾正山, 马燕, 普晓江, 等. 对比剂注射速率的不同对肺动脉 CTA 检查中上腔静脉伪影的影响[J]. *当代医药论丛*, 2022, 20(5): 89-92. DOI:10.3969/j.issn.2095-7629.2022.05.028.
GU Z S, MA Y, PU X J, et al. Different rate of contrast medium injection on pulmonary artery CTA check upper vena cava artifacts[J]. *Contemporary Medical Symposium*, 2022, 20(5): 89-92. DOI:10.3969/j.issn.2095-7629.2022.05.028. (in Chinese).
- [15] 顾庆春, 薛春华, 范晔辉, 等. 64 层螺旋 CT 肺动脉成像触发阈值的合理选择[J]. *医学影像学杂志*, 2015, 25(8): 1370-1376.
GU Q C, XUE C H, FAN Y H, et al. Comparison of different automatic bolus tracking thresholds for 64-slice spiral CT angiography in pulmonary artery[J]. *Journal of Medical Imaging*, 2015, 25(8): 1370-1376. (in Chinese).
- [16] CHATURVEDI A, THOMPSON J P, KAPROTH-JOSLIN K, et al. Identification of left ventricle failure on pulmonary artery CTA: Diagnostic significance of decreased aortic & left ventricle enhancement[J]. *Emergency Radiology*, 2017, 24(5): 1-10. DOI:10.1007/s10140-017-1494-6.
- [17] 张文明, 陈彬, 胡吉波, 等. 比较团注对比剂跟踪技术和小剂量团注测试技术在双能量 CT 肺灌注扫描中的应用[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 10(47): 892-897.
ZHANG W M, CHEN B, HU J B, et al. Comparison of test bolus and bolus tracking techniques for dual-

- energy CT lung perfusion scan[J]. Chinese Journal of Radiology, 2013, 10(47): 892–897. (in Chinese).
- [18] JAMALI L, ALIKHANI B, GETZIN T, et al. Arterial attenuation in individualized computed tomography pulmonary angiography injection protocol adjusted based on the patient's body mass index[J]. *Journal of Research in Medical Sciences*, 2020, 25: 94. DOI:10.4103/jrms.JRMS_690_19.
- [19] 周平, 蔡庆, 沈玉英, 等. 小剂量团注椭圆区域检测对比剂峰值法在肺动脉 CTA 检查中的应用价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2018, 16(12): 59–61. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2018.12.019.
- ZHOU P, CAI P, SHEN Y Y, et al. Application value of contrast agent peak value method for test bolus ellipsometry in pulmonary artery CTA examination[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2018, 16(12): 59–61. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2018.12.019. (in Chinese).
- [20] LISELOTTE V D P, TROMEUR C, FABER L, et al. Chest X-ray not routinely indicated prior to the years algorithm in the diagnostic management of suspected pulmonary embolism[J]. *TH Open*, 2019, 03(1): 22–27. DOI:10.1055/s-0038-1676812.

The Effect of Different Trigger Thresholds on the Quality of Pulmonary Artery CT Angiography Images

WANG Yongsheng, YANG Leiqing[✉], YANG Yifan, PEI Qingxia, WANG Chensi,
LU Mengyun, HE Junlin, CHEN Wenjing[✉], TIAN Xiangbao

Department of Radiology, Tinglin Hospital, Jinshan District, Shanghai 201505, China

Abstract: Objective: To study the effect of different triggering thresholds on the quality of pulmonary artery CT angiography (CTA) images. Materials and Methods: A prospective study included 112 patients with suspected pulmonary embolism admitted to Tinglin Hospital in the Jinshan District of Shanghai between December 2021 to April 2023. Among them, there were 49 males and 63 females aged between 37 and 93 years, with an average age of 64.28 years. Patients were randomly assigned to three groups based on trigger thresholds. Group A included 38 cases with a trigger threshold of 120 HU, Group B included 37 cases with a trigger threshold of 200 HU, and Group C included 37 cases with a trigger threshold of 250 HU. There were no statistically significant differences in gender, age, height, or weight among the three groups. One-way ANOVA was used to compare the CT values and subjective image quality scores of the superior vena cava, main pulmonary artery, left and right pulmonary arteries, and right pulmonary vein among the three groups. Result: There were no statistical differences in the CT values of the main pulmonary artery and left and right pulmonary arteries among the three groups, but there were statistical differences in the CT values of the superior vena cava and right pulmonary vein. There was a statistical difference in the subjective score of image quality among the three groups; the subjective evaluation of the obtained image quality between the two physicians was highly consistent ($\kappa = 0.78$). Conclusion: When the triggering threshold of pulmonary artery CTA is 200 HU, it can not only ensure the concentration of pulmonary artery trunk CT value meets the clinical diagnosis, but also ensures that the contrast agent is fully injected into the 5~6 grade branches, leading to less retention of superior vena cava, weak pulmonary vein development, and the highest image quality of pulmonary artery CTA.

Keywords: pulmonary artery CTA; trigger threshold; image quality



作者简介: 王永胜, 男, 上海市金山区亭林医院放射科主治医师, 研究方向为医学影像诊断学, E-mail: 851231757@qq.com; 杨磊清[✉], 女, 上海市金山区亭林医院主治医师, 主要从事医学影像诊断, E-mail: angaly1q@126.com; 陈文静[✉], 女, 上海市金山区亭林医院放射科主任医师, 研究方向为医学影像诊断学, E-mail: [wenjing333@163.com](mailto:wenjijing333@163.com)。