

• 头颈部影像学 •

16 层螺旋 CT 颈动脉成像:智能触发阈值的合理选择

缪熙音, 周建军, 陈刚, 刘豪, 陆海峰, 曾良斌, 顾君英, 张晓骅, 曾蒙苏

【摘要】 目的:研究不同智能触发监测点阈值条件下的 CTA 扫描效果,以期提高颈动脉 CTA 图像质量。**方法:**60 例病例随机分为 3 组进行检查。3 组监测阈值分别为 80 HU、100 HU、120 HU,监测点选在主动脉弓降部,比较 3 组双侧颈总动脉、颈静脉胸廓入口处(A 点),入口处与分叉处之中点处(B 点),颈总动脉分叉处(C 点)以及颈静脉孔处(D 点)的动静脉强化 CT 值。**结果:**在 3 种监测阈值下,各点的颈动脉强化 CT 值分别是:A 点 287.75~316.70, B 点 338.35~359.30, C 点 334.70~357.65, D 点 316.55~320.40, 无统计学差异($P>0.05$)。各点的颈静脉强化 CT 值分别是:A 点 68.10~104.15, B 点 100.60~169.60, C 点 120.10~216.70, D 点 176.10~247.30, 而 B、C、D 点颈静脉强化 CT 值显示,监测阈值越低,静脉强化 CT 值越小。监测阈值为 80 HU 时的静脉强化显影明显低于 100、120 HU 两组,有统计学差异($P<0.05$)。**结论:**对于 16 层螺旋 CT 而言,以主动脉弓降部为监测点,监测阈值为 80 HU 时,可获得更为理想的颈动脉 CTA 图像。

【关键词】 颈动脉; 体层摄影术, X 线计算机; 阈值

【中图分类号】 R541.4; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)09-0922-04

16 MDCT Angiography of Carotid Arteries: Comparison of Different Automatic Bolus Tracking Thresholds MIAO Xi-ying, ZHOU Jian-jun, CHEN Gang, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, P. R. China.

【Abstract】 Objective: To compare the quality of the images using different thresholds of automatic bolus tracking in multi-row detector CT angiography (MDCTA) of carotid arteries. **Methods:** Sixty patients undergoing MDCTA were randomly allocated to three groups. The automatic bolus tracking thresholds of 80HU, 100HU and 120HU in the descending aorta was used for three groups, respectively. The location of CT value measurements in carotid artery and vein was recorded as follows: the level of proximal common carotid artery (A), carotid bifurcation (C), jugular foramen (D), and the midpoint between A and C (B). **Results:** Using three different thresholds, the CT attenuation of carotid artery in the four regions were A 287.75~316.70, B 338.35~359.30, C 334.70~357.65, D 316.55~320.40 retrospective, there were no statistical difference ($P>0.05$). The CT attenuation of carotid vein in the four regions were A 68.10~104.15, B 100.60~169.60, C 120.10~216.70, D 176.10~247.30. However, the CT values of carotid vein in B, C and D regions tended to be lower with lower tracking threshold. The degree of vein enhancement in the group of 80HU were significantly lower than that of 100HU and 120HU, and has statistical difference ($P<0.05$). **Conclusion:** For MDCTA of carotid arteries, the bolus tracking threshold of 80HU in the descending aorta is preferable.

【Key words】 Carotid artery; Tomography, X-ray computed; Threshold

颈动脉粥样硬化是短暂性脑缺血和缺血性脑中风的主要原因。与其它无损伤性成像相比,CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)在评价动脉粥样硬化方面有显著优势^[1]。越来越多的国外文献认为,颈动脉 CTA 在显示颈动脉的狭窄程度、狭窄长度以及血管内表面有显著优势^[2-4],一些国外医疗中心已将其列为诊断血管性疾病的金标准^[2,5]。

一般认为,智能触发为解决 CTA 扫描延迟时间的最佳手段。但是,当它应用在颈动脉多层螺旋 CT 血管成像(MSCTA)时,却受到明显限制。主要由于

颈静脉回流迅速,难以承受多层螺旋 CT(multi-slice computed tomography angiography, MSCTA)扫描前 X 线管的准备时间和机床的移动时间。为解决这些问题,我们已对通过改变智能触发位置,来寻找颈动脉扫描的最佳智能触发方式进行了研究。本文在此研究的基础上,对智能触发监测点阈值的设定进行了进一步的研究,旨在获得更佳的 CTA 扫描图像。

材料与方法

搜集 2005 年 5 月~2006 年 3 月 60 例行颈动脉 MSCTA 检查并被证实为阴性的病例,其中男 34 例,女 26 例,年龄 19~84 岁,平均年龄 62.9 岁。60 例病例被随机分为 3 组进行检查,检查后可用于对比的颈

作者单位:200032 上海,复旦大学附属中山医院放射科 上海市影像医学研究所

作者简介:缪熙音(1975-),女,江苏南通人,技师,主要从事 CT 技术工作。

通讯作者:曾蒙苏 zms@zshospital.net

部动、静脉共 120 条。

采用西门子公司 Somatom Sensation 16 层螺旋 CT。首先患者仰卧位,头先进,扫描范围从头顶至主动脉弓水平的定位相。增强扫描采用 16 层螺旋扫描,有效层厚 16×0.75 mm,螺距 1.5,0.5 s/r,扫描条件为 120 kV,120 mA,视野 20 cm。在增强扫描之前,使用设有一定阈值的自动触发装置 Boluspro Ultra (BPU),监测点选在主动脉弓降部,监测阈值的设定为三组,分别是 80、100 和 120 HU。增强扫描时,经肘前浅静脉团注对比剂,注射流率为 4 ml/s,对比剂总量为 70 ml。横断面图象重建采取 180° 线性内插算法,B 重建,图象重建层厚 1 mm,间隔 0.7 mm,矩阵 512×512 。

数据采集及图象分析:图象评价以动脉和静脉强化量化指标衡量:包括动、静脉腔强化 CT 值和强化对比度。CT 强化值测定在工作站进行,分颈总动脉、颈静脉胸廓入口处,即 A 点(图 1a),入口处与分叉处之中点处,即 B 点(图 1b),颈总动脉分叉处,即 C 点(图 1c)以及颈静脉孔处,即 D 点(图 1d)四段,分别测量双侧动静脉强化 CT 值。

结 果

除去轻微发热之外,所有受检查者在检查过程中均无严重的过敏反映及其他明显不适。然后由两位有经验的放射科医生对图象进行分析评价,60 例患者,全部取得成功,所有颈动脉 CTA 整体成像质量令人满意。

20 例监测阈值设定为 120 HU 的患者,颈动脉信噪比高,血管密度高,边缘光滑,分叉水平血管显示清晰。胸廓入口处颈静脉未显影,颈动脉分叉处以及与胸廓入口处的中点位置处静脉显影较重,而在颈静脉孔处静脉重度显影(图 2)。

20 例监测阈值设定为 100 HU 的患者,颈动脉信

噪比高,血管密度高,边缘光滑,分叉水平血管显示清晰。胸廓入口处颈静脉未显影,颈动脉分叉处以及与胸廓入口处的中点位置处静脉显影中等,而在颈静脉孔处静脉重度显影(图 3)。

20 例监测阈值设定为 80 HU 的患者,颈动脉信噪比高,血管密度高,边缘光滑,分叉水平血管显示清晰。胸廓入口处颈静脉未显影,颈动脉分叉处以及与胸廓入口处的中点位置处静脉显影较轻,而在颈静脉孔处静脉中度显影(图 4)。

60 例采用 80、100、120 HU 监测阈值进行颈动脉扫描,测量得到的各段颈动脉、颈静脉的强化峰值范围和平均值详见表 1、表 2。

对不同节段动脉强化对比度及强化 CT 值经统计学分析后,我们可以看出,在注射速率、持续时间一致情况下,选择 80、100、120 HU 三组不同的监测阈值来触发扫描,在不同监测阈值下,不同监测点的动脉强化 CT 值虽然有所不同,但方差分析显示三组均数之间没有显著性差异;在胸廓入口处,3 种监测阈值下静脉强化 CT 值的均值之间没有显著性差异,而在分叉至胸廓入口之中点、颈动脉分叉处以及颈静脉孔处,监测阈值越低,静脉强化 CT 值越小,三组均值之间有显著性差异。说明选择 80、100、120 HU 三组不同的监测阈值来触发扫描时,静脉的强化显影是不同的,监测阈值设为 80 HU 的一组明显要低于其他两组(图 5、6)。

讨 论

影响颈动脉图像质量的因素很多,而在扫描过程中扫描参数的设置尤为重要。扫描的参数主要有层厚、注射速率、智能监测点的选择以及监测阈值的设定。

4 层螺旋 CT 的研究结果表明,在多层螺旋 CT 扫描中,应用 1.3 mm 层厚扫描,4 ml/s 注射流率,肺动脉主干智能触发可以获得血管边缘密度均匀,血管光

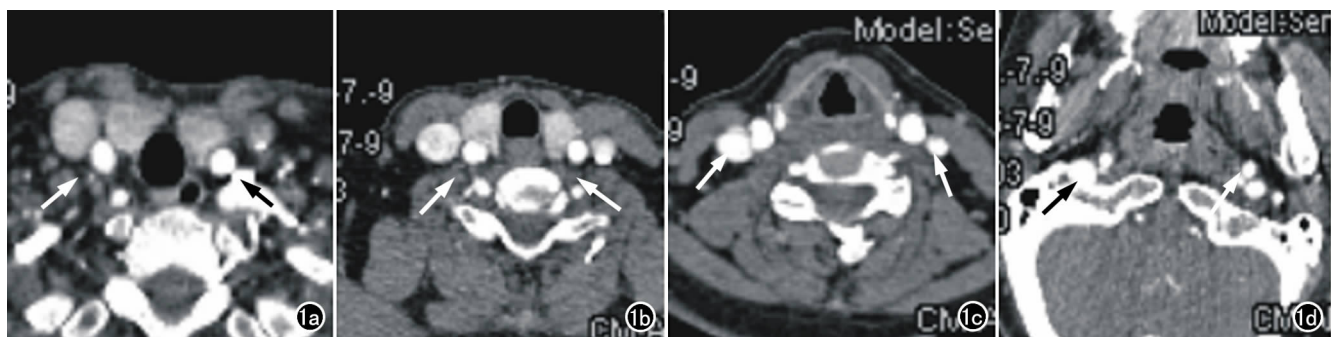


图 1 分段测量动静脉强化 CT 值的 4 点位置。a) 颈总动脉、颈静脉胸廓入口处, A 点; b) 胸廓入口处与颈动脉分叉处之中点, B 点; c) 颈总动脉分叉处, C 点; d) 颈静脉孔处, D 点。

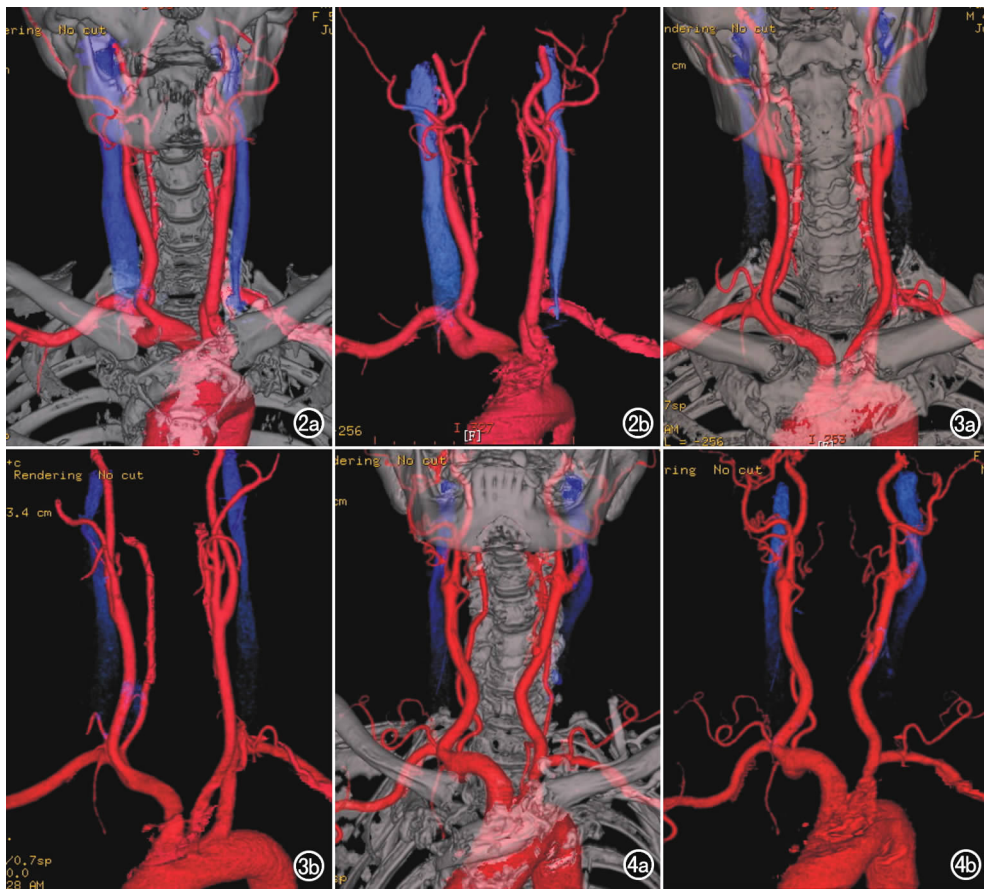


图 2 a) 监测阈值为 120 HU 时,VR 图像显示颈动脉(红色)、静脉(蓝色)强化效果以及与骨骼对比效果; b) 可见颈动脉显影清晰,颈静脉显影较重,显示效果较差。图 3 a) 监测阈值为 100 HU 时,VR 图像显示颈动脉、静脉强化效果以及与骨骼对比效果; b) 可见颈动脉显影清晰,颈静脉显影中等,显示效果较好。图 4 a) 监测阈值为 80 HU 时,VR 图像显示颈动脉、静脉强化效果以及与骨骼对比效果; b) 可见颈动脉显影清晰,颈静脉显影较轻,显示效果最好。

表 1 不同监测阈值下 4 点的动脉强化 CT 值均值比较

监测域值 (HU)	A 点		B 点		C 点		D 点	
	左	右	左	右	左	右	左	右
80	294.30	287.75	338.35	339.20	334.70	338.75	320.15	316.55
100	312.85	305.80	340.10	336.65	342.05	337.70	304.90	314.95
120	316.70	307.90	351.50	359.30	357.65	353.95	317.60	320.40
F 值	0.62	0.50	0.15	0.47	0.35	0.23	0.16	0.02
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

表 2 不同监测点阈值下 4 点的静脉强化 CT 值均值比较

监测域值 (HU)	A 点		B 点		C 点		D 点	
	左	右	左	右	左	右	左	右
80	68.10	78.10	100.60	105.45	120.10	139.85	176.10	194.45
100	89.90	100.50	118.05	156.45	140.35	191.10	180.95	224.90
120	102.50	104.15	149.60	169.60	216.70	206.60	240.60	247.30
F 值	3.04	2.08	3.97	5.81	11.47	6.73	9.48	5.92
P 值	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

滑的影像表现^[6,7],颈静脉回流程度也最轻^[8]。

但是,在我们的临床应用中,由于 16 层螺旋 CT 智能触发后等待的时间减少,扫描速度的加快,采用 4 层和单层的监测点已有明显不足,因而肺动脉主干智能触发已偏早。而对于患者左心功能不全,肺动脉主干触发扫描时,主动脉尚未显影,更易造成扫描失败。因此,我们以主动脉弓降部为监测点。而此时若仍旧使用肺

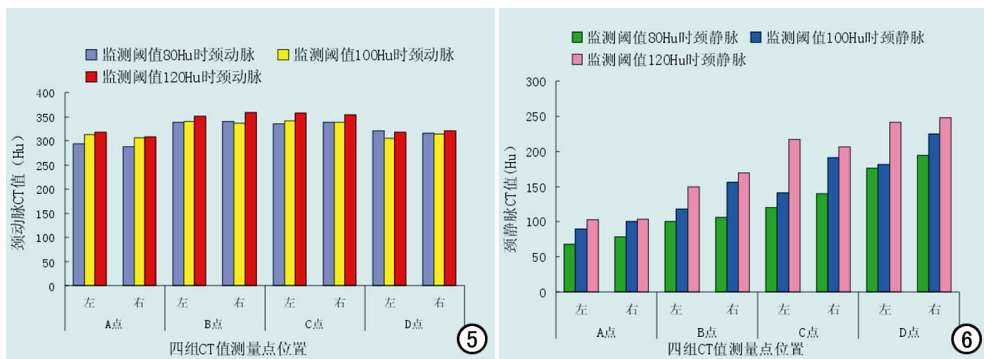


图 5 不同监测阈值下 4 点的颈动脉条形图。

图 6 不同监测阈值下 4 点的颈静脉条形图。

动脉主干的监测阈值,将会使扫描的延迟时间大大延长,而加重静脉的回流,因此选择适当的监测阈值,在适当的时间进行扫描,来争取更好的扫描效果,就成了我们的目标。本文就对这一值的选择进行了研究与分析。

1. 颈部血管及解剖特点

颈部血管丰富,主要有颈总动脉、颈内静脉和颈外静脉。颈总动脉,右侧发自无名动脉,左侧直接发自主动脉弓,均经胸锁关节后方,沿器官和喉外侧上升,平对甲状软骨上缘分为颈内外动脉;颈内动脉垂直上升到颅底,经颈静脉管入颅腔,颈外动脉的分支则很多。颈内静脉起自颅底的颈静脉孔,先伴颈内动脉,继在颈总动脉外侧下行。颈外静脉比较表浅,沿胸锁乳突肌下行。颈部软组织层次多而且复杂,颈部各种骨的密度差异大,有钙化和部分钙化以及未钙化软骨,有密度差异很大的松质骨和密度不等的各种致密骨。

2. 高质量 CTA 图像的要求

高质量 CTA 图像要求受检查者颈动脉血管内对比剂充盈达到高峰时期的同时,尽可能的减少周围组织和血管对它产生的伪影干扰。从颈部血管和解剖的特点可以看出,由于颈部血管丰富,对比剂到达及经过颈动脉的速度快,供选择的时间窗非常窄;个体心功能的差异影响对比剂到达颈动脉的速度,使得延迟时间更加难以确定;脑部血流动力学特殊,使得颈静脉回流特别快,易与颈动脉重叠。此外,颈动脉分叉段与颈静脉关系也最为接近,颈静脉的过度显示可能影响对颈动脉病变的分析和判断。如果未能在颈动脉强化的峰值期扫描,总有部分结构与造影的颈动脉密切接近,而严重影响颈动脉 CTA 图像的后处理速度和图像的质量。因此,如何使大范围颈动脉较好地显影,而局部颈静脉不显影或轻度显影是颈动脉成像的关键。

3. 合适的阈值设定能有效减少颈静脉对颈动脉的影响

影响颈动脉和颈静脉显影的因素很多,包括监测点的改变、bolus 阈值改变。当智能触发点选择肺动脉时,如果遇到患者的左心功能不全,就可能造成扫描失败;当智能触发点选择在降主动脉时,扫描取得成功概率提高,如果阈值的设定过高,相对延迟时间就过长,会造成很严重的静脉回流。由于阈值的设定决定了扫描的延迟时间,所以,相对较低的监测阈值可以有效的缩短扫描延迟时间,在静脉回流前已完成了全部或大部分的扫描任务。从数据统计学结果可以看出,在 A 点时,三组患者的动脉强化均值是 287.75~316.70 HU,静脉强化均值是 68.10~104.15 HU, P 值均大于 0.05,动静脉的强化 CT 值的均值之间没有显著差异。

在 B 点时,动脉强化均值是 338.35~359.30 HU,静脉强化均值是 100.60~169.60 HU;在 C 点时,动脉强化均值是 334.70~357.65 HU,静脉强化均值是 120.10~216.70 HU;在 D 点时,动脉强化均值是 316.55~320.40 HU,静脉强化均值是 176.10~247.30 HU;动脉处的统计学 P 值均大于 0.05,而静脉处 P 值均小于 0.05,动脉的强化 CT 值的均值之间没有显著差异,而静脉的强化 CT 值的均值之间有显著差异。说明当监测阈值适当降低,对于动脉的显影没有明显的影响,而静脉的回流却有了明显的改善。因为监测阈值为 120 HU 时,虽然能在对比剂峰值期间扫描,但未在峰值起始部开始扫描,因而颈静脉显影明显。监测阈值为 100 HU 时,扫描时间有所提前,故静脉回流也有所降低。监测阈值为 80 HU 时,扫描时间更加提前,加上球管的准备时间,所以能在颈动脉峰值起始部扫描,故颈静脉回流明显减少。

综上所述,当我们的智能监测点选在主动脉弓降部时,监测阈值的选择直接关系到颈动脉 CTA 图像的质量。监测阈值设定为 80 HU 时,颈静脉回流量最轻,是颈动脉 CTA 较为理想的监测阈值。

参考文献:

- [1] Berg MH, Manninen HI, Rasanen HT, et al. CT Angiography in the Assessment of Carotid Artery Atherosclerosis [J]. Acta Radiol, 2002, 43(2): 116-124.
- [2] Verhoek G, Costello P, Khoo EW, et al. Carotid Bifurcation CT Angiography: Assessment of Interactive Volume Rendering [J]. J Comput Assist Tomogr, 1999, 23(4): 590-596.
- [3] Randoux B, Marro B, Koskas F, et al. Carotid Artery Stenosis: Prospective Comparison of CT, Three-dimensional Gadolinium-enhanced MR, and Conventional Angiography [J]. Radiology, 2001, 220(1): 179-185.
- [4] Porsche C, Walker L, Mendelow AD, et al. Assessment of Vessel Wall Thickness in Carotid Atherosclerosis Using Spiral CT Angiography [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2002, 23(5): 437-440.
- [5] De Monti M, Ghilardi G, Caverni L. Multidetector Helical Angio CT Oblique Reconstructions Orthogonal to Internal Carotid Artery for Preoperative Evaluation of Stenosis. A Perspective Study of Comparison with US Color Doppler, Digital Subtraction Angiography and Intraoperative Data [J]. Minerva Cardioangiol, 2003, 51(4): 373-85.
- [6] 周建军, 周康荣, 陈祖望, 等. 多层螺旋 CT 颈动脉成像: 层厚与成像方法的相关研究 [J]. 临床放射学杂志, 2003, 22(1): 14-17.
- [7] 周建军, 周康荣, 陈祖望, 等. 多层螺旋 CT 颈动脉成像: 不同注射速率与成像方法的相关研究 [J]. 临床放射学杂志, 2002, 21(12): 939-943.
- [8] 周建军, 周康荣, 陈祖望, 等. 多层螺旋 CT 颈动脉成像中智能触发监测点的合理选择 [J]. 中华放射学杂志, 2005, 39(10): 1077-1080.

(收稿日期: 2006-11-10 修回日期: 2007-02-26)