

· 临床研究 ·

同步与非同步扫描对容积 CT 数字减影血管造影图像质量的影响

吴奇华¹, 张丽娟², 杨仕海¹, 吕发金²

(1. 重庆市南川区人民医院放射科 408400; 2. 重庆医科大学附属第一医院影像科 400016)

摘要:目的 探讨同步与非同步扫描对 64 层容积 CT 数字减影血管造影(VCTDSA)图像质量的影响。方法 建立紧贴骨结构的血管模型,采用 64 层螺旋 CT 进行扫描:(1)未注射对比剂螺旋扫描 20 次,球管曝光时间为 2.1 s,扫描间隔时间分别为 1.9、3.9、5.9、7.9、9.9、11.9、13.9、15.9、17.9、19.9、2.9、4.9、6.9、8.9、10.9、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 s。(2)注射对比剂后螺旋扫描 10 次,扫描间隔时间分别为 9.9、11.9、13.9、15.9、17.9、10.9、12.9、11.0、12.0、13.0 s,其余扫描参数同(1)。减影后数据行 3D 容积再现(VR)及最大密度投影(MIP)图像重组,评价减影后图像质量、测量减影后全幅图像 CT 值、记录球管曝光角度差。结果 注射对比剂前、后同步扫描 15 次,减影后图像质量均为 I 级,非同步扫描 15 次,减影后图像质量 I 级 2 次、II 级 12 次、III 级 1 次;20 次未注射对比剂减影后图像 CT 值比较,非同步扫描减影后图像 CT 值均数大于同步扫描;同步扫描的球管曝光角度差均数明显小于非同步扫描。结论 同步扫描保证球管曝光的起始位置相同,明显提高了 VCTDSA 减影后的图像质量。

关键词: 体层摄影术;X 线计算机;血管造影术;数字减影血管造影

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.19.019

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2011)19-1923-04

Impact of synchronous and asynchronous scanning on Image quality of volume computed tomographic digital subtraction angiography

Wu Qihua¹, Zhang Lijuan², Yang Shihai¹, Lv Fajin²

(1. Department of Radiology, the People's Hospital of Nanchuan, Chongqing 408400, China;

2. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Objective To investigate the effects on image quality of volume computed tomographic digital subtraction angiography (VCTDSA) with synchronous and asynchronous scanning. **Methods** Vascular model which was closely attached to bony structures was scanned by 64-slice spiral CT. ① Helical scanning was performed without contrast medium injection for 20 times and the tube exposure time was 2.1 s, scanning intervals differently were 1.9 s, 3.9 s, 5.9 s, 7.9 s, 9.9 s, 11.9 s, 13.9 s, 15.9 s, 17.9 s, 19.9 s, 2.9 s, 4.9 s, 6.9 s, 8.9 s, 10.9 s, 3.0 s, 4.0 s, 5.0 s, 6.0 s, 7.0 s. ② After contrast medium injection, the vascular model was scanned for 10 times using the same parameters as above, but the scanning intervals differently were 9.9 s, 11.9 s, 13.9 s, 15.9 s, 17.9 s, 10.9 s, 12.9 s, 11.0 s, 12.0 s, 13.0 s. The resulting images were reformatted as 3D volume rendering (3D VR) and maximum intensity projection (MIP) images. The quality of subtraction images was then analyzed. CT values of the overall view were measured on subtracted images and the differences of tube exposure angle were recorded. **Results** Subtracted images quality of VCTDSA was rated grade I with synchronous scanning for 15 times before and after contrast medium injection, while with asynchronous scanning for 15 times, 2 times were grade I, 12 times were grade II and 1 time was grade III. In 20 times, the average CT value of subtracted images with asynchronous scans was higher than which with synchronous scans without contrast injection. The differences of tube exposure angle with synchronous scans were obviously less than which with asynchronous scans. **Conclusion** The position of tube can be well matched with synchronous scanning, so the image quality of VCTDSA is improved significantly.

Key words: tomography; X-ray computed; angiography; digital subtraction angiography

目前,CT 血管造影(CT angiography, CTA)凭借其快速、方便、无创、安全等优点,已广泛应用于脑血管疾病的诊断^[1-3],但在显示颅底及邻近骨质结构血管时易受骨的干扰,影响血管显示的完整性^[4-6]。为去除颅底骨的影响,学者们提出不同的减影方法,各有其特点^[7-10]。有学者报道的采用 64 层螺旋 CT,通过匹配球管曝光起始点进行减影,操作快捷,可以完整清晰显示颅底部的血管^[11-13]。在此基础上,为进一步研究容积 CT 数字减影血管造影(volume computed tomographic digital subtraction angiography, VCTDSA)图像质量的影响因素,本文拟从图像质量、减影后全幅图像 CT 值、球管曝光角度差几方面来探讨不同扫描方式即同步与非同步扫描对 VCTDSA 图像质量的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料 普通猪前肢 1 只,高压注射针连接管 1 根,非离子型碘对比剂(碘海醇,300 mg/mL)48 mL,生理盐水 300

mL,500 mL 空矿泉水瓶 1 个,固定胶带 1 根,GE64 层螺旋 CT (lightspeed VCT)(图 1)及 Nemoto 双筒高压注射器。

1.2 实验方法与步骤 (1)用普通猪前肢和高压注射针连接管制作 1 个骨血管紧密接触的模型(图 2、3),固定模型。(2)碘海醇按 1:3 用生理盐水稀释至 192 mL,安装针筒,与模型的针管连接,出口端接入空矿泉水瓶。(3)定位后进行螺旋扫描,共扫描 20 次,前 10 次为同步扫描,后 10 次为非同步扫描。扫描参数:120 kV,300 mA,转速 0.4 s/圈,层厚 0.625 mm,螺距 0.531;曝光时间为 2.1 s,前 10 次扫描间隔时间为 1.9、3.9、5.9、7.9、9.9、11.9、13.9、15.9、17.9、19.9 s,后 10 次扫描间隔时间为 2.9、4.9、6.9、8.9、10.9、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 s。从而保证前 10 次扫描球管重复曝光间隔时间为 0.4 的整数倍(即同步扫描),后 10 次扫描为 0.4 的非整数倍(即非同步扫描)。(4)注射对比剂后,重复螺旋扫描 10 次,使扫描时连接管内一次充盈对比剂,另一次充盈生理盐水。曝光时间为 2.1 s,

前 5 次为同步扫描,扫描间隔时间为 9.9、11.9、13.9、15.9、17.9 s,后 5 次为非同步扫描,扫描间隔时间为 10.9、12.9、11.0、12.0、13.0 s,其余扫描参数同上。

1.3 资料分析 扫描结束后图像传至 AW4.2 工作站进行图像后处理。利用 AW4.2 工作站的 Add/Sub 软件进行减影,未注射对比剂时用同一序列中后一组数据减去前一组,注射对比剂后用同一序列中充盈对比剂的数据减去充盈生理盐水的数据,获得 30 组减影数据,用减影后的数据分别行 3D 容积再现(volume rendering, VR)及最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)图像重组,结合多角度旋转等功能充分显示模拟血管即连接管,观察有无高密度影残留及模拟血管显示情况;测量减影图像整幅图的 CT 值;记录球管曝光角度差。分析的具体指标包括图像质量、减影后图像 CT 值、球管曝光角度差。图像重组由 1 位医师专人负责,图像分析由 2 位有经验的神经放射学医师完成。图像质量评价标准分类:(1)未注射对比剂减影后图像质量共分为 3 级:I 级:完全去骨、无高密度影存留;II 级:基本去骨、有少量高密度影存留;III 级:去骨不全、有较多高密度影存留。(2)注射对比剂减影后图像质量共分为 4 级:I 级:无高密度影存留,模拟血管边缘光整、清晰;II 级:有少量高密度影存留,模拟血管边缘光整、较清晰;III 级:有少量高密度影存留,模拟血管边缘欠光整、欠清晰;IV 级:有较多高密度影存留,模拟血管边缘不光整、不清晰。

1.4 统计学处理 采用 SAS8.0 统计软件分析,减影后重组图像质量间比较用 Ridit 统计分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义;减影后图像的 CT 值、球管曝光角度差用 $\bar{x}\pm s$ 表示,其差异间比较用 Wilcoxon 秩和检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 模型扫描减影后图像质量分析

2.1.1 未注射对比剂减影后图像质量比较 10 次同步扫描减影后图像质量均为 I 级(图 4),10 次非同步扫描减影后图像质量 I 级 1 次、II 级 8 次(图 5)、III 级 1 次。同步扫描图像质量的平均 Ridit 值为 0.275 0,小于非同步扫描图像质量的平均 Ridit 值(0.725 0),差异有统计学意义($P<0.000 1$)。

2.1.2 注射对比剂减影后图像质量比较 5 次同步扫描减影后图像质量均为 I 级(图 6),5 次非同步扫描减影后图像质量 I 级 1 次、II 级 4 次(图 7)。同步扫描图像质量的平均 Ridit 值为 0.300 0,小于非同步扫描图像质量的平均 Ridit 值(0.700 0),差异有统计学意义($P<0.05$)。



图 1 64 层螺旋 CT(lightspeed VCT)及高压注射器

2.2 未注射对比剂模型扫描减影后图像 CT 值比较 10 次非同步扫描减影后图像 CT 值平均为 (2.04 ± 0.23) HU,同步扫

描减影后图像 CT 值平均为 (1.75 ± 0.24) HU,差异有统计学意义($P<0.01$)。



图 2 用普通猪前肢和高压注射针连接管制作的紧贴骨质的血管模型



图 3 血管模型常规 CTA 重组图像(3D VR),显示骨与血管的密切关系(注射对比剂)

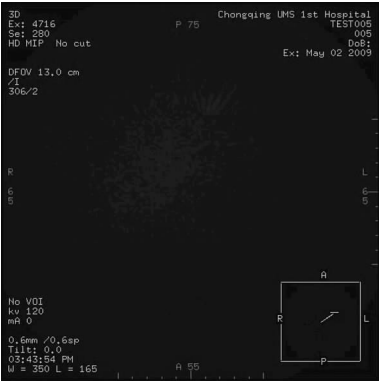


图 4 同步扫描减影后重组图像(3D MIP),图像质量为 I 级(未注射对比剂)

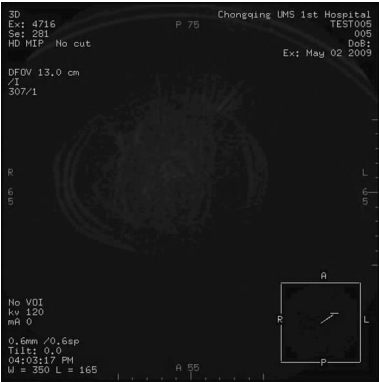


图 5 非同步扫描减影后重组图像(3D MIP),图像质量为 II 级(未注射对比剂)

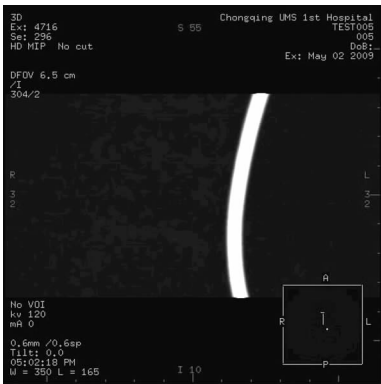


图 6 同步扫描减影后重组图像(3D MIP),图像质量为Ⅰ级(注射对比剂)



图 7 非同步扫描减影后重组图像(3D MIP),图像质量为Ⅱ级(注射对比剂)

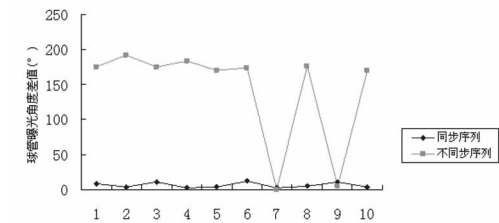


图 8 未注射对比剂不同扫描方式球管曝光角度差变化情况

2.3 同步与非同步扫描球管曝光角度差比较

表 1 未注射对比剂两种扫描方式球管曝光角度差比较			
同步扫描	球管曝光角度差(°)	非同步扫描	球管曝光角度差(°)
1	8.407 1	11	175.057 9
2	3.583 2	12	192.233 7
3	11.111 4	13	174.889
4	1.811 9	14	183.495
5	3.069 4	15	170.312
6	11.49	16	173.546 8
7	2.200 7	17	0.591 6
8	5.053 7	18	176.288 3
9	10.597 5	19	4.9117
10	3.508 8	20	169.913
$\bar{x}\pm s$	6.08±3.90	$\bar{x}\pm s$	142.12±73.76

2.3.1 未注射对比剂扫描球管曝光角度差比较 同步和非同步扫描的球管曝光角度差平均值分别为 6.08°±3.90°、

142.12°±73.76°,同步明显小于非同步扫描的球管曝光角度差均数,差异有统计学意义($P<0.01$,表 1、图 8)。其中非同步扫描 2 次球管曝光角度差较小。

2.3.2 注射对比剂后扫描球管曝光角度差比较 同步扫描的球管曝光角度差(1.19°±0.93°)明显小于非同步扫描的球管曝光角度差(142.91°±78.11°),差异有统计学意义($P<0.01$,表 2、图 9)。其中非同步扫描 1 次球管曝光角度差较小。

表 2 注射对比剂两种扫描方式球管曝光角度差比较			
同步扫描	球管曝光角度差(°)	非同步扫描	球管曝光角度差(°)
1	1.270 3	6	173.465 7
2	2.369 6	7	179.053 4
3	0.598 3	8	183.664 4
4	1.717 2	9	3.35
5	0.006 7	10	174.993 6
$\bar{x}\pm s$	1.19±0.93	$\bar{x}\pm s$	142.90±78.11

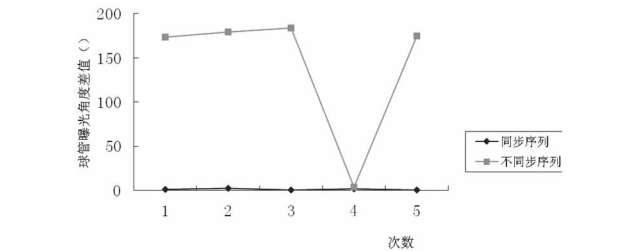


图 9 注射对比剂不同扫描方式球管曝光角度差变化情况

3 讨 论

随着脑血管疾病的发病率不断上升,获得清晰的全脑血管图像日益重要,同时也对减影 CTA 的图像质量提出了更高的要求。减影后的图像质量直接关系着病变的检出与诊断,而影响图像质量的关键因素除了严格控制患者头动以外,球管曝光的起始位置也非常重要^[10-11]。VCTDSA 的根本思想是要获得空间位置相同的平扫和增强两组数据,减影后得到仅有血管的影像。为了进一步研究影响该减影方法的主要因素,本实验制作了紧贴骨质结构的血管模型,通过控制球管曝光间隔时间变换扫描方式,从而探讨同步与非同步扫描对 VCTDSA 减影后的影响。

3.1 同步扫描减影图像质量优于非同步扫描 本实验通过将 2 次扫描放在同一序列中,分别设定曝光间隔时间为球管转速的整数倍和非整数倍,即可保证 2 次球管曝光的起始位置是否相同,即进行同步与非同步扫描^[6]。图像质量比较的结果显示,注射对比剂前、后同步扫描共 15 次,减影后图像质量 100%为Ⅰ级,而非同步扫描 15 次,仅 2 次图像质量为Ⅰ级(13%),表明同步与非同步扫描对 VCTDSA 减影图像质量有显著影响,同步扫描时减影效果较好。同时也采取客观量化测量,选择每组减影序列中的一幅相同层面图像以及同样大小的测量兴趣区(region of interest, ROI),对两种扫描方法减影后图像的 CT 值进行测量,理论上减影效果不理想就会有较高密度影残留,导致测量的 CT 值增加。为避免注射对比剂后其浓度的变化干扰测量结果,实验均测量未注对比剂的减影图像。本实验结果显示,VCTDSA 非同步扫描减影后图像 CT 值均数高于同步扫描,表明非同步扫描减影后有明显的高密度影残留。因此,同步扫描保证了球管曝光的起始位置在同一序

列中前后 2 次扫描时相同,提高了 VCTDSA 减影图像质量。

3.2 同步与非同步扫描球管曝光角度差影响减影后图像质量

球管曝光角度差代表球管 2 次曝光起始位置的重合程度。本组结果显示,注射对比剂前、后同步扫描的球管曝光角度差均值均明显小于非同步扫描,仅 3 次非同步扫描的角度差较小,表明曝光的起始位置基本重合,得到的前、后两组数据匹配,所以减影效果好;如果角度差很大,则 2 次曝光的起始位置相差较远,得到两组不匹配的数据就会影响减影效果。这一结果与前面得到的减影图像质量分级以及图像的 CT 值大小结果相符合,进一步验证了球管曝光位置影响减影图像质量的理论^[9]。另外,在 15 次非同步扫描中有 2 次减影后图像质量为 I 级,同时该 2 次减影图像的 CT 值也较小,结合球管曝光角度差的结果看到该 2 次所对应的球管曝光角度差均较小,表明即使采用非同步扫描,如果曝光的起始位置正好旋转至重合,减影效果也较好,但这种情况无法得到人为控制。实质上减影的图像质量主要决定于球管曝光起始位置是否同步^[14-15]。

总之,球管曝光的起始位置是影响 VCTDSA 减影图像质量的重要因素,而同步扫描的方式可以很好地控制这一因素,从而获得良好的 VCTDSA 减影图像,并且该扫描方法易于在临床上推广。此外,患者的头部制动也是减影成功的关键因素,随着头动校正软件的进一步开发,可以更好地解决该问题。因此,在临床工作中除了严格保证患者头部制动,还应选择适当的扫描方式控制球管曝光的起始位置,从而保证减影后的图像质量。

参考文献:

- [1] Li Q, Lv FJ, Li YM, et al. Evaluation of 64-section CT angiography for detection and treatment planning of intracranial aneurysms by using DSA and surgical findings [J]. Radiology, 2009, 252(3): 808-815.
- [2] 胡海菁, 陈旭, 李春芳, 等. MSCTA 在自发性蛛网膜下腔出血超急性期诊疗中的应用 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2008, 5(1): 19-22.
- [3] 曹建书, 陆芳, 金焱, 等. 多排螺旋 CT 血管成像观察脑动脉形态 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2009, 6(1): 59-62.
- [4] Teksama M, McKinney A, Casey S, et al. Multi-section CT angiography for detection of cerebral aneurysms [J]. Am J Neuroradiol, 2004, 25(9): 1485-1492.

- [5] Matsumoto M, Sato M, Nakano M, et al. Three dimensional computerized tomography angiography guided surgery of acute ruptured cerebral aneurysms [J]. J Neurosurg, 2001, 94(5): 718-727.
- [6] Morhard D, Fink C, Becker C, et al. Value of automatic bone subtraction in cranial CT angiography: comparison of bone-subtracted vs. standard CT angiography in 100 patients [J]. Eur Radiol, 2008, 18(5): 974-982.
- [7] Gorzer H, Heimberger K, Schindler E. Spiral CT angiography with digital subtraction of extra- and intracranial vessels [J]. J Comput Assist Tomogr, 1994, 18: 839-841.
- [8] Jayakrishnan VK, White PM, Aitken D, et al. Subtraction helical CT angiography of intra- and extracranial vessels: technical considerations and preliminary experience [J]. Am J Neuroradiol, 2003, 24: 451-455.
- [9] Tomandl BF, Hammen T, Klotz E, et al. Bone-subtraction CT angiography for the evaluation of intracranial aneurysms [J]. Am J Neuroradiol, 2006, 27(1): 55-59.
- [10] Lell M, Anders K, Klotz E, et al. Clinical evaluation of bone-subtraction CT angiography (BSCTA) in head and neck imaging [J]. Eur Radiol, 2005, 15(3): 1-9.
- [11] 吕发金, 谢鹏, 罗天友, 等. 数字减影 CT 血管成像在蛛网膜下腔出血诊断中的价值 [J]. 中国医学影像学技术, 2007, 23(1): 45-48.
- [12] 张志伟, 吕发金, 曾勇明, 等. 数字减影 CT 血管造影在颅内动脉瘤中的临床应用 [J]. 中国医学影像学技术, 2007, 23(3): 450-452.
- [13] 吕发金, 罗天友, 谢鹏, 等. 数字减影 CTA 图像质量影响因素探讨 [J]. 重庆医科大学学报, 2007, 32(3): 271-274.
- [14] Tomandl BF, Hammen T, Klotz E, et al. Bone-subtraction CT angiography for the evaluation of intracranial aneurysms [J]. Am J Neuroradiol, 2006, 27(1): 55-59.
- [15] Imakita S, Onishi Y, Hashimoto T, et al. Subtraction CT angiography with controlled-orbital helical scanning for detection of intracranial aneurysms [J]. Am J Neuroradiol, 1998, 19: 291-295.

(收稿日期: 2010-11-10 修回日期: 2011-01-24)

(上接第 1922 页)

- 肺炎并发症 [J]. 实用儿科临床杂志, 2007, 22(4): 249-250.
- [10] 孟昭松. 小儿肺炎支原体感染 78 例临床分析 [J]. 中国医药导报, 2008, 5(20): 61-62.
- [11] 宋嘉, 姚秀俊. 婴幼儿肺炎支原体感染的临床研究 [J]. 中国妇幼保健, 2005, 20(2): 200-201.
- [12] 孙红妹. 肺炎支原体感染的实验室诊断 [J]. 实用儿科临床杂志, 2007, 22(4): 245-248.

- [13] 刘东. 几种口服药减少静脉用阿奇霉素副作用的临床观察 [J]. 新乡医学院学报, 2006, 23(5): 495-496.
- [14] 王莉雅, 陈晓颖. 儿童非典型性肺炎病原及治疗 [J]. 临床儿科杂志, 2009, 27(7): 608-611.
- [15] 蒋俊晔, 曹兰芳. 儿童肺炎支原体治疗的研究进展 [J]. 临床儿科杂志, 2009, 27(7): 692-695.

(收稿日期: 2010-11-17 修回日期: 2011-02-10)