

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.00165

## 64层螺旋CT血管成像评估下肢动脉闭塞性疾病的合理旋转时间及螺距

李晓明<sup>1</sup>, 田建明<sup>2\*</sup>, 王敏杰<sup>2</sup>, 萧毅<sup>2</sup>, 郝强<sup>2</sup>, 陆建平<sup>2</sup>, 李玉华<sup>1</sup>

1. 上海交通大学医学院附属新华医院放射科, 上海 200092

2. 第二军医大学长海医院放射科, 上海 200433

**[摘要]** **目的** 筛选64层螺旋CT血管成像评估下肢动脉闭塞性疾病(peripheral arterial occlusive disease, PAOD)的合理旋转时间及螺距。**方法** 80例PAOD患者(包括间歇性跛行48例,缺血性静息痛或溃疡32例)全部应用小剂量团注试验分别确定主动脉峰值时间、腘动脉峰值时间及主腘动脉通过时间。患者随机均分入两组扫描参数进行下肢动脉64层螺旋CT血管造影(CTA)检查( $n=40$ ),A组参数为X线管球旋转时间330 ms,螺距1.0;B组为X线管球旋转时间500 ms,螺距0.85。由2位血管影像诊断方面有经验的放射科医师盲法对下肢动脉成像质量进行综合评价,比较不同参数下CTA图像质量。**结果** 不同PAOD患者主动脉峰值时间(14~33 s)、腘动脉峰值时间(20~48 s)、主腘动脉通过时间(4~24 s)及主腘动脉通过速度(29~177 mm/s)差异较大,间歇性跛行和缺血性静息痛或溃疡患者上述各指标有很大一部分相互重叠。A组成像图像质量为优、良、差的节段分别占63.3%(152/240)、30.0%(72/240)、6.7%(16/240);B组成像图像质量为优、良的节段分别占98.3%(234/238)和1.7%(4/238),无成像图像质量为差的节段。**结论** 对PAOD患者行下肢动脉64层螺旋CT血管三维成像检查时,设定X线管球旋转时间为500 ms、螺距为0.85、扫描时间大于30 s、造影剂注射时间保持在35 s,可获得较好的图像质量。

**[关键词]** 动脉闭塞性疾病;X线计算机体层摄影术;血管造影术

**[中图分类号]** R 543.5; R 814.42 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2010)02-0165-04

### Optimal rotation time and pitch study of CT angiography for arterial occlusive diseases of lower limbs

LI Xiao-ming<sup>1</sup>, TIAN Jian-ming<sup>2\*</sup>, WANG Min-jie<sup>2</sup>, XIAO Yi<sup>2</sup>, HAO Qiang<sup>2</sup>, LU Jian-ping<sup>2</sup>, LI Yu-hua<sup>1</sup>

1. Department of Radiology, Xinhua Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200092, China

2. Department of Radiology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

**[Abstract]** **Objective** To identify the optimal rotation time and pitch of 64-slice spiral CT angiography for arterial occlusive diseases (AOD) of the lower limbs. **Methods** We performed test-bolus in eighty patients with AOD of the lower limbs (48 with intermittent claudication and 32 with ischemic rest pain or ulceration) to confirm the aortic peak time, popliteal artery peak time and aortopopliteal bolus transit time. The patients were randomly assigned to receive two sets of scan protocols for lower limb arterial 64-slice spiral CT angiography (CTA) examination ( $n=40$ ): protocol A, with a gantry rotation time of 330 ms and a pitch of 1.0; protocol B, with a gantry rotation time of 500 ms and a pitch of 0.85. Two experienced radiologists independently evaluated the image quality of the lower limb artery. **Results** Great differences in the time to peak enhancement in the aorta (14-33 s) and popliteal arteries (20-48 s) and the aortopopliteal bolus transit time (4-24 s) were found between different AOD patients. Wide overlap of the time to peak enhancement and transit time was observed between intermittent claudication patients and ischemic rest pain or ulceration patients. The qualities of segment images were rated as excellent 63.3% (152/240), good 30.0% (72/240), and poor 30.0% (72/240) for protocol A, and excellent 98.3% (234/238) and good 1.7% (4/238) for protocol B, with no poor images in protocol B. **Conclusion** 64-slice CTA with a gantry rotation time of 500 ms, a pitch of 0.85, scan time  $>30$  s, and with the contrast agent injection time maintained at 35 s, can obtain better image of lower limb arteries in patients with AOD of the lower limbs.

**[Key words]** arterial occlusive diseases; X-ray computed lower limb tomography; angiography

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31(2):165-168]

**[收稿日期]** 2009-06-11 **[接受日期]** 2010-01-15

**[基金项目]** 上海市领军人才培养基金(1j06006). Supported by Program for Outstanding Medical Academic Leaders of Shanghai(1j06006).

**[作者简介]** 李晓明, 博士. E-mail: lixiaoming55@hotmail.com

\* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 021-81873638, E-mail: tianjianming1952@hotmail.com

周围动脉闭塞性疾病(peripheral arterial occlusive disease, PAOD)是一种慢性进行性疾病,是由于动脉粥样硬化导致动脉狭窄、闭塞引起的缺血性疾病,常见于下肢,老年人好发,65岁以上人群的发病率为4.5%~10%,75岁以上人群发病率达20%<sup>[1-2]</sup>。PAOD的血管病变导致影像学检查时不同个体下肢动脉造影剂经过时间差异很大<sup>[3]</sup>,且造影剂通过下肢动脉时间大大延长<sup>[4]</sup>。

DSA是评价PAOD的金标准,但存在有创、并发症多等缺陷<sup>[5]</sup>;超声检查具有无创、检查费用低等优点,但受操作者经验水平影响很大,对小腿动脉病变的评估效果欠佳<sup>[6]</sup>。磁共振血管造影(MRA)作为一种无创性检查,是诊断PAOD的有效检查方法,但其空间分辨率低,对小血管的诊断价值有限<sup>[7-8]</sup>。多层螺旋CT具有扫描范围大、时间及空间分辨率高等优势,为PAOD患者术前评估及术后随访提供了安全、无创、可靠的新途径<sup>[9-11]</sup>。但64层螺旋CT扫描速度快,如采用传统的旋转速度及螺距,图像采集速度可大于造影剂在下肢动脉内的流速,造成下肢动脉远段显影欠佳,不利于PAOD的评估。因此,本研究采用不同旋转速度及螺距指标对PAOD患者进行64层螺旋CT血管成像(computed tomography angiography, CTA),观察成像效果,筛选合理的螺距及旋转速度,为提高PAOD的临床影像诊断水平奠定基础。

## 1 材料和方法

1.1 一般资料 选取2006年4月至2007年7月以周围动脉闭塞性疾病入院的患者80例,男63例,女17例,年龄51~88岁,平均(70.5±8.3)岁,其中间歇性跛行48例,缺血性静息痛29例,缺血性溃疡3例;合并高血压38例、冠心病63例、糖尿病44例。排除造影剂过敏和肾功能不全(肌酐大于176.8 mmol/L)患者。所有患者均知情同意并签署同意书。

### 1.2 螺旋CT扫描及三维重建

1.2.1 主要仪器及实验分组 采用德国西门子公司Sensation Cardiac 64层螺旋CT,患者随机分入两组扫描参数进行下肢动脉CT血管造影检查,A组扫描参数为:管电压120 kV,电流时间积150 mAs,准直器宽度为64×0.6 mm,X线管球旋转时间330 ms,床速56 mm/s,螺距1.0;B组扫描参数为:管电压120 kV,电流时间积150 mAs,准直器宽度为64×0.6 mm,X线管球旋转时间500 ms,床速32 mm/s,螺距0.85。

1.2.2 CT血管成像及三维重建 患者取仰卧位,

足先进,固定双膝及踝关节,防止扫描时肢体移动;扫描范围从T<sub>12</sub>椎体水平至足底。选取T<sub>12</sub>椎体水平腹主动脉起始部进行小剂量试验,经肘静脉以4 ml/s的速率注入16 ml非离子型造影剂碘普罗胺溶液(碘浓度370 mg/ml),同步开始进行同层动态扫描,共扫25层,每层间隔时间2 s,根据时间密度曲线(time-density curve, TDC)计算出主动脉峰值时间( $t_{AO}$ )。15 min后选取膝关节水平腘动脉进行小剂量试验,以相同扫描参数及注射参数扫描,根据TDC计算出腘动脉峰值时间( $t_{POP}$ )。用 $t_{POP}$ 减去 $t_{AO}$ 得到主腘动脉通过时间( $t_{AO\rightarrow POP}$ );用主腘动脉间距离( $Z_{POP}-Z_{AO}$ )除以主腘动脉通过时间( $t_{AO\rightarrow POP}$ )得到主腘动脉通过速度( $v_{AO\rightarrow POP}$ )。

选取T<sub>12</sub>椎体水平腹主动脉起始部为感兴趣区,采用双筒高压注射器(Ulrich missouri)经肘静脉注入非离子型造影剂(碘浓度370 mg/ml),流速4.5 ml/s,注射持续时间等于扫描时间,注射造影剂10 s后对感兴趣区CT值进行跟踪监测,当CT峰值达到180 HU后,延迟5 s触发扫描;以平滑算法(B30f, Siemens),层厚1.0 mm,间隔0.75 mm重建图像。将所获得图像数据传送至Leonardo工作站,采用最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)和容积再现(volume rendering, VR)对下肢动脉进行三维重建。

1.3 图像分析及评价 由2名血管影像诊断方面有经验的放射科医师盲法对下肢动脉成像质量进行综合评价,如有不同意见,经协商后确定。将整个下肢动脉系统分为3个解剖阶段:主髂动脉段包括腹主动脉、两侧髂总动脉及髂外动脉,股腘动脉段包括两侧股浅动脉、股深动脉及腘动脉,小腿动脉段包括两侧胫前动脉、胫腓干、胫后动脉及腓动脉。根据动脉内造影剂充盈及解剖细节显示对图像质量进行分级:动脉内造影剂充盈满意,解剖细节显示清晰为优;动脉内造影剂充盈浅淡,解剖细节显示模糊为良;动脉内无造影剂充盈,解剖细节无法清晰显示为差。

1.4 统计学处理 采用SPSS 11.5统计软件,2名放射科医生评价下肢动脉成像质量的一致性采用Kappa检验, $\kappa \leq 0.4$ 认为二者一致性较差, $0.4 < \kappa \leq 0.6$ 表明中度一致, $0.6 < \kappa \leq 0.8$ 表明有较高度的一致性, $\kappa > 0.8$ 表明二者具有极好的一致性。采用Wilcoxon秩和检验比较不同旋转时间及螺距下图像质量的差异, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 不同患者主腘动脉通过时间及速度 结果

(表 1) 表明: 不同 PAOD 患者主动脉峰值时间(14~33 s)、腘动脉峰值时间(20~48 s)及主腘动脉通过时间(4~24 s)差异较大; 不同患者主腘动脉通过速度(29~177 mm/s)亦差异较大, 其中 < 60 mm/s 者

共 15 例(间歇性跛行患者 7 例, 缺血性静息痛或溃疡患者 8 例)。间歇性跛行和缺血性静息痛或溃疡患者上述各指标有很大一部分相互重叠。

表 1 周围动脉闭塞性疾病患者主动脉、腘动脉峰值时间、主腘动脉通过时间及主腘动脉通过速度的测得值

Tab 1 Aortic, popliteal, aortopopliteal transit time, and aortopopliteal bolus transit speed in patients with PAOD

Patient	N	Aortic peak time t/s	Popliteal peak time t/s	Aortopopliteal transit time t/s	Aortopopliteal distance l/mm	Aortopopliteal bolus transit speed v/(mm · s <sup>-1</sup> )
Intermittent claudication	48	18.3 ± 4.1 (14-29)	27.3 ± 7.3 (20-46)	7.4 ± 4.2 (4-20)	675.6 ± 30.2 (631-727)	78.3 ± 38.9 (35-170)
Rest pain or tissue loss	32	19.3 ± 4.8 (15-33)	31.8 ± 6.9 (23-48)	7.9 ± 5.3 (4-24)	690.1 ± 41.6 (618-786)	82.5 ± 49.7 (30-174)
Total	80	18.8 ± 4.4 (14-33)	29.5 ± 7.4 (20-48)	7.6 ± 4.7 (4-24)	682.4 ± 36.5 (618-786)	80.4 ± 43.9 (30-174)

2.2 图像质量分析结果 80 例患者下肢动脉共分 480 个节段(2 个节段因截肢未显示), 对剩余的 478 个节段图像质量进行评价, 2 名放射科医生评估下肢动脉成像质量具有极好的一致性( $\kappa=0.81$ )。结果(图 1)表明: 478 个下肢动脉节段中, 386/478 (80.8%) 节段图像质量为优, 76/478 (15.9%) 节段图像质量为良, 16/478 (3.3%) 节段图像质量为差, 16 个图像质量为差的下肢动脉节段全部位于小腿动脉段。

A 组所获得图像质量为优、良、差的下肢动脉节段节段分别占 63.3% (152/240)、30.0% (72/240) 和 6.7% (16/240); 而 B 组所获得图像质量为优、良的节段分别占 98.3% (234/238) 和 1.7% (4/238), 无成像图像质量为差的节段。当 X 线管球旋转时间为 500 ms、螺距为 0.85 时所获取图像质量要明显优于 X 线管球旋转时间 330 ms、螺距为 1.0 时所获取的图像质量( $P < 0.05$ )。



图 1 两种不同旋转时间及螺距矩阵下肢动脉 CT 血管造影图像

Fig 1 Volume-rendered images of lower limb arterial system acquired with 2 different rotation times and pitches

Volume-rendered images show good image quality at the aorto-iliac segment (A), moderate image quality at femoro-popliteal segment (B) and poor image qualities at the infrapopliteal segment (C) with a gantry rotation time of 330 ms and a pitch of 1.0, while the image qualities at three segments are good (D, E, F), with a gantry rotation time of 500 ms and a pitch of 0.85

### 3 讨论

应用 4 层螺旋 CT 对 PAOD 患者进行评估时发现, 由于其扫描速度较慢, 采集小腿动脉段图像数据时, 部分造影剂回流入静脉, 造成图像静脉污染<sup>[12-13]</sup>。而 16 层螺旋 CT 扫描仪进床速度可达 55~60 mm/s, 64 层螺旋 CT 扫描仪进床速度最快可达 90 mm/s, 可以有效解决图像静脉污染的问题。

但同时, 64 层螺旋 CT 过快的扫描速度导致图像采集速度快于造影剂在下肢动脉内的通过速度, 造成肢体远端显影欠佳<sup>[3]</sup>。因此, 在应用 64 层螺旋 CT 评估 PAOD 患者时, 必须根据个体情况选择个体化的扫描参数或根据预先设定的延迟时间进行 CT 扫描<sup>[14-16]</sup>。

本研究结果显示, 造影剂在 PAOD 患者下肢动脉内的通过时间明显延长, 不同患者的通过时间个

体差异较大,但通过速度在不同临床分期的患者间差异不大,与 Fleischmann 等<sup>[3]</sup>研究结果一致。结果提示不能认为间歇性跛行患者下肢动脉内造影剂通过速度快于缺血性静息痛或溃疡患者。进行数据采集时,造影剂注射时间尽量保持在 35 s,这样能够保证不同分期 PAOD 患者整个下肢动脉均得到充盈。研究结果还表明,在行下肢动脉 CT 血管造影时,X 线管球旋转时间选择 500 ms,螺距选择 0.85 时,图像质量要优于常规采用的 X 线管球旋转时间 330 ms,螺距 1.0。

因此,对 PAOD 患者行下肢动脉 64 层螺旋 CT 血管三维成像检查,应设定 X 线管球旋转时间为 500 ms、螺距为 0.85、扫描时间大于 30 s、造影剂注射时间保持在 35 s,可获得优良的图像质量。

(志谢 本研究得到新华医院临床流行病学研究中心许小幸副教授的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!)

#### [参考文献]

- [1] Weiner S D, Reis E D, Kerstein M D. Peripheral arterial disease. Medical management in primary care practice[J]. *Geriatrics*, 2001, 56: 20-22, 25-26, 29-30.
- [2] Criqui M H, Fronek A, Barrett-Connor E, Klauber M R, Gabriel S, Goodman D. The prevalence of peripheral arterial disease in a defined population[J]. *Circulation*, 1985, 71: 510-515.
- [3] Fleischmann D, Rubin G D. Quantification of intravenously administered contrast medium transit through the peripheral arteries: implications for CT angiography[J]. *Radiology*, 2005, 236: 1076-1082.
- [4] Versteyleen R J, Lampmann L E. Knee time in femoral arteriography[J]. *Am J Roentgenol*, 1989, 152: 203.
- [5] Waugh J R, Sacharias N. Arteriographic complications in the DSA era[J]. *Radiology*, 1992, 182: 243-246.
- [6] Zierler R E, Zierler B K. Duplex sonography of lower extremity arteries[J]. *Semin Ultrasound CT MR*, 1997, 18: 39-56.
- [7] Hilfiker P R, Quick H H, Debatin J F. Plain and covered stent-grafts; *in vitro* evaluation of characteristics at three-dimensional MR angiography[J]. *Radiology*, 1999, 211: 693-697.
- [8] Mitsuzaki K, Yamashita Y, Sakaguchi T, Ogata I, Takahashi M, Hiai Y. Abdomen, pelvis, and extremities: diagnostic accuracy of dynamic contrast-enhanced turbo MR angiography compared with conventional angiography-initial experience[J]. *Radiology*, 2000, 216: 909-915.
- [9] Fleischmann D, Hallett R L, Rubin G D. CT angiography of peripheral arterial disease[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2006, 17: 3-26.
- [10] Kock M C, Adriaensen M E, Pattynama P M, van Sambeek M R, van Urk H, Stijnen T, et al. DSA versus multi-detector row CT angiography in peripheral arterial disease: randomized controlled trial[J]. *Radiology*, 2005, 237: 727-737.
- [11] Portugaller H R, Schoellnast H, Hausegger K A, Tiesenhausen K, Amann W, Berghold A. Multislice spiral CT angiography in peripheral arterial occlusive disease: a valuable tool in detecting significant arterial lumen narrowing [J]? *Eur Radiol*, 2004, 14: 1681-1687.
- [12] Rubin G D, Schmidt A J, Logan L J, Sofilos M C. Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff: initial experience[J]. *Radiology*, 2001, 221: 146-158.
- [13] Romano M, Mainenti P P, Imbriaco M, Amato B, Markabaoui K, Tamburrini O, et al. Multidetector row CT angiography of the abdominal aorta and lower extremities in patients with peripheral arterial occlusive disease: diagnostic accuracy and interobserver agreement[J]. *Eur J Radiol*, 2004, 50: 303-308.
- [14] Meyer B C, Oldenburg A, Frericks B B, Ribbe C, Hopfenmüller W, Wolf K J, et al. Quantitative and qualitative evaluation of the influence of different table feeds on visualization of peripheral arteries in CT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18: 1546-1555.
- [15] Willmann J K, Baumert B, Schertler T, Wildermuth S, Pfammatter T, Verdun F R, et al. Aortoiliac and lower extremity arteries assessed with 16-detector row CT angiography: prospective comparison with digital subtraction angiography[J]. *Radiology*, 2005, 236: 1083-1093.
- [16] Scherthaner R, Stadler A, Lomoschitz F, Weber M, Fleischmann D, Lammer J, et al. Multidetector CT angiography in the assessment of peripheral arterial occlusive disease: accuracy in detecting the severity, number, and length of stenoses[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18: 665-671.

[本文编辑] 贾泽军