



佳能320可变螺距联合迭代重建技术在双下肢CTA血管成像中的运用研究

季文超, 田蔚莉, 刘文亚, 何良浩, 杨 健

Application of the Canon 320 Row Variable Helical Pitch CTA System Combined with Iterative Reconstruction Technology for Lower Limb Vascular Imaging

Ji Wenchao, Tian Weili, Liu Wenya, He Lianghao, and Yang Jian

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2024.009>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

低管电压结合迭代重建在下肢动脉CT血管成像中的临床应用

Clinical Application of Low Tube Voltage Combined with Iterative Reconstruction in Lower Extremity Arterial CTA

CT理论与应用研究. 2020, 29(1): 55–60

基于KARL 3D迭代重建算法双低检查技术在支气管动脉成像中的临床价值

Clinical Value of Double Low Examination Technique Based on KARL 3D Iterative Reconstruction Algorithm in Bronchial Artery Imaging

CT理论与应用研究. 2021, 30(6): 753–760

双低剂量联合迭代重建在不同BMI患者CTA的应用

Low Contrast Dose and Low Tube Voltage Combined with Adaptive Iterative Reconstruction in Abdominal CT Angiography in Patients with Different BMI

CT理论与应用研究. 2019, 28(1): 73–79

结合迭代重建算法的低剂量CT在颈部的应用研究

The Study of Low-dose Computed Tomography with Iterative Reconstruction in Neck

CT理论与应用研究. 2018, 27(4): 447–453

迭代重建在学龄前儿童胸部CT低剂量平扫中的应用研究

Application of Iterative Reconstruction in Low-dose Chest CT Scans of Preschool Children

CT理论与应用研究. 2017, 26(6): 729–736

iDose4迭代重建在AIDS合并PJP患者胸部低剂量CT扫描中的应用研究

Application of iDose4 Iterative Reconstruction on Low Dose CT Scanning in AIDS Patients with PJP

CT理论与应用研究. 2020, 29(2): 195–202



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

季文超, 田蔚莉, 刘文亚, 等. 佳能 320 可变螺距联合迭代重建技术在双下肢 CTA 血管成像中的运用研究[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2025, 34(1): 149-154. DOI:10.15953/j.ctta.2024.009.
JI W C, TIAN W L, LIU W Y, et al. Application of the Canon 320 Row Variable Helical Pitch CTA System Combined with Iterative Reconstruction Technology for Lower Limb Vascular Imaging[J]. CT Theory and Applications, 2025, 34(1): 149-154. DOI:10.15953/j.ctta.2024.009. (in Chinese).

佳能 320 可变螺距联合迭代重建技术在双下肢 CTA 血管成像中的运用研究

季文超¹, 田蔚莉², 刘文亚^{1✉}, 何良浩¹, 杨健³

1. 新疆医科大学第一附属医院影像中心, 乌鲁木齐 830054

2. 新疆医科大学附属肿瘤医院影像中心, 乌鲁木齐 830011

3. 西安交通大学第一附属医院影像中心, 西安 710061

摘要: 目的: 探讨佳能 320 排 CT 可变螺距联合迭代重建技术在下肢血管成像中, 对辐射剂量及对图像质量的影响。方法: 连续收集 2023 年 3 月至 2023 年 6 月临床疑似下肢动脉血管疾病, 并行下肢动脉 CT 血管成像的患者 40 例, 采用双盲随机分组法分为 A 组和 B 组, 每组 20 例。两组均采用造影剂碘帕醇 370mg/mL, 设置成 120kV 的管电压, 采用双筒高压注射器在 5mL/s 流率下, 经由肘正中静脉(MCV)注入 90mL 对比剂, 扫描区域是腹主动脉(AA)水平到足尖。A 组为佳能 320 排可变螺距技术(VHP)其中腹主动脉至腘窝使用大螺距, 腘窝至足跟尖使用小螺距进行扫描, 采用迭代重建技术重建图像; B 组全程扫描使用标准螺距技术, 采用滤波反投影法重建图像。比较两组腹主动脉(AA)、髂总动脉(CIA)、股动脉(CFA)上段、腘动脉(PA)4 个测量点的主观图像质量、信噪比(SNR)、碘造影剂摄入量、对比噪声比(CNR)、有效辐射剂量与 CT 值。经由 t 检验来对比两组间碘摄入量、有效辐射剂量与客观评价指标, 经由 Mann-Whitney U 检验来对比双方主观评分。结果: 两组图像在 AA、CIA、CFA 上段、PA 层面的客观图像质量评价、SNR、CNR 对比未见明显区别; 两组间血管 CT 值比较, A 组高于 B 组, 并且存在统计学差异; 患者辐射剂量比较, A 组 (9.18 ± 0.36) mGy 较 B 组 (18.1 ± 0.00) mGy 明显下降。结论: 佳能 320 排可变螺距联合迭代重建技术能够保证图像的质量, 并且可使患者的辐射剂量大幅下降, 提高安全性, 可以在临床中得到广泛应用。

关键词: X 线计算机; 可变螺距; 迭代重建; 辐射剂量; 下肢动脉

DOI:10.15953/j.ctta.2024.009 中图分类号: R 814 文献标识码: A

Application of the Canon 320 Row Variable Helical Pitch CTA System Combined with Iterative Reconstruction Technology for Lower Limb Vascular Imaging

JI Wenchao¹, TIAN Weili², LIU Wenya^{1✉}, HE Lianghao¹, YANG Jian³

1. Imaging Center of the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China

2. Imaging Center of Cancer Hospital Affiliated to Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China

3. Imaging Center of the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China

Abstract: Objectives: To investigate the image quality obtained using the Canon 320 row variable helical pitch (vHP) computed tomography (CT) system combined with iterative reconstruction technology for lower limb angiography and the radiation exposure to patients. Methods: From March 2023 to June 2023, we enrolled 40 patients who were treated at our hospital for suspected arterial vascular disease of the lower limbs. The patients, who all underwent CT angiography of the lower limb arteries, were divided into two groups (A and B; 20 patients/group) through double-blind random grouping. Both groups were treated with 370 mg/mL of the contrast agent iodoparol at a tube voltage of 120 kV. A dual-cylinder high-pressure syringe was used to inject 90 mL of the contrast agent into the median elbow vein at a flow rate of 5 mL/s. The scanning range extended from the level of the abdominal aorta to the toe. For

收稿日期: 2024-01-15。

基金项目: 陕西省自然科学基金(基于 CTA 预测下肢血管病变介入治疗术后疗效的多中心、前瞻性研究(z-2014-07-1912-04))。

第一作者: 季文超, 男, 技师, 主要从事影像学技术的新进展研究, E-mail: xiana665@163.com。

通信作者: 刘文亚[✉], 女, 博士, 主任医师, 主要从事腹部、心血管影像诊断及研究, E-mail: 442335032@qq.com。

Group A, the Canon 320 row vHP system was used, with a large pitch from the abdominal aorta to the popliteal fossa and a small pitch from the popliteal fossa to the tip of the heel. The images were reconstructed using iterative reconstruction technology. For Group B, conventional pitch technology was used for full scanning and the Filtered BackProjection method for image reconstruction. The subjective image quality, signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR), CT value, effective radiation exposure, and contrast medium iodine intake at four measuring points of the abdominal aorta and common iliac, upper femoral, and popliteal arteries were compared between the two groups. The t-test was used to compare the objective evaluation index, effective radiation exposure, and contrast agent iodine intake values between the two groups, whereas the Mann-Whitney U test was used to compare the subjective scores. Results: There were no significant differences between the two groups in terms of objectively evaluated image quality, SNR, and CNR of the abdominal aorta and common iliac, upper femoral, and popliteal arteries. Group A had significantly higher vascular CT values than Group B. Moreover, the patients in Group A were significantly less exposed to radiation (9.18 ± 0.36) mGy than those in Group B were (18.1 ± 0.00) mGy. Conclusion: The Canon 320 row vHP system combined with iterative reconstruction technology ensured good image quality and significantly reduced patient exposure to radiation, thereby improving the safety of CTA, and can be widely used in clinical practice.

Keywords: X-ray computer; variable pitch; iterative reconstruction; radiation exposure; lower limb artery

随着社会经济水平的不断发展和进步,人民生活水平得到极大改善,同时由于生活节奏加快,社会竞争压力加大等也带来了一些不好的生活习惯和方式,导致下肢动脉粥样硬化血管疾病的发生率越来越高,并且发病的年龄也越来越年轻化,部分患者的预后效果较差,甚至会出现截肢的风险。因此较早发现、及时诊断,有效质量下肢动脉血管疾病显得尤为重要^[1-2]。下肢动脉血管成像(lower extremity artery computed tomography angiography, LEACTA)因无创、准确率高等诸优点,在临床诊断下肢动脉血管疾病和治疗方法的选择中得到广泛运用,但因下肢 CTA 扫描范围广,患者接受的辐射剂量及碘摄入量较高,对肾功能的损害较大。因此在不影响图像质量的前提下,明显减少患者的辐射剂量以及肾功能损害,为现今有待解决的不足^[3-4]。

下肢 CTA 检查方法具有无创、诊断率高等优点,但其扫描时间长,会增加患者的辐射剂量和碘摄入量。目前减低辐射剂量的有效方法就是加大螺距,320 排 CT 可变螺距(variable helical pitch, VHP)法在实施扫描期间能够使螺距发生变化,在腹主动脉(abdominal aorta, AA)至腘窝下端区域内采用大螺距,而在腘窝下端至足底区域内采用小螺距扫描,这样可以降低患者的辐射剂量,另外还可以提高扫描速度,VHP 具有扫描辐射剂量低,图像清晰等优点。

本文对临床疑似下肢动脉病变的患者,并行下肢 CTA 扫描的 40 例患者比较应用标准螺距技术联合滤波反投影法重建图像,与可变螺距技术联合迭代重建图像两组之间的差异,探讨 VHP 联合迭代重建在诊断中的优势及运用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

连续收集 2023 年 3 月至 2023 年 6 月就诊于新疆医科大学第一附属医院临床疑似外周动脉闭塞性疾病(peripheral arterial disease, PAD),并行下肢动脉 CT 血管成像的患者 40 例,采用随机分组的方法,把这些患者均等归入 A 组和 B 组,两组下肢血管 CTA 扫描均采用佳能第 3 代 320 排 CT。A 组采用 VHP, B 组全程扫描使用标准螺距技术,两组均采用浓度为 370 mg/mL 的碘帕醇作为造影剂。

两组实验对象在年龄上,处于 25~65 岁范围,均值为(55 ± 7)岁;体重最低 55kg,最高 90kg;体质量指数(body mass index, BMI)19~28kg/m²,平均(25.1 ± 2.6)kg/cm²。两组一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。

排除标准:①对检查缺乏有效配合患者;②重度肾、肝、心机能不全患者;③对碘对比剂存在变态反应患者;④处于怀孕阶段或者哺乳阶段的女性^[5]。

1.2 检查扫描方式

两组实验对象皆借助佳能 320 排 CT 实施扫描,每例入组患者皆呈平卧位,扫描区间是自 AA 末端水平到足底。增强扫描参数:采取螺旋扫描,0.5 的螺距,层间距与层厚皆是 1mm,矩阵是 512 × 512。两组皆将浓度为 370mg/mL 的碘帕醇作为造影剂、设置 120kV 的管电压。经肘正中静脉(median cubital vein, MCV)借助双筒高压注射器在 5mL/s 流速下注入 90mL 碘帕醇,再于此流速下注入 50mL 生理盐水。将 AA 末端的分叉部位

设定为感兴趣区域 (region of interest, ROI), 当升至 150HU 时触发阈值。之后再实施 2.8s 的延迟扫描。

两组皆向后处理工作站传送所得原始图像与数据, 以此对碘摄入量、主观图像质量、辐射剂量、图像噪声、SNR 与 CNR 展开分析。其中 A 组患者采用佳能 320 可变螺距技术, B 组自上而下全程采用佳能 320 常规扫描螺距进行扫描。

1.3 图像分析与评价

将扫描所得图像传到工作站 (Advantage Workstation 4.6 GE Healthcare, WI), WI 所用方法为 CRP、MIP、MPR 等。A 组采用迭代重建、B 组采用滤波反投影法重建开展图像后处理, 两位具有 8 年放射血管影像诊断工作经历的医生负责评价对比静息图像质量, 这两位医生对患者分组状况、对比剂浓度、扫描形式皆不知情。最终采用两名医师的共同意见进行图像质量评价。

(1) 主观评价。着重分析 AA 至髂血管, CFA 至腘窝段与小腿段动脉, 经由 5 分法开展评定。其中, 1 分: 未呈现出动脉血管, 不能做出临床诊断; 2 分: 所呈现的血管走形缺乏连续性, 未清晰呈现血管与周边结构; 3 分: 所呈现的血管走形基本具连续性, 所呈现的血管周边结构清晰度一般; 4 分: 可连续呈现血管走形, 可较为清晰的呈现血管与周边结构; 5 分: 可连续呈现血管走形, 清晰呈现出血管与周边结构。临床诊断的条件为评分 ≥ 3 分。

(2) 客观评价。在横断位一位影像诊断医生负责测量 AA、CIA、CFA 上段、POA 的 CT 值与标准差 (SD 值), 同时将测定出的相应层面软组织 SD 值当做图像噪声, 各 ROI 面积大概 5mm^2 , 各 ROI 皆进行 3 次测量, 经由 3 次的均值来求解 SNR 与 CNR。SNR 为动脉血管 CT 值与相应层面软组织 SD 值之比, CNR 为动脉血管与相应层面软组织在 CT 值上的相差至与相应层面软组织 SD 值之比^[6-7]。

1.4 辐射剂量及碘摄入量

比较两组的 CT 容积剂量指数 (computed tomography dose index volume, CTDIvol)、辐射剂量长度乘积 (dose length product, DLP)、有效辐射剂量 (effective dose, ED) 以及造影剂碘摄入量情况。

$$ED = \text{CTDIvol} \times L \times k, \quad (1)$$

L 为腹盆部及髋关节部扫描的长度, $k = 0.015\text{mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。摄入量 (g) = 碘对比剂浓度 (mg/mL) $\times$ 碘对比剂用量 (mL) / 1000^[8]。

1.5 统计学方法

本研究通过 SPSS 22.0 开展统计工作, 计量结果由均数 $\pm$ SD ($\bar{x} \pm s$) 呈现, 两组组间客观评价指标的对比方法为独立样本 t 检验, 评价主观指标的对比方法为 Mann Whitney U 检验。差异显著的界定是 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 两组图像质量主观评价结果

A 组和 B 两组主观图像腹主动脉评分分别为 (4.85 ± 0.45) 和 (4.88 ± 0.23), 髂总动脉评分为 (4.79 ± 0.57) 和 (4.71 ± 0.51), 股动脉上段评分为 (4.88 ± 0.68) 和 (4.78 ± 0.65), 腘动脉评分为 (4.87 ± 0.35) 和 (4.83 ± 0.42), 两组间比较不存在统计学差异 (表 1)。

2.2 两组间图像质量客观评价结果

两组间血管 CT 值、CNR、SNR 比较, 两组间比较不存在统计学差异 (表 2)。

2.3 两组间辐射剂量的比较

两组在 CTDIvol、DLP、ED 与碘摄入量方面, 相比 B 组, A 组皆显著偏低, 两组间存在统计学差异 (表 3)。在扫描长度 (L) 上, A 组和 B 组各是 (2.75 ± 2.43) cm 和 (2.81 ± 2.57) cm, 两组间不存在统计学差异。两组横轴位扫描图像见图 1 和图 2。

表 1 两组图像主观评价比较
Table 1 Comparison of the subjective evaluations of the two groups of images

位置	组别		统计检验	
	A 组	B 对照组	Z	P
腹主动脉	4.85 ± 0.45	4.88 ± 0.23	1.462	> 0.05
髂总动脉	4.79 ± 0.57	4.71 ± 0.51	1.732	> 0.05
股动脉上段	4.88 ± 0.68	4.78 ± 0.65	1.564	> 0.05
腘动脉	4.87 ± 0.35	4.83 ± 0.42	1.623	> 0.05

表 2 两组图像客观评价比较
Table 2 Comparison of the objective evaluations of the two groups of images

位置	组别	CT 值	SNR	CNR
腹主动脉	A 组	469.18 ± 37.12	30.17 ± 1.12	31.12 ± 2.15
	B 组	355.12 ± 28.15	28.13 ± 1.45	29.51 ± 2.33
	<i>t</i>	4.345	1.342	1.316
	<i>P</i>	< 0.05	> 0.05	> 0.05
髂总动脉	A 组	465.14 ± 0.27	23.27 ± 1.35	32.12 ± 1.45
	B 组	345.67 ± 0.25	24.75 ± 1.14	29.45 ± 1.43
	<i>t</i>	2.762	1.342	1.367
	<i>P</i>	< 0.05	> 0.05	> 0.05
股动脉上段	A 组	328.21 ± 0.34	29.16 ± 2.71	26.28 ± 1.32
	B 组	242.18 ± 0.46	28.31 ± 2.16	27.18 ± 1.45
	<i>t</i>	2.473	1.675	1.361
	<i>P</i>	< 0.05	> 0.05	> 0.05
腘动脉	A 组	228.28 ± 1.43	25.81 ± 1.76	26.13 ± 1.82
	B 组	132.21 ± 1.54	25.26 ± 2.45	24.17 ± 1.91
	<i>t</i>	3.567	1.342	1.721
	<i>P</i>	< 0.05	> 0.05	> 0.05

表 3 两组有效辐射剂量、碘摄入量比较
Table 3 Comparison of the effective radiation dose and iodine intake values between the two patient groups

组别	例数	CT 容积剂量指数	辐射剂量长度乘积	有效辐射剂量/mSV	碘摄入量/g
A 组	30	10.80 ± 2.31	385.91 ± 20.45	23.65 ± 2.31	23.46 ± 1.83
B 组	30	17.40 ± 3.53	464.56 ± 21.34	39.49 ± 1.45	34.25 ± 2.13
<i>t</i>	30	8.432	17.745	16.215	17.423
<i>P</i>	30	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

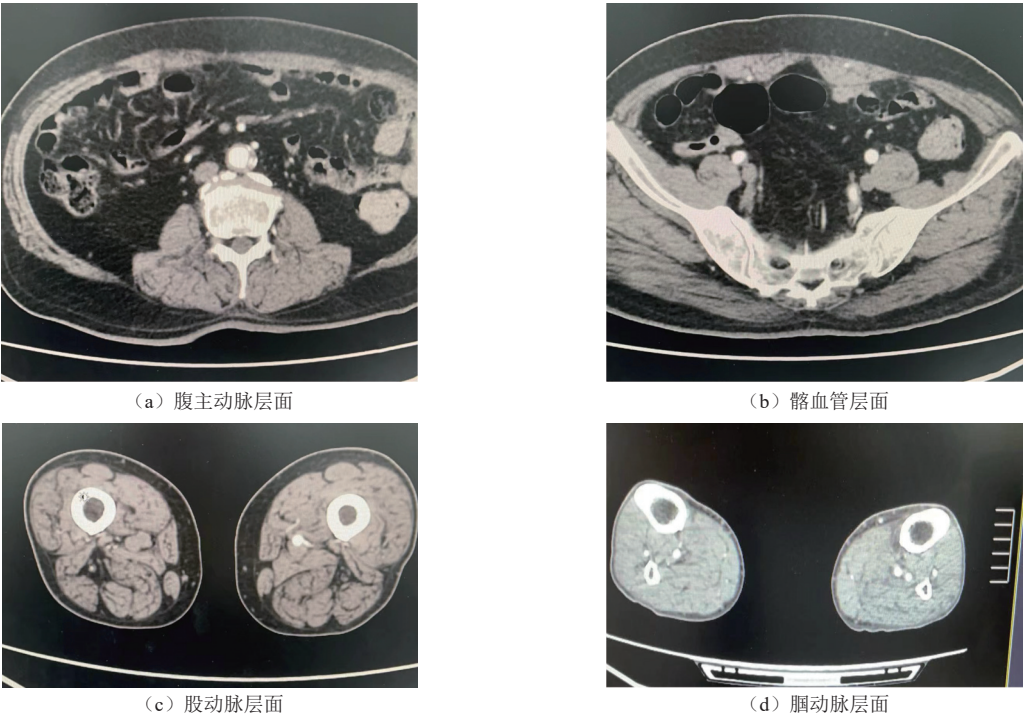


图 1 可变螺距 CT 图像
Fig.1 Shows variable helical pitch CT images

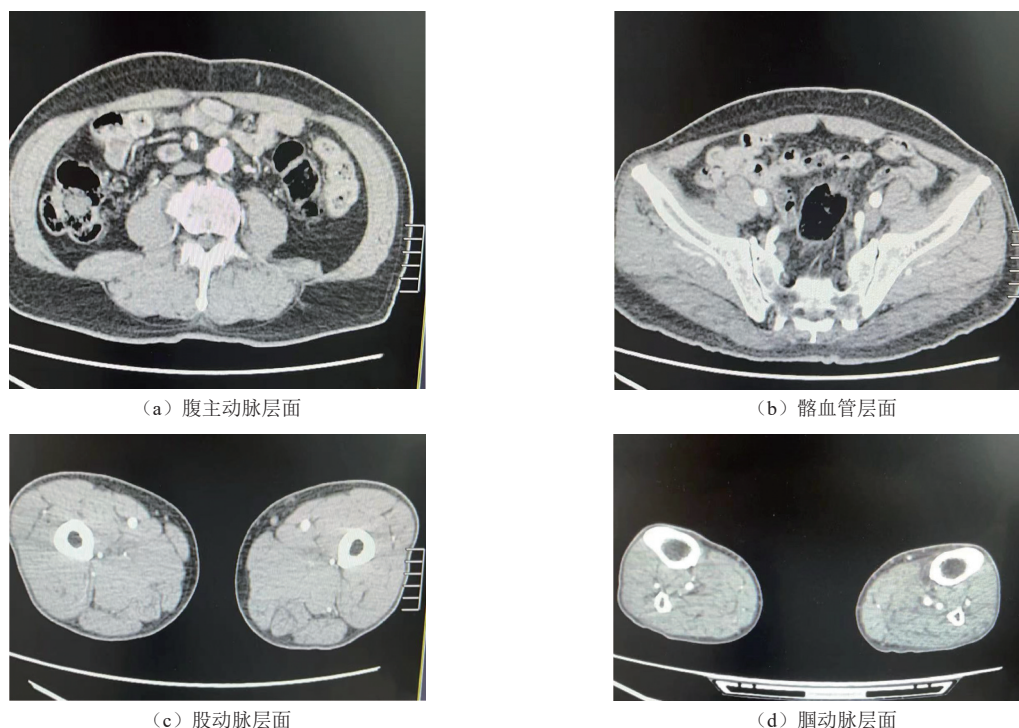


图 2 为常规螺距腹主动脉、髂血管、股动脉、腘动脉层面 CT 图像

Fig.2 Shows conventional pitch CT images of the abdominal aorta and iliac, femoral, and popliteal arteries

3 讨论

外周血管疾病 (PAD) 为系统性动脉粥样硬化 (AS) 的一类表现, 可使主动脉弓远端动脉严重狭窄。PAD 最广泛的临床表现为间歇性跛行 (IC)^[9]; 此外, 其可引发重度或急性肢体缺血, IC 存在运动时腿部肌肉疼痛表现^[10], 65 岁以上的人中有 2% 会经历这种情况。大部分患者呈较轻症状, 且不具典型性, 这使得诊断变得更加困难。

下肢动脉造影 (CTA) 的优势在于高精度、非侵入性等, 现今在临床领域的应用极为广泛, 但因下肢血管区域较广, CTA 扫描会涉及到较多小动脉分支, 因此扫描需要花费较长的时间, 患者接受辐射剂量与高碘摄入, 碘化造影剂粘度与渗透压等属性可伤及肾功能, 诱发肾病, 所以此类患者存在较大的肾功能受损可能性^[11-12]。有效减少患者的辐射剂量, 减弱肾功能受损程度, 此问题备受现今临床领域的重视。

佳能 320 排 CT 的 VHP 技术在下肢 CTA 检查时, 可改变扫描螺距, 以腘窝为分界, 上部分采用大螺距, 下部分采用小螺距, 这种技术可以清楚显示流速较快的腹主动脉, 以及流速较慢的远端动脉, 并且本组采用了迭代重建的方法, 因此本研究结果显示 A 组血管的 CT 值明显高于 B 组, 并且两组之间存在统计学差异^[13]。然而两组间 SNR、CNR

差异并不存在统计学意义, 说明可变螺距技术对图像质量并没有影响。

目前螺旋 CT 在临床诊断中运用越来越广泛, 然而其主要缺点就是辐射剂量较大, 加大扫描螺距可有效减少辐射剂量, 增加扫描的螺距可以有效缩短扫描时间。可变螺距扫描模式是佳能 320 排 CT 的一种较新的扫描方法, 在下肢 CTA 扫描的过程中, 螺距的精准使用, 可以更清晰的显示血管, 并可明显减少患者的辐射剂量, 此次研究发现, 在辐射剂量上, A 组较 B 组明显偏低, 也证实了这一点^[14-15]。

本研究有待完善的方面为: 首先样本量有限, 需进一步提升样本量, 以增强研究结果的可行性与说服力; 其次如何准确选择小螺距的起点, 更好显示图像, 降低辐射剂量是一个重点。本研究入组对象的 BMI 处于 19~28kg/m² 范围, 对于肥胖患者可变螺距技术是否可行, 还需要进一步研究验证。

总之, 采用佳能 320 可变螺距联合迭代重建技术所得下肢血管图像, 能够满足临床诊断所需, 降低患者的辐射剂量, 并使肾病发生率下降, 可良好推行于临床。

参考文献

[1] 李春晨, 周慧, 尹小花, 等. 基于 KARL 迭代重建技术

- 联合双低剂量在下肢 CTA 检查中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(10): 1908-1911.
- LI C C, ZHOU H, YIN X H, et al. The application of KARL simultaneous iterative reconstruction technique with double low doses in the CTA examination of lower limbs[J]. *Journal of Medical Imaging*, 2020, 30(10): 1908-1911. (in Chinese).
- [2] 郝永, 王淑梅, 刘冲, 等. 多排螺旋 CT 下肢 CTA 多种重建方式对下肢动脉阻塞性疾病临床诊断价值的研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2020, 19(13): 1445-1448. DOI:10.3969/j.issn.1671-4695.2020.13.030.
- HAO Y, WANG S M, LIU C, et al. Diagnostic value comparison of different lower limb CTA multiple reconstruction methods of multi-slice spiral CT in patients with low-er limb arterial obstructive disease[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2020, 19(13): 1445-1448. DOI:10.3969/j.issn.1671-4695.2020.13.030. (in Chinese).
- [3] 蒋严, 郭苗苗, 刁楠, 等. 双低技术联合基于原始数据的迭代重建在下肢动脉 CT 血管成像中的应用[J]. *实用放射学杂志*, 2019, 35(4): 638-642. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2019.04.031.
- JIANG Y, GUO M M, DIAO N, et al. The study of lower extremity CT angiography by low radiation dose and lowcontrast medium with sinogram-affirmed iterative reconstruction[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2019, 35(4): 638-642. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2019.04.031. (in Chinese).
- [4] 文峥, 李晚君, 吴伟清, 等. CT 血管造影 (CTA) 诊断下肢动脉硬化闭塞症的临床价值[J]. *影像研究与医学应用*, 2021, 5(9): 117-118. DOI:10.3969/j.issn.2096-3807.2021.09.056.
- [5] 王力, 苏雪娟, 陈体, 等. MRA 及 CTA 诊断糖尿病足下肢血管病变的临床价值比较[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2020, 18(4): 145-147.
- WANG L, SU X J, CHEN T, et al. Comparison of clinical value of MRA and CTA in diagnosis of lower extremity vascular disease of diabetic foot[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2020, 18(4): 145-147. (in Chinese).
- [6] 赵艺涵, 韩丹, 韦文彦, 等. 70kV 双球管模式下肢 CT 血管成像检查: 与单源模式随机对照研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2019, 44(10): 1342-1346.
- ZHAO Y H, HAN D, WEI W Y, et al. A randomized controlled study of dual-source (70 kV) versus single-source (70 kV or 100 kV) CT angiography of the lower extremities[J]. *Journal of Chongqing Medical University*, 2019, 44(10): 1342-1346. (in Chinese).
- [7] CRIQUI M H, ABOYANS V. Epidemiology of peripheral artery disease[J]. *Circulation Research*, 2015, 116(9): 1509-1526. DOI:10.1161/CIRCRESAHA.116.303849.
- [8] 陈浩, 钟志林, 库雷志, 等. MSCT 血管成像对下肢缺血性病变的筛查价值[J]. *医学影像学杂志*, 2021, 31(5): 865-868.
- CHEN H, ZHONG Z L, KU L Z, et al. The value of MSCT angiography in screening of lower limb ischemic lesions[J]. *Journal of Medical Imaging*, 2021, 31(5): 865-868. (in Chinese).
- [9] 刘彬, 高思喆, 王传卓, 等. 低管电压联合全模型迭代重建技术在下肢动脉 CTA 中的应用[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2018, 29(9): 660-663.
- LIU B, GAO S Z, WANG C Z, et al. Application of lower extremity CT angiography with low tube voltage and iterative model reconstruction[J]. *Journal of China Clinical Medical Imaging*, 2018, 29(9): 660-663. (in Chinese).
- [10] 杨彦林, 吴国良, 田少勇, 等. CTA 成像在下肢血管闭塞病变中的应用及与血管腔内疗效的关系[J]. *影像科学与光化学*, 2022, 40(1): 89-93. DOI:10.7517/issn.1674-0475.210703.
- YANG Y L, WU G L, TIAN S Y, et al. Application of CTA in lower extremity vascular occlusion and its relationship with endovascular efficacy[J]. *Imaging Science and Photochemistry*, 2022, 40(1): 89-93. DOI:10.7517/issn.1674-0475.210703. (in Chinese).
- [11] 蒋宇婷, 张帆, 郭丹丹, 等. CT 血管造影评估 2 型糖尿病及高血压下肢动脉斑块的对比较研究[J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(10): 1622-1625. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2021.10.012.
- JIANG Y T, ZHANG F, GUO D D, et al. Comparative study of lower extremity arterial plaque between type 2 diabetes mellitus and hypertension patients using CT angiography[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2021, 37(10): 1622-1625. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2021.10.012. (in Chinese).
- [12] 张丁哲, 于小利. 大螺距和双能量肺灌注肺动脉成像的对比较研究[J]. *临床放射学杂志*, 2018, 37(3): 514-517.
- ZHANG D Z, YU X L. Comparison of two pulmonary CTA protocols: High-pitch and dual energy CT[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2018, 37(3): 514-517. (in Chinese).
- [13] 郑月月, 柳德学, 石小霞. 256 层螺旋 CT 血管成像在 2 型糖尿病患者下肢血管病变诊断中的应用[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(4): 174-176. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.04.053.
- ZHENG Y Y, LIU D X, SHI X X. Application of 256-slice Spiral CT angiography in diagnosis of vascular lesions of lower limbs in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2021, 19(4): 174-176. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.04.053. (in Chinese).
- [14] LIU B, GAO S, CHANG Z, et al. Lower extremity CT angiography at 80 kVp using iterative model reconstruction[J]. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 2018, 99(9): 561-568. DOI:10.1016/j.diii.2018.04.006.
- [15] YUHUAN C, ZHENTANG L, MICHELLE L, et al. Reducing both radiation and contrast doses in coronary CT angiography in lean patients on a 16-cm wide-detector CT using 70 kVp and ASiR-V algorithm, in comparison with the conventional 100-kVp protocol[J]. *European Radiology*, 2020, 29(6): 3036-3043.