

## CT angiography assessment for morphological characteristics of lenticulostriate artery in patients with basal ganglia lacunar infarction

GONG Shuhui, TAN Wenli, YANG Yuchan\*, CHENG Jianming, GONG Zhigang,  
WU Hongyong, DING Xiaoqing, GUO Rongfang, ZHANG Dongqing  
(Department of Radiology, Shuguang Hospital, Shanghai University of  
Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the value of CT angiography (CTA) for assessing morphological characteristics of lenticulostriate artery (LSA) in patients with basal ganglia (BG) lacunar infarction (LI). **Methods** Totally 100 patients with ischemic stroke or transient ischemic attack were retrospectively enrolled and divided into LI group ( $n=50$ ) and non-LI group ( $n=50$ ), and those in LI group were furtherly divided into bilateral LI subgroup ( $n=24$ ) and unilateral LI subgroup ( $n=26$ ). Original cranial CTA images were processed using minimum intensity projection techniques. The number and length of bilateral LSA trunks and branches on coronal images were recorded, and their average length and tortuosity were calculated. The morphological characteristics of LSA were compared between groups. **Results** In LI group, imaging quality score ( $1.50 [1.13, 2.00]$  vs.  $2.00 [1.50, 2.00]$ ), both the number of LSA trunks ( $8.00 [7.00, 8.75]$  vs.  $8.00 [8.00, 10.00]$ ) and branches ( $8.88 \pm 2.17$  vs.  $10.32 \pm 1.74$ ) were less than those in non-LI group (all  $P < 0.05$ ). The total length ( $[18.01 \pm 5.22]$  mm vs.  $[23.21 \pm 5.32]$  mm) and the average length ( $2.05 [1.82, 2.21]$  mm vs.  $2.15 [2.02, 2.33]$  mm) of LSA in LI group were both shorter than those in non-LI group (both  $P < 0.05$ ). In unilateral LI subgroup, imaging quality score of LSA on the affected side ( $1.35 \pm 0.56$  vs.  $1.73 \pm 0.45$ ) was lower, the number of trunks ( $3.65 \pm 1.13$  vs.  $4.23 \pm 0.86$ ) and branches ( $4.04 \pm 1.31$  vs.  $5.15 \pm 1.19$ ) were both less, and the total length ( $[8.35 \pm 2.74]$  mm vs.  $[10.40 \pm 2.79]$  mm) was shorter than those on the healthy side (all  $P < 0.05$ ). No significant difference of the morphological characteristics of LSA was found between the healthy side in unilateral LI subgroup and non-LI group (all  $P > 0.05$ ). **Conclusion** CTA could quantitatively assess morphological characteristics of LSA in patients with BG LI, mainly presented as reduced number of main trunks, branches and shortened length.

**[Keywords]** atherosclerosis; stroke, lacunar; tomography, X-ray computed; lenticulostriate artery

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2026.01.010

## CT 血管成像评估基底节腔隙性脑梗死患者豆纹动脉形态学特征

龚姝卉, 谭文莉, 杨玉婵\*, 成建明, 龚志刚, 吴泓湧, 丁晓青, 国荣芳, 张冬晴  
(上海中医药大学附属曙光医院放射科, 上海 201203)

**[摘要]** **目的** 探讨 CT 血管成像(CTA)评估基底节(BG)腔隙性脑梗死(LI)患者豆纹动脉(LSA)形态学特征的价值。**方法** 回顾性分析 100 例缺血性卒中或短暂性脑缺血发作患者并将其分为 LI 组( $n=50$ )和无 LI 组( $n=50$ ),根据受累侧别于 LI 组内划分双侧 LI 亚组( $n=24$ )和单侧 LI 亚组( $n=26$ )。以最小密度投影处理原始颅脑 CTA 图像,记录冠状位图中双侧 LSA 主干和分支数目及其长度、计算其平均长度和曲折度;对比 2 组 LSA 形态学特征。**结果** LI 组 LSA 成像质量评分

**[第一作者]** 龚姝卉(1992—),女,江苏启东人,硕士,主治医师。研究方向:影像学诊断。E-mail: gongshui1024@gmail.com

**[通信作者]** 杨玉婵,上海中医药大学附属曙光医院放射科,201203。E-mail: yangyuchan81@126.com

**[收稿日期]** 2025-05-16 **[修回日期]** 2025-10-26

[1.50(1.13, 2.00) vs 2.00(1.50, 2.00)], 其主干[8.00(7.00, 8.75) vs 8.00(8.00, 10.00)]和分支数目(8.88±2.17 vs 10.32±1.74)均少于无 LI 组( $P$ 均<0.05)。LI 组 LSA 总长度[(18.01±5.22)mm vs (23.21±5.32)mm]和平均长度[2.05(1.82, 2.21)mm vs 2.15(2.02, 2.33)mm]均小于无 LI 组( $P$ 均<0.05)。单侧 LI 亚组患侧 LSA 成像质量评分(1.35±0.56 vs 1.73±0.45)低于、主干(3.65±1.13 vs 4.23±0.86)和分支数目(4.04±1.31 vs 5.15±1.19)均少于、总长度[(8.35±2.74)mm vs (10.40±2.79)mm]小于健侧( $P$ 均<0.05)。单侧 LI 亚组健侧与无 LI 组 LSA 形态学特征差异均无统计学意义( $P$ 均>0.05)。**结论** CTA 可定量评估 BG LI 患者 LSA 形态学特征, 主要表现为主干和分支数目较少且长度缩短。

**关键词** 动脉粥样硬化; 卒中, 腔隙; 体层摄影术, X 线计算机; 豆纹动脉

**中图分类号** R743.3; R814.42 **文献标识码** A **文章编号** 1003-3289(2026)01-0050-05

豆纹动脉(lenticulostriate artery, LSA)是大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)近端起源的主要穿支动脉, 为基底节和放射冠供血<sup>[1]</sup>; 约五分之一缺血性卒中与穿支动脉有关并致腔隙性脑梗死(lacunar infarction, LI)。LSA 直径仅 0.08~1.50 mm<sup>[2]</sup>, 常规成像识别困难<sup>[3]</sup>。CT 血管成像(CT angiography, CTA)受动脉血流影响较小, 用于评估 LSA 形态学有一定优势<sup>[4]</sup>。本研究探讨 CTA 评估基底节(basal ganglia, BG)LI 患者 LSA 形态学特征的价值。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 回顾性分析 2023 年 8 月—2025 年 1 月上海中医药大学附属曙光医院 100 例缺血性卒中(ischemic stroke, IS)或短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA), 男 50 例、女 50 例, 年龄 40~87 岁、平均(64.0±9.0)岁。纳入标准: ①接受颅脑 CTA 和 MR 检查; ②伴局灶性神经功能缺损症状(如头晕、头痛、手足麻木、视野缺损)且持续时间≥24 h 或一过性发作; ③于发病 2 周内根据神经学检查和弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)判定有无急性颈内动脉(internal carotid artery, ICA)/MCA 区梗死。排除标准: ①心脏来源栓子或陈旧性心肌梗死; ②出血、肿瘤、血管炎、动脉夹层、烟雾病及脑实质创伤等病史; ③同侧 ICA 和/或 MCA 狭窄>50%或闭塞; ④临床资料不全或 CTA 图像质量差。根据有无 BG LI 划分 LI 组( $n=50$ )与无 LI 组( $n=50$ ); 于 LI 组内进一步分为双侧亚组( $n=24$ )与单侧亚组( $n=26$ )。以出现腔隙综合征、持续时间超过 24 h 或一过性发作, 且 DWI 和/或 T2WI 示豆状核和/或放射冠梗死灶直径<20 mm 为 LSA 区 LI<sup>[4]</sup>。本研究经医院伦理委员会批准(2024-1429-012-01), 患者均签署知情同意书。

**1.2 仪器与方法** 采用 Siemens SOMATOM Force 双源 CT 机。经外周静脉以 6.0 ml/s 流率注射碘美普尔(400 mgI/ml)250 mg/kg 体质量并跟注 40 ml 生理盐水。采用 Siemens Care Bolus, 监测 C4 水平颈总动脉, 设触发阈值为 150 HU 进行头颅扫描; 参数: 准

直 5×64×0.6 mm, 球管 A 管电压为 Sn150 kV, 球管 B 管电压为 80 kV, 管电流 450 mA, 球管旋转时间 0.25 s, 螺距 0.5, 矩阵 512×512。

**1.3 图像处理及分析** 采用 Admire 重建图像, 层厚 0.6 mm、层间距 0.3 mm; 卷积核为 BI57, 锐利度 3, 并采用虚拟单能谱影像技术重建 40 keV 图像。由 2 名具有 5 年工作经验的影像科医师于 Syngo Via 后处理工作站手动追踪 LSA, 基于轴位图像重建层厚 20 mm 的冠状位最小密度投影(minimum intensity projection, MinIP)图。基于三维最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)和原始图像于 MCA 水平段起始处追踪 LSA, 记录其数目及长度; 以 3 分制对成像质量进行评分: 0 分, LSA 完全未显影; 1 分, LSA 显像不良且包括下列任一项(①LSA 显示不连续; ②可视分支数目显著减少; ③血管长度明显缩短; ④基底节 LSA 覆盖范围<50%); 2 分, 显影良好且 LSA 走行连续完整血管分支显示清晰, 基底节 LSA 覆盖范围≥50%<sup>[5]</sup>。LSA 分支计数原则: ①长度>5 mm 且分支起始于 MCA M1 段近段 5 mm 范围内时, 对各分支分别进行计数和测量; ②LSA 远端发出分支时, 仅计数和测量最长分支<sup>[6]</sup>。LSA 曲度定义为最主要 1~2 支 LSA 的曲线长度与其直线长度比值的平均值。见图 1。由 2 名医师随机抽取 20 例进行重复测量, 以评估观察者间一致性。

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS 27.0 统计学软件。以组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)评价观察者内及观察者间一致性, 以 ICC>0.75 为一致性良好。对组间性别、既往史等分类变量行 Pearson  $\chi^2$  检验。采用 Wilcoxon 秩和检验或 Fisher 精确概率法比较组间 LSA 数量、总长度、平均长度及成像质量评分等。采用配对  $t$  检验进行侧别比较。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

LI 组男 33 例、女 17 例, 年龄 42~87 岁、平均(64.0±9.0)岁; 无 LI 组男 19 例、女 31 例, 年龄 41~86 岁、平均(67.0±9.0)岁。观察者内(ICC: 0.952, 0.940)

和观察者间 (ICC: 0.905、0.902) 测量 LSA 主干数和长度的一致性均良好 ( $P$  均  $< 0.001$ )。

2.1 组间一般资料比较 LI 组男性和罹患糖尿病、高血压及有大动脉梗死病史者占比高于无 LI 组 ( $P$  均  $< 0.05$ )。LI 组 LSA 成像质量评分、主干及分支数目均少于无 LI 组 ( $P$  均  $< 0.05$ )，且 LSA 总长度和平均长度均小于无 LI 组 ( $P$  均  $< 0.05$ )。见图 2、3 和表 1。

2.2 侧别比较

LI 组内，单侧 LI 亚组患侧 LSA 成像质量评分低于、主干和分支数目均少于、总长度短于健侧 ( $P$  均  $< 0.05$ )，见表 2。单侧 LI 亚组健侧与无 LI 组 LSA 形态学特征差异均无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )，见表 3。

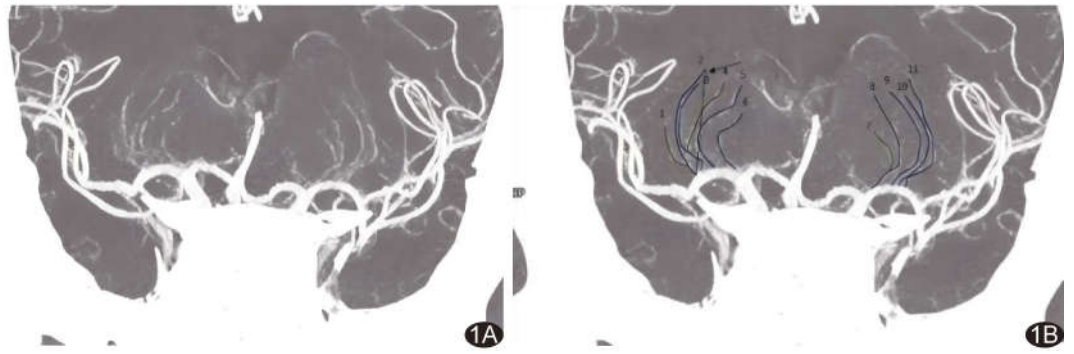


图 1 测量 LSA 示意图 A. LSA 重建冠状位 MinIP 图; B. 跟踪 LSA 相应线路 [曲线 2、3、5、6、8~11 直接起源于 MCA 主干, 曲线 1、4、7 分别为曲线 2、3、8 的最长分支; 曲线 2 为右侧 LSA 主要动脉, 故右侧曲率为曲线 2 与直线长度 (箭) 之比; 曲线 9 和 11 为左侧主要动脉, 左侧曲率为 9 和 11 曲率平均值; 以两侧曲率的平均值为个体曲率]

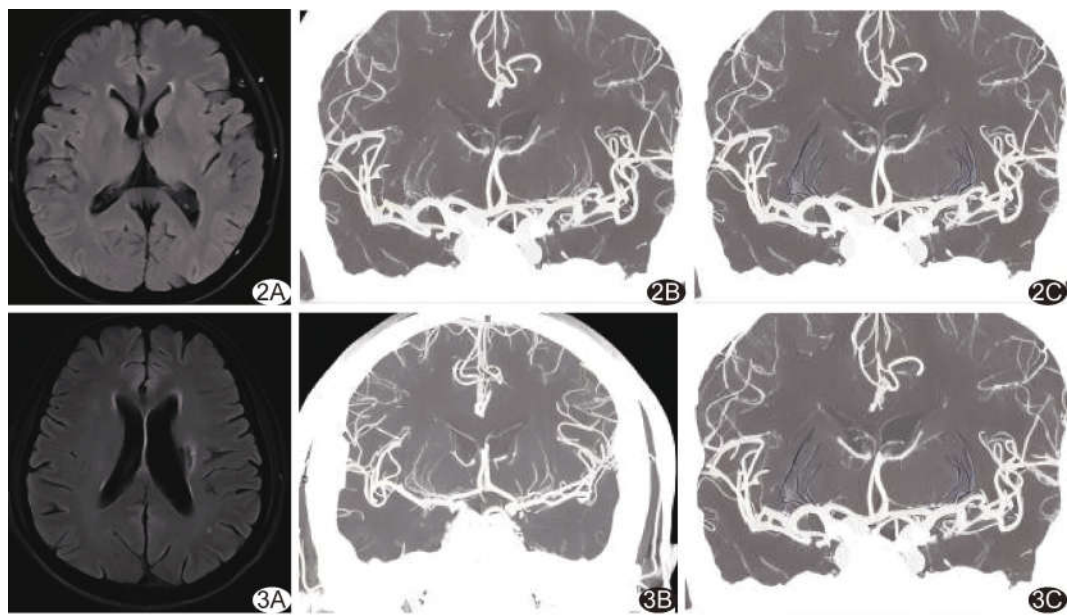


图 2 无 LI 患者, 男, 70 岁 液体衰减反转恢复 (fluid attenuated inversion recovery, FLAIR) 图示双侧基底节未见急性或慢性梗死 (A), MinIP 重建冠状位图示 LSA (B), 追踪右侧 LSA 发现 4 支主干和 4 支分支, 而左侧可见 4 支主干和 5 支分支 (C) 图 3 左侧 BG 慢性 LI 患者, 男, 65 岁 FLAIR 图示左侧基底神经节慢性梗死 (A), MinIP 重建冠状位图示 LSA (B), 追踪右侧 LSA 发现 4 支主干和 5 支分支, 左侧可见 3 支主干和 3 支分支

表 1 100 例 IS 或 TIA 患者基线特征比较

组别	男性(例)	年龄(岁)	吸烟史(例)	饮酒史(例)	糖尿病(例)	高血压(例)	冠心病(例)	高血脂(例)
LI 组 (n=50)	33	68	5	1	20	36	4	20
无 LI 组 (n=50)	19	67	2	1	8	26	8	22
$\chi^2/U$ 值	7.853	1.026	—	—	7.143	4.244	1.515	0.164
P 值	0.005	0.123	0.436*	$> 0.999^*$	0.008	0.039	0.218	0.685
组别	大动脉梗死(例)	LSA 成像质量评分	LSA 主干数	LSA 分支数	LSA 总长度 (mm)	LSA 平均长度 (mm)	LSA 曲度	
LI 组 (n=50)	23	1.50(1.13, 2.00)	8.00(7.00, 8.75)	8.88 $\pm$ 2.17	18.01 $\pm$ 5.22	2.05(1.82, 2.21)	1.18(1.15, 1.23)	
无 LI 组 (n=50)	10	2.00(1.50, 2.00)	8.00(8.00, 10.00)	10.32 $\pm$ 1.74	23.21 $\pm$ 5.32	2.15(2.02, 2.33)	1.19(1.15, 1.26)	
$\chi^2/U$ 值	7.644	1.622	1.643.5	3.656	4.942	1.708.5	1.356	
P 值	0.006	0.005	0.006	$< 0.001$	$< 0.001$	0.002	0.467	

注: \* : 采用 Fisher 精确概率法

表 2 双侧 LI、单侧 LI 和无 LI 患者 LSA 和 LI 特征比较

组(亚组)别	LSA 成像质量评分	LSA 主干数	LSA 分支数	LSA 总长度 (mm)	LSA 平均长度 (mm)	LSA 曲度	LI 数	LI 体积 (ml)	
双侧 LI 亚组 (n=24)	左侧	1.54±0.59	3.83±1.09	4.38±1.06	8.46±2.90	1.90±0.36	1.21±0.13	1.75±1.03	4.72±1.98
	右侧	1.46±0.72	3.54±0.98	4.13±1.39	8.51±4.05	2.00±0.47	1.20±0.10	2.00±0.98	5.01±2.13
	t 值	0.439	0.976	0.701	-0.055	-0.870	0.421	-0.861	-0.497
	P 值	0.663	0.334	0.487	0.956	0.389	0.676	0.394	0.622
单侧 LI 亚组 (n=26)	患侧	1.35±0.56	3.65±1.13	4.04±1.31	8.35±2.74	2.10±0.41	1.19±0.08	—	—
	健侧	1.73±0.45	4.23±0.86	5.15±1.19	10.40±2.79	2.13±0.56	1.20±0.08	—	—
	t 值	-2.720	-2.070	-3.213	-2.683	-0.198	-0.363	—	—
	P 值	0.009	0.044	0.002	0.010	0.064	0.718	—	—
无 LI 组 (n=50)	左侧	1.80±0.40	4.30±0.84	5.24±0.96	11.91±2.90	2.27±0.36	1.20±0.10	—	—
	右侧	1.74±0.44	4.28±0.86	5.08±1.03	11.26±2.91	2.22±0.38	1.21±0.09	—	—
	t 值	0.708	0.118	0.805	1.112	0.726	-0.664	—	—
	P 值	0.481	0.906	0.423	0.269	0.469	0.508	—	—

表 3 单侧 LI 患者健侧与无 LI 患者双侧 LSA 特征比较

侧别	LSA 成像质量评分	LSA 主干数	LSA 分支数	LSA 总长度 (mm)	LSA 平均长度 (mm)	LSA 曲度
单侧 LI 亚组患侧 (n=26)	1.69±0.47	4.31±0.93	5.27±1.37	10.80±3.39	2.11±0.40	1.19±0.08
无 LI 组双侧 (n=100)	1.77±0.42	4.29±0.84	5.16±0.99	11.58±2.91	2.24±0.37	1.20±0.10
t 值	0.815	-0.093	-0.381	1.184	1.662	0.646
P 值	0.417	0.926	0.706	0.239	0.099	0.519

### 3 讨论

GOTOH 等<sup>[7]</sup>指出,卒中与无卒中患者间 LSA 分支数目存在显著差异,强调 LSA 易受慢性疾病(如高血压)相关病理改变的影响。慢性低灌注可能由高血压和微血管病变等全身因素引起,使小穿通动脉<sup>[8]</sup>逐渐狭窄并闭塞,不仅减少整体脑血流量,还易使 LSA 发生包括血管壁增厚和纤维化的结构重塑,最终导致 BG 动脉主干和分支数目减少<sup>[9]</sup>。

与高场强 MRI 相比,CTA 具有检查时间短、空间分辨率高、对血流依赖性较小等优点。本研究在前期研究<sup>[10]</sup>利用双源 CT 改进 LSA 成像质量的基础上进一步优化第三代双源 CT 扫描参数,基于 MinIP 可视化和定量评估 LSA,发现相比无 BG LI 患者,BG LI 患者 LSA 长度和数量均有所差异,主要表现为 BG LSA 主干和分支数目均减少、且 LSA 总长度和平均长度缩短,与以往研究结果一致<sup>[11]</sup>;为以常规设备实现对于细小 LSA 的可视化和量化研究 BG LI 提供了更多可能。

YAN 等<sup>[12]</sup>认为 LSA 长度可作为单发皮质下梗死患者早期神经功能恶化的预测指标。LI 等<sup>[13]</sup>指出,迂曲血管可能为常见解剖变异。本研究发现 LI 患者 LSA 总长度和平均长度显著缩短,提示早期发现 LSA 损伤有助于及早干预,预防动脉粥样硬化发生;而组间 LSA 曲度未见明显差异。

综上所述,CTA 可定量评估 BG LI 患者 LSA 形态学特征,主要表现为主干和分支数目减少及长度缩短。本研究的主要局限性:①为单中心、回顾性、横向研究,且样本量有限;②受限于 LSA 走行曲折和三维空间特点,手动追踪 LSA 耗时且具有主观性;③观察对象包括急、慢性 BG LI 患者,可能影响结果的普遍性。未来将通过扩大样本量、开展多中心纵向研究,引入先进的自动分割和重建技术进行深入探讨。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:龔姝卉图像分析和处理、数据分析、查阅文献、撰写文章;谭文莉指导、审阅文章;杨玉婵研究设计、查阅文献、图像分析、修改和审阅文章;成建明、龔志刚和国荣芳指导、审阅文章;吴泓湧和丁晓青研究实施、图像处理;张冬晴指导、审阅文章。

### [参考文献]

[1] SHARMA M, PEARCE L A, BENAVENTE O R, et al. Predictors of mortality in patients with lacunar stroke in the secondary prevention of small subcortical strokes trial [J]. Stroke, 2014, 45(10):2989-2994.

[2] VOGELS V, DAMMERS R, van BILSEN M, et al. Deep cerebral perforators: Anatomical distribution and clinical symptoms: An Overview [J]. Stroke, 2021, 52(10):e660-e674.

[3] HARTEVELD A A, de COCKER L J, DIELEMAN N, et al. High-resolution postcontrast time-of-flight MR angiography of

intracranial perforators at 7.0 Tesla[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0121051.

[4] OHARA T, YAMAMOTO Y, TAMURA A, et al. The infarct location predicts progressive motor deficits in patients with acute lacunar infarction in the lenticulostriate artery territory [J]. *J Neurol Sci*, 2010, 293(1/2):87-91.

[5] OKUCHI S, OKADA T, IHARA M, et al. Visualization of lenticulostriate arteries by flow-sensitive black-blood MR angiography on a 1.5T MRI system: A comparative study between subjects with and without stroke [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34(4):780-784.

[6] OKUCHI S, OKADA T, FUJIMOTO K, et al. Visualization of lenticulostriate arteries at 3T: Optimization of slice-selective off-resonance sinc pulse-prepared TOF-MRA and its comparison with flow-sensitive black-blood MRA [J]. *Acad Radiol*, 2014, 21(6): 812-816.

[7] GOTOH K, OKADA T, SATOGAMI N, et al. Evaluation of CT angiography for visualisation of the lenticulostriate artery: Difference between normotensive and hypertensive patients [J]. *Br J Radiol*, 2012, 85(1019):e1004-e1008.

[8] KANG C K, PARK C A, LEE H, et al. Hypertension correlates with lenticulostriate arteries visualized by 7T magnetic resonance angiography [J]. *Hypertension*, 2009, 54(5):1050-1056.

[9] LING C, FANG X, KONG Q, et al. Lenticulostriate arteries and basal ganglia changes in cerebral autosomal dominant arteriopathy with subcortical infarcts and leukoencephalopathy, a high-field MRI study [J]. *Front Neurol*, 2019, 10:870.

[10] 王立, 詹松华, 谭文莉, 等. 基于第三代双源 CT 的豆纹动脉成像质量改进研究 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2024, 30(3): 293-298.

[11] BUDOVEC J J, POLLEMA M, GROGAN M. Update on multidetector computed tomography angiography of the abdominal aorta [J]. *Radiol Clin North Am*, 2010, 48(2): 283-309.

[12] YAN Y, JIANG S, YANG T, et al. Lenticulostriate artery length and middle cerebral artery plaque as predictors of early neurological deterioration in single subcortical infarction [J]. *Int J Stroke*, 2023, 18(1):95-101.

[13] LI R, LYU J, HU R, et al. Morphological study on lenticulostriate arteries in patients with middle cerebral artery stenosis at 7 T MRI [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2025, 62(1): 201-212.

## 严正声明

近日有不法分子冒充我社编辑,诱骗作者投稿、缴费等。《中国医学影像技术》期刊社有限公司两刊信息为:  
《中国医学影像技术》 <http://www.cjmit.com> 《中国介入影像与治疗学》 <http://www.cjiit.com>

银行账户名 《中国医学影像技术》期刊社有限公司

开户行 招商银行股份有限公司北京清华园科技金融支行

账号 110907929010201

支付宝账号 cjmit@mail.ioa.ac.cn(账户名同银行账户名)

作者在投稿、缴费时,请注明稿号、姓名;敬请广大作者、读者相互转告,提高警惕、谨防上当受骗。如有疑问请致电 010-82547901/2/3 或发邮件至 [cjmit@mail.ioa.ac.cn](mailto:cjmit@mail.ioa.ac.cn)。

特此声明!

《中国医学影像技术》期刊社有限公司

2026 年 1 月