

论著·头颈部

单次注射对比剂在CTP联合头颈CTA卒中检查中的应用*

李 彭¹ 胡永胜¹ 何新华¹
刘 玲² 张梦琦¹ 夏春华^{1,*}

1.安徽医科大学第三附属医院(合肥市第一人民医院)医学影像中心(安徽合肥 230601)
2.上海GE医疗CT影像研究中心(上海 210000)

【摘要】目的 探讨使用小剂量测试法在头颈CT血管造影(CTA)联合头颅灌注(CTP)扫描模式的应用。方法 选取2023年4月至2023年12月在我院行头颈CTA及CTP的患者86例,随机分为对照组(A组)和实验组(B组),每组各43例。对照组采用常规扫描,使用两次对比剂,分别行CTA和CTP扫描;实验组采用test-bolus法,CTP扫描期间,当ROI达到峰值,立即行CTA扫描,后继续CTP扫描。记录两组患者的辐射剂量、对比剂剂量;测量和计算两组图像的CT值、噪声值(SD)、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR);对两组图像进行主观评分。做Bland-Altman图进行CT和MRI之间的一致性分析。结果 实验组(65mL)比对照组(90mL)对比剂用量减少约28%,有效辐射剂量显著减少(4.40±0.03vs.6.89±0.08)。两组数据的CT值、SNR、CNR值及主观评分无显著差异。与MRI相比,测定的脑梗区域和个数具有一致性。结论 单次使用对比剂,单次扫描可以降低对比剂用量和辐射剂量。

【关键词】头颈CTA; 头颅灌注;
脑梗区域和个数; 小剂量测试;
对比剂和辐射剂量
【中图分类号】R816.1
【文献标识码】A
【基金项目】安徽省卫生健康委科研项目
(AHWJ2021b141)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.06.006

Application of Single Injection Contrast Agent in CTP Combined with Head and Neck CTA Stroke Examination*

LI Peng¹, HU Yong-sheng¹, HE Xin-hua¹, LIU Ling², ZHANG Meng-qi¹, XIA Chun-hua^{1,*}.
1. Medical Imaging Center, the Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University (Hefei First People's Hospital), Hefei 230601, Anhui Province, China
2. Shanghai GE Medical CT Imaging Research Center, Shanghai 210000, China

ABSTRACT
Objective To investigate the application of low dose test in head and neck CT angiography (CTA) combined with skull perfusion (CTP) scanning mode. **Methods** A total of 86 patients receiving head and neck CTA and CTP in our hospital from April 2023 to December 2023 were randomly divided into control group (group A) and experimental group (group B), with 43 cases in each group. The control group received conventional scanning, using two contrast agents, CTA and CTP scanning respectively; The experimental group adopted test-bolus method. During CTP scan, when ROI reached the peak, CTA scan was performed immediately, and then CTP scan was continued. The radiation dose and contrast dose of the two groups were recorded. The CT value, noise value (SD), signal-to-noise ratio (SNR) and contrast noise ratio (CNR) of the two groups of images were measured and calculated. The two groups of images were subjectively rated. Bland-Altman plots were performed for consistency analysis between CT and MRI. **Results** The dosage of contrast agent in the experimental group (65mL) was reduced by about 28% compared with that in the control group (90mL), and the effective radiation dose was significantly reduced (4.40±0.03vs.6.89±0.08). There were no significant differences in CT, SNR, CNR and subjective scores between the two groups. Compared with MRI, the measured cerebral infarction area and number were consistent. **Conclusion** Single use of contrast agent and single scan can reduce the amount of contrast agent and radiation dose.
Keywords: Head and Neck CTA; Brain Perfusion; Cerebral Infarction; Low-dose Testing; Contrast and Radiation Dose

急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)是多种因素引起的头颅血液循环障碍,可以短时间内导致脑组织缺血、缺氧、坏死^[1],具有发病率高,发病急,进展快,致残率高等特点^[2]。长期不良的生活及饮食习惯会引起颈动脉粥样硬化斑块的形成,斑块脱落导致的脑供血不足是急性缺血性脑卒中的主要原因之一^[3]。其主要的临床症状包括偏瘫,恶心呕吐,严重者会导致昏迷、嗜睡等,若不及时发现和治疗,会影响患者的生活质量,严重者可危及生命,因此及早诊断和治疗尤为重要^[4]。数字血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是检查头颈部血管是否狭窄的“金标准”,但是其有创伤,不能作为临床首选使用^[5]。CT平扫可以区分出血性脑卒中和缺血性脑卒中,但是对于早期的缺血性脑卒中显示效果不佳。随着医学技术的发展,颈部血管超声(cervical vascular ultrasound, CVUS)、磁共振血管造影(magnetic resonance angiography, MRA)、CT血管造影(CT angiography, CTA)等无创检查方式越来越多地在脑血管等疾病的临床诊断中被应用^[6],磁共振检查时间较长,禁忌症较多,也不作为首选检查手段。头颈CTA可以了解头颈部血管狭窄或者闭塞程度,对头颈部血管疾病的诊治与预防提供方向,可以大大降低患者的致死率和致残率^[7]。头颅灌注扫描(CT perfusion, CTP)可以及时反映颅脑血流灌注情况,其中灌注参数(CBF、CBV、MTT)可以定量描述,了解缺血半暗带及核心梗死区^[8]。头颈CTA联合头颅CTP禁忌证少,检查速度较快,具有创伤小,简便易行,观察清晰等特点而被临床广泛应用^[9]。随着医学知识的普及,人们开始重视辐射剂量^[10],此外,对比剂不良反应也是人们关注的热点,尤其是对比剂肾病问题^[11]。因此,在保证图像质量的前提下,尽可能降低辐射剂量与对比剂用量,是影像技术人员关注方向^[12]。本文研究单次使用对比剂及单次扫描来同时进行头颈CTA与头颅CTP扫描,旨在降低辐射剂量与对比剂用量。

1 资料与方法

1.1 一般资料 前瞻性选取2023年4月至2023年12月怀疑AIS的患者,需在我院同时接受头颈CTA和头颅CTP的检查的86例患者,其中男性为53人,女性为33人,年龄最大者86岁,最小者34岁;身体质量指数(body mass index, BMI)最高28kg/m²,最低18kg/m²,所有患者都在检查前签署知情同意书。
纳入标准:年龄>18岁;有AIS相关临床表现, CVUS或相关检查显示有颈部动脉斑块;相关手术(如颈动脉剥脱术)术前需进一步评估头颈部血管情况, CT平扫排除脑出血。排除标准:碘对比剂过敏患者;严重心、肝、肾功能不全患者;妊娠及哺乳期女性; BMI>28kg/m²;有严重金属植入物伪影;由于运动无法配合检查者。
所有患者被随机分为A组(对照组, n=43)和B组(小剂量测试组, n=43),两组患者的年

【第一作者】李 彭,男,主管技师,主要研究方向:头颈影像检查技术。E-mail: 2178125860@qq.com
【通讯作者】夏春华,女,主任医师,主要研究方向:头颈影像诊断。E-mail: xiachunhua3775@sina.com

龄、身高、体重及体重指数差异均无统计学差异($P>0.05$)(表1)。

表1 两组患者的基本信息比较

基本信息	A组	B组	P值
性别(男/女)	24/19	30/13	
年龄(岁)	65.35±11.30	64.79±9.64	0.80
身高(cm)	160.86±7.81	162.98±8.77	0.25
体重(kg)	59.83±8.20	62.16±7.00	0.16
体重指数(BMI)	23.06±2.17	23.37±1.23	0.41

1.2 方法 使用Revolution CT(GE Healthcare, Milwaukee, USA)进行扫描,头颈CTA扫描范围从主动脉弓到颅顶,头颅CTP采用16cm探测器覆盖整个头部,检查前去除头颈部金属异物,患者采用仰卧位,头先进,双上肢紧贴身体两侧,患者需平静呼吸,勿做吞咽动作,用约束带固定头部^[13]。

1.2.1 扫描参数 对照组: (1)头颈CTA(Head-Neck CTA): 管电压100kV, 采用自动管电流SmartmA 290~520mA, 螺距0.992:1, 旋转时间0.50秒/圈, 噪声指数11.0, 扫描层厚5mm, 重建层厚0.625mm, 采用ASIR-V50%进行重建, 扫描时长为2.9秒。(2)头颅CTP采用管电压80kV, 管电流150mA, 后置迭代重建ASIR-V为80%, 旋转时间1.00秒/圈, 扫描时长为45s。为了不影响头颅灌注图像质量, 头颈CTA扫描结束后, 等待五分钟后再行头颅灌注扫描。

小剂量测试组: (1)头颈CTA管电压100kV, 管电流500mA, 旋转时间0.28秒/圈, 螺距0.992:1, 迭代重建ASIR-V60%, 扫描层厚5mm, 重建层厚0.625mm。(2)头颅CTP采用管电压100kV, 管电流200mA, 旋转时间0.28秒/圈, 迭代重建ASIR-V60%。头颈CTA联合头颅灌注小剂量测试法总共时长为49秒。

1.2.2 注射方案 使用EmpowerCTA+(Bracco, NJ, USA)双筒高压注射器, 经受检者右侧肘正中静脉团注非离子型对比剂(碘佛醇350 mgI/mL)。

A组: 根据患者体重不同, 头颈CTA按4.5mL/s流率、0.7mL/kg注射对比剂, 对比剂注射总量控制在40~50mL之间; 生理盐水为40mL, 注射速率4.5mL/s。CTP对比剂注射总量为50mL, 注射速率为5.0mL/s; 生理盐水为40mL, 注射速率为5.0mL/s。

B组: 先注射对比剂15mL, 注射速率为5.0mL/s测量峰值时间。头颈CTA联合CTP扫描时对比剂注射总量为50mL, 注射速率为5.0mL/s; 生理盐水为40mL, 注射速率为5.0mL/s。

1.2.3 扫描技术 A组采用常规扫描模式, 即先注射对比剂扫描头颈CTA, 等待五分钟待药物代谢完后, 再注射对比剂扫描头颅CTP。

B组采用小剂量测试(time bolus)模式, 首先取C3~4椎间盘层面的轴位图像作为扫描监测层, 以此处颈动脉作为感兴趣区(region of interest, ROI), 测算峰值时间并记录。随后正式扫描时分为三段: 即先行头颅CTP扫描, 当达到峰值时间时, 立即进行头颈部CTA扫描, 然后继续进行CTP扫描。

1.2.4 辐射和对比剂剂量 记录A组和B患者头颈部CTA和头颅CTP扫描的检查时间、对比剂剂量、动脉期峰值时间及剂量长度乘积(dose length product, DLP), 并计算两组患者有效辐射剂量(effective dose, ED), $ED = DLP \times k$, k 值为转换系数, 头颈部 k 值取0.0031 mSv/(mGy·cm), 头颅 k 值取0.0021mSv/(mGy·cm)。

1.3 图像观察指标和图像分析评估

1.3.1 图像处理分析 将需要处理的图像上传至AW 4.7工作站(GE Healthcare, Milwaukee, USA)进行图像后处理。对A组和B组图像分别进行容积再现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)和曲面重组(curve planar reformation, CPR)等技术处理^[14]。比较两组梗死灶个数以及梗死区、半暗带区的脑血流动力学参数, 包括脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)以及平均通过时间(mean transit time, MTT)^[15]。

1.3.2 图像评估 客观评价: 分别测量两组颈总动脉起始处、胸锁乳突肌、大脑中动脉M1段及颞叶白质的CT值和标准差(standard deviation, SD)值, 选择胸锁乳突肌和颞叶白质的SD值作为背景噪声^[16]。测量时将ROI分别置于血管管腔中央、肌肉中部, ROI面积大于管腔面积的1/2, 避开钙化、血管严重狭窄的部位, 肌肉ROI面积为0.5 cm²^[17]。计算每组图像各动脉血管平均值和对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)、信噪比(signal to noise ratio, SNR), $CNR = (CT_{\text{目标血管}} - CT_{\text{同层面肌肉}}) / SD_{\text{同层面肌肉}}$; $SNR = CT_{\text{目标血管}} / SD_{\text{同层面肌肉}}$ ^[18], 详见图1A-图1B。

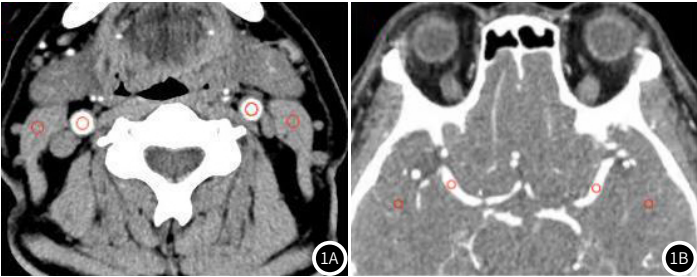


图1A-图1B 测量图像CT值和标准差(SD)。(1A)测量颈总动脉和胸锁乳突肌; (1B)测量大脑中动脉M1段和颞叶。

主观评价: 由两名高年资医师和两名高年资技师以双盲法采取原始断层图像与CPR、VR、MIP等图像相结合的方式对两组图像进行主观评价, 评判不一致时, 两位评价者共同阅片, 达成一致意见^[19]。采用5分法对图像进行评价: 5分: 噪声小, 各级血管均显示良好, 锐利度最佳, 图像质量优, 诊断效果好; 4分: 噪声小, 血管主干、分支及远端显示良好, 锐利度较高, 图像质量良好, 诊断效果好; 3分: 中度噪声, 血管主干及主要分支显示清晰, 远端及次要分支显示差, 锐利度一般, 图像质量一般, 基本可以满足诊断需要; 2分: 重度噪声, 血管远端及分支显示不佳, 锐利度较差, 图像质量差, 不能满足诊断需要; 1分: 严重噪声, 血管主干及分支均显示不清, 锐利度差, 图像质量差, 不能满足诊断需要^[20], 详见图2A-图2D。

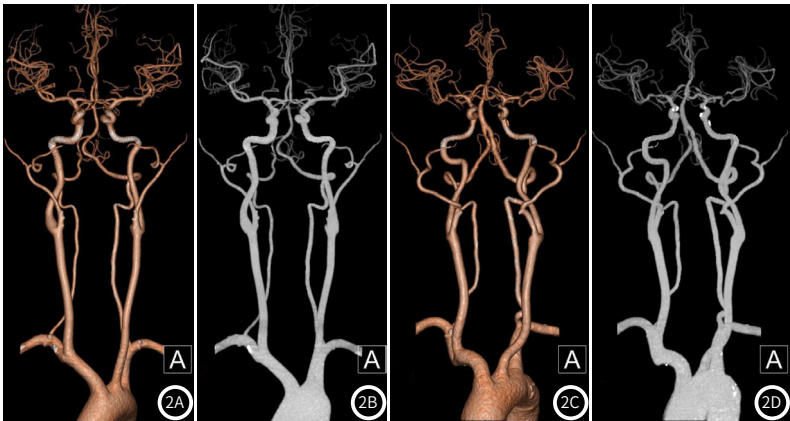


图2A-图2D 两种模式下, VR和MIP图像质量比较。图2A和2B为A组(常规扫描模式); 图2C和2D为B组(小剂量测试模式)。

1.3.3 诊断效能评估 筛选同时行CT和MRI扫描的两组患者，观察两组患者的CT和MRI影像，比较CT和MRI影像的差异并记录脑梗部位的个数，做Bland-Altman图进行一致性测量的可视化分析^[21]。

1.4 统计学方法 采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析，计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，两样本独立t检验比较组间差异，卡方检验用于确定性别差异，kappa(k)统计量计算图像质量评估观察者间一致性，其中 $k > 0.75$ 表示良好一致性， $k = 0.40 \sim 0.75$ 表示中度一致性， $k < 0.40$ 表示不良一致性， $P < 0.05$

提示有统计学意义。采用MedCalc统计学软件进行数据分析，用Bland-Altman做一致性评价。

2 结果

2.1 CT值、SNR、CNR比较 两组图像 CT值、SNR、CNR比较：在颈总动脉层面CT值(HU)、SNR和CNR无统计学差异($P > 0.05$)，在大脑中动脉M1段层面两组CT值(HU)、SNR及CNR无统计学差异($P > 0.05$)。见表2。

表2 两组图像不同层面CT值、SNR和CNR比较

基本参数	颈总动脉层面			大脑中动脉M1段层面		
	A组	B组	P值	A组	B组	P值
CT值(HU)	485.47±76.97	517.15±90.65	0.08	414.03±68.98	431.84±88.67	0.26
SNR	36.71±6.68	36.57±8.25	0.93	15.52±6.00	15.25±4.68	0.82
CNR	64.77±22.15	57.26±23.46	0.13	36.18±13.37	35.43±15.98	0.81

注：SNR:信噪比；CNR：对比信噪比。

2.2 两组灌注图像CBF、CBV、MTT比较 在同一部位(基底节区尾状核)，用同样ROI测量得到的CBF、CBV、MTT，见图3。

两组头颅CTP在基底节区CBF、CBV以及MTT图像的CT值比较，差异无统计学意义差异($P > 0.05$)，见表3。

2.3 对比剂和辐射剂量比较 B组对比剂用量明显小于A组对比剂用量，差异有统计学意义($P < 0.05$)。B组头颈CTA DLP比A组稍低，有统计学差异($P < 0.05$)。B组头颅CTP DLP明显小于A组，B

组总的ED明显小于A组，有统计学差异($P < 0.05$)，见表4。

2.4 主观图像质量比较 两组图像的图像质量主观评价比较，差异无统计学差异($P > 0.05$)(见图4)。

2.5 诊断效能比较 两组同时行CT和MRI扫描的患者，A组35例，B组38例。利用Bland-Altman分析，对CT和MRI的诊断结果一致性进行比较，结果显示A组(35个)和B组(38个)检测出梗死区域个数一致性均较高，误差小(如Bland-Altman图显示)，见图5。

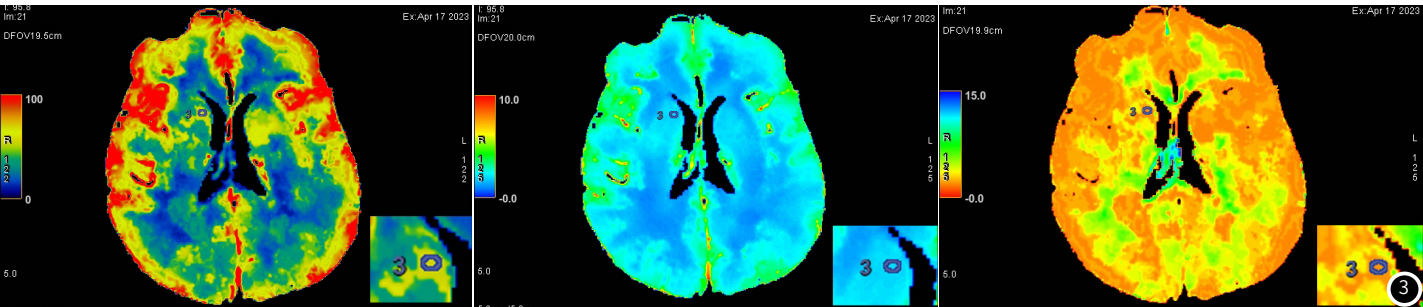


图3 头颅灌注参数图像评估，分布为CBF、CBV、MTT图像。

表3 两组灌注图像在基底节区CBF、CBV、MTT比较

	A组	B组	P值
基底节(尾状核)CBF	61.51±8.54	59.94±6.10	0.33
基底节(尾状核)CBV	2.26±0.39	2.38±0.34	0.12
基底节(尾状核)MTT	2.42±0.60	2.40±0.06	0.83

表4 两组图像对比剂用量和辐射剂量比较

	A组	B组	P值
对比剂用量(mL)	90	65	
头颈CTA DLP(mGy·cm)	323.28±15.91	298.28±10.66	0.00
头颅CTP DLP(mGy·cm)	2802.15±26.06	1653.74±0.26	0.00
ED(mSv)	6.89±0.08	4.40±0.03	0.00

注：DLP：剂量长度乘积；ED：有效辐射剂量。

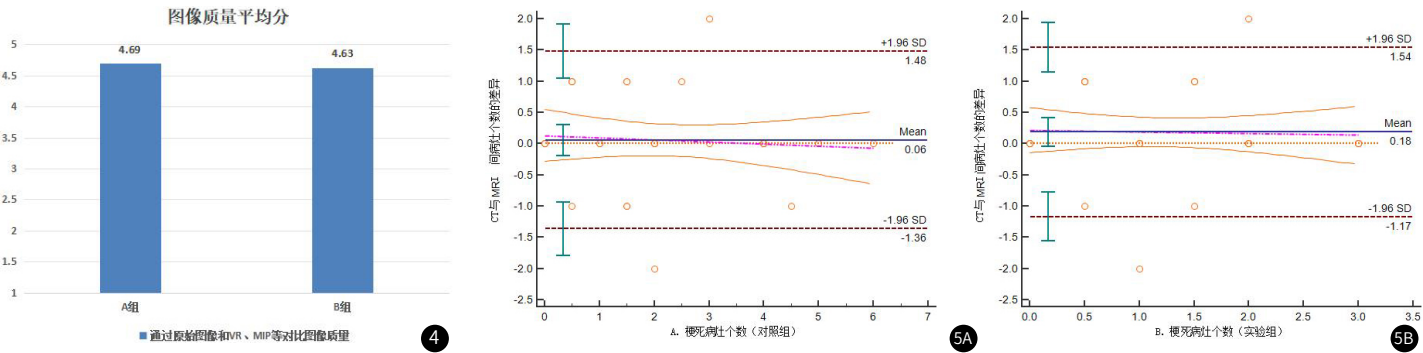


图4 两组图像质量平均分对比。图5A-图5B 两组图像一致性评价。5A：对照组，5B：小剂量测试组。

3 讨论

AIS影像诊断方案通常为依次进行头颅平扫、头颈CTA扫描和CTP扫描,该方案耗时较长,而且辐射剂量和对比剂用量较高。Revolution CT是宽体探测器,扫描速度快,可以从轴位扫描瞬时切换到螺旋扫描^[22],为“一站式”扫描提供了硬件支持。本文对传统两次扫描(对照组)和小剂量扫描(实验组)两种方案的头颈CT数据进行主观和客观评估分析,图像质量均符合诊断要求,两种方法的图像质量无统计学差异。同时,与对照组相比,小剂量测试法在“一站式”头颈CTA联合头颅CTP扫描时,可以明显降低辐射剂量和对比剂用量,对比剂用量约减少28%。因对照组检查完头颈CTA后,中间需间隔五分钟,再行头颅CTP扫描,且每位上机技师对小剂量测试的熟悉程度不同,小剂量测试后,需要测算峰值时间的耗时也不同,但一般不会超过1分钟,本研究方法在头颈CTA联合头颅CTP扫描总的时间为49秒,故“小剂量测试法”用时更短,更利于急诊检查,为AIS患者的救治赢得时间。

传统的降低辐射剂量的方法大多是降低管电压、电流、扫描时间^[23],最近几年研究方法主要采用自动管电流(SmartmA)或者调整前置迭代和后置迭代(ASIR-V)的百分比^[24]。传统的降低对比剂用量的方法主要是调整注射速率和对比剂用量。本研究主要使用小剂量对比剂测出头颈CTA的到达峰值时间,后进行单次使用对比剂,当达到峰值时间,瞬时进行头颈CTA扫描,一次性扫描,可同时获得头颈CTA和头颅CTP扫描。

有学者研究头颅CTP扫描范围采用14cm,采用体部算法,辐射剂量比本研究方案的对照组的辐射剂量较低^[25]。本研究方案中对照组采用标准算法(Head16)、CTP扫描范围为16cm,为覆盖整个头颅的扫描模式,会使辐射剂量增加,但是,采用体部算法会不会影响图像质量,也需进一步验证,若使用14cm的扫描范围,可能无法全部包括头颅。

本研究存在以下不足:(1)本研究通过小剂量测试,从CTP中迅速插入一期头颈CTA,相当于头颅CTP的用时减少,该扫描模式是否会引起CTP数据的部分丢失,有待进一步验证^[26]。(2)本研究未对BMI值过大的患者进行研究^[27]。对于BMI较高的患者,头颅CTP扫描剂量并未明显增加,但在头颈CTA扫描中,需要同时提高对比剂用量、速率及扫描剂量,才能减轻颈肩部伪影。(3)本研究头颅CTP的ROI测量点较少,需进一步增加测量点,尤其是脑梗好发部位的测量^[28]。

4 结论

综上所述,采用小剂量测试法在头颈CTA联合头颅CTP扫描时,可以降低辐射剂量和对比剂用量,同时可以减少扫描时间,值得推广应用。

参考文献

- [1] 邓传宝,肖素朋,韩明哲,等.人工智能ASPECTS评分的智能卒中一站式体系对急性缺血性卒中的临床价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(4):17-19.
- [2] 张胜堂,王瑶,张雪娟.阿替普酶和尿激酶治疗急性缺血性脑卒中患者疗效及血清指标的影响[J].罕少疾病杂志,2024,31(2):26-27,43.
- [3] Wang J,Kang Z,Liu Y,Li Z,et al.Identification of immune cell infiltration and diagnostic biomarkers in unstable atherosclerotic plaques by integrated bioinformatics analysis and machine learning[J].Front Immunol,2022,13:956078.
- [4] 刘国芬,李志钊,郭炜,等.SOMATOMForce双源CT颅脑灌注联合sdLDL-C、MOTS-c在急性脑梗死中的诊断价值[J].中国现代医学杂志,2022,32(19):91-96.
- [5] 李飞,马新强,耿云平,等.CT血管成像对ACI患者颈动脉狭窄程度及侧支循环的价值研究[J].罕少疾病杂志,2024,31(1):32-34.
- [6] Beckman JA,Ansel GM,Lyden SP,et al.Carotid artery stenting in asymptomatic carotid artery stenosis:jacc review topic of the week[J].J

- Am Coll Cardiol,2020.75(6):648-656.
- [7] Ma Y,Wang T,Wang H,et al.Extracranial-intracranial bypass and risk of stroke and death in patients with symptomatic artery occlusion:the CMOS randomized clinical trial[J].JAMA,2023,330(8):704-714.
- [8] 周新华,陈良义,张丹彤.CTA/CTP评估在缺血性脑血管病介入治疗中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(4):20-22.
- [9] 龚启慧,张志伟,蔡焰,等.VitreA工作站三种头颈CTA减影技术效果对比及临床应用价值[J].中国医学计算机成像杂志,2021,27(6):558-565.
- [10] Xu X,Sui X,Song L,et al.Feasibility of low-dose CT with spectral shaping and third-generation iterative reconstruction in evaluating interstitial lung diseases associated with connective tissue disease:an intra-individual comparison study[J].Eur Radiol,2019,29(9):4529-4537.
- [11] Juliette R,Fabien L,Niki K,et al.Contrast-induced nephropathy in non-cardiac vascular procedures,a narrative review:part 1[J].Curr Vasc Pharmacol,2022,20(1):3-15.
- [12] 晁旺,赵晓静,李京凯,等.前置迭代重建技术对低剂量头颈CT血管造影图像质量及辐射剂量的影响[J].中华老年心脑血管病杂志,2021,23(12):1280-1283.
- [13] Zhou Z,Ren L,Rajendran K,et al.Simultaneous dual-contrast imaging using energy-integrating detector multi-energy CT:an in vivo feasibility study[J].Med Phys,2022,49(3):1458-1467.
- [14] 张贺,孟闫凯,王冲,等.比较头颈部CTA常规扫描与低对比剂、能谱单能量扫描的图像质量、辐射剂量[J].临床放射学杂志,2022,41(12):2180-2184.
- [15] Zhang X,Zhu HC,Yang D,et al.Association between cerebral blood flow changes and blood-brain barrier compromise in spontaneous intracerebral haemorrhage[J].Clin Radiol,2022,77(11):833-839.
- [16] 张小勇,胡容,曾宪春,等.基于4D-CTA技术测量头颈血管循环时间的可行性[J].实用医学杂志,2021,37(16):5.
- [17] 刘娜,周宇婧,赵明月,等.头颈部CTA中GSI Assist单能量成像结合个体化对比剂注射方案的应用研究[J].临床放射学杂志,2022,41(4):741-746.
- [18] Zhang T,Zhao S,Liu Y,et al.Comparison of two different GSI scanning protocols in head and neck CT angiography:Image quality and radiation dose[J].J Xray Sci Technol,2022,30(4):689-696.
- [19] Zeng Y.Optimization of the Parameters for the Test Bolus Technique in Computed Tomography Angiography of Head and Neck[J].J Comput Assist Tomogr,2022,46(2):257-263.
- [20] Yuan D,Li L,Zhang Y,et al.Image quality improvement in head and neck CT angiography:Individualized post-trigger delay versus fixed delay[J].Eur J Radiol,2023,168:111142.
- [21] Hong L,Ling Y,Zhang Y,et al.Reperfusion measurements,treatment time,and outcomes in patients receiving endovascular treatment within 24hours of last known well[J].CNS Neurosci Ther,2023,29(4):1067-1074.
- [22] Cheng HW,Geng JH,Tan ZW,et al.The application value of gemstone spectral imaging (GSI) combined with an 80 mm wide-body detector in head-neck CTA[J].Curr Med Imaging,2023.
- [23] Chen PA,Chen CW,Chou CC,et al.Quantitative and qualitative evaluation of low-dose craniocervical computed tomography angiography with a lower tube voltage protocol[J].Acta Radiol,2019,60(10):1380-1389.
- [24] Chen CW,Chen PA,Chou CC,et al.Combination of adaptive statistical iterative reconstruction-v and lower tube voltage during craniocervical computed tomographic angiography yields better image quality with a reduced radiation dose[J].Acad Radiol,2019,26(8):e233-e240.
- [25] Zhou XZ,Lu K,Zhai DC,et al.The image quality and diagnostic performance of CT perfusion-derived CT angiography versus that of conventional CT angiography[J].Quant Imaging Med Surg,2023,13(10):7294-7303.
- [26] Mo X,Cui Y,Yuan J,et al.Study on a new "One-stop-shop" scan protocol combining brain CT perfusion and head-and-neck CT angiography by using 256-detector CT for stroke patients[J].Eur J Radiol,2022,154:110426.
- [27] Zhao S,Liu ZC,Zhao YX,et al.A feasibility study of different GSI noise indexes and concentrations of contrast medium in hepatic CT angiography of overweight patients:image quality,radiation dose,and iodine intake[J].Jpn J Radiol,2023,41(6):669-679.
- [28] Lei L,Zhou Y,Guo X,et al.The value of a deep learning image reconstruction algorithm in whole-brain computed tomography perfusion in patients with acute ischemic stroke[J].Quant Imaging Med Surg,2023,13(12):8173-8189.

(收稿日期:2024-04-29)

(校对编辑:赵望淇)