

· 论 著 · DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2024.06.007

成人烟雾病不同临床表现患者全脑 CTP 与 CTA 影像特征研究*

徐佳佳,舒进鹏,陈晓荣[△]

湖北医药学院附属国药东风总医院医学影像部,湖北十堰 442000

摘要:目的 通过观察分析成人烟雾病的脑动脉 CT 血管成像(CTA)及全脑 CT 灌注成像(CTP)图像的特点,探讨成人烟雾病出血型、缺血型及无症状型患者的影像学特征。**方法** 回顾性分析 82 例成人烟雾病患者的临床资料、全脑 CTA 和 CTP 图像,以 20 例健康人作为对照组。根据 82 例成人烟雾病患者临床表现分为脑出血组(32 例,64 个大脑半球)、脑缺血组(26 例,52 个大脑半球)和无症状组(24 例,48 个大脑半球),分析各组 CTA 改良法 Suzuki 分级差异、CTP 灌注参数值[脑血容量(CBV)、脑血流量(CBF)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)]的差异。**结果** CTA 改良法 Suzuki 分级结果为无症状组患者多为 I 级(39.6%),脑缺血组患者多为 IV 级(59.6%),脑出血组患者多为 II~III 级(68.7%),无症状组、脑缺血组、脑出血组任意两组间改良法 Suzuki 分级情况比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。无症状组 CBV、CBF、MTT 及 TTP 与对照组比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。脑缺血组 CBV、CBF 明显低于对照组,MTT、TTP 较对照组明显延长,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。脑出血组 CBV、CBF 与对照组比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),但 MTT、TTP 较对照组明显延长($P < 0.05$)。脑缺血组 CBV、CBF 与脑出血组相比,差异均有统计学意义($P < 0.05$);无症状组的 CBV、CBF、MTT、TTP 与脑缺血组相比,差异均有统计学意义($P < 0.05$);无症状组 MTT、TTP 与脑出血组相比,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 成人烟雾病出血型、缺血型及无症状型患者的脑动脉 CTA 改良法 Suzuki 分级及全脑 CTP 灌注参数具有一定的差异,对临床个性化诊疗具有指导意义。

关键词:CT 血管成像; CT 灌注成像; 成人烟雾病; 脑卒中; Suzuki 分级; 脑灌注参数
中图分类号:R743.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2024)06-0756-06

Study on imaging characteristics of whole brain CTP and CTA in adult patients
with different clinical manifestations of moyamoya disease*

XU Jiajia, SHU Jinpeng, CHEN Xiaorong[△]

Department of Medical Imaging, Affiliated Sinopharm Dongfeng General Hospital,
Hubei University of Medicine, Shiyan, Hubei 442000, China

Abstract: Objective To investigate the image characteristics of hemorrhage type, ischemia type and asymptomatic type in adult patients with moyamoya disease by observing and analyzing the characteristics of the cerebral arterial CT angiography(CTA) and whole brain CT perfusion images. **Methods** The clinical data of 82 adult patients with moyamoya disease, whole brain CTA and CTP images were retrospectively analyzed. Twenty healthy subjects served as the control group. According to the clinical manifestations, eighty-two adult patients with moyamoya disease were divided into the cerebral hemorrhage group(32 cases, 64 cerebral hemispheres), cerebral ischemic group(26 cases, 52 cerebral hemispheres) and asymptomatic group(24 cases, 48 cerebral hemispheres). The differences of CTA Suzuki classification and CTP perfusion parameter value [brain blood volume (CBV), cerebral blood flow (CBF), mean transit time (MTT), time to peak (TTP)] among the various groups were analyzed. **Results** The modified Suzuki grading results of CTA showed that the most patients in the asymptomatic group were the grade I (39.6%), while the patients in the cerebral ischemia group were the grade IV (59.6%), and the patients in the cerebral hemorrhage group were the grades II-III (68.7%). The comparison of the improved Suzuki grading results between any two groups in the symptom group, cerebral ischemia group and cerebral hemorrhage group showed statistically significant difference ($P <$

* 基金项目:湖北省十堰市引导性科研项目(22Y84)。

作者简介:徐佳佳,男,副主任医师,主要从事中枢神经系统影像学诊断相关研究。△ 通信作者,E-mail:158772897@qq.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20240131.0907.002\(2024-01-31\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20240131.0907.002(2024-01-31))

0.05)。CBV, CBF, MTT and TTP had no statistical differences between the asymptomatic group and control group ($P > 0.05$); CBV and CBF had statistical difference between the cerebral ischemia group and control group ($P > 0.05$), while MTT and TTP were significantly prolonged compared with the control group ($P < 0.05$). CBV and CBF had statistical difference between the cerebral ischemic group and cerebral hemorrhage group ($P < 0.05$). CBV, CBF, MTT and TTP had statistical differences between the asymptomatic group and cerebral hemorrhage group ($P < 0.05$). MTT and TTP had statistical difference between the asymptomatic group and cerebral hemorrhage group ($P < 0.05$). **Conclusion** The modified Suzuki CTA classification and the whole brain CTP perfusion parameters have certain differences among cerebral hemorrhage type, cerebral ischemia type and asymptomatic type in the adult patients with moyamoya disease, which has the guiding significance for clinical personalized diagnosis and treatment.

Key words: CT angiography; CT perfusion imaging; adult moyamoya disease; cerebral apoplexy; Suzuki rating; cerebral perfusion parameters

烟雾病又称颅底异常血管网病,是一种原因未明,以颈内动脉虹吸部及大脑前、中动脉起始部进行性狭窄或闭塞为特征,并继发颅底异常血管网形成的脑血管病。烟雾病发病年龄为 8 个月至 71 岁,发病呈 5 岁及 40 岁双峰分布。根据其临床表现,可分为缺血型和出血型。缺血型多见于儿童患者,而出血型则以成人患者多见,约占所有成人烟雾病的 50%^[1-2]。有研究表明烟雾病脑出血以脑室旁出血居多,且成人烟雾病自发性出血往往起病较急,无明显预兆,病情危重,具有较高的致死率和致残率,而且容易反复出血,通常预后较差^[3]。虽然目前数字减影血管造影(DSA)检查仍是烟雾病诊断的金标准,但血管介入存在较大风险,而且对微循环的血流动力学变化显示不够直观与精确。本研究拟采用目前应用广泛、快捷、可靠且无创的影像学检查——CT 血管成像(CTA)及 CT 灌注成像(CTP)进行相关研究^[4-6],对成人烟雾病颅底异常血管扩张、新生血管网情况及脑灌注异常区域血流动力学参数进行观察分析,为不同临床表现的成人烟雾病患者实施早期手术或制订个体化治疗方案提供参考。

1 资料及方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2018 年 1 月至 2021 年 12 月在本院经 DSA 检查或(和)临床确诊的成人烟雾病患者 82 例,根据临床表现分为 3 组:无症状组 24 例(48 个大脑半球),其中男 13 例(54.2%)、女 11 例(45.8%),年龄 27~77 岁、平均(54.38±12.49)岁;脑缺血组 26 例(52 个大脑半球),其中男 12 例(46.2%)、女 14 例(53.8%),年龄 33~76 岁、平均(55.34±9.76)岁;脑出血组 32 例(64 个大脑半球),其中男 17 例(53.1%)、女 15 例(46.9%),年龄 34~76 岁、平均(56.94±11.24)岁。患者的纳入标准:(1)年龄超过 18 岁;(2)符合《烟雾病与烟雾综合征诊断与治疗中国专家共识(2017)》中的烟雾病诊断标准;(3)未行颅内血管吻合术治疗;(4)已行全脑 CTP

和头颈部 CTA 检查。排除标准:(1)全脑 CTP 或头颈部 CTA 等影像检查结果不完善;(2)头颈部 CTA 或全脑 CTP 图像不理想,不能完全显示所需要观察血管和组织灌注的情况;(3)病史及影像学检查提示可能存在与以下脑血管烟雾样改变相关的疾病,如动脉粥样硬化、自身免疫性疾病、脑膜炎、脑肿瘤、唐氏综合征、神经纤维瘤病、颅外伤等。选择同期在本院行全脑 CTP 和头颈部 CTA 检查且结果正常、年龄匹配的 20 例(40 个大脑半球)受检者作为对照组,其中男 10 例(50%)、女 10 例(50%),年龄 32~75 岁、平均(53.29±14.02)岁。各组性别、年龄比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。本研究经本院医学伦理委员会批准(LW-2023-56)。

1.2 方法

1.2.1 全脑 CTP 检查 采用荷兰 Philip 公司 256 层 iCT 执行 CTP 检查,检查前将身体金属物去除,患者取仰卧位和平静呼吸状态,尽量避免活动、吞咽动作,参数设置管电压 80 kV,管电流量 150~200 mAs,层厚 5 mm,矩阵 512×512,先行平扫,扫描 4 s 后使用双筒高压注射器经肘静脉注射对比剂(碘帕醇或优维显),碘浓度为 370 mg/mL,注射速率 4.0~4.5 mL/s,总量 40 mL,后续等量生理盐水;灌注扫描覆盖范围包括颅底至颅顶,保持扫描层面与听毗线平行,共扫描 25 期,灌注扫描总时间约 50 s。灌注检查完成后将数据信息传入 Portal 工作站,使用 Brallian perfusion 4.5 软件来标记动、静脉,分别标记大脑中动脉或大脑前动脉起始处和上矢状窦后部,再逐层调整中线。软件自动生成脑血容量(CBV)、脑血流量(CBF)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)等血流动力学参数值及相应的伪彩图。

1.2.2 脑 CTA 检查 在完成全脑 CTP 检查后 5 min 进行头颈部 CTA 检查,CTA 检查所用仪器亦采用 256 层 iCT 机(荷兰 Philip 公司),检查前将身体金属物去除,患者取仰卧位和平静呼吸状态,尽量避

免活动、吞咽动作,采用双筒高压注射器,经肘静脉注入对比剂(碘帕醇或优维显),碘浓度为 370 mg/mL,总量 45~55 mL,注射速率为 4.0~4.5 mL/s,后续 40 mL 生理盐水;扫描参数:管电压 120 kV,管电流 150~200 mAs,矩阵 512×512,扫描层厚为 5 mm,螺距 1,容积扫描(范围:从主动脉弓下缘至颅顶,以足侧至头侧为扫描方向);将数据信息传入 Portal 图像后处理工作站,选择动脉时相数据,采用曲面重建(CPR)、最大密度投影重建(MIP)、容积再现技术(VR)。

由 2 位有经验的高年资影像科医师双盲读片,判读烟雾病的 Suzuki 分级,参照改良法的 Suzuki 分级标准,且双侧血管改变单独分开进行分级。0 级:无烟雾病征象;I 级:颈内动脉分叉部轻到中度狭窄,无或仅出现少许异常增生血管;II 级:颈内动脉分叉部重度狭窄或大脑前/中动脉近端闭塞不伴明显增生的血管网;III 级:大脑前动脉及中动脉闭塞,伴明显增生的血管网[大脑前动脉或(及)中动脉分支顺行通过明显增生的血管网隐约显影];IV 级:大脑前及中动脉完全闭塞,无或仅出现少许异常增生血管(不伴大脑前或中动脉分支顺行通过明显增生的血管网显影)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。计数资料以例数、百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析,多组间两两比较采用 LSD- t 检验;等级资料比较采用秩和检验,多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,多组间两两比较采用 Mann-Whitney U 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组烟雾病患者改良法 Suzuki 分级情况比较 经 CTA 检查,82 例烟雾病患者改良法 Suzuki 分级为 0 级 15 个大脑半球, I 级 26 个大脑半球, II 级 41 个

大脑半球, III 级 37 个大脑半球, IV 级 45 个大脑半球。无症状组、脑缺血组、脑出血组间改良法 Suzuki 分级情况比较,差异有统计学意义 ($H = 25.024, P < 0.05$)。随后进行多组间两两比较,结果显示:脑出血组与脑缺血组间、无症状与脑出血组间、无症状与脑缺血组间改良法 Suzuki 分级情况比较,差异均有统计学意义 ($Z = -3.405, P = 0.001; Z = -2.865, P = 0.004; Z = -4.488, P < 0.001$),且脑出血组病变血管以改良法 Suzuki 分级 II~III 级(68.7%)居多,脑缺血组以 IV 级(59.6%)居多,无症状组以 I 级(39.6%)较多。见表 1 及图 1、2。

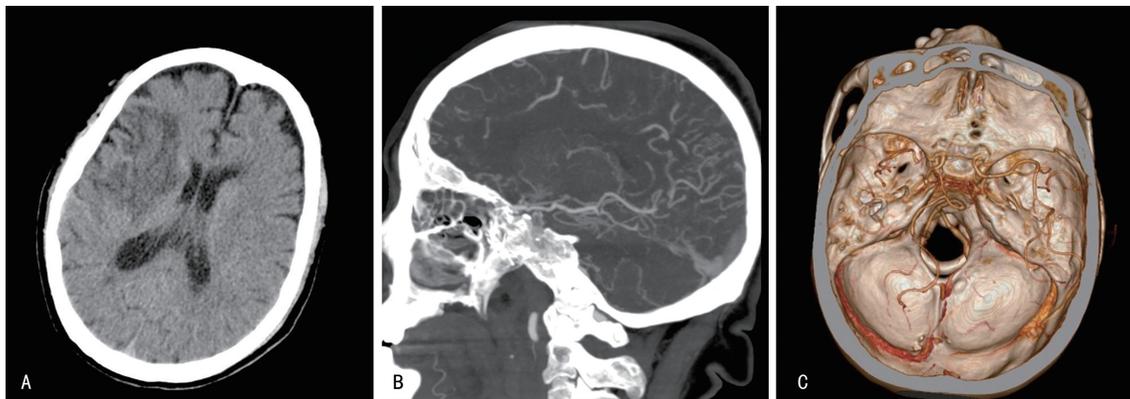
2.2 烟雾病患者各组与对照组 CTP 图像参数比较

无症状组 CBV、CBF、MTT 及 TTP 与对照组比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。脑缺血组 CBV、CBF 明显低于对照组,MTT、TTP 较对照组明显延长,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。脑出血组 CBV、CBF 与对照组比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),但 MTT、TTP 较对照组明显延长 ($P < 0.05$)。脑缺血组 CBV、CBF 与脑出血组相比,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$);无症状组 CBV、CBF、MTT、TTP 与脑缺血组相比,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$);无症状组 MTT、TTP 与脑出血组相比,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2 及图 3、4。

表 1 各组烟雾病患者改良法 Suzuki 分级情况比较[n(%)]

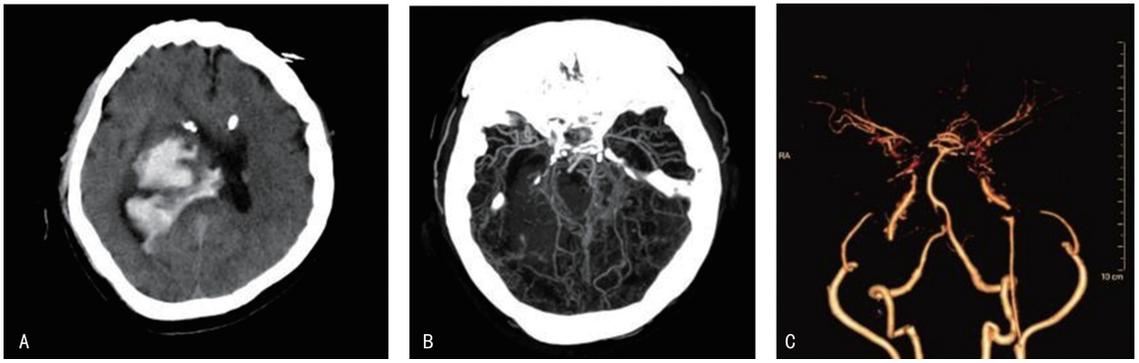
组别	n	0 级 (n=15)	I 级 (n=26)	II 级 (n=41)	III 级 (n=37)	IV 级 (n=45)
无症状组	48	7(14.6)	19(39.6)	10(20.8)	9(18.8)	3(6.3)
脑缺血组	52	2(3.8)	4(7.7)	10(19.2)	5(9.6)	31(59.6)
脑出血组	64	6(9.4)	3(4.7)	21(32.8)	23(35.9)	11(17.2)
H				25.024		
P				<0.05		

注:n 表示大脑半球数量。



注:患者 1,女,67 岁;A 为 CT 平扫显示右侧额颞叶及基底节区梗塞;B、C 分别为 MIP 及 VR 显示右侧大脑中动脉起始部狭窄、闭塞,颅底见少许烟雾血管形成,右侧大脑中动脉走行区侧支循环稀少,改良法 Suzuki 分级为 IV 级。

图 1 成人烟雾病缺血型患者颅脑 CT 平扫及脑动脉 CTA 检查



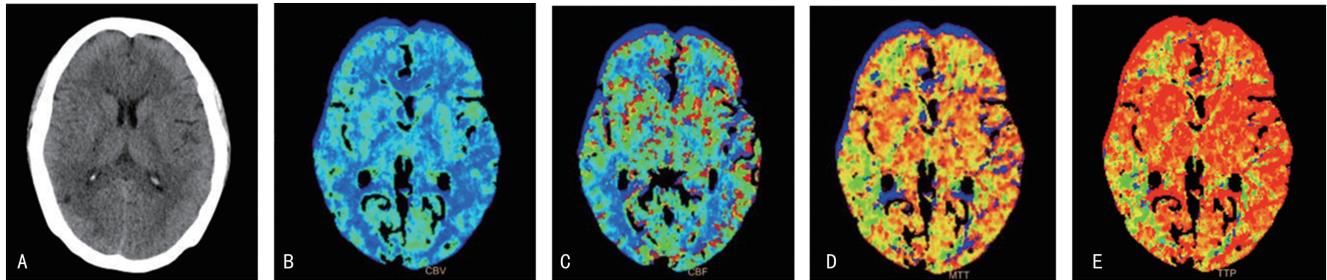
注:患者2,男,54岁;A为CT平扫显示右侧基底节区出血破入脑室;B、C分别为MIP及VR显示双侧颈内动脉末端狭窄、闭塞,颅底见丰富的烟雾血管形成,双侧大脑中动脉走行区侧支循环血管较多,改良法Suzuki分级为Ⅲ级。

图2 成人烟雾病出血型患者颅脑CT平扫及脑动脉CTA检查

表2 各组患者全脑CT灌注数值比较($\bar{x} \pm s$)

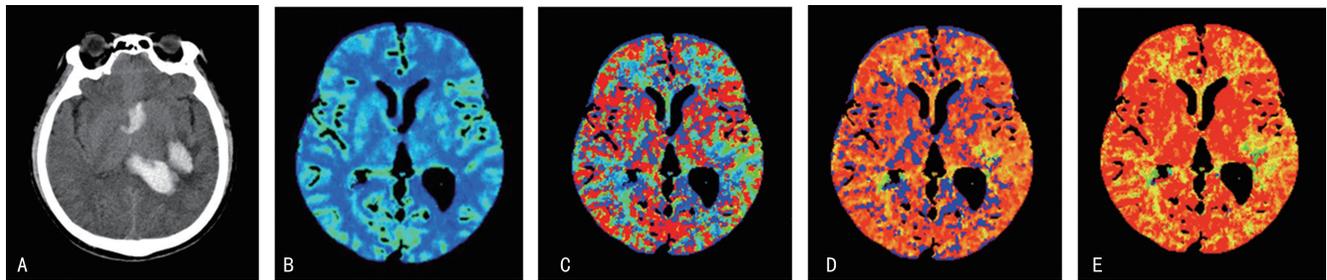
组别	n	CBV (mL/100 g)	CBF [mL/(100 g · min)]	MTT (s)	TTP (s)
对照组	40	2.79 ± 0.21	57.67 ± 5.18	3.04 ± 0.49	8.79 ± 1.17
无症状组	48	2.74 ± 0.25	58.13 ± 3.99	3.34 ± 0.35	8.98 ± 1.29
脑缺血组	52	1.57 ± 0.31* [△]	18.97 ± 1.97* [△]	9.62 ± 1.11* [△]	20.18 ± 2.19* [△]
脑出血组	64	2.76 ± 0.47 [#]	54.09 ± 6.17 [#]	9.99 ± 1.34* [△]	18.59 ± 2.44* [△]
F		68.870	404.305	297.639	193.641
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:n表示大脑半球数量;与对照组比较,*P<0.05;与无症状组比较,[△]P<0.05;与脑缺血组比较,[#]P<0.05。



注:患者3,男,49岁;A为CT平扫示右额叶脑梗死;B、C、D、E分别为CBV、CBF、MTT、TTP表现;CTP灌注伪彩图示右侧额叶区域CBF及CBV明显下降,MTT及TTP明显延长,血流呈低灌注高阻力的表现。

图3 成人烟雾病缺血型患者颅脑CT平扫及全脑CTP检查



注:患者4,女,58岁;A为CT平扫显示左侧额叶出血破入脑室;B、C、D、E分别为CBV、CBF、MTT、TTP表现;CTP灌注伪彩图显示左侧额叶区域CBF、CBV轻度下降,MTT、TTP明显延长,血流呈高灌注高阻力的表现。

图4 成人烟雾病出血型患者颅脑CT平扫及全脑CTP检查

3 讨论

烟雾病是临床较为少见的脑血管闭塞性疾病,以单侧或双侧颅内动脉末端慢性进行性狭窄或闭塞以及颅底出现异常血管扩张等为主要病理特征。烟雾

病早期因脑血管供血减少出现头昏、头痛、肢体乏力,或者一过性脑缺血发作,当血管狭窄或闭塞严重时出现偏瘫等脑梗死症状。当病变进一步发展,为保证脑部血供,其深穿支血管普遍扩张增生,形成丰富的侧

支循环及密集的毛细血管网,随着血流冲击,镜下见侧支血管内弹力层的严重破坏,中膜萎缩,导致管壁变薄,管腔增大或形成粟粒状、囊状小动脉瘤,血流压力突然变化,可能会引起小动脉瘤的破裂出血^[7-8]。根据改良法 Suzuki 分级烟雾病可以分为侧支循环丰富的Ⅱ级、Ⅲ级和侧支循环匮乏的Ⅰ级、Ⅳ级。成人烟雾病可分为缺血型和出血型,缺血型常见于Ⅰ级和Ⅳ级,而出血型则多为Ⅱ级和Ⅲ级。而且较多研究表明脑底脉络膜前动脉及其分支髓动脉的扩张、脑底异常新生血管网、微动脉瘤形成和病变区域血流灌注情况,均与自发性出血有紧密的联系^[9-12]。

基于目前成人烟雾病中自发性脑出血的病因学研究的现状,笔者认为有必要对烟雾病自发性脑出血的责任血管进行更加深入的分类研究,以探明何种异常表现的血管具有更高的破裂危险性,同时对相应供血区域的脑血流动力学情况进行监测,找出何种血流动力学参数的变化是引起异常血管破裂的直接推手,以此来进一步阐明成人烟雾病出血型的病因并通过影像学手段筛选出具有较高自发性出血风险的成人烟雾病患者。

随着对脑卒中病因诊断和治疗的重视,MRA、DSA 和 CTA 检查越来越多地应用于非高血压性脑出血、不明原因脑梗死和蛛网膜下腔出血(SAH)的病因检查。有研究认为在中枢神经血管检查中,直径较大动脉瘤的脑血管造影检查准确性与 3D-CTA 检查相同;而对特殊形状及微小动脉瘤的显像效果,则 3D-CTA 检查优于脑血管造影检查;后交通动脉起始部壶形扩张常遮挡紧邻的微小动脉瘤^[13-14]。此外,3D-CTA 检查在显示瘤体形状、瘤颈开口大小,以及与载瘤动脉及周围结构解剖关系上优于 DSA 检查,可作为无创评估烟雾病血管情况的重要方法。汤韬等^[15]研究表明成人出血型烟雾病约 48.6%是由于脉络膜前动脉破裂出血,35.1%是由于增生的烟雾样血管破裂出血所致,16.2%是由于动脉瘤破裂出血所致。韩广淞等^[16]认为脉络膜前动脉及其分支髓动脉主要供应侧脑室脉络丛及脑室壁,烟雾病出血部位多位于脑室周围及脑室内,研究表明烟雾病脑出血的概率与烟雾样异常血管丰富程度有关,血管越是丰富,脑出血的概率越大,而且同种血管扩张的患者脑出血率明显高于脑缺血率。以上报道说明烟雾病出血型的原因与脑底的脉络膜前动脉及其分支髓动脉的异常扩张,脑底异常的新生血管网和微动脉瘤的形成有关,杂乱无章的新生血管网构架往往比较脆弱,血流动力学异常的变化易引起自发性脑出血,症状相对严重,往往预后较差。本研究确诊成人烟雾病中脑出血患者为 32 例,脑出血组改良法 Suzuki 分级为Ⅱ~Ⅲ级的比例(68.7%)高于其他各组。

当颈内动脉与大脑中动脉发生狭窄时,病变初期的患者机体可以通过控制脑内小动脉和毛细血管平滑肌的代偿性收缩与扩张来维持脑血流的相对稳定,此时颈内动脉或大脑前/中动脉狭窄程度尚不严重,机体的储备能力尚能弥补脑血流灌注的不足,处于此阶段的烟雾病患者可表现为无症状或可能仅表现为—过性轻微的短暂性脑缺血发作(TIA)发作^[17-18]。本研究中无症状组患者 24 例,约占总人数的 29.3%,改良法 Suzuki 分级多为Ⅰ级。当烟雾病病程发展至后期时脑循环储备失代偿,烟雾状侧支血管数量减少,脑组织血管灌注压力严重下降时,则易引起局部或者大范围脑组织不可逆性的缺血坏死,症状较重可表现为患侧大脑皮层的大片梗塞灶,典型的可表现为多灶性分布,基底节区的梗塞少见,也可偶尔发现有脑干和小脑的梗塞灶。本组研究中脑缺血患者 26 例,改良法 Suzuki 分型多为Ⅳ级。

CTP 检查能在 CTA 血管成像的宏观检查前提下反映脑实质的微循环血管构架情况,分析患侧脑室脑实质是处于高通低阻、高通高阻、低通高阻、低通低阻中的哪一种状态。有研究报道烟雾病患者易合并颅内动脉瘤,且是出血型烟雾病的重要病因,动脉瘤形成的可能原因是烟雾病血管代偿引起的压力负荷增加或血流重新分配所引起的局部血流量增加。樊延龙等^[19]研究表明 DSA 或 CTA 等影像学检查虽然能够从脑血管形态上确诊烟雾病,却不能评估患者的灌注情况。对于经 DSA 或 CTA 证实的烟雾病患者,还需要结合灌注成像结果和患者症状综合判断是否需要血管重建术。逯瑶等^[20]研究表明 CTA 检查显示无症状组侧支循环代偿良好,而卒中组侧支循环少,代偿不良,CTP 检查显示无症状组和轻微 TIA 组的灌注参数与正常对照无明显差异,卒中组则表现为明显的 CBV、CBF 下降,MTT、TTP 明显延长,没有讨论缺血性脑卒中和出血性脑卒中的差异。由于颅底新生的异常血管网管壁有不同程度的玻璃样变性,弹力层断裂和中膜退变,管壁变性薄弱,可形成粟粒样微动脉瘤,当血流动力学发生变化时导致血管压力变化,可引起颅底新生血管的破裂出血,因此高通高阻状态的血流压力相对较高,引起新生血管破裂出血的风险较高,低通高阻的低灌注状态往往容易引起脑梗死。高通高阻是指 CBV 和 CBF 轻度增加,MTT 和 TTP 延长的灌注特点;低通高阻是指 CBV 和 CBF 下降,MTT 和 TTP 延长的灌注特点。因此,术前了解烟雾病患者的血流动力学状态,评估脑缺血或出血区域灌注情况,对于临床手术决策具有重要意义。本研究探讨脑缺血组、脑出血组及无症状组患者血流动力学的差异,对烟雾病的血流动力学特点做进一步的探索。脑出血组的 CBV、CBF 较对照组略有下降,但

差异均无统计学意义($P > 0.05$), MTT、TTP 较对照组明显延长, 所表现的血流动力学特点是高通高阻型, 此类型患者的烟雾状增生血管内压力较高, 若血压波动较大, 易导致血管及微动脉瘤的破裂出血。脑缺血组的 CBV、CBF 较对照组明显下降, MTT、TTP 明显延长, 所表现的血流动力学特点是低通高阻型, 长期脑组织血流灌注严重下降, 从而容易出现脑梗死。无症状组的脑灌注各参数与对照组无明显差异, 尚处于脑循环储备能力的代偿期。

CTP 和 CTA 两种检查方式均可在一定程度上对脑血管异常情况及脑组织灌注情况进行反映, 临床上也有将上述两种检查方式联合应用来判断烟雾病的血管侧支循环和脑灌注情况的研究, 但是以往在烟雾病病变血管的分型研究上较为粗放, 未进行细化分级, 且对于不同临床表现的患者脑灌注特点分析不够深入, 或者只针对缺血型烟雾病脑灌注参数进行分析, 而忽视了出血型及无症状型烟雾病患者的灌注参数特点分析。但本研究纳入的病例数较少, 可能会对研究结果产生一定影响, 在接下来的研究中需要更大样本量做进一步的研究。

综上所述, 成人烟雾病出血型、缺血型及无症状型患者的脑动脉 CTA 改良法 Suzuki 分级及全脑 CTP 灌注参数具有一定差异, 能够辅助判断成人烟雾病患者病情的发展阶段和临床分型等, 对临床个性化诊疗具有指导意义, 值得进一步深入研究。

参考文献

- [1] 烟雾病治疗中国专家共识编写组. 烟雾病治疗中国专家共识[J]. 国际脑血管病杂志, 2019, 27(9): 645-650.
- [2] FUJIMURA M, TOMINAGA T, KURODA S, et al. 2021 Japanese guidelines for the management of moyamoya disease: guidelines from the research committee on moyamoya disease and Japan stroke society[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2022, 62(4): 165-170.
- [3] SHANG S L, ZHOU D, YA J Y, et al. Progress in moyamoya disease[J]. *Neurosurg Rev*, 2020, 43(2): 371-382.
- [4] VINCENT A, PEARSON S, PICKERING J W, et al. Sensitivity of modern multislice CT for subarachnoid haemorrhage at incremental timepoints after headache onset: a 10-year analysis[J]. *Emerg Med J*, 2022, 39(11): 810-817.
- [5] WU S F. The potential value of 320-Row computed tomography angiography in digital subtraction Angiography-Negative spontaneous subarachnoid hemorrhage patients [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2022, 46(2): 244-250.
- [6] FILIMONOVA E, OVSIANNIKOV K, RZAEV J. Neuroim-

aging in moyamoya angiopathy: updated review[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2022, 222: 107471.

- [7] 张心勇. 出血型烟雾病行血管重建术后再出血临床特征及相关危险因素分析[D]. 南昌: 南昌大学, 2020.
- [8] SHI Z Y, MA G F, ZHANG D. Haemodynamic analysis of adult patients with moyamoya disease: CT perfusion and DSA gradings[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2021, 6(1): 41-47.
- [9] ZHANG X, XIAO W P, ZHANG Q, et al. Progression in moyamoya disease: clinical features, neuroimaging evaluation, and treatment[J]. *Curr Neuropharmacol*, 2022, 20(2): 292-308.
- [10] WAN M, DUAN L. Recent progress in hemorrhagic moyamoya disease[J]. *Br J Neurosurg*, 2015, 29(2): 189-191.
- [11] PILGRAM-PASTOR S, CHAPOT R, KRAEMER M. The angiographic presentation of European Moyamoya angiopathy[J]. *J Neurol*, 2022, 269(2): 997-1006.
- [12] SAVOLAINEN M, PEKKOLA J, MUSTANOJA S, et al. Moyamoya angiopathy: radiological follow-up findings in Finnish patients[J]. *J Neurol*, 2020, 267(8): 2301-2306.
- [13] 付建立, 程强. 头颈部 CTA 在中青年非高血压性自发性脑叶出血中的应用价值[J]. *影像研究与医学应用*, 2019, 3(7): 246-248.
- [14] 杨君玲, 许清华. 颅脑 CTA 在自发性蛛网膜下腔出血病因诊断中的临床应用研究[J]. *现代医用影像学*, 2023, 32(3): 494-496.
- [15] 汤韬, 王晓. CTA 在成人烟雾病患者诊断中的应用[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2018, 16(3): 143-145.
- [16] 韩广淞, 倪俊. 烟雾病临床分型研究进展[J]. *中国卒中杂志*, 2022, 17(10): 1120-1126.
- [17] ZENG H H, GUO Y H, LI Y, et al. Comparison of operative and conservative treatment for asymptomatic moyamoya disease: preliminary experience in small retrospective series[J]. *World Neurosurg*, 2021, 146: e955-e960.
- [18] SUN H, LI W, XIA C, et al. Angiographic and hemodynamic features in asymptomatic hemispheres of patients with moyamoya disease [J]. *Stroke*, 2022, 53(1): 210-217.
- [19] 樊延龙. 烟雾病患者 CT 全脑灌注成像及 CTA 检查影像学特征及临床应用[J]. *四川生理科学杂志*, 2022, 44(4): 716-718.
- [20] 逯瑶, 李玲, 曹若瑶, 等. 四维 CT 血管造影-CT 灌注成像评价烟雾病及烟雾综合征侧支循环及其与脑血流动力学关系的研究[J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57(3): 252-258.