

论 著

颈动脉血管超声及头颈CTA在脑梗死并颈动脉狭窄患者血流动力学状态评估中的应用观察

张家口市第一医院超声医学科

(河北 张家口 075000)

刘向辉*

【摘要】目的 探究颈动脉血管超声及头颈电子计算机断层扫描血管造影(CTA)在脑梗死并颈动脉狭窄患者血流动力学状态评估中的应用。方法 回顾性分析52例于我院接受颈动脉血管超声检查提示存在颈动脉狭窄的脑梗死患者临床资料,超声检查3d内均完成头颈CTA及CT灌注扫描检查(CTP),另选择30例健康体检者为对照组,进行CTA及CTP检查,分析患者和健康体检者检查结果及不同颈动脉狭窄患者血流动力学指标差异。结果 52例患者经颈动脉血管超声、头颈CTA共检查119支颈内动脉,对应显示46支和43支颈内动脉正常,73支和76支颈内动脉狭窄,颈动脉狭窄对应包括轻度11支和16支、中度13支和11支、重度29支和25支、闭塞20支和24支,颈动脉血管超声与头颈TCA评价颈动脉狭窄程度的一致性评价Kappa=0.788,具有极高一致性($P<0.05$);颈动脉血管超声显示,轻、中、重度狭窄及闭塞患者颈内动脉收缩期峰值流速(PSV)、舒张期末流速(EDV)水平均显著高于对照组($P<0.05$),重度狭窄和闭塞患者大脑中动脉搏动指数(PI)、平均血流速度(Vm)水平显著低于对照组($P<0.05$);脑梗死并颈动脉狭窄患者颈内动脉PSV、EDV水平由低到高依次为轻度、中度、重度狭窄和闭塞($P<0.05$),重度狭窄及闭塞患者大脑中动脉PI、Vm水平显著低于轻度和中度狭窄患者($P<0.05$),重度狭窄及闭塞患者侧肢循环开放率大于轻、中度狭窄患者($P<0.05$),闭塞患者侧肢循环开放率大于重度狭窄患者($P<0.05$);对照组和轻度、中度狭窄患者额叶、颞叶、基底节区脑血流动力学参数比较差异无统计学意义($P>0.05$);重度狭窄、闭塞患者额叶、颞叶、基底节区脑血流量低于对照组体检者及轻度、中度狭窄患者($P<0.05$),脑血容量、平均通过时间、达峰时间高于对照组体检者及轻度、中度狭窄患者($P<0.05$)。结论 颈动脉血管超声配合头颈CTA及CTP检查能够了解脑梗死并颈动脉狭窄患者血流动力学状态,评价患者颈动脉狭窄程度,为临床诊疗提供有效的影像学信息。

【关键词】颈动脉;血管超声;头颈CTA;脑梗死;颈动脉狭窄;血流动力学

【中图分类号】R322.1+21; R445.1; R742

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.05.040

Application of Carotid Artery Ultrasound and Head-neck CTA in the Evaluation of Hemodynamic Status of Patients with Cerebral Infarction and Carotid Artery Stenosis

LIU Xiang-hui*.

Department of Ultrasound Medicine, Zhangjiakou First Hospital, Zhangjiakou 075000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application of carotid artery ultrasound and head-neck computer tomography angiography (CTA) in the evaluation of the hemodynamic status of patients with cerebral infarction and carotid artery stenosis. **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 52 patients with cerebral infarction who presented carotid artery stenosis by carotid artery ultrasound examination in our hospital. The head-neck CTA and CT perfusion scan (CTP) were completed within 3 d of ultrasound examination. Another 30 healthy cases with physical examination were selected as a control group, and CTA and CTP were performed. The examination results of patients and healthy subjects and the differences in hemodynamic indexes of patients with different carotid artery stenosis were analyzed. **Results** Among 52 patients, 119 branches of internal carotid arteries were examined by carotid artery ultrasound and head-neck CTA, corresponding to 46 and 43 branches of normal internal carotid arteries and 73 and 76 branches of internal carotid artery stenosis, and the corresponding carotid artery stenosis included 11 and 16 mild branches, 13 and 11 moderate branches, 29 and 25 severe branches, 20 and 24 branches of occlusion. The consistency of carotid artery ultrasound and head-neck TCA in evaluating the degree of carotid artery stenosis was Kappa=0.788, with extremely high consistency ($P<0.05$). Carotid artery ultrasound showed that the peak systolic velocity (PSV) and end-diastolic velocity (EDV) of the internal carotid artery of patients with mild, moderate, and severe stenosis and occlusion were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$), and the pulsatility index (PI) and average blood flow velocity (Vm) of middle cerebral artery of patients with severe stenosis and occlusion were significantly lower than those of control group ($P<0.05$). The PSV and EDV of the internal carotid artery in patients with cerebral infarction and carotid artery stenosis from low to high were mild stenosis, moderate stenosis, severe stenosis and occlusion ($P<0.05$). The PI and Vm of middle cerebral artery in patients with severe stenosis and occlusion were significantly lower than those of patients with mild and moderate stenosis ($P<0.05$), and the open rate of side limb circulation in patients with severe stenosis and occlusion was greater than that of patients with mild and moderate stenosis ($P<0.05$), and the open rate of side limb circulation of patients with occlusion was greater than that of patients with severe stenosis ($P<0.05$). There were no significant differences in the cerebral hemodynamic parameters of the frontal lobe, temporal lobe, and basal ganglia among the control group, patients with mild stenosis, and patients with moderate stenosis ($P>0.05$). The cerebral blood flow in the frontal lobe, temporal lobe, and basal ganglia of patients with severe stenosis and occlusion were lower than those in the control group ($P<0.05$), while the cerebral blood volume, average transit time, and peak time were higher than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** Carotid artery ultrasound combined with head-neck CTA and CTP can understand the hemodynamic status of patients with cerebral infarction and carotid artery stenosis, evaluate the degree of carotid artery stenosis, and provide sufficient imaging information for clinical diagnosis and treatment.

Keywords: Carotid Artery; Vascular Ultrasound; Head-neck CTA; Cerebral Infarction; Carotid Artery Stenosis; Hemodynamics

我国是脑卒中高发国家,目前高血管疾病居于我国疾病死因首位,其中脑梗死是最常见脑血管病类型^[1]。脑梗死发病诱因较多,颈动脉狭窄是脑梗死公认的重要危险因素,颈动脉狭窄患者脑梗死年发病率高达30%^[2-3]。脑梗死患者颈动脉狭窄程度直接影响病情及治疗方案,因此早期准确评价脑梗死患者颈动脉狭窄程度,并掌握患者血流动力学特征有利于指导临床诊疗,从而有助于保障患者生命安全、改善生存质量^[4]。目前颈动脉血管超声及CT血管造影(CT angiography, CTA)是临床检测颈动脉

【第一作者】刘向辉,男,主治医师,主要研究方向:超声医学科。E-mail: hhh888666999@163.com

【通讯作者】刘向辉

狭窄的主要方法,其中颈动脉血管超声是无创血管检查方法,能够提供狭窄程度、性质、颈动脉内-中膜厚度等信息,CTA则能够多角度、多方位反映序贯狭窄程度和管腔内部结构,清晰显示侧支循环情况^[5-6]。本研究回顾性分析52例脑梗死并颈动脉狭窄患者临床资料,评价颈动脉血管及头颈CTA评价患者血流动力学状态的应用价值,以期临床诊疗提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 研究对象为2019年1月至2019年12月于我院经颈动脉血管超声检查提示存在颈动脉狭窄的52例脑梗死患者。其中男32例,女20例;年龄42~76岁,平均年龄(59.64±7.32)岁;临床表现:短暂性脑缺血发作16例,肢体运动或感觉障碍10例,头晕/头痛13例,无症状13例;合并疾病:高血压29例,糖尿病17例,血脂异常26例;吸烟、饮酒42例。另选择同期于我院进行健康体检的30例健康体检者纳入对照组,对照组体检者均无脑部疾病史、颈动脉狭窄史,无颅内血管异常,包括男20例,女10例;年龄40~72岁,平均年龄(58.76±8.28)岁。

纳入标准:符合全国第四届脑血管病会议制定的脑梗死诊断标准^[7],经检查确诊;首次发病;入院后接受颈动脉超声检查提示存在颈动脉狭窄;无检查禁忌症,超声检查3d内完成头颈CTA及CTP检查;影像学检查图像质量合格;临床资料完整。

排除标准:合并脑出血、脑肿瘤、颅内感染等脑部疾病;心律失常、风湿性心脏病等引起的心源性脑梗死;肝肾功能障碍;存在血管炎、夹层动脉瘤等其他影响颈动脉狭窄的疾病;临床资料缺失。

1.2 方法

1.2.1 颈动脉血管超声检查 检查仪器为飞利浦彩色多普勒超声诊断仪,连续波多普勒探头及脉冲波多普勒探头,探头频率5~12MHz。检查时患者取仰卧位,充分暴露颈部,由专业彩超医师操作仪器检查,先采用连续波多普勒探头对准患者颈总动脉及颈内动脉、颈内动脉颅外段、颈外动脉进行检查,记录波普形态及血流动力学参数[收缩期峰值流速(peak systolic velocity, PSV)、舒张期末流速(end diastolic velocity, EDV)、平均血流速度(mean blood flow velocity, Vm)、搏动指数(pulsatility Index, PI)及阻力指数(resistant index, RI)];再经颞窗操作脉冲波多普勒探头检查患者两侧大脑中动脉、颈内动脉末段及大脑前后动脉,经眼窗检测颈内动脉虹吸部及眼动脉;转换仰卧位为坐位,经枕窗检查基底动脉与椎动脉。

1.2.2 头颈CT检查 患者检查前常规禁食,检查仪器为东芝Aquilion One 320排CT扫描仪。患者检查时取仰卧位,头部置于头架固定,连高压注射器,患者严格制动,采用横断面螺旋扫描,先常规CT平扫,再选定基底及相邻层面10cm范围进行CTP扫描,使用高压注射器经肘静脉团注碘海醇[350mg(I)/mL40mL]、生理盐水60mL,速率6mL/s,注射后延迟8s开始扫描,扫描参数:电压80kV,电流150mA,层厚0.5mm,视野240mm,连续扫描37s。扫描结束后患者休息5min,待其血管内造影剂排除后进行头颈CTA扫描,使用高压注射器经肘静脉注射碘海醇[350mg(I)/mL]60~70mL、生理盐水40mL,速率5mL/s,注射后选择靶血管颈总动脉,设定团注示踪智能触发扫

描,扫描范围:主动脉弓至颅顶;扫描参数:电压120kV,电流300mA,层厚0.5mm,重建间隔0.3mm,视野250mm,矩阵512×512。检查完毕后图像与数据均传输至工作站进行多平面重建、最大密度投影、容积重建等后处理,冠状位、矢状位、轴位成像观察头颈部血管形态。

1.3 图像分析 (1)由2名高资历脑血管超声医师对患者颈动脉血管超声图像进行回顾性阅片,参照多普勒超声判断颈动脉狭窄标准^[8]判断患者颈动脉狭窄程度,并判断侧支循环是否建立及类型。(2)由2名高资历放射科医师对患者CTA、CTP图像进行回顾性阅片,CTA图像参照北美症状性颈动脉内膜切除试验标准^[9]判断患者颈动脉狭窄程度,分为轻度狭窄(狭窄率<50%)、中度狭窄(狭窄率50%~69%)、重度狭窄及闭塞(狭窄率100%);CTP图像传输至工作站,图像自动阈值定义,去除骨、空气的影响,获取参照血管的时间-密度曲线,划分感兴趣区为大脑中动脉血管,测定脑血流量、脑血容量、平均通过时间及达峰时间等脑血流动力学参数。

1.4 观察指标 统计颈动脉超声及头颈CTA评价患者颈动脉狭窄程度结果,分析对照组与患者颈动脉超声血流动力学特征(颈内动脉PSV、EDV和大脑中动脉PI、Vm)及CTP灌注参数(脑血容量、脑血流量、平均通过时间、达峰时间)。

1.5 统计学方法 数据分析采用SPSS 19.0软件,计量资料以($\bar{x} \pm s$)形式表示;采用t检验比较;计数资料以动脉支数(n)及百分数(%)形式表示,采用 χ^2 检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 52例患者颈动脉血管超声及头颈CTA评价颈动脉狭窄程度的一致性分析 52例患者经颈动脉血管超声共检查119支颈内动脉,单侧病变43例,双侧病变15例;颈动脉血管超声检查显示46支颈内动脉正常,73支颈内动脉狭窄,包括轻度11支、中度13支、重度29支及闭塞20支。患者经头颈TCA检查119支颈内动脉,43支颈内动脉正常,76支颈内动脉存在狭窄,包括轻度16支、中度11支、重度25支、闭塞24支。颈动脉血管超声与头颈TCA评价脑梗死患者颈动脉狭窄程度的一致性评价Kappa=0.788, t=16.006, P<0.05,具有极高一致性,见表1。

2.2 对照组与不同颈动脉狭窄程度患者颈动脉血管超声检测血流动力学特征比较 轻、中、重度狭窄及闭塞患者颈内动脉PSV、EDV水平均显著高于对照组(P<0.05),重度狭窄和闭塞患者大脑中动脉PI、Vm水平显著低于对照组(P<0.05);脑梗死并颈动脉狭窄患者颈内动脉PSV、EDV水平由低到高依次为轻度、中度、重度狭窄和闭塞,差异有统计学意义(P<0.05),重度狭窄及闭塞患者大脑中动脉PI、Vm水平显著低于轻度和中度狭窄患者,重度狭窄及闭塞患者侧肢循环开放率大于轻中度患者,闭塞患者侧肢循环开放率大于重度闭塞患者,差异有统计学意义(P<0.05),见表2。

2.3 对照组与不同颈动脉狭窄程度患者CTP检查脑血流动力学特征比较 对照组、轻度狭窄、中度狭窄患者额叶、颞叶、基底节区脑血流动力学参数比较差异无统计学意义(P>0.05);重度狭窄、闭塞患者额叶、颞叶、基底节区脑血流量低于对照组体检者

及轻、中度狭窄患者($P<0.05$), 脑血容量、平均通过时间、达峰时间均高于对照组体检者及轻、中度狭窄患者($P<0.05$), 见表3。

2.4 典型病例影像分析 患者, 男, 66岁, 突发头痛伴右侧肢体肌无力入院, CTA影像分析结果见图1。

表1 52例患者颈动脉血管超声及头颈CTA评价颈动脉狭窄程度结果(支)

血管超声	头颈CTA					合计
	正常	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
正常	43	0	0	0	0	43
轻度狭窄	3	9	4	0	0	16
中度狭窄	0	2	8	1	0	11
重度狭窄	0	0	1	22	2	25
闭塞	0	0	0	6	18	24
合计	46	11	13	29	20	119

表2 对照组与不同颈动脉狭窄程度患者血管超声检测血流动力学特征比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	颈内动脉PSV(cm/s)	颈内动脉EDV(cm/s)	大脑中动脉PI	大脑中动脉Vm(cm/s)	侧肢循环开放(例)
对照组	30	50.39±9.09	23.62±6.24	0.81±8.18	57.19±7.12	0
轻度狭窄	16	94.52±28.43 [*]	61.32±13.23 [*]	0.81±6.03	56.48±6.16	0
中度狭窄	11	174.36±24.07 ^{*,#}	74.58±20.16 ^{*,#}	0.78±8.22	52.23±3.15	0
重度狭窄	25	291.27±58.46 ^{*,#,a}	128.94±18.17 ^{*,#,a}	0.56±0.01 ^{*,#,a}	44.32±6.37 ^{*,#,b}	13 [*]
闭塞	24	11.03±2.32 ^{*,abc}	0.00±0.00	0.53±0.01 ^{*,#,a}	40.12±8.11 ^{*,#,a,b}	21 [*]

注: ^{*}表示与对照组比较, 差异具有统计学意义($P<0.05$); [#]表示与轻度狭窄患者比较, 差异具有统计学意义($P<0.05$); ^a表示与中度狭窄患者比较, 差异具有统计学意义($P<0.05$); ^b表示与重度狭窄患者比较, 差异具有统计学意义($P<0.05$)。下同。

表3 对照组与不同颈动脉狭窄程度患者CTP检查脑血流动力学特征比较($\bar{x}\pm s$)

参数	部位	对照组(n=30)	轻度狭窄(n=16)	中度狭窄(n=11)	重度狭窄(n=25)	闭塞(n=24)
脑血容量(mL/100mL)	额叶	2.93±0.72	2.96±0.74	2.98±0.78	4.68±1.12 ^{*,#,a}	4.73±1.09 ^{*,a}
	颞叶	4.32±0.93	4.21±0.81	4.17±0.53	4.84±1.16 ^{*,#,a}	4.92±1.43 ^{*,#,a}
	基底节区	3.78±0.68	3.74±0.61	3.72±0.58	4.26±1.44 ^{*,#,a}	4.34±1.02 ^{*,#,a}
脑血流量[mL/(100mL·min)]	额叶	50.32±5.89	49.47±4.17	48.68±4.01	45.32±7.42 ^{*,#,a}	44.73±8.26 ^{*,#,a}
	颞叶	65.94±7.41	64.58±6.21	64.32±6.55	46.29±9.23 ^{*,#,a}	44.94±9.58 ^{*,#,a}
	基底节区	65.23±7.53	64.12±7.24	63.58±7.36	45.19±6.12 ^{*,#,a}	43.06±5.79 ^{*,#,a}
平均通过时间(s)	额叶	4.09±0.73	4.02±0.64	4.07±0.43	7.48±2.16 ^{*,#,a}	7.72±2.03 ^{*,#,a}
	颞叶	3.79±0.68	3.71±0.52	4.03±0.82	7.23±2.15 ^{*,#,a}	7.36±2.27 ^{*,#,a}
	基底节区	3.83±0.72	3.84±0.68	3.78±0.71	8.16±1.61 ^{*,#,a}	8.29±1.28 ^{*,#,a}
达峰时间(s)	额叶	9.14±0.83	9.58±0.61	9.32±0.37	11.62±2.24 ^{*,#,a}	12.94±2.57 ^{*,#,a}
	颞叶	9.03±0.79	9.11±0.42	9.16±0.58	12.19±2.63 ^{*,#,a}	12.41±2.69 ^{*,#,a}
	基底节区	9.13±0.64	9.21±0.76	9.56±0.68	12.24±1.82 ^{*,#,a}	12.67±1.56 ^{*,#,a}

3 讨论

颈动脉粥样硬化是引起颈动脉狭窄及闭塞的主要原因, 也是引起脑梗死的常见病因, 而脑血流动力学与血管狭窄程度及侧支循环有关, 目前临床主要通过评价颈动脉狭窄程度及患者脑血流动力学状态判断粥样硬化病变进程, 从而实现对脑梗死的及早防治^[10-11]。目前临床主要通过影像学检查手段评价脑梗死患者颈动脉狭窄程度及脑血流动力学状态, 其中数字减影血管造影是诊断颅内血管狭窄及侧支循环的金标准, 但其作为有创检查方法, 操作相对复杂, 花费较高, 限制了其临床应用^[12]。因此, 临床现阶段临床研究脑梗死患者颈动脉狭窄程度、脑血流动力学特征多集中于无创检查手段颈动脉血管超声及头颈CTA^[13-14]。

颈动脉是脑部的主要供血通道, 与脑梗死、颈动脉粥样硬化的发生密切相关, 而颈动脉血管超声能够检查血液流速、方向, 敏感度极高, 能够有效判断脑血管疾病患者脑部病变部位血管异常, 快速得到诊断结果, 且其操作简单、检查方便快捷、费用低廉, 在临床脑血管病检查中应用广泛, 但其诊断结果依赖超声医师的诊断经验, 且其受血管深度、管径的影响较大, 不同探测角度检测结果存在一定差异, 诊断效能低于CTA^[15]。头颈CTA近年在颅内动脉狭窄诊断中显示了明显优势, 其能够获取病变血管与其周围组织的三维空间及解剖关系, 摆脱钙化及骨质的干扰从不同角度、方向、层面观察血管, 清晰显示病变血管位置及狭窄程度、范围, 还能够判断血管粥样硬化斑块性质及稳定性, 对动脉狭窄诊断敏感度、准确性高, 在诊断颈动脉狭窄方面可以部分替代数字减影血管造

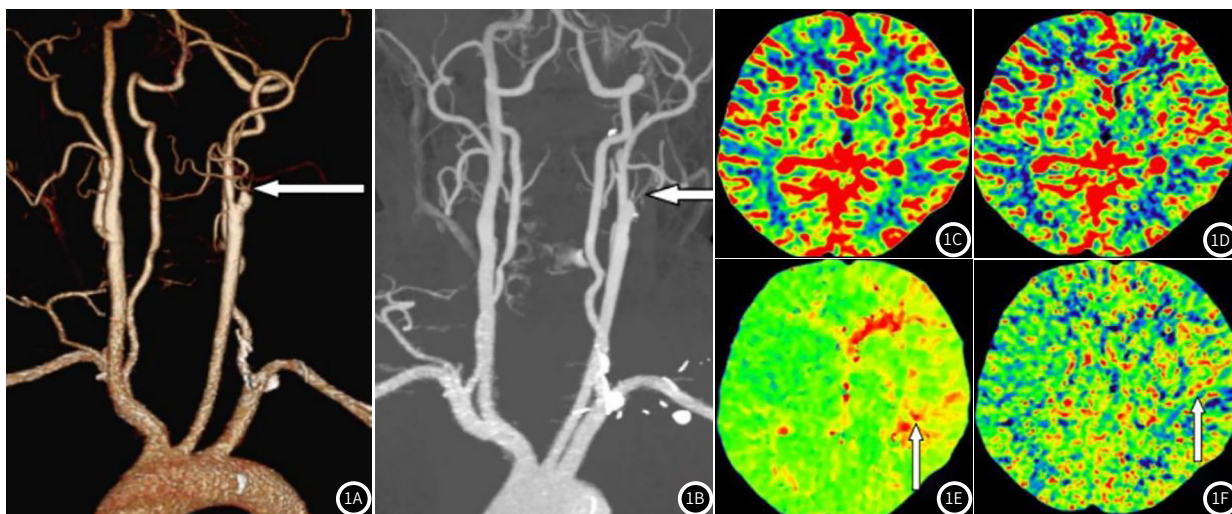


图1 典型病例影像图。1A-1B: 颈部CTA图像显示左侧颈内动脉起始段闭塞; 1C-1D: CTP参数图显示脑血容量及脑血流量无明显异常; 1E-1F: 左侧颞叶达峰时间及平均通过时间(图均延长)。

影^[16]。本研究回顾性分析52例脑梗死并颈动脉狭窄患者影像学资料,显示颈动脉血管超声与头颈CTA在评价患者颈动脉狭窄程度具有极高一致性,表明两种检查手段均能够精准反映颈动脉血管狭窄程度,与既往研究结果^[17]相符。此外,脑血流动力学异常引起的低灌注是导致患者颈内动脉狭窄或闭塞的关键机制,且脑梗死并颈动脉狭窄患者中超过50%患者是因血流动力学异常而发病,但患者是否存在血流动力学损害还取决于侧支循环建立情况,评价患者血流动力学状态能够了解患者侧支循环状况,有助于指导溶栓治疗^[18]。本研究分析颈动脉血管超声及CTP检查评价脑梗死并颈动脉狭窄患者脑血流动力学特征显示,颈动脉血管超声检查的不同狭窄程度患者较对照组健康体检者颈内动脉PSV、EDV水平偏高,大脑中动脉PI、Vm水平偏低,不同狭窄程度的患者间PSV、EDV水平存在明显差异,重度狭窄及闭塞患者大脑中动脉PI、Vm水平,重度及闭塞患者存在明显侧支循环开放情况,表明随着患者狭窄程度的加深,脑血流动力学发生明显变化,侧支循环开放率越高脑供血不足问题越严重。CTP灌注参数结果显示,轻、中度狭窄的脑梗死并颈动脉狭窄患者额叶、颞叶、基底节区额叶、颞叶、基底节区脑血流动力学参数与对照组健康体检者比较并无异常变化,而重度狭窄及闭塞患者额叶、颞叶、基底节区脑血流量明显减少,脑血容量增加,平均通过时间、达峰时间延长,与相波等^[19]的研究结果一致,原因在于,重度及闭塞狭窄患者中建立侧支循环的情况较多,脑部血液经侧支循环供血较正常动脉直接供血所需时间延长,且患者发病后脑灌注压降低,灌注储备受损,使患者脑血流量减少,脑血容量在一定程度上增加,说明通过CTP参数可了解脑梗死并颈动脉狭窄患者脑血流动力学状态,为临床诊疗提供有效信息,以便及时给予患者早期干预。

综上所述,脑梗死并颈动脉狭窄患者可进行颈动脉血管超声及头颈CTA检查评价颈动脉狭窄程度,了解脑血流动力学状态,获得临床治疗的有效影像学依据,指导临床治疗。

参考文献

- [1]刘悦,范承哲,王力.经皮血管内成形及支架置入术治疗伴重度颈动脉狭窄脑梗死的短期疗效评价[J].中华神经医学杂志,2017,16(7):688-691.
- [2]唐晓,郭大乔,符伟国.颈动脉狭窄规范化治疗争议与共识[J].中国实用

外科杂志,2017,37(12):1334-1339.

- [3]丁希艳,李威,于学鹏,等.颈动脉狭窄斑块性质与缺血性脑血管事件关系的研究[J].中风与神经疾病杂志,2017,34(5):432-435.
- [4]张楠,华扬,刘玉梅,等.颈内动脉次全闭塞与脑缺血相关性血流动力学研究[J].中国脑血管病杂志,2019,16(8):400-405.
- [5]凌翔.超声检测颈动脉斑块与脑梗死发生率的相关性[J].中国全科医学,2018,21(z1):277-278.
- [6]Rafailidis V,Chrysogonidis I,Tegos T,et al.Imaging of the ulcerated carotid atherosclerotic plaque: a review of the literature[J].Insights Imaging,2017,8(2):213-225.
- [7]王新德.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经精神科杂志,1988,21(1):60.
- [8]Grant E G,Benson C B,Moneta G L,et al.Carotid artery stenosis: Grayscale and doppler ultrasound diagnosis-society of radiologists in ultrasound consensus conference[J].Ultrasound Q,2003,19(4):190-198.
- [9]Kulik T,Kusano Y,Aronhime S,et al.Regulation of cerebral vasculature in normal and ischemic brain[J].Neuropharmacology,2008,55(3):281-88.
- [10]王芮,李恒国.急性脑梗死患者头颈部动脉粥样硬化斑块的CTA特征[J].广东医学,2018,39(22):3391-3394.
- [11]代鸣明,王布飞,肖英,等.脑血流动力学参数预测颈动脉狭窄患者支架置入术后近期转归的价值[J].广东医学,2018,39(11):1671-1673,1677.
- [12]Hosseini A A,Simpson R J,Altaf N,et al.Magnetic resonance imaging plaque hemorrhage for risk stratification in carotid artery disease with moderate risk under current medical therapy[J].Stroke,2017,48(3):678-685.
- [13]李晓慧,皇甫卫忠,郭海东,等.TCD联合CTA及CT灌注成像在评估颈动脉狭窄或闭塞患者脑血流动力学变化中的价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2016,14(12):16-18,22.
- [14]李婷,林雁潮,王瑶,等.颈动脉血管超声、CT血管成像及磁共振成像在急性缺血性脑卒中患者颈动脉狭窄诊断中的应用比较[J].实用医学杂志,2019,35(12):2005-2009.
- [15]段新平,张俊英,郭文博.颈动脉血管彩超和MRI在脑梗死患者颈动脉狭窄检测中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(6):47-49.
- [16]李媛媛,姚晓松,陈菲,等.超声与CTA在评估缺血性脑血管病患者颈动脉粥样斑块性质中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(4):47-50.
- [17]吕发金.头颈CT血管成像临床应用研究与技术进展[J].重庆医科大学学报,2019,44(10):1249-1253.
- [18]阿力木·吾甫尔,韩登峰,周君,等.颅内侧支循环开放程度与颈动脉支架置入术后短期预后的关系[J].中国动脉硬化杂志,2018,26(2):186-189,193.
- [19]相波,丁晓洁,王晓青,等.CTA对脑梗死伴颈动脉狭窄患者脑血流动力学改变评估作用[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(1):26-29.

(收稿日期:2020-01-14)