

· 论著 ·

分水岭脑梗死的脑血流动力学改变与颅内血管狭窄的相关性

傅俊明* 欧鸿儒 张冠业 莫家彬 简坚成

暨南大学附属顺德医院(佛山市顺德区第二人民医院、佛山市顺德区冯尧敬纪念医院)影像科 (广东 顺德 528305)

【摘要】目的 探讨分水岭脑梗死患者的脑血流动力学改变与颅内血管狭窄的相关性。**方法** 选取我院分水岭脑梗死的患者46例,所有患者均行脑CT灌注联合头颈部CT血管成像检查。扫描结束后,采用CT灌注和血管相关软件技术评价脑血流动力学的改变和颅内血管的狭窄程度及两者之间的关系。**结果** 34例患者行CT脑灌注检查时在分水岭梗死区域外出现异常灌注。患侧前循环大脑中动脉供血分布区与对侧相比较,其平扫通过时间(MTT)、峰值时间(TTP)和脑血流量(CBF)的差异有统计学意义($P<0.01$),而两侧的脑血容量(CBV)的差异无统计学意义($P>0.05$)。后循环供血分布区表现TTP及MTT延迟,而CBV、CBF无变化。根据平扫通过时间和峰值时间图,将灌注延迟范围分3型:Ⅰ型分水岭梗死区域外无异常灌注12例;Ⅱ型为分水岭梗死区域外仅前循环或后循环供血分布区出现异常灌注25例;Ⅲ型为分水岭区域外同时出现前后循环供血分布区异常灌注9例。脑灌注异常的分布与颅内相应供血动脉的狭窄程度显示呈正相关(Spearman 相关系数为0.75, $P<0.01$)。**结论** 分水岭脑梗死与头颈部颅内供血血管的狭窄及程度密切相关,分水岭脑梗死最重要的诱发因素是在颅内供血大动脉严重狭窄甚至闭塞的基础上发生低灌注血流或无血流灌注。

【关键词】 脑血流动力学; 体层摄影术, X线计算机; CT血管成像; 分水岭脑梗死

【中图分类号】 R651.1; R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2022.05.007

Correlation between Cerebral Hemodynamic Changes and Intracranial and Extracranial Vascular Stenosis in Patients with Watershed Cerebral Infarction

FU Jun-ming*, OU Hong-ru, ZHANG Guan-ye, MO Jia-bin, JIAN Jian-cheng.

Department of Imaging, Shunde Hospital Affiliated to Jinan University (the Second People's Hospital of Shunde District, Foshan City, Feng Yaojing Memorial Hospital, Shunde District, Foshan City), Shunde 528305, Guangdong Province, China

Abstract: Objective To investigate the correlation between cerebral hemodynamic changes and intracranial and extracranial vascular stenosis in patients with watershed cerebral infarction. **Methods** A total of 46 patients with watershed cerebral infarction in our hospital were enrolled. All patients underwent cerebral CT perfusion combined with CT angiography of the head and neck. After the scan, CT perfusion and blood vessel related software technology were used to evaluate the cerebral hemodynamic changes and the degree of stenosis of intracranial and extracranial blood vessels and the relationship between the two. **Results** 34 patients had abnormal perfusion outside the watershed cerebral infarction area during cerebral perfusion CT examination. Compared with the contralateral side, the blood supply distribution area of the middle cerebral artery in the anterior circulation of the affected side had statistically significant differences in mean transit time (MTT), time to peak (TTP) and cerebral blood flow (CBF) ($P<0.01$), while the difference in cerebral blood volume (CBV) on both sides was not statistically significant ($P>0.05$). The blood supply distribution area of the posterior circulation showed delayed TTP and MTT, but there was no change in CBV and CBF. According to the MTT and TTP chart, the perfusion delay range was divided into 3 types: Type 1: 12 cases without abnormal perfusion outside the watershed cerebral infarction area; Type II: 25 cases with abnormal perfusion in the blood supply distribution area of the anterior or posterior circulation outside the watershed cerebral infarction area; Type III: 9 cases with abnormal perfusion in the blood supply distribution area of the anterior and posterior circulation outside the watershed cerebral infarction area. The distribution of abnormal cerebral perfusion was positively correlated with the degree of stenosis of the intracranial and extracranial corresponding blood supply arteries (Spearman correlation coefficient was 0.75, $P<0.01$). **Conclusion** Watershed cerebral infarction was closely related to the stenosis and degree of stenosis of the intracranial and extracranial blood supply vessels of the head and neck. The most important predisposing factor of watershed cerebral infarction was the occurrence of hypoperfusion or no blood perfusion on the basis of severe stenosis or even occlusion of the intracranial and extracranial blood supply arteries.

Keywords: Cerebral Hemodynamics; Tomography, X-ray Computer; CT Angiography; Watershed Cerebral Infarction

分水岭脑梗死(cerebral watershed infarction, CWI)是指颅内较大的相邻血管供血区之间,由于局部缺血而发生的脑梗死,从而引发相应的临床症状,如神经功能障碍等。其与常见的脑梗死显著不同,近年来,由于发病率持续上升,越来越多的医师与学者重视CWI的诊断。由于CWI有一定致残率,研究其病因和发病机制有利于CWI的及时诊断,从而指导临床制订诊疗方案,及早干预,使患者的致残率降低。目前有关CWI在头颈部血管病变的方面研究报道较多,但对CWI的脑血流动力学方面却报道较少。本研究收集我院急性缺血

性脑卒中的患者,其中符合分水岭脑梗死的有46例,所有患者均进行了CT脑灌注成像及头颈部血管成像,具有完整资料,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 46例CWI患者,男33例,女13例,年龄19~85岁,平均年龄(54.7 ± 11.5)岁。本研究引用全国第4届脑血管病会议的标准作为诊断依据^[1],排除由感染性心内膜炎或心房纤颤等疾病引起脑栓塞的患者及颅内出血及有颅内占位

【第一作者】 傅俊明,男,副主任医师,主要研究方向:神经系统、骨关节系统和呼吸系统的CT诊断。E-mail: gzyyfm@126.com

【通讯作者】 傅俊明

性病变患者。所有患者均知情同意。设对照组10名, 纳入标准: 健康的成年志愿者, 无相关的临床症状。其中男6名、女4名, 年龄35~70岁, 平均年龄(55±7.5)岁, 两组资料在年龄、性别上差异无统计学意义。所有病例均在入院24小时内进行脑CT灌注联合头颈部CT血管成像检查。

1.2 检查方法

1.2.1 采用德国西门子64排螺旋CT机 常规对所有患者行颅脑CT平扫以排除颅内出血或颅内占位。然后再行脑CT灌注联合头颈部CT血管成像检查, 保存图像并进行图像后处理, 采用Neuro Perfusion CT软件进行图像相关后处理。选取上矢状窦峰值作为输出静脉, 利用时间-密度曲线(timedensity curve, TDC), 计算灌注相关参数, 获得彩色灌注图像, 包括达峰时间(TTP)、平均通过时间(MTT)、脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)的相关数据。在CWI中心平面, 以脑中线作为中轴线, 在梗死灶中央和周围灌注异常的区域对称性放置感兴趣区进行测量, 获得相应区域的CBF、CBV、MTT及TTP等血流动力学参数值。

1.2.2 头颈部CTA检查 CTP扫描10min后, 追加进行头颈部的CT血管成像检查。通过工作站的血管分析软件, 得到相关数据, 包括最大密度投影(MIP)、多平面重组(MRP)、表面阴影成像(SSD)和容积再现(VR), 从而图像观察血管是否存在狭窄或闭塞, 具体位置及狭窄程度。

1.3 诊断标准 本研究参考北美症状性颈动脉内膜切除试验(NASCET)标准^[2]作为头颈部血管狭窄的诊断标准, 具体分度如下: 轻度狭窄(管腔狭窄<50%)、中度狭窄(管腔狭窄50%~70%)、重度狭窄(管腔狭窄>70%)、闭塞(管腔狭窄100%)。若同时存在数处狭窄, 狭窄率以管腔最窄处计算。

1.4 统计学分析 应用SPSS 17.0统计软件, $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CT脑灌注结果 46例CWI病灶区与镜像对侧比较CBF、CBV下降, MTT、TTP延长。12例患者在分水岭梗死区外的灌注表现正常。34例患者在分水岭梗死区域外出现前循环大脑中动脉供血分布区的灌注异常, 进行配对t检验发现: 比较患侧和镜像对侧, CBF、MTT、TTP的差异具有统计学意义($P<0.01$), CBV无统计学意义(表1)。另有16例患者除前循环大脑中动脉供血分布区外其它脑叶亦存在异常灌注分布, 其中有12例合并后循环供血分布区异常灌注, 另有4例合并对侧脑叶异常灌注分布, 表现为MTT及TTP 延长, 与正常对照组行独立样本t检验, 差异有统计学意义($P<0.01$), 而CBV与 CBF 的t检验结果, 差异没有统计学意义(如表2)。分析MTT、TTP图, 根据灌注异常的范围分3型: I型分水岭梗死区域外无异常灌注12例(图1); II型为分水岭梗死区外仅出现前循环大脑中动脉供血分布区或后循环供血分布区低灌注25例(图2); III型为分水岭梗死区域外同时出现前后循环供血分布区低灌注9例(图3)。

表1 CWI后循环动脉供血分布区异常灌注与镜像对侧的灌注参数分析

灌注参数	异常灌注区	镜像对侧	t值	P值
CBV(mL/100g)	3.47±1.28	3.81±1.17	-1.22	>0.05
CBF[mL/(100g·min)]	15.14±7.49	46.92±17.17	-10.47	<0.01
MTT(s)	16.60±7.25	5.41±2.64	8.10	<0.01
TTP(s)	34.58±6.19	26.47±3.74	9.88	<0.01

表2 CWI后循环动脉供血分布区异常灌注与正常对照组的灌注参数分析

灌注参数	异常灌注区	正常对照组	t值	P值
CBV(mL/100g)	3.95±1.17	3.75±0.93	0.45	>0.05
CBF[mL/(100g·min)]	34.29±14.43	42.27±8.82	-1.56	>0.05
MTT(s)	8.97±2.42	5.10±0.61	4.93	<0.01
TTP(s)	29.53±3.47	26.06±1.93	2.88	<0.01

2.2 头颈部血管CTA表现 46例CWI中有22例头颈部血管重度狭窄或闭塞, 责任血管数合计40处, 其中包括: 大脑中动脉(MCA), 中度狭窄5处, 重度狭窄12处, 闭塞4处; 颈内动脉(ICA), 中度狭窄4处, 重度狭窄3处, 闭塞3处; 大脑后动脉(PCA), 中度狭窄4处, 重度狭窄3处; 椎动脉(VA), 重度狭窄1处, 闭塞1处。

2.3 脑供血动脉狭窄程度与脑灌注及其分型的关系 I型中只有1例MCA中度狭窄; II型MCA闭塞的有2例, 其中有一例患者合并ICA的重度狭窄; VA闭塞+PCA重度狭窄1例; MCA重度狭窄的有6例, ICA重度狭窄的有2例, PCA重度狭窄2例, VA重度狭窄1例; ICA、MCA、PCA中度狭窄各3例, 其中一例MCA合并ICA中度狭窄。III型MCA闭塞2例, ICA闭塞+MCA重度狭窄1例, MCA重度狭窄5例, 其中两例合并PCA中度狭窄2例, MCA中度狭窄1例。CWI异常灌注分布的分型与头颈部动脉血管狭窄程度见表3, 脑异常灌注分布与颅内外供血动脉狭窄程度之间呈正相关(Spearman相关系数为0.75, $P<0.01$)。

表3 脑灌注异常分布分型与颅内外供血动脉狭窄程度的关系(例)

分型	头颈部血管狭窄程度				
	无	轻度	中度	重度	闭塞
I型	8	3	1	0	0
II型	0	2	9	11	3
III型	0	0	1	5	3

注: Spearman等级相关检验: $r=0.75$, $P<0.01$ 。

3 讨论

分水岭脑梗死(CWI)又称边缘带梗死, 发病率约占所有脑梗死的10%^[3]。其病因复杂, 目前尚没有统一说法, 随着研究的展开, 学者们提出了新的观点, 颅内外脑血流的灌注量下降及微栓子引起的栓塞是造成CWI的主要因素^[4]。CT脑灌注成像是临床常用的检查方法, 可以提供功能性的检查, 能显示脑血流动力学的有关参数, 成为缺血性脑血管疾病新的诊断方法。

本研究46例分水岭脑梗死患者CT脑灌注显示分水岭脑梗死区MTT、TTP延长, CBV、CBF减低。34例在分水岭脑梗

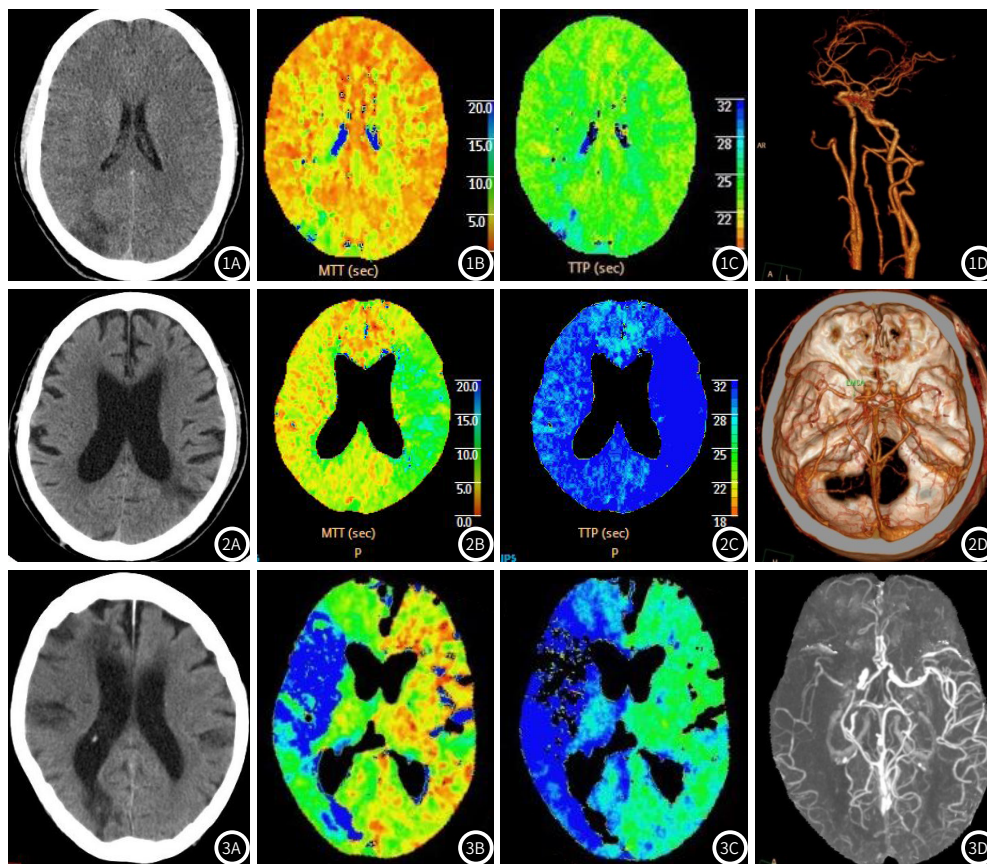


图1 I型CT平扫示右侧大脑后分水岭脑梗死, MTT、TTP示分水岭梗死区域外无异常灌注, 颈内外动脉及大脑动脉CTA未见异常。**图2** II型左侧大脑后分水岭脑梗死, 分水岭梗死区域外大脑中动脉供血分布区MTT、TTP灌注延迟, CBF减低, CBV未见异常, VR示左侧大脑中动脉M1段重度狭窄。**图3** III型右侧大脑前、后分水岭脑梗死, MTT、TTP示大脑中动脉供血分布区与右侧额叶及枕叶均显示灌注延长, MIP图示右侧大脑中动脉重度狭窄闭塞。

死区域外出现异常低灌注改变。其中前循环大脑中动脉供血分布区异常灌注表现为MTT、TTP延长、CBV正常、CBF减低, 即血流速度减慢, 血管内的血流量下降, 即缺血引起的低灌注现象。与国内许凡勇等^[5]报道一致, 许凡勇等曾对12例分水岭脑梗死的患者进行CT血流灌注情况进行分析, 该组患者均由于慢性大动脉狭窄或闭塞引起, 通过分析患者CT图片资料, 其发现该组患者的梗死灶旁均存在大范围的慢性缺血区, 因此, 他认为供血动脉的狭窄或闭塞引起的慢性缺血与CWI间有相关性。CWI还需要与急性非分水岭脑梗死进行鉴别诊断, 虽然两者梗死灶周边的缺血半暗带的CT灌注特征相似, 但笔者认为这两者还是有区别的, 非分水岭急性脑梗死缺血半暗带常发生在以梗死灶为中心的周围区域。而CWI的周围慢性缺血区并不全都以梗死灶为中心, 尤其在皮质前型或皮质后型分水岭脑梗死其周围缺血区常发生在梗死灶旁大脑中动脉或大脑后动脉供血分布区相对应的流域(图2B、图2C)。这也提示分水岭周围脑血流的低灌注可能是诱发CWI的一个重要原因, 分水岭区为颅内主要动脉供血区域的交界处, 当颅内外供血血管存在严重狭窄甚至闭塞, 而各交通动脉和侧枝循环均不能实现血供, 可出现该血管支配区域血流灌注量下降不利于清除微栓子, 同时易使血管壁斑块脱落, 更容易受累及发生脑梗死^[4]。

本研究病例中也发现有12例合并后循环供血分布区异常灌注, 但CTP显示异常灌注区仅MTT、TTP延长, 而CBV、

CBF正常。其血流动力学的变化可能与侧支循环代偿相关, 颅内外主要动脉的重要吻合支多数位于脑底动脉环的近端处。当颅外动脉发生狭窄甚至闭塞时可通过前、后交通动脉或颈外动脉、皮质软脑膜血管等数条吻合途径获得充分的侧支血供代偿, 从而维持正常的脑循环储备力, CT灌注仅表现MTT、TTP延长。而前循环大脑中动脉供血分布区常伴有CBF减低, 因为在大脑中动脉发生狭窄甚至闭塞时, 其代偿能力欠缺, 但较多穿支动脉位于大脑中动脉的起始部, 因此低灌注、血流动力学障碍的发生率更高^[6], 也有研究报道大脑中动脉严重狭窄对于前循环供血分布区的CWI影响较大, 对于后循环供血分布区CWI影响较少^[7]。但脑底动脉环的血流代偿对形成何种类型CWI仍不清楚, 对后交通动脉开放后的血供代偿作用也没有达成统一意见, 部分学者认为后交通开放对预防CWI的形成有积极意义^[8]; 有些学者则认为它在CWI的形成中没有作用^[9]。另有4例合并对侧脑叶异常灌注分布, 可能因脑血流严重下降, 对侧脑血流通过重新开放的Willis动脉环代偿性供应, 造成失血效应呈低灌注改变, CTA亦显示这4例患者都存在严重的颈内外动脉重度狭窄或闭塞。因本研究病例较少, 有待进一步研究。

本研究病例中有22例(47.8%)头颈部血管重度狭窄或闭塞, 与国内学者报道一致^[10-13]。根据MTT、TTP图灌注延迟范围表现进行分型, 发现I型中只有1例头颈部血管中度狭窄; II型中有11例重度狭窄, 3例闭塞; III型中有5例重度狭

窄, 3例闭塞。脑灌注异常分布情况与颅内相关供血动脉的狭窄程度显示呈正相关(Spearman's $r=0.75$, $P<0.01$)。TTP的延长反映了供血动脉流速的变化和大脑局部侧支的代偿情况, 而MTT在分辨正常脑组织和缺血性脑组织方面优势显著。当大脑灌注压下降而造成脑循环储备能力耗尽而导致失代偿, CBF开始渐渐降低, 如果CBV和CBF均同时显著降低侧提示患者进入了脑梗死阶段。尽管分水岭脑梗死预后相对良好, 死亡率较低, 但追踪发现本研究病例中有5例内分水岭脑梗死患者由于脑血流低灌注不能纠正, 最后进展为大面积非分水岭脑梗死。对于分水岭脑梗死患者及早针对血流低灌注进行干预, 可以防止脑梗死进一步恶化; CT脑血流灌注与CTA联合检查, 可以通过一次性检查即可得到大脑供血动脉血流动力学相关参数及头颈部动脉的详情, 是存在局部狭窄或多处狭窄甚至闭塞, 提供重要的影像学依据, 指导临床医师进行制订诊疗方案。

综上所述, 分水岭脑梗死与颅内供血动脉的狭窄或闭塞关系密切, 并存的血流低灌注是最重要的诱发因素。CT脑灌注成像可以直接反映分水岭脑梗死的血流动力学状态, 对临床防治分水岭脑梗死有重要的指导意义。本研究也存在不足, 研究病例数目过少; 其次是在单侧头颈部血管狭窄的基础上进行研究, 对于并存双侧头颈部血管狭窄的病变脑血流动力学结果可能会存在一定的偏向。

参考文献

[1] 中华医学会神经科学会. 各类脑血管病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 12(29): 379-380.

- [2] Barnett H J M, Taylor D W, Haynes R B, et al. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis[J]. N Engl J Med, 1991, 325(7): 445-453.
- [3] Yong S W, Bang O Y, Lee P H, et al. Internal and cortical border zone infarction: Clinical and diffusion weighted features[J]. Stroke, 2006, 37(3): 841-846.
- [4] Caplan L R, Wong K S, Gao S, et al. Is hypoperfusion an important cause of strokes? If so, how? [J]. Cerebrovasc Dis, 2006, 21(3): 145-153.
- [5] 许凡勇, 刘志勤, 肖家和, 等. 慢性大动脉狭窄或闭塞性分水岭脑梗死的灌注分析[J]. 临床放射学杂志, 2010, 7(29): 869-872.
- [6] 董斌, 朱幼玲, 穆燕芳, 等. CWSI和IWSI型分水岭脑梗死的危险因素及头颅MRA特点[J]. 实用医学杂志, 2018, 34(6): 893-896.
- [7] 张文昭, 乔雪竹, 李家琪, 等. 皮质下型分水岭脑梗死发病机制与临床特点研究进展[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20(1): 105-107.
- [8] Hendrikse J, Hartkamp M J, Hillen B, et al. Collateral ability of the circle of Willis in patients with unilateral internal carotid artery occlusion: Border zone infarcts and clinical symptoms[J]. Stroke, 2001, 32(12): 2768-2773.
- [9] Bisschops R H, Klijn C J, Kappelle L J, et al. Association between impaired carbon dioxide reactivity and ischemic lesions in arterial border zone territories in patients with unilateral internal carotid artery occlusion[J]. Arch Neurol, 2003, 60(2): 229-233.
- [10] 耿延磊, 陈洪静, 韩笑峰, 等. 分水岭脑梗死进展的危险因素分析[J]. 临床神经病学杂志, 2018, 31(1): 15-18.
- [11] 欧鸿儒, 吴巧彬, 陈晓华, 等. 不同分型分水岭脑梗死的CT脑灌注表现及其临床相关性[J]. 实用医学杂志, 2017, 33(7): 1043-1046.
- [12] 刘强, 汤园园. 急性缺血性脑梗死CT和MRI的诊断比较[J]. 罕少疾病杂志, 2019, 26(5): 8-10.
- [13] 高晶晶, 刘颖, 李绍东, 等. 颅脑CT平扫诊断颅内静脉窦血栓[J]. 罕少疾病杂志, 2020, 27(4): 1-3, 11.

(收稿日期: 2021-04-06)