论 著

CTP联合CTA对颅脑创伤病灶周围组织血流灌注的评估价值*

郑 颖 许兵强 陈小龙
张 艳 寇明清*
陕西省人民医院医学影像中心
(陕西 西安 710068)

【摘要】**目的** CT灌注成像(CTP)联合CT血管成像(CTA)对颅脑创伤(TBI)病灶周围组织血流灌注的评估价值。**方法** 回顾性分析我院80例TBI患者资料。所有患者均行CTP、CTA及数字减影血管造影术(DSA)检查，以手术病理及DSA为“金标准”，比较CTP和CTA对患者病灶的检出情况、病灶区和对侧区CTP参数[脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)]值，分析CTA对TBI患者病灶周围血管狭窄程度的检出情况，采用Pearson相关系数分析CTP参数与GCS评分的相关性。**结果** 80例患者中经手术病理诊断颅内损伤42例，轴外损伤28，颅脑深部损伤10例，CTP和CTA的临床检出率分别为96.25%、93.75%；病灶区CBV、CBF值均显著低于对侧区(*P*<0.05)，MTT、TTP值均显著高于对侧区(*P*<0.05)；80例患者经DSA诊断共检出89处血管狭窄，其中轻度狭窄45处，中度狭窄26处，重度狭窄15处，闭塞3处，CTA检测轻度中度、重度和闭塞血管的准确率分别为97.73%、82.14%、85.71%、100%，总准确率为91.01%；Pearson相关系数分析显示，GCS评分与CTP参数CBF、CBV呈显著正相关，与MTT、TTP呈显著负相关(*P*<0.05)。**结论** 应用CTP和CTA可以较好地反馈TBI患者颅脑血流动力学和血管病变情况，两者联合检查可以为TBI患者临床诊断提供重要信息，以辅助临床治疗。

【关键词】CT灌注成像；CT血管成像；颅脑创伤；血流灌注
【中图分类号】R651.1+5
【文献标识码】A
【基金项目】陕西省重点研发计划项目(2021SF-377)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.09.007

Evaluated Value of CTP Combined with CTA on Blood Perfusion in the Surrounding Tissue of Traumatic Brain Injury Lesions*

ZHENG Ying, XU Bing-qiang, CHEN Xiao-long, ZHANG Yan, KOU Ming-qing*.
Department of Radiology, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi 'an 710068, Shaanxi Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the evaluated value of CT perfusion imaging (CTP) combined with CT angiography (CTA) on blood perfusion in the surrounding tissues of traumatic brain injury (TBI) lesions. ***Methods*** The data of 80 patients with TBI in our hospital were analyzed retrospectively. CTP, CTA and digital subtraction angiography (DSA) were performed on all patients, the surgical pathology and DSA were used as the gold standard, and the detection status of lesions by CTP and CTA and CTP parameters [cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT), time to peak (TTP)] in lesion area and contralateral area were compared. The detection status of lesion surrounding vascular stenosis degree in patients with TBI by CTA was analyzed, and Pearson correlation coefficient was used to analyze the correlation between CTP parameters and GCS score. ***Results*** Among the 80 patients, there were 42 cases of intracranial injury, 28 cases of extraaxial injury and 10 cases of deep brain injury by surgical pathological diagnosis. The clinical detection rates of CTP and CTA were 96.25% and 93.75% respectively. The CBV and CBF in the lesion area were significantly lower than those in the contralateral area (*P*<0.05), and the MTT and TTP were significantly longer than those in the contralateral area (*P*<0.05). 89 sites of vascular stenosis were detected in 80 patients diagnosed by DSA, including 45 mild stenosis, 26 moderate stenosis, 15 severe stenosis and 3 occlusion. The accuracy rates of mild, moderate, severe and occlusive vessels detected by CTA were 97.73%, 82.14%, 85.71% and 100% respectively, with a total accuracy rate of 91.01%. Pearson correlation coefficient analysis showed that GCS score were positively correlated with CTP parameters CBF and CBV , and were negatively correlated with MTT and TTP (*P*<0.05). ***Conclusion*** CTP and CTA can better feedback the cranial hemodynamics and vascular lesions in patients with TBI. The combined examination of CTP and CTA can provide important information for the clinical diagnosis of patients with TBI to assist clinical treatment.
Keywords: CT Perfusion Imaging; CT Angiography; Traumatic Brain Injury; Blood Perfusion

颅脑创伤(traumatic brain injury，TBI)为神经外科常见急症，多由车祸、撞击、高处坠落等原因导致，包括原发性损伤和继发性损伤，病情进展快、并发症较多，尤其是原发性创伤，一般只能治疗而无法预防，如不及时治疗很可能引起脑血管痉挛、脑血液流变学异常、神经递质过度释放，进而导致血管收缩、脑组织缺血低氧、坏死，因而，早期诊断和治疗至关重要[1-2]。近年来，随着多发事故发生率的不断提高，TBI的临床诊断越来越受到临床重视[3]。影像学诊断是颅脑损伤和血管灌注临床主要检测手段，CT灌注成像(CT perfusion，CTP)和CT血管成像(CT angiography，CTA)是近年来发展较快的影像学成像技术，可直观反映脑血管病变部位和血流灌注情况，临床上常用于心脑血管病变诊断[4-5]。但在颅脑损伤的临床应用报道较少，基于此，本研究拟探究CTP联合CTA对TBI病灶周围组织血流灌注的评估价值，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析我院2022年6月至2023年6月间80例TBI患者资料。

纳入标准：经X线片、CT、MRI诊断确诊为颅脑外伤；单侧损伤，昏迷时间短于12h；既往无脑损伤或脑部手术史。排除标准：受伤前伴有心脑血管、肝肾功能异常；合并脑部感染、脑炎、脑部肿瘤；受伤时间不明，术后颅内出血者或并发大面积梗死。其中男44例，女36例，年龄23~48岁，平均(35.41±6.13)岁，致伤原因：交通事故38例，高处坠伤16例，重物撞击26例；入院格拉斯哥昏迷指数(GCS)评分(6.33±1.92)分。

1.2 方法 病情观察与处理：患者入院后立即进行常规检查，动态评定GCS评分，有手术指征的患者立即实施手术治疗。术后如患者持续昏迷，需进行气管插管辅助通气，避免因呼吸道阻力较大影响颅内静脉回流，术后常规进行镇静、镇痛、消炎等治疗。

CTP检查：采用320排螺旋CT扫描仪(TOSHIBA，Aquilion One，日本)行灌注成像检查，检查前询问患者的药敏史和禁忌症，检查时患者取仰卧位，先进性颅脑部位平扫，设置参数：管电流150mA，管电压120kV，速度0.75s/圈，间距9mm，层厚9mm，根据平扫结果选择感兴趣区域进行CTP检查，经肘静脉对患者注射碘普罗胺注射液(拜耳医药，国药准字H10970417，规格：100mL:37g)50mL，速度为5mL/s，延迟5s进行灌注扫描，设置参数：管电流125mA，管电压80kV，速度0.4s/圈，间隔时间5s，层厚5mm，间距5mm，循环扫描15次，记录相关数据，并将数据导入工作站，借助配套软件分析图像，测量脑损伤部位及对侧部位的脑血流量(cerebral blood flow，CBF)、脑血容量(cerebral blood volume，CBV)、平均通过时间(mean transit time，

【第一作者】郑 颖，女，主治医师，主要研究方向：CT影像诊断。E-mail：dynasty_6789@163.com
【通讯作者】寇明清，男，主治医师，主要研究方向：CT影像诊断。E-mail：kmq9876@126.com

MTT)、达峰时间(time to peak，TTP)值。

CTA检查：CTP检查结束后8min左右以4mL/s的速度追加注50mL射碘伏醇，8s后进行扫描，参数设置：管电压120kV，管电流150mA，间隔0.5mm，层厚0.625mm，矩阵512×512，视野180mm，扫描后将数据导入工作站，通过最大密度投影(MIP)、多平面重建(MRP)、容积再现(VR)等三维重建，观察颅内病变周围组织血流灌注情况。

DSA检查：患者取仰卧位，局部浸润麻醉，使用高压注射器以4~5mg/s的速度向颈动脉注射碘海醇(350mg/mL)，Seldinger法进行颈动脉插管，采用血管造影成像系统(Philips，美国，型号：INFX-8000C)先对主动脉弓及弓上大血管进行造影，而后采用5F弯造影管对锁骨下动脉、颈外动脉、颈内动脉进行造影，扫描结束后中和肝素，穿刺部位止血，包扎。

颅脑动脉狭窄程度判定[6]：根据影像检查结果进行分级，轻度狭窄，血管狭窄率＜30%，中度狭窄，血管狭窄率为30%~69%；重度狭窄：血管狭窄率为70%~99%，闭塞，狭窄率为100%，狭窄率(%)=(1-血管狭窄出管径/健侧管径)×100%。

GCS评分[7]：分别从睁眼(1~4分)、语言(1~5分)，运动(1~6分)3个方面评估患者的昏迷指数，总分3~15分，其中，＜3分为重度昏迷，3~8分为轻度昏迷，＞8分为意识相对清醒，分值越低表示昏迷程度越深。

1.3 观察指标 比较CTP和CTA对患者病灶检出情况，病灶区和对侧区CTP参数CBV、CBF、MTT、TTP值，分析CTA对TBI患者病灶周围血管狭窄程度的检出情况及CTP参数与GCS评分的相关性。

1.4 统计学方法 选择SPSS 25.0统计学软件，计量数据均经由Shapiro-Wilk正态性检验，符合正态分布的数据，以($\bar{x}\pm s$)记录，行独立样本t检验，计数数据以n或(%)记录，行χ^2检验，CTA参数与GCS评分的相关性采用Pearson相关系数分析，检验水准α=0.05。

2 结 果

2.1 CTP和CTA对患者病灶检出情况比较 80例患者中经手术病理诊断颅内损伤42例，轴外损伤28，颅脑深部损伤10例，CTP临床检出率为96.25%，CTA临床检出率为93.75%，差异无统计学意义(*P*>0.05)，见表1。

2.2 病灶区和对侧区CTP参数比较 病灶区CBV、CBF值均显著低于对侧区(*P*<0.05)，MTT、TTP值均显著高于对侧区(*P*<0.05)，见表2。

2.3 CTA检测头颈部动脉狭窄程度分析 80例患者经DSA诊断共检出89处血管狭窄，其中轻度狭窄45处，中度狭窄26处，重度狭窄15处，闭塞3处，CTA检测轻度狭窄44处，中度狭窄28处，重度狭窄14处，闭塞3处，准确率分别为97.73%(43/44)、82.14%(23/28)、85.71%(12/14)、100%(3/3)，总准确率为91.01%(81/89)，其中轻度狭窄2例过度诊断，中度狭窄1处诊断不足，2处重度狭窄，重度狭窄3处诊断不足，见表3。

2.4 CTA参数与GCS评分的相关性分析 Pearson相关系数分析显示，GCS评分与CTP参数CBF、CBV呈显著正相关，与MTT、TTP呈显著负相关(*P*<0.05)，见表4。

表1 CTP和CTA对患者病灶检出情况比较[n(%)]

组别	例数	颅内损伤	轴外损伤	颅脑深部挫伤	合计
CTP	80	41(97.62)	26(92.86)	10(100.00)	77(96.25)
CTA	80	39(92.86)	27(96.43)	9(90.00)	75(93.75)
χ^2值			0.474		0.132
*P*值			0.789		0.717

表2 病灶区和对侧区CTP参数比较

组别	例数	CBV(mL/100g)	CBF(mL/100g/min)	MTT(s)	TTP(s)
病灶区	80	2.31±0.43	34.54±7.38	12.57±1.87	6.52±1.02
对侧区	80	3.44±0.57	50.48±8.26	10.06±2.34	4.75±1.19
t值		14.155	12.871	7.495	10.101
*P*值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 CTA检测头颈部动脉狭窄程度分析[n(%)]

CTA	DSA				合计
	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
轻度狭窄	43	1	0	0	44
中度狭窄	2	23	3	0	28
重度狭窄	0	2	12	0	14
闭塞	0	0	0	3	3
合计	45	26	15	3	89

表4 CTP参数与GCS评分的相关性分析

	GCS评分	CBF	CBV	MTT	TTP
r		0.584	0.565	-0.476	-0.521
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

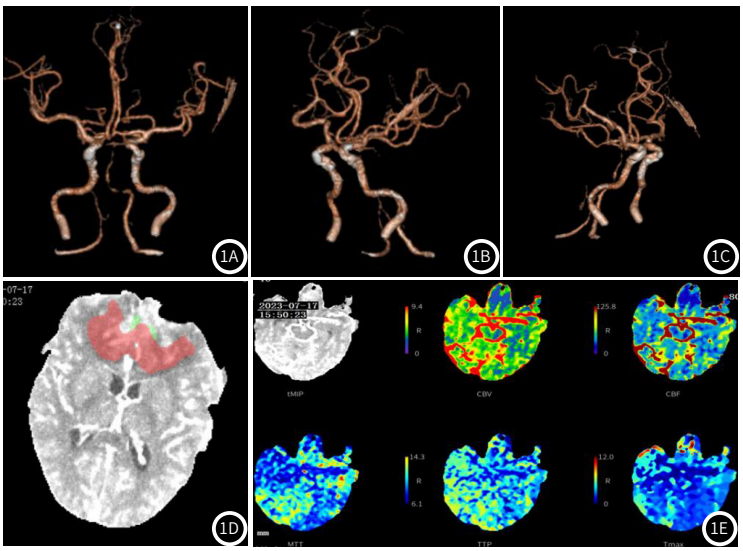

图1A-图1E CTP和CTA诊断TBI示例。女，64岁，1A-1C：颅脑损伤的CTA成像，M1、M2段狭窄，皮层分支减少，1A，正面成像；1B，左侧成像；1C，右侧成像。图1D-1E，颅脑损伤的CTP灌注成像，图1D，平扫；图1E，颅脑病灶周围低灌注病灶血流灌注成像，包括MIP、CBF、CBV、MTT、TTP、Tmax。

3 讨 论

TBI病因往往较为复杂，缺乏典型性，致伤患者以中青年群体为主，且病情凶险，部分患者入院治疗时可能处于昏迷状态，临床诊疗难度大。创伤所致的原发性脑损伤具有不可逆转性，且伤情只取决于损伤程度，只能治疗而无法预防，因而，尽快诊断损伤程度并给予有效治疗以避免脑缺血、脑血肿、脑水肿等继发性脑损伤的发生[8-10]。

TBI后病灶占据了原有的颅腔空间，使颅内原有的血流灌注降低，进而导致颅内压升高，周围脑组织出现缺血、缺氧性损害，监测大脑血流灌注是脑损伤程度及预后评估的重点[11]。CTP是临床上常见的影像学检查方法，其通过对患者外周静脉注射对比剂，并进行螺旋CT扫描及后期计算机图像处理，清晰了解难组织形态学变化及病灶周围组织的血流灌注状态，借助灌注参数和图像半定量分析血管损伤程度，发现早期血管损伤范围，进而尽早地给予脑循环改善治疗，以降低患者认知及肢体运动障碍发生风险[12]。临床上较为常见的CTP参数有CTV、CTF、TTP、MTT，其中CBV、CBF反应脑组织的血容量水平，间接体现大脑损伤区域缺血状况，其水平越低表明血管狭窄程度加重，临床上也用于反映梗死程度。TTP体现了造影剂达到浓度峰值的时间，MTT表示造影剂通过脑组织的毛细血管所需的时间，二者反应受检血管的血流速度，其水平升高提示血流速度降低或血流狭窄[13]。临床研究显示，CTP全脑灌注成像参数可有效评估缺铁性脑卒中患者血流灌注情况并预测患者预后[14]。魏民[15]等研究显示，CT灌注成像联合血清化指标可作为重型脑损伤患者术后并发梗死的有效预测指标。CTA是一种非介入性血管成像技术，其通过注射造影剂对受检靶血管进行CT容积图像数据采集，从不同角度、不同方位显示颅内病灶周围组织的血管影像，利用图像后处理软件获得血管侧支循环和血流灌注情况[16]。临床研发现，CTA对冠脉临界病变血管狭窄程度具有较高的诊断价值。采用CTA进行血管成像可有效发现损伤部位的血管形态、是否存在破损、出血及血管狭窄情况，临床上可辅助确定病变范围[17-18]。

本研究结果显示，80例TBI患者中，颅内损伤者较多，有42例周外损伤和颅脑深部损伤较少，分别为28例、10例，其中CTP临床检出率为96.25%，CTA为93.75%，两者比较无显著性差异，提示采用灌注和血管成像均可有效锁定TBI患者的病灶部位。对比病灶区和对侧同区CTP参数发现，病灶区CBV、CBF值均显著低于对侧区，MTT、TTP值均显著高于对侧区，提示TBI患者存在不同程度地血管损伤，且血管损伤可能影响到病灶周围的血流灌注，随着损伤程度加深，其周围的血流影响很逐渐增加，进而加大患者脑细胞损伤和死亡风险，影响患者预后，临床上应对TBI患者进行及时救治以尽可能恢复大脑血流灌注。经DSA检测发现，共有89处血管狭窄，其中轻度狭窄45处，中度狭窄26处，重度狭窄15处，闭塞3处，CTA对上述不同狭窄程度血管的检出率分别为97.73%、82.14%、85.71%、100%，总准确率为91.01%，临床应用价值较高。Pearson相关系数分析显示，GCS评分与CTP参数CBF、CBV呈显著正相关，与MTT、TTP呈显著负相关，提示临床上可通过CTP参数辅助评估患者脑损伤程度及抢救风险。

综上所述，应用CTP和CTA可以较好地反馈TBI患者颅脑血流动力学和血管病变情况，两者联合检查可以为TBI患者临床诊断提供重要信息，以辅助临床治疗。

参考文献

[1]汪静静,孟庆宁,孙艳秋.鹿特丹CT评分用于评估颅脑损伤患者预后[J].中国介入影像与治疗学,2022,19(1):36-39.
[2]梁前垒,郭永川,李朝晖.重型颅脑创伤患者早期并发腺垂体功能减退的临床诊治分析[J].中华内分泌外科杂志,2020,14(1):56-59.
[3]Capizzi A,Woo J,Verduzco-Gutierrez M.Traumatic brain injury:an overview of epidemiology,pathophysiology,and medical management[J].Med Clin North Am,2020,104(2):213-238.
[4]姚东陂,缪中荣.CT灌注成像评价参数半定量分析与颈动脉支架术后脑高灌注综合征的相关性研究[J].河北医科大学学报,2021,42(4):477-479.
[5]吴红宇,郑波.脑动静脉畸形CTA、DSA的影像学表现及诊断的对照性研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(1):36-37,52.
[6]魏庆民,张华龙,张友良,等.CTA钙化积分与冠状动脉造影诊断冠状动脉狭窄程度的对比研究[J].中国循证心血管医学杂志,2022,14(5):578-580.
[7]崔智杰,陈华辉,斯宝,等.GCS与CT评分对中重型颅脑损伤患者预后的评估[J].西部医学,2023,35(6):848-853.
[8]Pease M,Arefan D,Barber J,et al.TRACK-TBI Investigators.Outcome prediction in patients with severe traumatic brain injury using deep learning from head CT scans[J].Radiology,2022,304(2):385-394.
[9]杨洋,崔珊珊,郑磊.磁共振及CT检查在急性颅脑损伤中的临床诊断应用研究[J].重庆医学,2022,51(S02):316-318.
[10]岳盛魁,刘浩波,潘东红,等.CT评分及血清学指标联合预测颅脑损伤早期临床转归的价值[J].中国医药导报,2022,19(35):70-73.
[11]Gao G,Wu X,Feng J,et al.China CENTER-TBI registry participants.Clinical characteristics and outcomes in patients with traumatic brain injury in China:a prospective,multicentre,longitudinal,observational study[J].Lancet Neurol,2020,19(8):670-677.
[12]Avsenik J,Bajrovi FF,Gradi ek P,et al.Prognostic value of CT perfusion and permeability imaging in traumatic brain injury[J].J Trauma Acute Care Surg,2021,90(3):484-491.
[13]Hemachandran N,Meena S,Kumar A,et al.Utility of admission perfusion CT for the prediction of suboptimal outcome following uncomplicated minor traumatic brain injury[J].Emerg Radiol,2021,28(3):541-548.
[14]吴彬彬,余永强.CTP全脑灌注成像参数与Hcy的相关性及对缺血性脑卒中的诊断[J].影像科学与光化学,2022,40(5):1269-1273
[15]魏民,张恒柱,朱磊,等.CT灌注成像联合血清生化指标在重型颅脑损伤术后脑梗死诊断中的作用[J].中华神经外科杂志,2019,35(10):1067-1069.
[16]刘衡,冉启胜,邓洋,等.CTA诊断糖尿病下肢动脉临床分期及下肢动脉狭窄程度的应用价值[J].西部医学,2019,31(4):620-624.
[17]陈豫,魏艳磊,王泽尉,等.冠脉CTA对冠脉临界病变血管狭窄程度的诊断效能评价[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(9):90-92.
[18]刘海兵,魏梁锋,洪景芳,等.创伤性重型颅脑损伤早期格拉斯哥昏迷量表评分动态变化与CTP的相关性[J].临床神经外科杂志,2018,15(6):448-451.

(收稿日期：2023-11-01)
(校对编辑：韩敏求)