

CT灌注成像在动脉瘤性蛛网膜下腔出血中的应用

张林峰 周小兵 黄鑫根 丁 聪 综述 汪 阳 审校

【关键词】 颅内动脉瘤;蛛网膜下腔出血;CT灌注成像;脑血管痉挛;迟发性脑缺血
【文章编号】 1009-153X(2022)04-0311-03 【文献标志码】 A 【中国图书资料分类号】 R 743.9

动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aneurysmal sub-arachnoid hemorrhage, aSAH)病死率高,致残率高^[1],主要原因包括脑血管痉挛(cerebral vasospasm, CVS)和迟发性脑缺血(delayed cerebral ischemia, DCI)^[2]。尽早诊断和治疗可降低aSAH的病死率和致残率。

CT灌注成像(computed tomography perfu-sion, CTP)的原始图像可以显示血管结构,与CTA一致,可从血管形态上诊断CVS;CTP还能定量测量脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)、达峰时间(time to peak, TTP)和排出时间(time to drain, TTD)。近年来,CTP被用于CVS或DCI的诊断和评估^[3-5]。本文综述CTP在aSAH中的应用。

1 CTP在aSAH后CVS中的临床应用

CVS是aSAH病人预后不良的重要危险因素。aSAH后,50%~90%的病人造影可见CVS。CVS可分为早期和迟发性两个阶段,前者发生于aSAH后3~4 h,可持续数分钟或数小时;后者发生于aSAH后3~4 d,峰值在aSAH后5~14 d,出现颅内迟发性动脉狭窄症状,可造成DCI,是aSAH预后的决定因素。目前认为aSAH后血管内舒缩因子失去平衡、胆红素氧化产物生成增多、血管壁炎性反应是CVS发生的主要原因^[6]。CVS诊断标准:发病2~7 d症状改善或稳定后又加重或恶化,并持续数日;逐渐出现局灶性神经系统症状;TCD监测发现大脑中动脉近端局部血液

流速>120 cm/s;头颅CTA或DSA显示CVS。
CTP对CVS的诊断有着较高的敏感性和特异性。Greenberg等^[4]进行荟萃分析显示,以DSA作为标准,CTA和CTP诊断CVS都有很高的准确率,CTA的敏感性和特异性分别为79.6%、93.1%,CTP的敏感性和特异性分别为74.1%、93%。Sanelli等^[7]研究发现CTP诊断CVS的敏感性为97%,特异性为76%。Afari等^[8]研究显示即使辐射剂量降低到原来的40%,也不影响CTP对显示CVS后脑灌注损伤的诊断准确性。也有研究发现,随着CVS的加重,CVS对脑血流的影响程度也会增加,与CTP的低灌注有一定的相关性^[3]。

由于检查设备、后处理程序等差异,目前还没有一个准确的CTP参数作为标准评估aSAH后CVS。不同CTP参数对诊断CVS的准确性也不同,其中CBF、MTT和TTD是常用的参数。Othman等^[3]评估CTP参数对诊断CVS的敏感性与特异性,显示TTD的敏感性为73.3%,远高于其他参数。Sanelli等^[7]研究发现预测CVS准确率最高的为CBF(94%),MTT和CBV分别为85%和72%。

Sanelli等^[7]提出最佳临界值:CBF在24~25 ml/(100 g·min),CBV为1.7 ml/100 g,MTT为5.5 s,以此来预测CVS。Kanazawa等^[9]研究指出MTT与神经血管表现有显著相关性,MTT超过平均值的20%表明CVS正在发展;CVS明显的病人MTT轻微或无CVS病人明显延长。大脑前动脉和大脑中动脉供血区域MTT分别大于4.19 s、4.56 s时,CVS发生几率增加。

2 CTP在aSAH后DCI中的临床应用

DCI多发生于出血14 d内,是aSAH的主要并发症。DCI与CVS的密切相关,CVS是导致DCI的主要因素之一,此外还与再出血、术后并发症、感染、代谢紊乱、脑积水等有关。DCI的定义是术后48 h~6周出现脑梗死,且伴有神经功能受损表现,包括意识水

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2022.04.024
基金项目:国家自然科学基金(81960330);江西省科学技术厅项目(20192BAB205045)
作者单位:330000 南昌,南昌大学第一附属医院神经外科(张林峰、周小兵、黄鑫根、丁 聪);100020 北京,首都医科大学附属北京朝阳医院神经外科(汪 阳)
通讯作者:汪 阳,E-mail:13970966877@163.com

平恶化(GCS评分至少降低2分且持续时间>2 h)、出现新的局灶性定位体征(如肢体瘫痪、感觉障碍、失语)、颅内压增高表现(如头痛、呕吐等);同时排除其他可能引起神经状况恶化的原因(如电解质紊乱、癫痫发作、再出血、脑积水加重等)^[10,11]。

CTP是反映脑灌注的准确工具。aSAH后DCI可表现为灌注不对称、CBF减小和MTT延长。Dankbaar等^[12]报道CTP预测aSAH后DCI的敏感性为84%,特异性为79%,阳性和阴性预测值分别为88%和73%;CTA对预测DCI的敏感性为64%,特异性为50%,阳性和阴性预测值分别为70%和44%;CTP预测价值优于CTA。Killeen等^[13]报道以DSA为金标准,CTP预测DCI的敏感性、特异性分别为80%和67%。Pham等^[14]认为CTP能在aSAH后2~5 d预测即将发生的脑梗死。

目前,CTP评估DCI也没有准确的定量参数值作为标准,其中CBF和MTT是常用的参数。Sanelli等^[15]研究发现预测DCI时,CBF和MTT的总体诊断准确率最高,CBF的准确率为93%,MTT为88%,CBV为72%。另外,MTT延长也可作为预测和诊断DCI的参数^[16]。Dankbaar等^[12]发现诊断DCI的CTP参数中,MTT的敏感性为70%、特异性为77%,CBF的敏感性为74%、特异性为63%,TTP的敏感性为54%、特异性为63%,CBV的敏感性为52%、特异性为63%,表明MTT和CBF具有较高的敏感性和特异性。Vulcu等^[5]发现TTD对于检测急性神经功能缺损的临界灌注不足具有最佳的诊断准确性,敏感性为97%,特异性为96%。Malinova等^[17]提出aSAH后第3天的CTP可以准确预测DCI。

Sanelli等^[15]提出CBF和MTT是诊断DCI最有用的CTP参数,CBF的阈值为35 ml/(100g.min),MTT的阈值为5.5 s。Dankbaar等^[12]认为可以通过使用MTT为5.9 s和双侧大脑半球MTT差值为1.1 s作为诊断DCI的绝对阈值。Pham等^[14]认为,TPP延长超过对侧半球的1.4倍,即可作为诊断DCI阈值。Vulcu等^[5]发现TTD为4.7 s可用于检测急性神经功能缺损的临界灌注不足。Malinova等^[17]提出DCI的预测值为:TTD>4.93 s,CBF<53.93 ml/(100g.min),MTT>4.25 s,TTS>0.94 s,TTP>9.28 s,CBV<3.14 ml/100 ml。

3 CTP在预测aSAH预后中的应用

早期CTP在预测aSAH预后中有一定的作用。Sasahara等^[18]报道WFNS分级V级aSAH病人,平均

MTT>6.385 s或8个感兴趣区域中2个以上MTT>7.0 s更容易出现不良的预后。Murphy等^[19]报道aASH后72 h内,引起早期脑损伤时,MTT升高与功能改变有关,但与远期功能预后无关。Huenges Wajer等^[20]纳入71例aSAH,发病后24 h内用CTP测脑灌注,3个月后进行神经心理学评估,显示急性期脑灌注结果与aSAH后3个月认知功能的无关。

4 CTP的不足

CTP的不足有以下几个方面:①由于扫描仪设备和后处理方法的不同,CTP定量分析方面存在局限性,因此目前还没有公认的诊断CVS和DCI的阈值。②操作人员对感兴趣区的选择处理不同,也会对分析结果造成误差。③造影剂的过敏以及造影剂的血管灌注不充分等问题,接受辐射等其他问题。

总之,CTP可以定性、定量地分析脑灌注情况,为临床评估aSAH病情提供参考,是一种准确、快速、相对无创的检查方式。

【参考文献】

- [1] Steiner T, Juvela S, Unterberg A, *et al.* European Stroke Organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2013, 35(2): 93–112.
- [2] Carr KR, Zuckerman SL, Mocco J. Inflammation, cerebral vasospasm, and evolving theories of delayed cerebral ischemia [J]. *Neurol Res Int*, 2013, 2013: 506584.
- [3] Othman AE, Afat S, Nikoubashman O, *et al.* Volume perfusion CT imaging of cerebral vasospasm: diagnostic performance of different perfusion maps [J]. *Neuroradiology*, 2016, 58(8): 787–792.
- [4] Greenberg ED, Gold R, Reichman M, *et al.* Diagnostic accuracy of CT angiography and CT perfusion for cerebral vasospasm: a meta-analysis [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(10): 1853–1860.
- [5] Vulcu S, Wagner F, Santos AF, *et al.* Repetitive computed tomography perfusion for detection of cerebral vasospasm-related hypoperfusion in aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *World Neurosurg*, 2019, 121: e739–e746.
- [6] 赵旭东,史继新.蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛发病机制及治疗的研究进展[J]. *医学研究生学报*, 2010, 23(2): 218–222.
- [7] Sanelli PC, Jou A, Gold R, *et al.* Using CT perfusion during

the early baseline period in aneurysmal subarachnoid hemorrhage to assess for development of vasospasm [J]. *Neuroradiology*, 2011, 53(6): 425-434.

[8] Afat S, Brockmann C, Nikoubashman O, *et al.* Diagnostic accuracy of simulated low-dose perfusion CT to detect cerebral perfusion impairment after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective analysis [J]. *Radiology*, 2018, 287(2): 643-650.

[9] Kanazawa R, Kato M, Ishikawa K, *et al.* Convenience of the computed tomography perfusion method for cerebral vasospasm detection after subarachnoid hemorrhage [J]. *Surg Neurol*, 2007, 67(6): 604-611.

[10] Gathier CS, van den Bergh WM, van der Jagt M, *et al.* Induced hypertension for delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a randomized clinical trial [J]. *Stroke*, 2018, 49(1): 76-83.

[11] Geraghty JR, Testai FD. Delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: beyond vasospasm and towards a multifactorial pathophysiology [J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2017, 19(12): 50.

[12] Dankbaar JW, de Rooij NK, Rijdsdijk M, *et al.* Diagnostic threshold values of cerebral perfusion measured with computed tomography for delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *Stroke*, 2010, 41(9): 1927-1932.

[13] Killeen RP, Mushlin AI, Johnson CE, *et al.* Comparison of CT perfusion and digital subtraction angiography in the evaluation of delayed cerebral ischemia [J]. *Acad Radiol*, 2011, 18(9): 1094-1100.

[14] Pham M, Johnson A, Bartsch AJ, *et al.* CT perfusion predicts secondary cerebral infarction after aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *Neurology*, 2007, 69(8): 762-765.

[15] Sanelli PC, Ugorec I, Johnson CE, *et al.* Using quantitative CT perfusion for evaluation of delayed cerebral ischemia following aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32(11): 2047-2053.

[16] Westermaier T, Pham M, Stetter C, *et al.* Value of transcranial Doppler, perfusion-CT and neurological evaluation to forecast secondary ischemia after aneurysmal SAH [J]. *Neurocrit Care*, 2014, 20(3): 406-412.

[17] Malinova V, Tsogkas I, Behme D, *et al.* Defining cutoff values for early prediction of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage by CT perfusion [J]. *Neurosurg Rev*, 2020, 43(2): 581-587.

[18] Sasahara A, Suzuki K, Takahashi Y, *et al.* Prognostic assessment of aneurysmal subarachnoid patients with WFNS grade V by CT perfusion on arrival [J]. *World Neurosurg*, 2016, 92: 1-6.

[19] Murphy A, Manoel AL, Burgers K, *et al.* Early CT perfusion changes and blood-brain barrier permeability after aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *Neuroradiology*, 2015, 57(8): 767-773.

[20] Huenges Wajer IM, Cremers CH, van Zandvoort MJ, *et al.* CT perfusion on admission and cognitive functioning 3 months after aneurysmal subarachnoid haemorrhage [J]. *J Neurol*, 2015, 262(3): 623-628.

(2020-01-10 收稿, 2020-07-31 修回)



(上接第 310 页)

[16] Bettag C, Hussein A, Behme D, *et al.* Endoscopic fluorescence-guided resection increases radicality in glioblastoma surgery [J]. *Oper Neurosurg*, 2020, 18(1): 41-46.

[17] Dasenbrock HH, See AP, Smalley RJ, *et al.* Frameless stereotactic navigation during insular glioma resection using fusion of three-dimensional rotational angiography and magnetic resonance imaging [J]. *World Neurosurg*, 2019, 126: 322-330.

[18] 骆飞, 杨瑞金, 叶新运. 多模态神经导航联合皮层电刺激技术在脑功能区胶质瘤的临床应用研究[J]. *当代医学*, 2019, 25(22): 35-37.

(2020-05-19 收稿, 2020-10-26 修回)