神经病学

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000930

CT灌注成像预测蛛网膜下腔出血后迟发性脑缺血的诊断价值研究

何秋光[1]，吴精川[1]，郭宗铎[1]，张晓冬[1]，何朝晖[1]，朱　继[1]，孙晓川[1]，周　孟[2]，吕发金[2]
（重庆医科大学附属第一医院 1. 神经外科；2. 放射科，重庆　400016）

【摘　要】目的：探讨 CT 灌注成像（CT perfusion，CTP）预测蛛网膜下腔出血（subarachnoid hemorrhage，SAH）后迟发性脑缺血（delayed cerebral ischemia，DCI）的临床价值。**方法**：回顾性分析 122 例 SAH 患者临床资料，记录 CTP 相关参数，包括脑血流量（cerebral blood flow，CBF）、脑血容量（cerebral blood volume，CBV）、平均通过时间（mean transit time，MTT）及达峰时间（time to peak，TTP）。根据病程中有无 DCI，将研究对象分为 DCI 组和 Non-DCI 组，比较两组间 CTP 参数的差异，使用 ROC 曲线评价各参数对 DCI 早期预测的价值。**结果**：122 例患者中，发生 DCI 43 例，未发生 DCI 79 例。DCI 组的 CBF 值低于 Non-DCI 组，MTT、TTP较后者延长，双侧灌注差异更为显著（$P<0.05$）。CBF、CBV、CBF 比值、CBV 比值、MTT、TTP、MTT 差值、TTP 差值的 ROC 曲线下面积分别为：0.87、0.69、0.81、0.76、0.88、0.72、0.71、0.78；预测 DCI 最佳诊断界值分别为：15.91 ml/(min·ml)、1.76 ml/100 g、0.84、0.83、9.65、11.46、0.68、0.48 s。MTT、CBF、CBF 比值预测 DCI 价值较高，其敏感度和特异度分别为：69.77%和 93.67%、72.10%和 88.60%、69.77%和 91.14%。**结论**：SAH 后脑微循环的状态能通过 CTP 检查来评估，CTP 检查在早期预测 DCI 的发生具有一定的可靠性。

【关键词】蛛网膜下腔出血；CT 灌注成像；迟发性脑缺血；脑微循环
【中图法分类号】R743.35；R814.42　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2015-12-14

Diagnostic threshold values of predicting delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage with computed tomography perfusion

He Qiuguang[1], Wu Jingchuan[1], Guo Zongduo[1], Zhang Xiaodong[1], He Zhaohui[1], Zhu Ji[1], Sun Xiaochuan[1], Zhou Meng[2], Lü Fajin[2]
(1. Department of Neurosurgery; 2. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】*Objective*: To observe the diagnostic threshold values of predicting delayed cerebral ischemia (DCI) after subarachnoid hemorrhage (SAH) with computed tomography perfusion (CTP). ***Methods***: Totally 122 patients with SAH were respectively enrolled. CT perfusion values, including cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT), and time to peak (TTP) in predefined regions of interest were measured. All patients were divided into DCI group and non-DCI group. Diagnostic threshold values for DCI were evaluated and sensitivity and specificity were calculated for optimal thresholds. ***Results***: Of 122 patients with SAH, 43 had DCI, 79 didn't have DCI. The CBF was lower, MTT and TTP was longer and perfusion asymmetry was lager in DCI group than in non-DCI group ($P<0.05$). The areas under ROC curves of CBF, CBV, CBF ratio, CBV ratio, MTT, TTP, MTT difference, TTP difference were 0.87, 0.69, 0.81, 0.76, 0.88, 0.72, 0.71, 0.78; the optimal threshold values were 15.91ml/(min·ml), 1.76 ml/100g, 0.84, 0.83, 9.65, 11.46, 0.68, 0.48 s. MTT, CBF, CBF ratio had high diagnostic value in predicting DCI and the sensitivity and specificity were MTT of 69.77% and 93.67%, CBF of 72.10% and 88.60% and CBF of 69.77% and 91.14%. ***Conclusion***: The cerebral microcirculation hemodynamic after SAH can be evaluated by CTP. CT perfusion is an early and reliable predictor of DCI.

【Key words】subarachnoid hemorrhage; CT perfusion; delayed cerebral ischemia; cerebral microcirculation

作者介绍：何秋光，Email：598381027@qq.com，研究方向：神经外科。
通信作者：孙晓川，Email：sunxch1445@qq.com。
基金项目：国家临床重点专科建设经费资助项目（编号：社财[2011]170号）。
优先出版：http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20160513.0924.006.html（2016-05-13）

迟发性脑缺血(delayed cerebral ischemia,DCI)是蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage,SAH)后常见的并发症,也是其高致死率和高致残率的重要原因,因此早期预测 DCI 尤为重要[1]。目前诊断 DCI 主要依赖于临床表现,可结合影像学检查,但可靠性较低,究其原因,一般认为 DCI 与脑微循环障碍关系更为密切[2]。在 DCI 发生前数日即有脑微循环灌注的改变[3],而 CT 灌注成像(CT perfusion,CTP)作为临床上检查脑微循环血流动力学的常用手段,为 DCI 的预测提供新方法。本研究通过检测 CTP 参数,探讨其对 SAH 后 DCI 的早期临床预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集重庆医科大学附属第一医院神经外科 2015 年 1~7 月收治的 122 例 SAH 患者的临床资料。纳入标准:年龄≥18 周岁;CT 平扫证实为 SAH;CTA 或 DSA 证实为动脉瘤性 SAH;发病 1 周内入院并于此期间行 CTP 检查。排除标准:出血原因为脑外伤、动静脉畸形、硬脑膜动静脉瘘、静脉畸形、烟雾病、脊髓血管病变、肿瘤性出血、高血压、血液系统疾病等导致者;入院时病程已超过 1 周以上或已发生 DCI;既往有脑血管病、颅内肿瘤、脑外伤及功能性脑病病史者。

1.2 DCI 的诊断标准

患者出现神经功能受损的表现,包括意识水平恶化(GCS 降低至少 2 分且持续时间大于 2 h),或者出现新的局灶性定位体征,如肢体瘫痪、感觉障碍、失语,以及颅内压增高的表现,如头痛、呕吐等,且需除外其他可能引起神经状况恶化的原因,包括电解质紊乱癫痫发作、治疗的并发症、再出血、脑积水加重等因素后,可考虑为 DCI[4]。

1.3 研究对象分组

将纳入对象按照本研究采用的 DCI 诊断标准分为 DCI 组与 Non-DCI 组。

1.4 CTP 检查

采用 GE LightSpeed 64 层螺旋 CT 扫描,经肘静脉团注非离子型碘对比剂(优维显 370 mgI/ml)40 ml,注射速率 4 ml/s,延迟 5 s 后选用蝶鞍所在扫描层面为基准,往上扫描 8 个层面,层厚为 5 mm,共 280 层。选择大脑前动脉、大脑中动脉或颈内动脉虹吸部作为输入动脉,上矢状窦作为输出静脉。在基底节层面一侧设定感兴趣区,同时选取对侧镜像区作为感兴趣区。

1.5 数据处理与分析

将 CT 扫描的图像轴位图像上传至 GE-ADW4.3 后处理工作站上,采用 Perfusion 功能软件包处理数据;分别进行重建和计算脑血流量(cerebral blood flow,CBF)、脑血容量(cerebral blood volume,CBV)、平均通过时间(mean transit time,MTT)及达峰时间(time to peak,TTP)。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。计数资料采用卡方检验,连续变量符合正态分布采用 t 检验,不符合正态分布采用 Mann-Whitney U 检验;绘制 ROC 曲线,筛选切点,计算曲线下面积评估各参数的预测效力。检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 DCI 组与 Non-DCI 组的临床资料

将入组病例分为 DCI 组与 Non-DCI 组,并统计各组性别、年龄、Hunt-Hess 分级、Fisher 分级、责任动脉瘤位置及治疗方式等,如表 1。

表 1 2 组相关临床资料

Tab.1 Characteristics of patients in two groups

临床资料	DCI	No DCI	χ^2/t 值	P 值
例数	43	79		
性别			12.413	0.000
男性	26(60.5%)	22(27.8%)		
女性	17(39.5%)	57(72.8%)		
年龄	54.98	55.52	0.268	0.789
Hunt-Hess 分级			32.271	0.000
Ⅰ~Ⅱ	23(53.5%)	75(95%)		
Ⅲ~Ⅴ	20(46.5%)	4(5%)		
责任动脉瘤位置			0.062	0.803
前循环	40(93.0%)	71(89.9%)		
后循环	3(7.0%)	8(10.1%)		
治疗方式			1.473	0.479
未手术	14(32.6%)	20(25.3%)		
栓塞术	9(20.9%)	24(30.4%)		
夹闭术	20(46.5%)	35(44.3%)		
Fisher 分级			6.952	0.008
Ⅰ~Ⅱ	\	14(17.7%)		
Ⅲ~Ⅳ	43(100%)	65(82.3%)		
血肿形成	22(51.2%)	3(3.8%)	38.341	0.000
脑积水	11(25.6%)	3(3.8%)	10.951	0.001

2.2 DCI 组与 Non-DCI 组 CTP 参数

SAH 后 DCI 组患者较 Non-DCI 组患者平均 CBF、CBV 显著降低(P<0.05),MTT、TTP 显著延长(P<0.05),且双侧灌注参数差异 DCI 组患者较 Non-DCI 组更明显(P<0.05),如表 2 所示。

2.3 应用 ROC 曲线评价 CTP 参数对 DCI 预测价值

各参数在预测 DCI 的 ROC 曲线如图 1 所示。其中 MTT、CBF、CBF 比值具有较高的诊断价值,AUC 分别为 0.88、0.87、0.81。同时,可根据 ROC 曲线得出 3 种参数的最佳诊断界值:MTT(9.65 s)、CBF[15.91 ml/(min·ml)]、CBF 比值(0.84),及其对应的敏感度和特异度:69.77%和 93.67%(MTT)、72.10%和 88.60%(CBF)、69.77%和 91.14%(CBF 比值),如表 3 所示。

表 2 DCI 组与 Non-DCI 组灌注参数比较[$M(Q_1,Q_3)$]

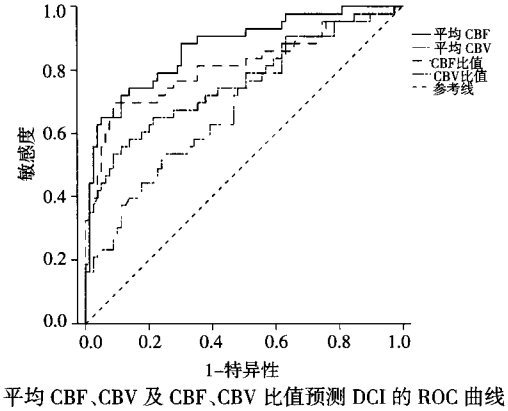
Tab.2 Comparison on CT perfusion values between patients with and without DCI[$M(Q_1,Q_3)$]

灌注参数	DCI	Non-DCI	U值	P值
CBF（ml/100 g/min）	13.25（12.22,17.26）	20.91（18.14,24.28）	434.000	0.000
CBV（ml/100 g）	1.76（1.45,2.03）	2.02（1.77,2.26）	1 059.000	0.001
MTT（s）	10.96（8.91,12.07）	7.89（6.98,8.76）	419.000	0.000
TTP（s）	12.34（11.69,13.76）	11.22（10.55,12.40）	959.500	0.000
CBF 比值	0.76（0.66,0.87）	0.93（0.86,0.97）	637.000	0.000
CBV 比值	0.83（0.69,0.94）	0.94（0.89,0.98）	815.500	0.000
MTT 差值（s）	1.12（0.49,2.19）	0.45（0.19,0.99）	996.500	0.000
TTP 差值（s）	0.72（0.33,1.41）	0.26（0.10,0.41）	738.00	0.000

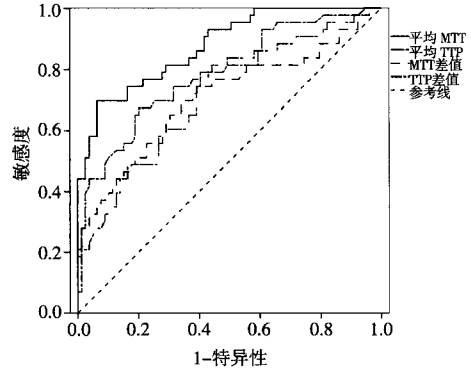
表 3 CTP 各参数预测 DCI 的 ROC 曲线下面积、诊断界值及其对应的敏感度和特异度

Tab.3 Sensitivity and specificity with 95% CI of optimal CTP threshold values for diagnosing DCI

预测参数	AUC（95%*CI*）	标准误	诊断界值	敏感度	特异度
CBF（ml/100 g/min）	0.87（0.81~0.94）	0.03	15.91	72.10%	88.60%
CBV（ml/100 g）	0.69（0.59~0.79）	0.05	1.76	53.49%	75.95%
CBF 比值	0.81（0.72~0.90）	0.05	0.84	69.77%	91.14%
CBV 比值	0.76（0.67~0.86）	0.05	0.83	53.49%	91.14%
MTT（s）	0.88（0.81~0.94）	0.03	9.65	69.77%	93.67%
TTP（s）	0.72（0.62~0.81）	0.05	11.46	81.40%	44.30%
MTT 差值（s）	0.71（0.60~0.81）	0.05	0.68	69.77%	65.82%
TTP 差值（s）	0.78（0.70~0.87）	0.05	0.48	65.10%	81.00%



A. 平均 CBF、CBV 及 CBF、CBV 比值预测 DCI 的 ROC 曲线



B. 平均 MTT、TTP 及 MTT、TTP 比值预测 DCI 的 ROC 曲线

图 1 CTP 各参数预测 DCI 的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of CTP values

3 讨 论

aSAH后约 70%患者存活，早期获得外科治疗消除再出血风险，但约 25%会出现 DCI，一般发生在 SAH 发病后 4~7 d，最晚可出现于发病后 2~3 周。DCI 是 aSAH 患者最常见的并发症之一，且与 SAH 患者预后密切相关，故早期预测 DCI 并及时处理对降低死亡率和改善预后具有非常重要的意义。

3.1 DCI 发生机制

DCI 发生机制相当复杂，一般认为脑血管痉挛（cerebral vasospasm，CVS）为主要因素，并认为逆转 CVS 后可改善患者预后，但有研究发现许多 DSA 显示有 CVS 的患者并无 DCI 表现，而部分有 DCI 的患者却没有 CVS，且减轻大血管痉挛并不能减少 DCI 的发生[5]。Pennings 等[6]利用正交偏振光谱成像技术直接观察到 SAH 后皮质浅表微血管痉挛及毛细血管密度下降，Dankbaar 等[7]采用 CTA 联合 CTP 检查验证 DCI 与局部脑灌注减低导致的缺血或梗死密切相关，而 CVS 却不足以导致 DCI 的发生。可见在对 DCI 的基础与临床研究需由大血管痉挛转移到对微循环血流动力学的研究中。

CTP 作为监测脑组织微循环灌注状态的一种常用手段，在急性脑缺血、肿瘤等领域应用广泛，但在 SAH 患者中较少使用[8]。本研究在对入院 SAH 患者行 CTA 检查的同时增加 CTP 扫描，可清楚显示脑微循环血流动力学异常，对 DCI 的预测有一定可靠性。

3.2 临床表现与 SAH 后脑微循环状态的关系

Hunt-Hess 分级是 SAH 常用的临床分级，与 SAH 的临床转归密切相关，本组 Hunt-Hess 分级高的患者更易发生 DCI。Honda 等[9]发现 Hunt-Hess 分级高的患者全脑平均灌注减低，说明入院时的病情与脑微循环血流动力学的改变是相关的。

Hunt-Hess 分级用于评估发病早期临床症状，而 DCI 则是能反映 SAH 引起的病理生理改变及与预后密切相关的重要指标。本组 SAH 后 DCI 组患者较 Non-DCI 组患者早期 CTP 检查平均 CBF、CBV 显著降低，MTT、TTP 显著延长，且双侧灌注参数有显著差异，这提示在 DCI 发生之前即有脑组织微循环血流动力学的改变，表现为灌注的降低以及双侧不对称性灌注。脑灌注不足导致相应功能区域缺血缺氧，当灌注持续降低则导致神经功能障碍，Etminan 等[10]通过前瞻性研究也发现，aSAH 早期MTT 延长的患者更易发生 DCI，预后更差。

3.3 CTP 早期预测 DCI

DCI 发生前即有脑灌注的改变，因此可根据SAH 早期脑灌注参数预测是否会发生 DCI。Dankbaar 等[4]对 85 例 SAH 患者入院后行 CTP 检查，指出 MTT 和双侧 MTT 差值可作为预测 DCI 发生的指标，在 MTT 为 5.9 s、MTT 差值为 1.1 s 时具有较高的敏感性和特异性。由于检查设备、扫描方法及感兴趣区设定等均会对灌注参数产生影响，故不同研究得出的参数值可能有一定差异[11]。本组患者均在同一设备采用相同扫描方法检查，根据对各参数预测 DCI 的 ROC 曲线进一步分析发现，MTT、CBF、CBF 比值具有较高的诊断价值，AUC 分别为 0.877、0.872、0.812。同时，根据 ROC 曲线得出 3 种参数的最佳诊断界值：MTT(9.65 s)、CBF[15.91 ml/(min·ml)]、CBF 比值(0.84)，及其对应的敏感度和特异度：69.77%和 93.67%(MTT)、72.10%和 88.60%(CBF)、69.77%和 91.14%(CBF 比值)，这提示 MTT、CBF、CBF 比值预测 DCI 的发生可靠性较高，因此 MTT 及 CBF 在评估 SAH 后早期脑组织微循环变化及预测 DCI 有重要的临床应用价值。

SAH 后患者出现意识加深或局灶性神经功能缺失需复查头颅 CT，DCI 作为排除性诊断 CT 平扫常为阴性，且多无梗死灶或数日后出现梗死灶。Pham 等[12]分别在 SAH 后 3、5、14 d 行 CT 平扫及 CTP 检查发现，CTP 灌注减低可早期预测脑梗死灶的出现，且早于 CT 平扫 3~5 d。本组患者中，有 6 例发生DCI 时 CT 平扫未见低密度改变，但入院时CTP 存在低灌注区，后期复查 CT 平扫时出现相同部位梗死灶。可见 CTP 在对 DCI 的认识及预测有重要的研究价值。早期行 CTP 检查不仅可预测是否会发生 DCI，还能预测蛛血患者的远期预后，早期即表现为低灌注的患者临床转归相对较差[13-14]。因此有学者提出对新入院的 SAH 患者应行 CTA 联合 CTP 检查，以明确出血原因并了解脑灌注状态[15]。

就 SAH 的病理生理过程及治疗来讲，早期 CTP 检查预测 DCI 必然存在较多干扰因素，比如脑积水、脑内血肿、再出血、夹闭术中动脉的临时阻断或血管误夹闭、栓塞术中对血管的干扰及手术导致缺血事件的发生[10]，即使本研究已剔除上述部分病例，但仍无法避免的是单次 CTP 检查仅能反映检查时的脑组织微循环灌注状态，而灌注异常状态的持续时间与 DIC 的发生及预后关系同样密切[1]，因为本文为回顾性研究，无法获得各参数在 SAH 不同时期的数据，这有待进一步研究。本研究尚有其他不足之处，如部分患者使用镇静、降压及解痉药等对 CTP 检查时脑微循环灌注可能存在一定影响。

本研究发现，SAH 后脑微循环的状态能通过 CTP 检查来评估，CTP 检查在早期预测 DCI 的发生简单可靠。因此在对新入院 SAH 患者行 CTA 检查时可联合 CTP 检查，入院后行动态 CTP 检查，以观察大血管有无痉挛同时评估脑微循环状态及预测 DCI 的发生，及时准确的调整治疗，改善患者预后。

参 考 文 献

[1] Cremers CH, van der Schaaf IC, Wensink E, et al. CT perfusion and delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2014, 34(2): 200-207.

[2] 郑葵葵，满 意，陈伟建. CT 脑灌注成像诊断迟发性脑缺血的研究现状[J]. 中华放射学杂志，2014，48(9)：790-792.

[3] Dankbaar JW, de Rooij NK, Smit EJ, et al. Changes in cerebral perfusion around the time of delayed cerebral ischemia in subarachnoid

神经病学 DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000898

颅内动脉瘤夹闭术后瘤夹对 CTA 图像质量的影响研究

盛 波[1],陈 松[2],吕发金[1],肖智博[1],吕富荣[1]
(重庆医科大学附属第一医院 1. 放射科;2. 神经外科,重庆 400016)

【摘 要】**目的**:探讨颅内动脉瘤夹闭术后动脉瘤夹对计算机断层血管造影(computed tomography angiography,CTA)图像的影响。**方法**:对 62 例颅内动脉瘤夹闭术后病人行同步 CTA 检查,运用容积再现(volume rendering,VR)及多平面重组(multiplanar reconstruction,MPR)方法,观察动脉瘤夹对 CTA 图像的影响,比较 VR、MPR 对动脉瘤夹闭术后载瘤动脉是否狭窄及狭窄程度。**结果**:CTA 可清楚体现瘤夹与载瘤动脉的关系。使用Kappa 系数分析,常规 VR 与 MPR 对比 K=0.452,*P*=0.000;常规 MPR 与减影 VR 对比 K=0.132,*P*=0.019,*P*<0.05。即常规 VR 与 MPR 评价血管狭窄有一定一致性,而常规 MPR 与减影 VR 一致性差。瘤夹伪影分为 3 个等级:Ⅰ级 49 例(79.0%),Ⅱ级 11 例(17.7%),③Ⅲ级 2 例(3.2%)。瘤夹数量与瘤夹伪影等级秩和检验 *P*>0.05。**结论**:CTA 图像质量受金属伪影及瘤夹减影不全的影响,减影 CTA 需要结合的多种图像重组方法提高对动脉瘤夹闭术后疗效评价的可靠性。

【关键词】颅内动脉瘤;计算机体层摄影;血管造影术;伪影;瘤夹
【中图分类号】R61;R814.42 【文献标志码】A 【收稿日期】2015-10-07

作者介绍:盛 波,Email:shengbok@qq.com,
研究方向:颅内血管影像解剖及临床运用。
通信作者:吕富荣,Email:lfr918@sina.com。
基金项目:国家临床重点专科建设经费资助项目(编号:国卫办医函[2013]544 号)。
优先出版:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20160322.1135.002.html (2016-03-22)

hemorrhage patients[J]. Cerebrovasc Dis,2011,32(2):133-140.

[4] Dankbaar JW,de Rooij NK,Rijsdijk 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.

[5] Macdonald RL,Higashida RT,Keller E,et al. Clazosentan,an endothelin receptor antagonist,in patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage undergoing surgical clipping:a randomised,double-blind,placebo-controlled phase 3 trial(CONSCIOUS-2)[J]. Lancet Neurol,2011,10(7):618-625.

[6] Pennings FA,Bouma GJ,Ince C. Direct observation of the human cerebral microcirculation during aneurysm surgery reveals increased arteriolar contractility[J]. Stroke,2004,35(6):1284-1288.

[7] Dankbaar JW,de Rooij NK,Velthuis BK,et al. Diagnosing delayed cerebral ischemia with different CT modalities in patients with subarachnoid hemorrhage with clinical deterioration[J]. Stroke,2009,40(11):3493-3498.

[8] 张忠胜,崔志宏,孙 昊,等. 多层螺旋 CT 灌注成像技术的临床应用和进展[J]. 医学影像学杂志,2010,20(7):1067-1069.

[9] Honda M,Sase S,Yokota K,et al. Early cerebral circulatory disturbance in patients suffering subarachnoid hemorrhage prior to the delayed cerebral vasospasm stage:xenon computed tomography and perfusion computed tomography study[J]. Neurol Med Chir(Tokyo),2012,52(7):488-494.

[10] Etminan N,Beseoglu K,Heiroth HJ,et al. Early perfusion computerized tomography imaging as a radiographic surrogate for delayed cerebral ischemia and functional outcome after subarachnoid hemorrhage[J]. Stroke,2013,44(5):1260-1266.

[11] Sanelli PC,Nicola G,Johnson R,et al. Effect of training and experience on qualitative and quantitative CT perfusion data[J]. AJNR Am J Neuroradiol,2007,28(3):428-432.

[12] 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.

[13] 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.

[14] Mathys C,Martens D,Reichelt DC,et al. Long-term impact of perfusion CT data after subarachnoid hemorrhage[J]. Neuroradiology,2013,55(11):1323-1331.

[15] Aralasmak A,Akyuz M,Ozkaynak C,et al. CT angiography and perfusion imaging in patients with subarachnoid hemorrhage:correlation of vasospasm to perfusion abnormality[J]. Neuroradiology,2009,51(2):85-93.

(责任编辑:张辉洁)