

## 脑CT灌注成像在早期重型颅脑损伤患者中的应用

高灵, 郑忠涛, 韩奖励, 王闯, 陈伟明

中南大学湘雅医学院附属海口医院/海口市人民医院神经外科, 海南 海口 570208

**摘要:**目的 探讨脑CT灌注成像在早期重型颅脑损伤患者中的应用。方法 收集该院外伤致重型颅脑损伤患者106例(观察组)以及同期轻型脑外伤60例(对照组),均于伤后24 h内进行头颅256排CT灌注成像检查,并比较两组的脑血流灌注率(CBF)、脑血容量(CBV)和平均通过时间(MTT)及3个月后的预后情况等。结果 观察组伤后24 h内脑基底节区、脑干、额叶、顶叶CBF低于对照组,MTT高于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。基底节、脑干区、额叶、顶叶区CBF与格拉斯哥预后量表(GOS)评分呈正相关( $r_s=0.902, r_s=0.891, r_s=0.859, r_s=0.786$ )。基底节丘脑区CBV与GOS评分有关。结论 重型颅脑损伤患者早期的CBF值下降,MTT值延长,且CBF值与预后呈正相关,全脑CT灌注成像对早期判断重型颅脑损伤预后有一定临床应用价值。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2021, 48(2): 149-153]

**关键词:** 重型颅脑损伤;脑CT灌注成像;脑血流量;脑血容量

中图分类号:R651.15

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2021.02.010

## Application of whole-brain CT perfusion imaging in patients in early stage of severe traumatic brain injury

GAO Ling, ZHENG Zhong-Tao, HAN Jiang-Li, WANG Chuang, CHEN Wei-Ming

Department of Neurosurgery, Central South University Xiangya School of Medicine Affiliated Haikou Hospital, Haikou, Hainan 570208, China.

Corresponding author: CHEN Wei-Ming, Email: doc\_cwm@163.com

**Abstract:** **Objective** To investigate the application of whole-brain CT perfusion imaging in patients in early stage of severe traumatic brain injury. **Methods** A total of 106 patients with severe traumatic brain injury caused by trauma who were treated in our hospital were enrolled as observation group, and 60 patients with mild brain trauma were enrolled as control group. All patients underwent 256-slice whole-brain CT perfusion imaging within 24 hours after injury, and the two groups were compared in terms of cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT), and prognosis after 3 months. **Results** Compared with the control group, the observation group had significantly lower CBF values of the basilar ganglia, brainstem, frontal lobe, and parietal lobe and a significantly higher MTT within 24 hours after injury (all  $P<0.05$ ). The CBF values of the basilar ganglia, brainstem, frontal lobe, and parietal lobe were positively correlated with Glasgow Outcome Scale (GOS) score ( $r_s=0.902, 0.891, 0.859, \text{and } 0.786$ ). CBV of the thalamus was associated with GOS score. **Conclusion** Reduction in CBF and prolongation of MTT are observed in patients in early stage of severe traumatic brain injury, and CBF value is positively correlated with prognosis. Whole-brain CT perfusion imaging has a certain clinical value in predicting the prognosis of patients with severe traumatic brain injury in the early stage.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2021, 48(2): 149-153]

**Keywords:** severe traumatic brain injury; whole-brain CT perfusion imaging; cerebral blood flow; cerebral blood volume

收稿日期:2020-11-25;修回日期:2021-03-17

作者简介:高灵,1984年出生,男性,主治医师,硕士学历,博士生。主要从事脑血管病、脑卒中的脑损伤、脑保护机制及临床治疗。

通信作者:陈伟明,Email:doc\_cwm@163.com;陈伟明,1972年出生,男性,科副主任,主任医师,博士学历。主要从事脑血管病、脑卒中、的临床治疗及脑损伤、脑保护机制,脑肿瘤的发病机制及治疗。

重型颅脑损伤具有较高的死亡率和致残率,一直是临床关注的焦点<sup>[1]</sup>。重型脑外伤患者创伤后机体启动应激反应,颅内压升高。导致脑血流量减少,引起组织缺氧,从而影响内分泌和神经的结构功能,引起全身炎症反应综合征;易并发感染,严重可发生多器官功能障碍综合征<sup>[2-4]</sup>。颅内出血是创伤性脑损伤(trumatic brain injury, TBI)后常见的继发性病变,可导致脑疝和死亡<sup>[5-7]</sup>,早期的评估及治疗尤其重要,特别在伤后的24 h内<sup>[8-9]</sup>。如果能提前预测患者预后并进行有效处理,则可改善患者预后,改善患者的生存质量,但目前临床预测预后的方法较少。全脑CT灌注成像是评价脑血流的重要方法<sup>[10-11]</sup>,在急性缺血性脑卒中应用广泛<sup>[11-12]</sup>,也用于轻度认知障碍和阿尔茨海默病<sup>[13]</sup>,应用全脑CT灌注成像评价重型颅脑损伤患者的预后研究鲜见报道,本研究通过全脑CT灌注成像对脑外伤患者脑血流进行评价,并探索与预后的相关性,探讨其临床应用价值及意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 对象

收集2014年1月—2020年1月中南大学湘雅医学院附属海口医院神经外科收治的外伤致重型颅脑损伤并脑疝患者106例作为观察组,同时既往无基础疾病的轻型脑外伤患者,经CT平扫检查未发现异常,无显著临床症状,格拉斯哥昏迷量表(Glasgow coma scale, GCS)评分15分的患者60例作为对照组。本项目研究获得中南大学湘雅医学院附属海口医院伦理委员会审查批准,且所有患者家属签订知情同意书。记录患者的年龄,性别,临床GCS评分。

纳入标准:①年龄18~60岁;②符合颅脑损伤诊断标准,重型颅脑损伤并脑疝患者为GCS评分<9分,轻型颅脑损伤患者为GCS评分>12分;③双侧或一侧瞳孔散大,对光反射消失患者;④伤后3h内行大骨瓣开颅手术患者<sup>[14]</sup>;⑤病历资料齐全。

排除标准:①过敏体质、严重肾功能不全(氮质血症期及尿毒症期)、病情危重、频繁呕吐抽搐、严重心肺功能不全、肺心病、呼吸抑制者、烦躁不安但不适合使用镇静治疗、不能合作者、血压、氧饱和度不稳定者;②受伤时间不明确;③不能按计划完成研究内容者;④术后颅内再出血患者;⑤术后呼吸、循环不稳定无法在24 h内完成CT灌注成像(CT perfusion imaging, CTPI)检查者。

### 1.2 方法

1.2.1 头颅CTPI检查 采用飞利浦Brilliance iCT 256层螺旋CT机扫描。①患者取仰卧位,先行常规头颅CT平扫,层厚、间隔9 mm,电压120 kV,电流125 mAs,扫描速度0.27 s/转。②再行CTP检查,使用高压注射器经肘前静脉注入碘普罗胺注射液30 mL(370 mgI/mL),生理盐水20 mL,注射速率5.5.0 mL/s,延迟5 s开始灌注扫描,采

用brain standard扫描模式,探测器为:64×1.25 mm,电压80 kV,电流125 mAs,扫描速度0.4 s/转,间隔时间为5.5 s,层厚5 mm,间距5 mm,扫描厚度130 mm,连续扫描15次。共获得390帧图像。

1.2.2 脑灌注参数的采集 将获得的390帧图像的原始灌注数据传入Philips计算机断层图像后处理工作站(extended brilliance workspace, EBW)4.0工作站后,选择飞利浦软件包灌注软件。CT灌注扫描后分别于双侧额叶、顶叶、基底及脑干等部位取一区域测得脑血流灌注率(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)等灌注参数。双侧参数值均数分别代表额叶、颞叶、基底节及脑干区域的脑血容量、脑血容率、平均通过时间,并将图片转化为彩色图片。

1.2.3 图像处理 将图像传输至EBW,对所有得到的影像学资料进行血管重组,采用容积再现(volume renderings, VR)、最大强度投影(maximum intensity projection, MIP)和多平面重组(multi-plane reorganization, MPR)等方法显示血管。

1.2.4 GOS评分 患者预后情况根据格拉斯哥预后量表(Glasgow outcome scale, GOS)评分<sup>[15]</sup>分级将患者预后分为5级。1级:死亡。2级:植物状态。无意识,有心跳和呼吸,偶有睁眼、吸吮、哈欠等局部运动反应。3级:严重残疾。有意识,但认知、言语、躯体运动有严重残疾,24 h均需他人照顾。4级:中度残疾。有认知、行为、性格障碍;有轻度偏瘫、共济失调、言语困难等残疾,在日常生活家庭与社会活动中尚能勉强独立。5级:恢复良好。能重新进入正常社交活动,并能恢复工作但可有各种新后遗症。

### 1.3 统计学方法

采用SPSS 24.0软件建立数据库并进行储存及相关数据分析。计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较采用 $t$ 检验;计数资料以例或百分率表示,比较采用 $\chi^2$ 检验,各区域的CBF分别与患者预后评分行kendall, Spearman秩相关分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者一般情况比较

两组患者的性别比、年龄、外伤至入院时间、脑外伤原因及外伤类型比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表1、2。

表1 两组患者一般情况比较

组别	男/女/例	年龄/岁	外伤至入院时间/h
观察组( $n=106$ )	58/48	39.4±12.3	1.97±0.77
对照组( $n=60$ )	33/27	41.9±11.2	1.83±0.83
$\chi^2/t$ 值	0.456	1.299	1.094
$P$ 值	0.499	0.196	0.276

表2 两组患者脑外伤原因及外伤类型 例

组别	脑外伤原因			脑外伤类型		
	高空坠落	钝物击打	交通事故	单纯硬膜下血肿	脑挫裂伤	硬膜下血肿合并脑挫裂伤
观察组(n=106)	27	30	49	17	29	60
对照组(n=60)	10	23	27	19	17	24
$\chi^2$ 值		2.623			0.365	
P值		0.269			0.833	

## 2.2 两组患者CBF、CBV及MTT情况

两组患者双侧基底节、脑干、额叶和顶叶的CBF、CBV及MTT值比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。观察组CBF和CBV值均低于对照组,而MTT值均高于对照组。见表3~5,图1。

表3 两组患者CBF值比较 [mL/(100 g·min)]

组别	基底节	脑干	额叶	顶叶
观察组(n=106)	23.08±8.76	26.20±10.11	18.17±8.65	17.92±8.28
对照组(n=60)	45.02±6.02	43.16±4.21	36.92±3.90	34.61±4.01
t值	17.22	12.39	15.89	14.66
P值	0.000	0.000	0.000	0.000

表4 两组患者CBV值的比较 (mL/100 g)

组别	基底节	脑干	额叶	顶叶
观察组(n=106)	2.39±0.33	2.21±0.41	1.93±0.31	1.85±0.27
对照组(n=60)	6.01±1.27	5.91±1.36	5.69±1.16	5.63±1.21
t值	27.79	26.05	31.51	30.90
P值	0.000	0.000	0.000	0.000

表5 两组患者MTT值的比较 (s)

组别	基底节	脑干	额叶	顶叶
观察组(n=106)	10.31±2.39	9.52±1.95	11.81±2.87	11.91±2.17
对照组(n=60)	4.68±0.53	4.42±0.97	5.03±0.65	4.99±0.71
t值	17.98	18.96	18.02	23.96
P值	0.000	0.000	0.000	0.000

## 2.3 CBF与预后的相关性

头部CTPI结果,基底节、脑干区、额叶及顶叶区CBF与患者预后均呈正相关( $P<0.05$ )。见表6和图2。

## 2.4 基底节丘脑区CBV与预后关系

按CBV是否低于对照组(轻型)均数将观察组(重型)分为CBV良好和CBV不佳两组,患者预后GOS评分 $\geq 4$ 分者为预后佳。两组比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。见表7。

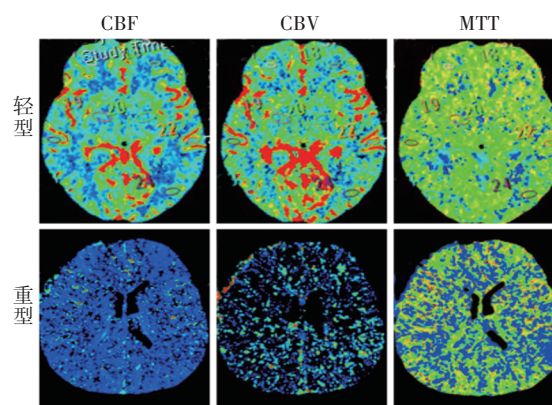


图1 两组患者的CBF、CBV、MTT对比图

表6 CBF与GOS评分的相关性

方法	基底节	脑干	额叶	顶叶
kendall	$r=0.823$ $P=0.000$	$r=0.719$ $P=0.000$	$r=0.574$ $P=0.000$	$r=0.541$ $P=0.000$
Spearman	$r_s=0.925$ $P=0.000$	$r_s=0.852$ $P=0.000$	$r_s=0.705$ $P=0.000$	$r_s=0.663$ $P=0.000$

表7 CBV与GOS评分的相关性

组别	GOS $\geq 4$ 分	GOS $< 4$ 分	预后良好率	统计值
CBV良好	21	9	70%	$\chi^2=31.47$
CBV不良	11	65	14.5%	$P=0.000$

## 3 讨论

脑灌注CT是脑血管疾病诊断和治疗规划的重要影像学工具<sup>[16]</sup>,其通过对患者外周静脉注射造影剂后,利用设备对感兴趣区域进行连续的动态扫描,可以得到CBF、CBV、MTT等值,可以反映脑组织的血液动力学特征,能通过脑血液的灌注情况对脑部病变做出评估和分析<sup>[10]</sup>。

脑组织缺血缺氧是重型颅脑损伤后的常见病理生理改变,是重型颅脑损伤后继发性脑损伤的主要原因<sup>[17]</sup>。CBF<sup>[18]</sup>是指单位时间内流经特定脑区的血液容量,代表组织的毛细血管流量,CBF降低表示脑血流灌注低,该区域脑组织呈低灌状态。CBV<sup>[19]</sup>是指特定脑区内包括毛细血管和大血管在内的血液总容量,CBV降低表示该区域容量血管容量不足呈缺血状态。

重型颅脑损伤死亡率和致残率较高,如果能够做到在疾病发生的早期进行病情评估,早期干预,预测患者预

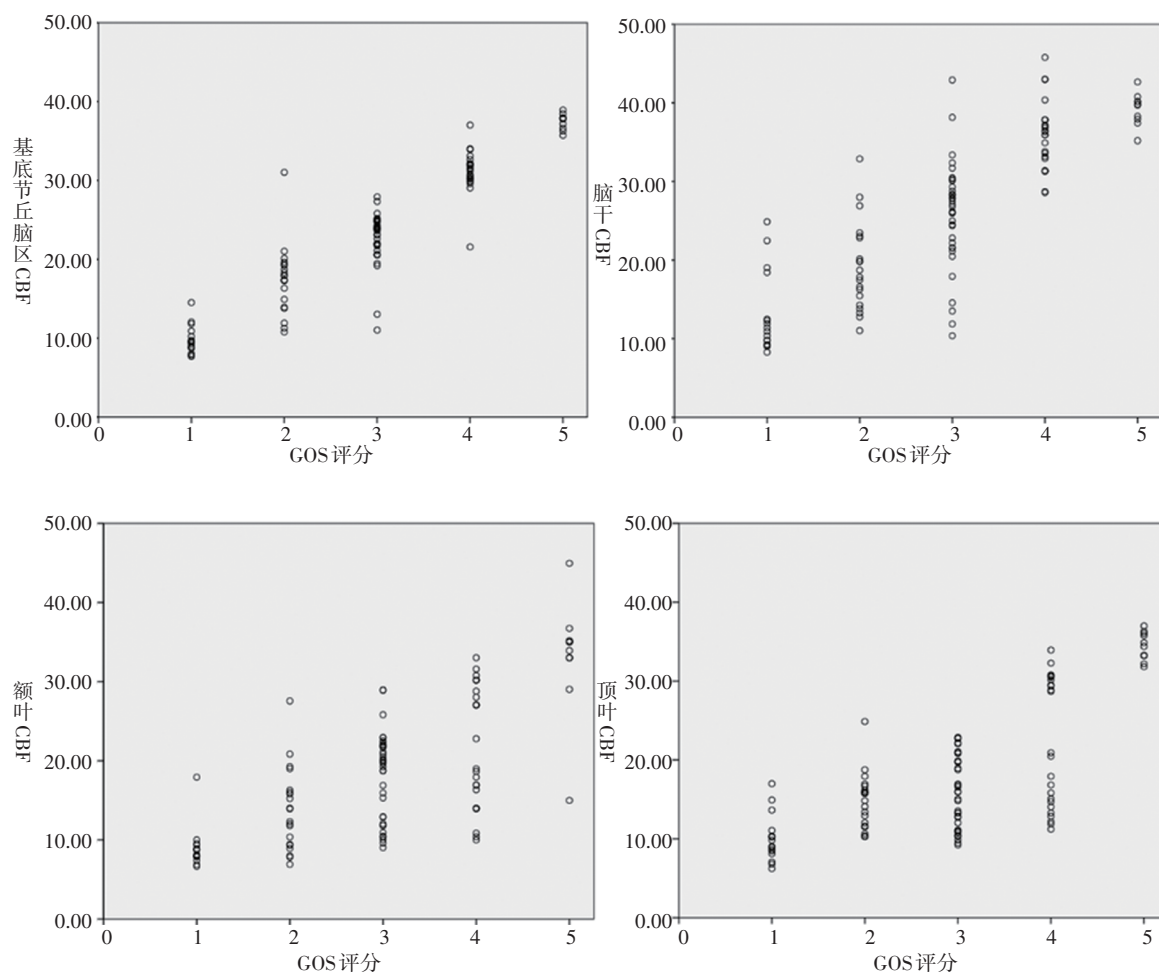


图2 各部位CBF与预后的相关性

后,将对早期临床治疗提供依据。

本研究发现重型颅脑损伤后患者全脑的CBF、CBV水平降低,MTT延长,提示重型颅脑损伤后不仅外伤区域脑灌注下降,全脑区脑灌注下降,处于低灌注状态,脑组织处于不同程度的缺血缺氧状态,导致脑缺血损害。重型颅脑损伤后造成患者预后不佳的原因有很多,如原发伤部位、严重程度,脑血流改变,以及局部毒性反应等。而呼吸衰竭、病理性瞳孔反应、较高的ISS和实质性中线移位与孤立的严重创伤性脑损伤都是预后不佳的危险因素<sup>[20]</sup>。

CBF、CBV为反映脑外伤患者缺血缺氧程度的主要指标,本研究结果显示CBF的变化与患者的GOS预后评分成正相关,而基底节区域CBF与预后相关性更加密切,这可能由于该区域神经功能关系密切,对脑缺血缺氧更加敏感。笔者还发现该区域CBV良好组预后度(GOS评分)要好于CBV不良组,故本研究结果表明在重型颅脑损伤早期,全脑灌注量降低,全脑的缺血缺氧参与脑外伤发病的病理生理过程,全脑CBF、CBV水平高低与脑外伤后脑缺血缺氧程度和预后关系密切。同时也提

示,改善患者全脑血流灌注情况是影响其预后的关键因素之一。

这些结果表明CTPI可以用于在重型颅脑损伤患者早期治疗选择,评估预后中起着重要的作用,具有一定的临床应用价值。可以利用全脑灌注区分患者创伤性脑损伤程度,评估不同类别脑损伤的严重性。利用CTPI评估全脑灌注和损伤程度,并作为衡量重型颅脑损伤严重程度的指标之一。

本研究也存在几个局限性,首先评估脑血流灌注区域选择感兴趣区域有限,可能不能完全准确评估全脑灌注情况;第二,脑干CBF值与预后相关并非最高,可能是由于伪影影响幕下区域的灌注值的准确性;第三,由于外伤患者脑外伤区域不同,外伤后局部炎症反应等其他因素作为影响患者预后因素不尽相同,对患者预后造成不同程度的影响本研究无法做到完全均质化,但笔者认为外伤后全脑灌注下降对重症颅脑损伤后脑外伤的预后至少造成一部分影响。

综上所述,全脑CT灌注成像能在早期对颅脑损伤患者的脑血流情况进行相关评估,脑外伤患者CBF、CBV水



平降低,监测CBF、CBV水平对评估患者病情严重程度、预后判断具有一定的辅助指导价值。

# 参 考 文 献

- [1] Tian Y, Du HG, Fan CP, et al. Clinical significance of percutaneous endoscopic gastrostomy for patients with severe craniocerebral injury[J]. Chin J Traumatol, 2014, 17(6): 341-344.
- [2] Jiang WW, Wang QH, Liao YJ, et al. Effects of dexmedetomidine on TNF- $\alpha$  and interleukin-2 in serum of rats with severe craniocerebral injury[J]. BMC Anesthesiol, 2017, 17(1): 130.
- [3] Stocchetti N, Carbonara M, Citerio G, et al. Severe traumatic brain injury: targeted management in the intensive care unit[J]. Lancet Neurol, 2017, 16(6): 452-464.
- [4] Galgano M, Tashkezi G, Qiu XE, et al. Traumatic brain injury: current treatment strategies and future endeavors[J]. Cell Transplant, 2017, 26(7): 1118-1130.
- [5] Bikbov MM, Kazakbaeva GM, Gilmanishin TR, et al. Axial length and its associations in a Russian population: the Ural Eye and Medical Study[J]. PLoS One, 2019, 14(2): e0211186.
- [6] Xu B, Sandrini M, Levy S, et al. Lasting deficit in inhibitory control with mild traumatic brain injury[J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 14902.
- [7] Hasanin A, Kamal A, Amin S, et al. Incidence and outcome of cardiac injury in patients with severe head trauma[J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2016, 24: 58.
- [8] Chen KF, Dai FH, Li GX, et al. Using computerized tomography perfusion to measure cerebral hemodynamics following treatment of traumatic brain injury in rabbits[J]. Exp Ther Med, 2019, 18(3): 2104-2110.
- [9] Geeraerts T, Velly L, Abdenmour L, et al. Management of severe traumatic brain injury (first 24hours)[J]. Anaesth Crit Care Pain Med, 2018, 37(2): 171-186.
- [10] Dong LJ, Zhou YF, Wang MH, et al. Whole-brain CT perfusion on admission predicts delayed cerebral ischemia following aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. Eur J Radiol, 2019, 116: 165-173.
- [11] Krishnan P, Murphy A, Aviv RI. CT-based techniques for brain perfusion[J]. Top Magn Reson Imaging, 2017, 26(3): 113-119.
- [12] Vagal A, Wintermark M, Nael K, et al. Automated CT perfusion imaging for acute ischemic stroke: pearls and pitfalls for real-world use[J]. Neurology, 2019, 93(20): 888-898.
- [13] Zhang B, Gu GJ, Jiang H, et al. The value of whole-brain CT perfusion imaging and CT angiography using a 320-slice CT scanner in the diagnosis of MCI and AD patients[J]. Eur Radiol, 2017, 27(11): 4756-4766.
- [14] Hutchinson PJ, Kolias AG, Timofeev IS, et al. Trial of decompressive craniectomy for traumatic intracranial hypertension[J]. N Engl J Med, 2016, 375(12): 1119-1130.
- [15] McMillan T, Wilson L, Ponsford J, et al. The Glasgow outcome scale-40 years of application and refinement[J]. Nat Rev Neurol, 2016, 12(8): 477-485.
- [16] Ganguly A, Fieselmann A, Boese J, et al. In vitro evaluation of the imaging accuracy of C-arm conebeam CT in cerebral perfusion imaging[J]. Med Phys, 2012, 39(11): 6652-6659.
- [17] 倪啸晓,刘志锋,谢秋幼,等.中暑脑损伤机制及高压氧治疗作用的研究进展[J].中华危重病急救医学, 2017, 29(6): 572-576.
- [18] Smith LGF, Milliron E, Ho ML, et al. Advanced neuroimaging in traumatic brain injury: an overview[J]. Neurosurg Focus, 2019, 47(6): E17.
- [19] Liu EY, Haist F, Dubowitz DJ, et al. Cerebral blood volume changes during the BOLD post-stimulus undershoot measured with a combined normoxia/hyperoxia method[J]. Neuroimage, 2019, 185: 154-163.
- [20] Ostermann RC, Joestl J, Tiefenboeck TM, et al. Risk factors predicting prognosis and outcome of elderly patients with isolated traumatic brain injury[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1): 277.

责任编辑:王荣兵