· 论著 ·

脑功能损害危重患儿经颅多普勒超声监测的临床研究

周芹　张国英　张宁　廖霓　熊梓宏
610091 成都市妇女儿童中心医院儿童重症医学科
通信作者：张国英，Email：zhangguoying412@126.com
DOI：10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2017.06.009

【摘　要】 **目的**　应用经颅多普勒超声（transcranial Doppler ultrasonography，TCD）观察脑功能损害患儿脑血流动力学变化，探讨 TCD 在监测与评估脑损害患儿预后中的价值。**方法**　以大脑中动脉为靶血管，检测脑功能损害组 20 例及无脑损害组（对照组）20 例患儿的脑血流动力学参数［收缩期峰流速（Vs）、平均血流速度（Vm）、舒张期流速（Vd）、搏动指数（PI）、阻力指数（RI），对比两组患儿各参数间的差异。脑功能损害组患儿按 Glasgow 评分、预后再分组，比较不同 Glasgow 评分（≤6 分组和 7～13 分组）、不同预后患儿的 TCD 各参数的差异。每日动态监测脑功能损害组患儿的 TCD 直至 TCD 参数正常，将 TCD 参数达正常时间与 Glasgow 评分、意识障碍持续时间进行相关分析。对比脑功能损害组不同 Glasgow 评分、不同预后患儿 TCD 达正常时间的差异。**结果**　（1）脑功能损害组大脑中动脉的 Vs、PI、RI 均较对照组高，Vd 较对照组低，差异均有统计学意义（P 均 <0.05）。（2）脑功能损害组 Glasgow 评分≤6 分患儿的 PI（0.91±0.21）高于 Glasgow 评分 7～13 分患儿（0.83±0.14），两组比较差异有统计学意义（$P<0.05$）；而 Vs、Vd、RI 两组比较差异均无统计学意义（P 均 >0.05）。脑功能损害组不同预后患儿间的大脑中动脉血流动力学各参数比较差异均无统计学意义（P 均 >0.05）。（3）脑功能损害组患儿 TCD 参数达正常时间与入院当日 Glasgow 评分呈负相关（$r=-0.653$，$P<0.01$）；TCD 参数达正常时间与意识障碍持续时间呈正相关（$r=0.923$，$P<0.01$）。不同 Glasgow 评分、不同预后患儿的 TCD 参数达正常时间差异均有统计学意义，Glasgow 评分≤6 分、预后差患儿的 TCD 达正常时间更长（P 均 <0.05）。**结论**　脑功能损害患儿的脑血流动力学异常，脑损害程度越重者，PI 越高，TCD 参数恢复正常的时间越长；动态监测 TCD 可反映脑血流变化，对评估病情和预后有一定价值。

【关键词】　重症脑损伤；经颅多普勒超声；儿童

Clinical study of monitoring of transcranial Doppler ultrasonography to seriously illed children with cerebral dysfunction

Zhou Qin, Zhang Guoying, Zhang Ning, Liao Ni, Xiong Zihong. Pediatric Intensive Care Unit, Chengdu Women and Children's Center Hospital, Chengdu 610091, China
Corresponding author: Zhang Guoying, Email: zhangguoying412@126.com

【**Abstract**】 **Objective**　To investigate the application value of transcranial Doppler ultrasonography (TCD) in critically ill children with cerebral dysfunction. **Methods**　We detected the cerebral blood flow parameters［systolic velocity (Vs), mean velocity (Vm), end of diastolic velocity (Vd), pulsatility index (PI), resistance index (RI)］ of middle cerebral artery in cerebral dysfunction group ($n=20$) and control group (no cerebral dysfunction, $n=20$), and observed the differences of those parameters between two groups. Children in cerebral dysfunction group were also divided into groups according to Glasgow Coma Score (GCS) and prognosis. The differences of each TCD parameter in diverse groups divided by GCS and by prognosis were analysed. Children in cerebral dysfunction group were checked TCD everyday until TCD parameters were normal. The relation between the days of TCD parameters' reaching normal and GCS, duration of disorder of consciousness with correlation analysis were analysed. **Results**　Vs, PI, RI in cerebral dysfunction group were higher than those in control group, while Vd was lower ($P<0.05$). (2) PI in the group of GCS less than 6 points (0.91±0.21) was higher than that in group of GCS 7-13 points (0.83±0.14) ($P<0.05$). The other parameters between two groups of GCS less than 6 points and GCS 7-13 points were not significantly indistinctive. Between the good prognosis group and the bad prognosis group, there were no significant differences in all parameters. (3) The days of TCD parameters' reaching normal were negatively correlated with GCS ($r=-0.653$, $P<0.01$), but positively correlated with the duration of disorder of consciousness ($r=0.923$, $P<0.01$). **Conclusion**　The cerebral hemodynamics of children with cerebral dysfunction is abnormal, the more serious cerebral dysfunction, the higher PI and the longer time for regaining normal TCD parameters. Constantly monitoring TCD could reflect the changes of cerebral hemodynamics and is valuable to assess the state of illness and prognosis.

【**Key words**】 Seriously cerebral dysfunction; Transcranial Doppler ultrasonography; Children

近年来,经颅多普勒超声(transcranial Doppler ultrasonography,TCD)在临床上广泛应用于无创性颅内压监测,得益于它与有创性颅内压监测技术相比较所具有的良好一致性和相对准确性[1-2]。研究显示,TCD 筛选颅内压增高的敏感性为 94%,预测异常脑灌注压的敏感性为 80%[3]。由于其安全、无创、可床旁动态观察,尤其适用于监测危重症患者。近年来 TCD 应用于儿科领域逐渐增多。本研究旨在探讨脑损伤危重患儿的脑血流情况,动态观察脑血流变化和意识状态的改变,探讨 TCD 在脑损伤重症患儿中的应用价值。

1　对象与方法

1.1　研究对象　2016 年 4 月至 2016 年 8 月在 PICU 住院治疗并监测 TCD 的患儿共 40 例,按照儿童改良 Glasgow 评分(昏迷评分),将评分≤13 分者纳入脑功能损害组(20 例),评分正常者纳入对照组(20 例)。脑功能损害组:男 16 例,女 4 例,年龄 8 个月 ~ 11.5 岁。其中流行性乙型脑炎 8 例,手足口病危重型 3 例,其他病毒性脑炎 2 例,车祸伤 4 例,中毒性脑病 2 例,心肺复苏后 1 例。对照组:男 14 例,女 6 例,年龄 10 个月 ~ 9.5 岁。其中肺炎 10 例,腹泻 3 例,血小板减少性紫癜 4 例,营养不良 3 例。两组在性别、年龄方面差异无统计学意义。

1.2　临床特征

1.2.1　Glasgow 评分　脑功能损害组患儿按入院当日 Glasgow 评分分组,Glasgow 评分≤6 分为重度脑损伤,共 9 例;7 ~ 13 分为轻中度脑损伤,共 11 例。

1.2.2　预后判断　脑功能损害组患儿随访至 2017 年 2 月 10 日,根据发病半年后有无脑功能障碍进行预后判断,无明显精神运动发育迟滞的为预后好,共 10 例;发病期间死亡、发病半年后遗留瘫痪、智力低下、精神运动发育迟滞的为预后差,共 10 例(其中死亡 2 例:手足口病危重型 1 例,乙型脑炎暴发型 1 例)。精神运动发育迟滞的诊断标准:(1)智力评分 50 分以下(4 岁以下以 Gesell 量表评估,5 岁以上以绘人测验筛查);(2)生活能力严重受损(6 个月 ~ 14 岁社会生活能力量表评定为重度)。

1.2.3　TCD 检测方法　应用深圳 Delica TCD 仪器,所有患儿入院第 1 天行 TCD 检查,将 2 MHz 探头放置在颧弓上方、眼眶外缘和耳之间的颞窗,探头稍向前倾,以双侧大脑中动脉(middle cerebral artery,MCA)为靶血管,检测大脑中动脉的血流动力学参数,包括收缩期峰流速(peak systolic velocity,Vs)、舒张期流速(end of diastolic velocity,Vd)、平均血流速度(mean velocity,Vm)、搏动指数(pulsatility index,PI)、阻力指数(resistance index,RI)。TCD 正常值主要参照《实用经颅多普勒超声学》[4]中儿童的正常参考值。TCD 异常的判断标准:(1)任一 MCA Vs > 180 cm/s 或 < 80 cm/s;(2)双侧 MCA 的 Vs 差 > 30 cm/s,则判断为不对称,超过正常范围的一侧判断为异常侧,如果两侧 Vs 均正常范围,则下降的一侧判断为异常侧[5]。脑功能损害组患儿每日行改良 Glasgow 评分和 TCD 检测,直到 TCD 参数达正常或意识状态明显好转(判断意识状态好转的依据是 Glasgow 评分,当 Glasgow 评分 > 13 分时考虑明显好转),其中 18 例 TCD 参数达正常或意识状态明显好转,另 2 例(手足口病危重型 1 例,乙型脑炎暴发型 1 例)分别在住院 13 d、14 d 后因持续昏迷而放弃治疗并死亡。统计脑功能损害组中 18 例意识状态明显好转患儿的意识障碍持续时间(即从入院到 Glasgow 评分 > 13 分所需天数)、TCD 达正常时间、入院当日 Glasgow 评分。

1.3　统计学方法　应用 SPSS 19.0 进行统计学分析。MCA 的血流动力学参数检测结果用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,脑功能损害组与对照组 TCD 各参数的比较采用独立样本 t 检验。脑功能损害组中,按预后、Glasgow 评分再分组,不同预后组、不同 Glasgow 评分组 TCD 各参数的均数比较用 t 检验。$P < 0.05$ 为差异有统计学意义。用相关分析和散点图描述脑功能损害组患儿 TCD 参数达正常时间与 Glasgow 评分的相关性,TCD 参数达正常时间与意识障碍持续时间的相关性。

2　结果

2.1　脑功能损害组与对照组 MCA 血流动力学参数比较　脑功能损害组 MCA 的 Vs、PI、RI 值均较对照组高,Vd 较对照组低,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05),两组间 Vm 比较无明显差异。见表 1。

2.2　脑功能损害组不同 Glasgow 评分、不同预后患儿 MCA 血流动力学参数情况比较　重度脑损伤组患儿的 PI(0.91 ± 0.21)高于轻中度脑损伤组患儿(0.83 ± 0.14),两组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),提示意识障碍越重,PI 越高,PI 与意识障碍程度有关;而 Vs、Vd、RI 两组比较差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)(表 2)。不同预后组间的 MCA 血流动力学各参数比较差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)(表 3)。

2.3　脑功能损害组 TCD 达正常时间与 Glasgow

评分、脑功能损害程度的关系　脑功能损害组中意识障碍明显好转的 18 例患儿意识障碍持续时间、TCD 参数达正常时间、入院当日Glasgow 评分见表 4。TCD 参数达正常时间与入院当日Glasgow评分呈负相关($r = -0.653$, $P < 0.01$),见图 1。TCD 达正常时间与意识障碍持续时间呈正相关($r = 0.923$, $P < 0.01$),见图 2。重度脑损伤组($n = 7$)患儿的TCD达正常时间为(18.00 ± 9.56)d,轻中度脑损伤组($n = 11$)患儿的 TCD 达正常时间为(5.91 ± 2.91)d,两组比较差异有统计学意义

表 1　脑功能损害组与对照组患儿大脑中动脉经颅多普勒超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	收缩期峰流速(cm/s)	平均血流速度(cm/s)	舒张期流速(cm/s)	搏动指数	阻力指数
脑功能损害组	20	150.7 ± 36.0	86.7 ± 21.6	53.7 ± 15.9	1.14 ± 0.26	0.64 ± 0.08
对照组	20	121.1 ± 19.5	80.1 ± 13.7	62.2 ± 9.6	0.73 ± 0.15	0.49 ± 0.07
t 值		3.238	1.145	2.065	6.158	6.565
P 值		0.003	0.259	0.047	0.00	0.00

表 2　脑功能损害组不同 Glasgow 评分患儿的经颅多普勒超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	收缩期峰流速(cm/s)	平均血流速度(cm/s)	舒张期流速(cm/s)	搏动指数	阻力指数
轻中度脑损伤组	11	139.58 ± 26.24	90.02 ± 18.01	65.51 ± 15.21	0.83 ± 0.14	0.54 ± 0.07
重度脑损伤组	9	141.73 ± 35.62	89.24 ± 25.03	63.08 ± 25.18	0.91 ± 0.21	0.56 ± 0.08
t 值		−0.437	0.227	0.837	−2.565	−1.877
P 值		0.663	0.820	0.404	0.011	0.062

表 3　脑功能损害组不同预后患儿的经颅多普勒超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	收缩期峰流速(cm/s)	平均血流速度(cm/s)	舒张期流速(cm/s)	搏动指数	阻力指数
预后好组	10	136.71 ± 28.12	87.94 ± 18.99	63.79 ± 15.90	0.84 ± 0.15	0.54 ± 0.07
预后差组	10	142.46 ± 34.42	89.95 ± 24.30	63.81 ± 20.65	0.90 ± 0.21	0.55 ± 0.07
t 值		−1.094	−0.544	−0.006	−1.911	−1.255
P 值		0.275	0.587	0.995	0.057	0.211

表 4　脑功能损害组 18 例患儿入院 Glasgow 评分、经颅多普勒超声参数达正常时间、意识障碍持续时间

患儿编号	TCD 达正常时间(d)	意识障碍持续时间(d)	入院 Glasgow 评分(分)
1	15	20	6
2	21	18	6
3	6	3	7
4	5	3	8
5	7	5	7
6	8	4	7
7	13	7	7
8	3	2	10
9	10	7	6
10	38	30	5
11	17	15	6
12	7	5	8
13	5	6	8
14	3	6	7
15	3	5	7
16	5	3	7
17	11	15	5
18	14	12	5

注:TCD:经颅多普勒超声。

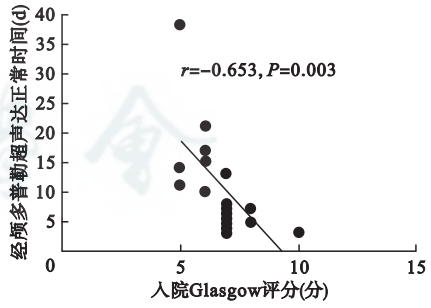

图 1　脑功能损害组患儿经颅多普勒超声达正常时间和入院 Glasgow 评分的散点图($n = 18$)

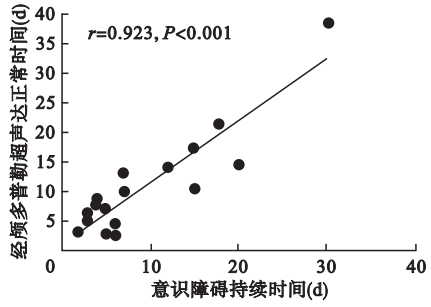

图 2　脑功能损害组患儿经颅多普勒超声达正常时间与意识障碍持续时间的散点图($n = 18$)

(t = 3.252, P = 0.015)；预后差组(n = 8)患儿的 TCD 达正常时间为(17.38 ± 9.02)d，较预后好组(n = 10)患儿的 TCD 达正常时间(5.20 ± 1.81)d 明显延长，两组比较差异有统计学意义(t = 7.45, P = 0.006)。

3　讨论

多种病因如颅内感染、颅内出血、脑外伤、中毒、休克、心肺复苏后缺血缺氧性脑损伤等均可导致严重脑功能损害，出现意识障碍、昏迷，其机制主要是急性脑水肿、颅内压增高，脑血流灌注下降，已有许多研究证实，重症脑功能损害患儿的脑血流动力学异常[6-8]。TCD 可反映颅内脑血流灌注情况，对正确估计患儿预后有较重要的临床意义。MCA 是颈内动脉的直接延续，将近供应大脑半球所需血流量的 80%，基本反映了颈内动脉系统幕上血流状况，可用它来反映颅内血供情况。颅内压的变化影响脑组织的灌注，当颅内压增高时脑灌注压下降，血流阻力升高，血流速度(Vs、Vm、Vd)下降，主要以 Vd 下降明显，而反映血管阻力的 PI、RI 升高[9]。本研究中，脑功能损害组患儿 MCA 的 PI、RI 较对照组明显增高，而 Vd 较对照组降低。频谱呈舒张期血流速度减慢，收缩峰变尖的高阻频谱图像，与文献报道相符。而 Vm 无下降，Vs 不降反升，考虑因部分患儿入院时处于颅内压增高初期，脑血管自动调节功能尚存，脑灌注压无明显改变，此时脑小动脉扩张以保持脑血供恒定，并可有一过性脑血流增加，收缩期血流速度加快的表现[7]。本组观察病例中，有 40%(8/20)患儿的 TCD 为此表现。2 例因持续昏迷无好转而放弃并死亡的患儿，Glasgow 评分均 4 分，PI 值分别为 1.68、1.81，均明显高于其余昏迷患儿；Vd 亦明显减低，在 20 ~ 30 cm/s，说明昏迷程度越重，颅内压力越大，脑灌注越低，预后越差，这与徐泳华等[6]的研究一致。

在 TCD 与颅内压监测中，PI 指数研究最为广泛。1993 年，Homburg 等[10]对 10 例脑外伤患者进行研究，发现 PI 与颅内压呈近似直线关系，颅内压每升高 0.133 kPa，PI 升高 2.4%。Behrens 等[11]研究发现，当脑灌注压 < 70 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)的临界值时，观察到 PI 随之升高的一个强烈相关的递增关系。已有的研究绝大多数支持将 TCD 用于颅内压预测。其中多个相关研究发现 PI 和颅内压之间呈线性关系[12-14]。本研究中，昏迷评分≤6 分组的 PI 较评分 7 ~ 13 分组增高，差异有统计学意义，提示 PI 越高、昏迷程度越重，脑损伤越重，颅内压越高。

有学者动态监测重症脑损伤患者的脑血流灌注和昏迷评分的改善情况，发现脑灌注改善组的第 7 天 Glasgow 评分明显大于脑灌注未改善组[15]，提示随着脑灌注改善，昏迷评分亦改善。本研究中，随着脑功能损害患儿意识状态的好转，其 MCA 血流动力学参数渐趋正常。对脑功能损害组患儿进行动态 TCD 监测显示，TCD 参数达正常时间和意识障碍持续时间呈显著正相关(r = 0.923)，即意识障碍持续时间越长，TCD 参数恢复正常需要的时间越长。相反，TCD 参数达正常时间和入院当日昏迷评分呈负相关(r = −0.653)，即入院时 Glasgow 评分越低(昏迷程度越重)，TCD 恢复正常需要的时间越长。通过分组比较看出，昏迷评分≤6 分的重度脑损伤组和预后差组的 TCD 达正常时间均长于轻中度脑损伤组和预后好组。

因此，动态监测 TCD 对动态评估脑功能损害患儿病情及短期预后有重要意义。国内外研究显示，TCD 可用来判断脑死亡[16-17]，脑死亡患者的 TCD 频谱常表现为：舒张期反向血流、尖小收缩波(钉子波)、血流信号消失。Kirkham 等[18]认为 Vm 慢于 10 cm/s 是比较特征性的改变。本研究中的患儿无上述频谱表现，脑血流速度亦未低至 < 10 cm/s，故无脑死亡患儿。可能与本组脑损伤患儿颅内压虽不同程度升高，但尚未至脑灌注为零而导致脑死亡的程度。总之，TCD 在儿科领域的应用尚起步，相关研究还有待进一步深入。

参　考　文　献

[1] Ragauskas A, Matijosaitis V, Zakelis R, et al. Clinical assessment of noninvasive intracranial pressure absolute value measurement method[J]. Neurology, 2012, 78(21): 1684-1691. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3182574f50.

[2] Lewis PM, Smielewski P, Rosenfeld JV, et al. Monitoring of the association between cerebral blood flow velocity and intracranial pressure[J]. Acta Neurochir Suppl, 2012, 114(2): 147-151. DOI: 10.1007/978-3-7091-0956-4_27.

[3] Melo JR, Di Rocco F, Blanot S, et al. Transcranial Doppler can predict intracranial hypertension in children with severe traumatic brain injuries[J]. Childs Nerv Syst, 2011, 27(6): 979-984. DOI: 10.1007/s00381-010-1367-8.

[4] 焦德敏. 实用经颅多普勒超声学[M]. 北京：北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，1995：193-208.

[5] 高山，黄家星. 经颅多普勒超声(TCD)的诊断技术与临床应用[M]. 北京：中国协和医科大学出版社，2004：25 - 28.

[6] 徐泳华，肖政辉，祝益民，等. 经颅多普勒超声在昏迷危重患儿中的应用[J]. 临床儿科杂志，2007，(11)：894-897. DOI：10.3969/j.issn.1000-3606.2007.11.005.

[7] 杨思达，宁书尧，王秀英，等. 急性脑水肿重症患儿经颅多普勒超声监测的临床研究[J]. 中国实用儿科杂志，2008，23(1)：53-56. DOI：10.3969/j.issn.1005-2224.2008.01.017.

(下转第 446 页)

[13] 肖书娜. 脑钠肽在小儿先天性心脏病及围手术期的应用进展[J]. 国际儿科学杂志, 2013, 40(3): 254-256. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4408.2013.03.012.
[14] Master P, Park DY, Shann F, et al. Procalcitonin versus C-reactive protein and immature-to-total neutrophil ratio as markers of infection after cardiopulmonary bypass in children[J]. Pediatr Crit Care Med, 2009, 10(2): 217-221.
[15] Ford ES, Giles WH, Mokdad AH. Family history of diabetes or cardiovascular disease and C-reactive protein concentration: flndings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2000[J]. Am J Prev Med, 2005, 29(5 Suppl 1): 57-62.
[16] Einvik G, Dammen T, Hrubos-Strøm H, et al. Prevalence of cardiovascular risk factors and concentration of C-reactive protein in Type D personality persons without cardiovascular disease[J]. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil, 2011, 18(3): 504-509. DOI: 10.1177/1741826710389383.
[17] Steiner MB, Tang X, Gossett JM, et al. Alternative repair strategies for ductal-dependent tetralogy of fallot and short-term postoperative outcomes, a multicenter analysis[J]. Pediatr Cardiol, 2015, 36(1): 177-189. DOI: 10.1007/s00246-014-0983-6.
[18] Egbe AC, Uppu SC, Mittnacht AJ, et al. Primary tetralogy of Fallot repair: predictors of intensive care unit morbidity[J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2014, 22(7): 794-799. DOI: 10.1177/0218492313513773.
[19] Dragulescu A, Friedberg MK, Grosse-Wortmann L, et al. Effect of chronic right ventricular volume overload on ventricular interaction in patients after tetralogy of Fallot repair[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27(8): 896-902. DOI: 10.1016/j.echo.2014.04.012.

(收稿日期: 2016-11-10; 修回日期: 2017-01-20)
(本文编辑: 林强)

(上接第 441 页)

[8] 钱素云, 樊寻梅, 尹河华, 等. 经颅多普勒超声在深昏迷患儿预后判断中的应用[J]. 中华儿科杂志, 1997, 35(10): 515-517.
[9] Schmidt B, Czosnyka M, Raabe A, et al. A daptive noninvasive assessm ent of intracranial pressure and cerebral autoregulation[J]. Stroke, 2003, 34(1): 84-89.
[10] Homburg AM, Jakobsen M, Enevoldsen E. Transcranial Doppler recordings in raised intracranial pressure[J]. Acta Neurol Scand, 1993, 87(6): 488-493.
[11] Behrens A, Lenfeldt N, Ambarki K, et al. Intracranial pressure and pulsatility index[J]. Neurosurgery, 2011, 69(4): 1033-1034. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31822999b7.
[12] Gura M, Elmaci I, Sari R, et al. Correlation of pulsatility index with intracranial pressure in traumatic brain injury[J]. Turk Neurosurg, 2011, 21(2): 210-215. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.3574-10.1.
[13] de Riva N, Budohoski KP, Smielewski P, et al. Transcranial Doppler pulsatility index: what it is and what it isn't[J]. Neurocrit Care, 2012, 17(1): 58-66. DOI: 10.1007/s12028-012-9672-6.
[14] Trabold F, Meyer PG, Blanot S, et al. The prognostic value of transcranial Doppler studies in children with moderate and severe head injury[J]. Intensive Care Med, 2004, 30(1): 108-112. DOI: 10.1007/s00134-003-2057-8.
[15] 张震宇, 马健, 高萱, 等. 经颅多普勒超声对脑功能受损危重症患儿脑功能及预后评估的应用[J]. 中国小儿急救医学, 2016, 23(11): 769-773. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2016.11.011.
[16] de Freitas GR, André C. Sensitivity of transcranial Doppler for confirming brain death: a prospective study of 270 cases[J]. Acta Neurol Scand, 2006, 113(6): 426-432. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2006.00645.x.
[17] Monteiro LM, Bollen CW, van Huffelen AC, et al. Transcranial Doppler ultrasonography to confirm brain death: a meta-analysis[J]. Intensive Care Med, 2006, 32(12): 1937-1944. DOI: 10.1007/s00134-006-0353-9.
[18] Kirkham FJ, Levin SD, Padayachee TS, et al. Transcranial pulsed Doppler ultrasound findings in brain stem death[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1987, 50(11): 1504-1513.

(收稿日期: 2016-12-01; 修回日期: 2017-03-25)
(本文编辑: 林强)