

缺氧缺血性脑病新生儿大脑中动脉血流参数与病情严重程度及预后的相关性分析

马利亚 冯 景 付 杰 李晓雪

摘要 **目的** 应用经颅彩色多普勒超声(TCD)检测缺氧缺血性脑病(HIE)新生儿大脑中动脉(MCA)血流参数变化,分析其与病情严重程度及预后的相关性。**方法** 选取我院新生儿重症监护病房收治的 75 例 HIE 新生儿,根据其病情严重程度分为轻度组 38 例、中度组 24 例、重度组 13 例,另选同期健康新生儿 75 例为对照组。分别于出生 48 h 及 72 h 后行 TCD 检查,测量并比较各组 MCA 血流参数[收缩期血流速度峰值(V_s)、舒张末期血流速度(V_d)、平均流速(V_m)、阻力指数(RI)]的差异。对 HIE 新生儿随访 28 d,复查 TCD 并采用新生儿神经行为测定(NBNA)量表评估其预后,比较预后良好者与预后不良者 MCA 血流参数的差异。采用 Pearson 相关分析法分析 HIE 新生儿 MCA 血流参数与 NBNA 评分的相关性。**结果** 出生 48 h 后,对照组、轻度组、中度组、重度组 V_s 、 V_d 、 V_m 均依次降低,RI 均依次增高,两两比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。出生 72 h 后,对照组、中度组、重度组 V_s 、 V_d 、 V_m 均依次降低,RI 均依次增高,两两比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);轻度组各参数与中、重度组比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),与对照组比较差异均无统计学意义。75 例 HIE 新生儿中,预后不良者 23 例,平均 NBNA 评分为(29.47±2.53)分;预后良好者 52 例,平均 NBNA 评分为(37.42±1.15)分,二者比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。预后不良者出生 48 h、72 h 及 28 d 后 V_s 、 V_d 、 V_m 均低于预后良好者,RI 高于预后良好者,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。相关性分析显示,HIE 新生儿出生 48 h、72 h 及 28 d 后 V_s 、 V_d 、 V_m 与 NBNA 评分均呈正相关(均 $P < 0.05$),RI 与 NBNA 评分均呈负相关(均 $P < 0.05$)。**结论** 随着病情程度的加重,HIE 新生儿 MCA 血流参数中 V_s 、 V_d 、 V_m 呈降低趋势,RI 呈增高趋势;应用 TCD 监测脑血流动力学参数可较为客观地反映 HIE 新生儿脑血流灌注变化情况,对其预后预测有一定的指导意义。

关键词 超声检查,颅脑;缺氧缺血性脑病;新生儿;病情严重程度;预后
[中图分类号]R445.1;R722.1 [文献标识码]A

Correlation analysis of blood flow parameters of middle cerebral artery with disease severity and prognosis in neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy

MA Liya, FENG Jing, FU Jie, LI Xiaoxue

Department of Ultrasound, the People's Hospital of Bozhou, Anhui 236800, China

ABSTRACT **Objective** To observe the changes of blood flow parameters of middle cerebral artery (MCA) in neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy (HIE) by transcranial Doppler sonography (TCD), and to analyze their correlation with disease severity and prognosis. **Methods** A total of 75 neonates with HIE admitted to neonatal intensive care unit in our hospital were enrolled and divided into mild group (38 cases), moderate group (24 cases) and severe group (13 cases) according to disease severity. A total of 75 healthy neonates during the same period were enrolled as control group. TCD examinations were performed at 48 h and 72 h after birth. The differences in MCA blood flow parameters [peak systolic velocity (V_s), end-diastolic velocity (V_d), mean velocity (V_m), resistance index (RI)] were compared among groups. Neonates with HIE were followed up for 28 d, the TCD reexamination and prognosis assessment by neonatal behavioral neurological assessment (NBNA) were performed. The differences in MCA blood flow parameters between good prognosis and poor prognosis were compared. The correlation between MCA blood flow parameters and NBNA score in HIE neonates was analyzed by Pearson correlation analysis.

Results At 48 h after birth, Vs, Vd, Vm were gradually decreased in control group, mild group, moderate group and severe group, while RI was gradually increased, and the differences between any two groups were statistically significant (all $P < 0.05$). At 72 h after birth, Vs, Vd and Vm were gradually decreased in control group, moderate group and severe group, while RI was gradually increased, and the differences between any two groups were statistically significant (all $P < 0.05$). At 72 h after birth, there were significant difference in MCA blood flow parameter between mild group and moderate group, severe group (all $P < 0.05$). Among the 75 neonates with HIE, 23 cases with poor prognosis [average NBNA score was (29.47±2.53) points] and 52 cases with good prognosis [average NBNA score was (37.42±1.15) points], and there was significant differences between the two kinds of neonates ($P < 0.05$). At 48 h, 72 h and 28 d after birth, Vs, Vd and Vm in neonates with poor prognosis were lower than those with good prognosis, while RI was higher than that with good prognosis, and the differences were statistically significant (all $P < 0.001$). Correlation analysis showed that at 48 h, 72 h and 28 d after birth, Vs, Vd and Vm were positively correlated with NBNA score (all $P < 0.05$), while RI was negatively correlated with NBNA score (all $P < 0.05$). **Conclusion** With the aggravation of disease, the MCA blood flow parameters Vs, Vd and Vm decrease, while RI increases in HIE neonates. The monitoring of TCD cerebral hemodynamics parameters can objectively reflect the changes of cerebral blood perfusion, which has certain guidance significance for prognosis prediction.

KEY WORDS Ultrasonography, craniocerebral; Hypoxic-ischemic encephalopathy; Neonates; Disease severity; Prognosis

缺氧缺血性脑病(hypoxic-ischemic encephalopathy, HIE)是新生儿围生期因各种原因导致的缺氧窒息而引起的常见并发症,主要表现为嗜睡、昏迷等意识障碍和肌张力异常、抽搐等,具有病死率高、发病急骤等特点,随着疾病进展可能造成永久性神经功能损害,也是导致新生儿围生期死亡的主要原因之一^[1-2]。根据其临床表现可有病情轻重之分,轻度患儿预后常较好,而中、重度患儿预后较差,神经系统后遗症发生风险较高,尤其是重度HIE预后不良发生率高达27%以上^[3-4],故尽早干预以延缓疾病恶化尤为重要。脑损伤与脑血流灌注情况密切相关,经颅彩色多普勒超声(transcranial Doppler sonography, TCD)是目前临床无创检测颅脑血流动力学的常用手段,具有较好的动态监测效能^[5-6]。以往研究多重点探讨TCD血流参数在HIE急性期的变化,对患儿恢复期及预后的观察尚少,且目前临床常以患儿临床体征作为恢复指征,缺乏特异性,易导致提早终止治疗,可能造成患儿脑细胞出现不可逆性坏死,增加神经系统损伤风险。MCA是大脑的主要供血动脉,检测其血流动力学能可靠地反映颅脑整体血流灌注情况。基于此,本研究应用TCD检测HIE新生儿大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)血流参数变化,并分析其与病情严重程度及预后的相关性,旨在为临床诊治提供参考依据。

资料与方法

一、研究对象

选取2022年2~11月我院新生儿重症监护病房收治的75例HIE新生儿,根据其病情严重程度分为轻度

组38例、中度组24例、重度组13例。其中轻度组男24例,女14例,平均分娩孕周(32.62±0.59)周,经阴道分娩10例,剖宫产28例;中度组男15例,女9例,平均分娩孕周(32.64±0.51)周,经阴道分娩8例,剖宫产16例;重度组男10例,女3例,平均分娩孕周(32.59±0.57)周,经阴道分娩5例,剖宫产8例。另选同期健康新生儿75例为对照组,男45例,女30例,平均分娩孕周(38.66±0.49)周,经阴道分娩28例,剖宫产47例。各组性别、分娩孕周及分娩方式比较差异均无统计学意义。纳入标准:①HIE新生儿均符合HIE诊断标准和临床病情严重程度分类标准^[7],且临床神经症状及体征明显,有明确的窒息史;②健康新生儿产后指标均在正常范围内;③入组新生儿资料完整。排除标准:①存在先天性脑性疾病或遗传学代谢性疾病;②存在先天性心、肝、肾等重要器官障碍;③新生儿持续哭闹无法配合完成检查或拒绝随访。本研究经我院医学伦理委员会审核批准,入选新生儿家属均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. TCD检查:入组新生儿均分别于出生48 h及72 h后行TCD检查。使用索诺声Edge彩色多普勒超声诊断仪, P10x探头,频率4~8 MHz; Philips CX50便携式彩色多普勒超声诊断仪, S8-3探头,频率3~8 MHz,调节功率30%~40%,取样容积和深度分别为8 mm和30~35 mm。于受检儿熟睡时或镇静状态下取侧卧位,首先采用灰阶模式对受检儿前囟、后囟、双侧颞窗处分别行多切面、多角度扫查,观察大脑结构及形态;然后启动彩色多普勒超声模式,以侧囟为声窗,调节血

流标尺及彩色增益,观察两侧MCA血流充盈度及方向,待图像稳定后,获取连续5个及以上形态一致的频谱后冻结图像,测量收缩期血流速度峰值(Vs)、舒张末期血流速度(Vd)、平均流速(Vm)、阻力指数(RI)。测量时调节声束与血流方向夹角 $\leq 60^\circ$,所有参数均连续测量3次取平均值。以上操作均由同一经验丰富的主治超声医师完成。

2. 治疗方法:HIE新生儿均根据自身情况进行个性化治疗,常规予以呼吸支持、纠正代谢性酸中毒、能量支持、纠正电解质紊乱、抗感染、抗惊厥、预防颅内压升高及神经营养等基础治疗。

3. 随访及预后评估:HIE新生儿随访28 d,复查TCD,并采用新生儿行为神经测定(NBNA)量表评估预后,该量表包含行为能力、被动肌动力、主动肌动力、原始反射、一般反射5个方面共20项,每项评分0~2分,满分40分,评分 ≤ 35 分为预后不良, >35 分为预后良好^[8]。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,两组比较采用t检验;计数资料以例或率表示,采用 χ^2 检验。采用Pearson相关分析法分析MCA血流参数与MBNA评分的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统

计学意义。

结 果

一、各组MCA血流参数比较

出生48 h后,对照组、轻度组、中度组、重度组Vs、Vd、Vm均依次降低,RI均依次增高,两两比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。出生72 h后,对照组、中度组、重度组Vs、Vd、Vm均依次降低,RI均依次增高,两两比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);轻度组各MCA血流参数与中、重度组比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),与对照组比较差异均无统计学意义。见图1和表1。

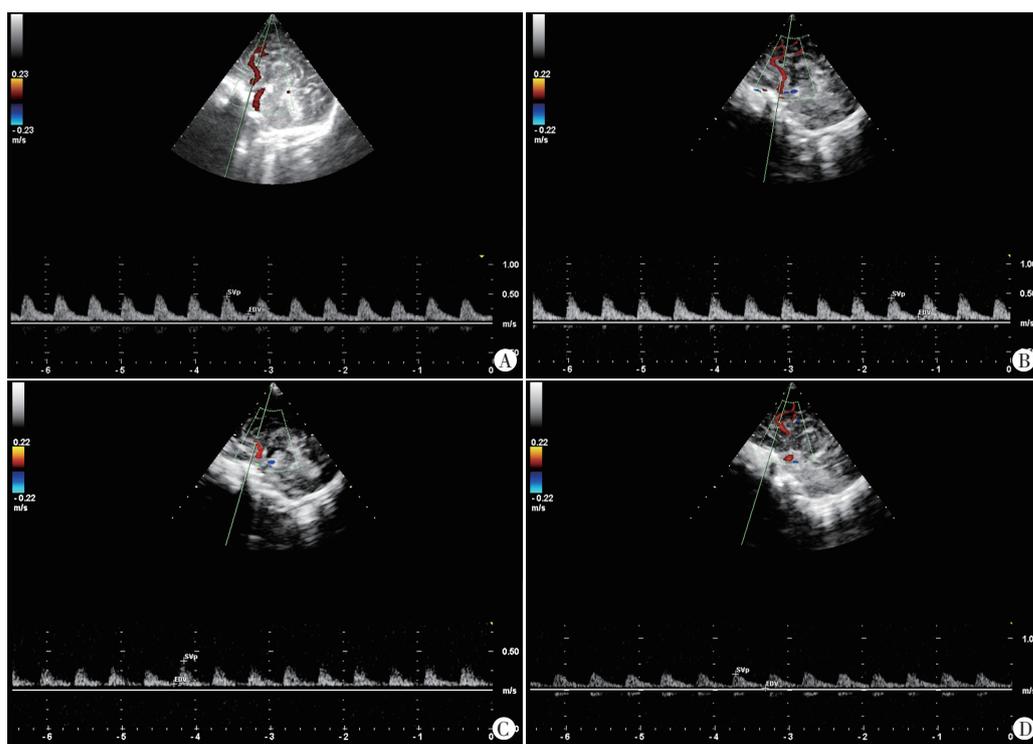


图1 各组新生儿出生48 h后TCD图
A: 对照组(男), Vs、Vd、RI分别为45.2 cm/s、15.4 cm/s、0.66; B: 轻度组(男), Vs、Vd、RI分别为41.1 cm/s、9.3 cm/s、0.77; C: 中度组(男), Vs、Vd、RI分别为37.2 cm/s、7.7 cm/s、0.79; D: 重度组(女), Vs、Vd、RI分别为30.2 cm/s、3.5 cm/s、0.88

图1 各组新生儿出生48 h后TCD图

表1 各组MCA血流参数比较($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | Vs(cm/s) | | Vd(cm/s) | | Vm(cm/s) | | RI | |
|-----|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 出生48 h | 出生72 h | 出生48 h | 出生72 h | 出生48 h | 出生72 h | 出生48 h | 出生72 h |
| 对照组 | 36.91±5.16 | 37.14±6.58 | 18.15±2.27 | 18.57±2.89 | 30.67±5.96 | 31.12±6.85 | 0.67±0.05 | 0.66±0.06 |
| 轻度组 | 31.96±4.14 ^a | 36.48±5.26 | 12.09±1.98 ^a | 18.48±2.58 | 27.12±5.23 ^a | 30.47±5.95 | 0.71±0.07 ^a | 0.65±0.07 |
| 中度组 | 29.24±4.95 ^{ab} | 32.15±4.57 ^{ab} | 10.26±1.24 ^{ab} | 14.24±2.53 ^{ab} | 24.51±4.82 ^{ab} | 26.95±5.74 ^{ab} | 0.76±0.11 ^{ab} | 0.74±0.09 ^{ab} |
| 重度组 | 24.21±5.02 ^{abc} | 26.04±4.63 ^{abc} | 6.19±1.34 ^{abc} | 11.28±2.13 ^{abc} | 18.62±4.57 ^{abc} | 20.19±4.91 ^{abc} | 0.82±0.10 ^{abc} | 0.81±0.07 ^{abc} |
| F值 | 205.512 | 97.593 | 332.158 | 151.921 | 75.240 | 62.641 | 134.268 | 125.385 |
| P值 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

与对照组比较,^a $P < 0.05$;与轻度组比较,^b $P < 0.05$;与中度组比较,^c $P < 0.05$ 。Vs:收缩期血流速度峰值;Vd:舒张末期血流速度;Vm:平均流速;RI:阻力指数

二、入组 HIE 新生儿预后评估情况

75 例 HIE 新生儿中,预后不良者 23 例,平均 NBNA 评分为(29.47±2.53)分;预后良好者 52 例,平均 NBNA 评分为(37.42±1.15)分,二者 NBNA 评分比较差异有统计学意义($P<0.05$)。

三、不同预后 HIE 新生儿 MCA 血流参数比较

随着时间的推移,HIE 新生儿 V_s 、 V_d 、 V_m 及 RI 均

逐渐呈好转趋势(均 $P<0.05$)。预后不良者出生 48 h、72 h 及 28 d 后 V_s 、 V_d 、 V_m 均低于预后良好者,RI 高于预后良好者,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。见表 2。

四、MCA 血流参数与 NBNA 评分的相关性分析

相关性分析显示,HIE 新生儿出生 48 h、72 h 及 28 d 后 V_s 、 V_d 、 V_m 与 NBNA 评分均呈正相关(均 $P<0.05$),RI 与 NBNA 评分均呈负相关(均 $P<0.05$)。见表 3。

表 2 不同预后 HIE 新生儿 MCA 血流参数比较($\bar{x}\pm s$)

| 预后情况 | V_s (cm/s) | | | V_d (cm/s) | | | V_m (cm/s) | | | RI | | |
|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 出生 48 h | 出生 72 h | 出生 28 d | 出生 48 h | 出生 72 h | 出生 28 d | 出生 48 h | 出生 72 h | 出生 28 d | 出生 48 h | 出生 72 h | 出生 28 d |
| 预后不良者 | 25.40±4.96 | 27.24±5.12 | 30.11±5.84 | 8.59±1.41 | 11.12±2.95 | 16.34±3.41 | 18.53±4.83 | 21.78±5.79 | 22.36±5.14 | 0.82±0.14 | 0.79±0.12 | 0.74±0.05 |
| 预后良好者 | 31.67±5.24 | 35.96±4.78 | 38.54±6.25 | 11.32±1.39 | 17.98±2.16 | 21.61±4.97 | 27.59±5.12 | 30.12±5.16 | 31.96±5.83 | 0.71±0.12 | 0.67±0.13 | 0.65±0.06 |
| <i>t</i> 值 | 4.622 | 6.428 | 6.215 | 3.663 | 9.205 | 7.071 | 6.767 | 6.229 | 7.170 | 4.045 | 4.412 | 3.309 |
| <i>P</i> 值 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

V_s :收缩期血流速度峰值; V_d :舒张末期血流速度; V_m :平均流速;RI:阻力指数

表 3 MCA 血流参数与 NBNA 评分的相关性分析

| MCA 血流参数 | NBNA 评分 | |
|----------|------------|------------|
| | <i>r</i> 值 | <i>P</i> 值 |
| 出生 48 h | | |
| V_s | 0.569 | <0.001 |
| V_d | 0.658 | <0.001 |
| V_m | 0.572 | <0.001 |
| RI | -0.234 | 0.022 |
| 出生 72 h | | |
| V_s | 0.644 | <0.001 |
| V_d | 0.729 | <0.001 |
| V_m | 0.382 | <0.001 |
| RI | -0.265 | 0.009 |
| 出生 28 d | | |
| V_s | 0.493 | <0.001 |
| V_d | 0.434 | <0.001 |
| V_m | 0.432 | <0.001 |
| RI | -0.478 | <0.001 |

NBNA 评分:新生儿行为神经测定评分

讨 论

HIE 是导致新生儿围生期急性死亡的原因之一。脑水肿是其早期病理特征,随着疾病进展,严重者可有脑组织神经元损害、脑出血等表现,若治疗不及时可能造成不可逆性认知功能受损、脑瘫等神经系统后遗症^[9]。既往研究^[10]认为 HIE 新生儿在出生 2 h 左右即可有脑血流灌注减少表现,较脑结构形态及临床神经症状及体征出现更早,故监测 HIE 新生儿脑血流动力学对早期积极治疗具有重要的指导意义。

MCA 是大脑的主要供血动脉,携带了约 80% 的脑

血流量^[11],故对 MCA 血流动力学进行检测可较为准确可靠地反映颅脑整体血流灌注情况。TCD 检查在脑血流动力学的动态监测中具有较好的临床价值。本研究比较了 HIE 新生儿与健康新生儿 MCA 血流参数的差异,结果显示 HIE 各组出生 48 h 后 V_s 、 V_d 、 V_m 均低于对照组,RI 均高于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),与既往研究^[12-13]结果相似,提示 HIE 新生儿脑血管血流处于高阻力状态,脑组织血流灌注量处于低灌注状态。分析可能与脑水肿导致的颅内压增高有关,因此临床提倡出生 48 h 内对患儿进行早期诊断和干预,以减少脑组织损伤,降低神经系统后遗症发生率。本研究结果显示,轻、中、重度组出生 48 h、72 h 各 MCA 血流参数两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),且随着病情程度加重, V_s 、 V_d 、 V_m 均呈降低趋势,RI 呈增高趋势;出生 72 h 后轻度组各 MCA 血流参数均趋向正常,与对照组比较差异均无统计学意义,而中、重度组 V_s 、 V_d 、 V_m 均高于对照组,RI 均低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),与陈文显等^[14]研究结果相似,提示 TCD 所测脑血流动力学参数在对 HIE 新生儿起到筛查作用的同时还可对 HIE 的病情严重程度进行评估,并可在一定程度上辅助评估临床治疗效果,有一定的临床意义。

NBNA 评分是近年来临床常用的 HIE 预后评估工具,新生儿出生 4 周即 28 d 是新生儿器官发育的重要阶段,此时对预后评估的干扰因素较少,故目前临床普遍认为在出生 28 d 后进行预后评估更具意义。本研究对 HIE 新生儿随访 28 d,采用 NBNA 量表评价其预后,并比较了不同预后 HIE 新生儿 MCA 血流参数的

差异,结果显示预后不良者出生 48 h、72 h 及 28 d 后 V_s 、 V_d 、 V_m 均低于预后良好者,RI 均高于预后良好者(均 $P < 0.001$);进一步相关性分析显示,HIE 新生儿出生 48 h、72 h 及 28 d 后 V_s 、 V_d 、 V_m 与 NBNA 评分均呈正相关(均 $P < 0.05$),RI 与 NBNA 评分均呈负相关(均 $P < 0.05$),证实应用 TCD 监测 HIE 新生儿脑血流动力学对其预后评价也有一定的临床价值。李婷婷等^[15]研究也提出了相似观点,并未确定早期预后评估的最佳时间点,而本研究结果显示,总体而言出生 72 h 后 MCA 血流参数与预后的相关性更强,分析其原因可能为:HIE 的基础病理特征脑水肿通常在出生 24~72 h 后出现,72 h 为最晚出现症状时间点,且临床低温治疗在维持治疗 72 h 后才能出现效果,预后不良患儿在出生 72 h 后的病情转归情况可能较差,故本研究认为 HIE 新生儿预后评估最佳时间点可能为出生 72 h 后。杜俊彬等^[16]研究结果显示轻度组 HIE 新生儿出生 72 h 后 MCA 各血流参数与健康对照组新生儿比较差异均无统计学意义,但中、重度组 HIE 新生儿在出生 72 h 后上述参数比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),也从侧面印证了 HIE 新生儿出生 72 h 后 MCA 血流参数可能与预后的相关性更好。但因新生儿早期获取 MCA 血流参数的干扰因素较多,关于预后评估最佳时间点的确定仍需进一步验证。

综上所述,随着病情程度的加重,HIE 新生儿 MCA 血流参数中 V_s 、 V_d 、 V_m 呈降低趋势,RI 呈增高趋势;应用 TCD 监测脑血流动力学参数可较为客观地反映 HIE 新生儿脑血流灌注变化情况,对其预后评价有一定的指导意义。但本研究为单中心研究,样本量有限,所得结果可能存在选择偏倚,今后需进行多中心、大样本研究进一步验证。

参考文献

- [1] Gunn AJ, Thoresen M. Neonatal encephalopathy and hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Handb Clin Neurol*, 2019, 72(6): 217-237.
- [2] 王鑫,姜泓.新生儿缺氧缺血性脑病的病因和发病机制研究进展[J]. *新乡医学院学报*, 2019, 36(2): 194-197.
- [3] 何青,王娟,马学进,等. MRI 新技术在新生儿缺氧缺血性脑病预后评估的研究进展[J]. *磁共振成像*, 2022, 13(9): 127-131.
- [4] 刘聪慧,高伟,夏凤艳,等. 国内新生儿缺氧缺血性脑病产科危险因素的系统评价[J]. *中国妇幼保健*, 2019, 34(9): 2169-2173.
- [5] 杨茹,王明玉,任孝林,等. TCD 监测颅内血流动力学参数评估脑血管病患者颈动脉狭窄程度及神经功能恶化的风险[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(21): 5135-5138.
- [6] Milanlioglu A, Yaman A, Kolukisa M, et al. Evaluation of cerebral hemodynamic status in patients with unilateral symptomatic carotid artery stenosis during motor tasks, through use of transcranial Doppler sonography[J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2022, 80(4): 339-343.
- [7] 中华医学会儿科学分会新生儿学组. 新生儿缺氧缺血性脑病诊断标准[J]. *中华儿科杂志*, 2005, 43(8): 584-584.
- [8] 查会芳. 新生儿行为神经测定对高危儿预后评估的价值[J]. *中国儿童保健杂志*, 2005, 13(1): 32.
- [9] 陈莉,陈信. 持续脑功能监测在新生儿缺氧缺血性脑病的应用效果[J]. *中华全科医学*, 2020, 18(4): 564-567.
- [10] 霍亚玲,郑彬,王丹,等. 彩色多普勒超声对新生儿缺氧缺血性脑病的诊断价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(2): 101-104.
- [11] Crupi R, Di Paola R, Esposito E, et al. Middle cerebral artery occlusion by an intraluminal suture method[J]. *Methods Mol Biol*, 2018, 31(6): 393-401.
- [12] 魏邦虎,霍亚玲,王丹,等. 颅脑超声检查对新生儿缺氧缺血性脑病早期诊断的研究价值[J]. *医学影像学杂志*, 2021, 31(8): 1270-1273.
- [13] 张鹏花,罗立倩,潘艳艳,等. 彩超在缺氧缺血性脑病新生儿脑血流参数中的检测价值分析[J]. *血栓与止血学*, 2020, 26(3): 409-411.
- [14] 陈文显,韩运生,刘道. 新生儿缺氧缺血性脑病的脑超声血流动力学特征及与临床预后的关系[J]. *中国超声医学杂志*, 2020, 36(9): 769-773.
- [15] 李婷婷,单云云,刘乐,等. 大脑中动脉血流动力学参数在新生儿缺血缺氧性脑病诊断和预后预测中的价值[J]. *川北医学院学报*, 2022, 37(10): 1257-1260, 1287.
- [16] 杜俊彬,翟玉霞,陈兰妹,等. 新生儿缺氧缺血性脑病的脑超声血流动力学特征与预后关系评价[J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2021, 18(5): 74-77.

(收稿日期:2023-02-07)