

颅脑超声预测高危新生儿神经发育情况的临床价值

方洁莹¹, 邱懿德², 王平¹

摘要 **目的** 应用颅脑超声检测高危新生儿脑血流动力学变化, 探讨其预测神经发育情况的临床应用价值。**方法** 选取我院新生儿重症监护室收治的高危新生儿 102 例, 根据随访 6 个月新生儿神经发育情况分为异常组 45 例和正常组 57 例, 应用颅脑超声获取其大脑中动脉水平段脑血流动力学参数, 包括收缩期峰值流速 (PSV)、舒张末期流速 (EDV)、阻力指数 (RI)、搏动指数 (PI), 比较两组脑血流动力学参数的差异。采用 Logistic 回归分析筛选预测新生儿神经发育异常的独立影响因素; 绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析各参数单独及联合应用预测新生儿神经发育异常的诊断效能。**结果** 异常组新生儿 RI、PI 均高于正常组, PSV、EDV 均低于正常组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。Logistic 回归分析显示, RI、PI 均为预测新生儿神经发育异常的独立危险因素, PSV、EDV 均为独立保护因素 (均 $P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示, PSV、EDV、RI、PI 预测高危新生儿神经发育异常的曲线下面积分别为 0.861、0.868、0.818、0.872, 各参数联合应用的曲线下面积为 0.978, 高于其单独应用, 差异均有统计学意义 ($Z=3.751, 4.133, 3.052, 3.421$, 均 $P < 0.05$)。**结论** 颅脑超声在预测高危新生儿神经发育情况中具有一定的临床应用价值。

关键词 超声检查; 颅脑; 脑血流动力学; 脑神经发育; 高危新生儿
[中图法分类号] R445.1 [文献标识码] A

Clinical value of cranial ultrasound in predicting neurodevelopmental outcomes in high-risk neonates

FANG Jieying¹, QIU Yide², WANG Ping¹

1. Department of Ultrasound Medicine, the Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510630, China.

2. Ultrasound Treatment Center, Foshan First People's Hospital, Foshan 528000, China

ABSTRACT **Objective** To measure the cerebral hemodynamic changes in high-risk neonates by cranial ultrasound, and to explore its clinical value in predicting neurodevelopmental outcomes. **Methods** A total of 102 high-risk neonates admitted to the neonatal intensive care unit in our hospital were enrolled, according to the neurodevelopmental outcomes at 6 months of follow-up, the neonates were divided into abnormal group (45 cases) and normal group (57 cases). Cranial ultrasound was used to measure cerebral hemodynamic parameters of middle cerebral artery horizontal segment, including peak systolic velocity (PSV), end-diastolic velocity (EDV), resistance index (RI), and pulsatility index (PI). The differences in cerebral hemodynamic parameters between the two groups were compared. Logistic regression analysis was performed to identify independent influencing factors for predicting neurodevelopmental abnormalities. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic performance of individual and combined cerebral hemodynamic parameters in predicting neurodevelopmental abnormalities. **Results** The RI and PI in the abnormal group were significantly higher than those in the normal group, while PSV and EDV were significantly lower (all $P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that RI and PI were independent risk factors for predicting neurodevelopmental abnormalities, while PSV and EDV were independent protective factors (all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of PSV, EDV, RI, and PI in predicting neurodevelopmental abnormalities were 0.861, 0.868, 0.818, and 0.872, respectively. The AUC of combined parameters was 0.978, which was significantly higher than that of each parameter alone ($Z=3.751, 4.133, 3.052, 3.421$, all $P < 0.05$). **Conclusion** Cranial ultrasound has a certain clinical application value in predicting neurodevelopmental outcomes in high-risk neonates.

KEY WORDS Ultrasonography; cranial; Cerebral hemodynamic; Neurodevelopment; High-risk neonates

高危新生儿是指由于孕妇年龄较大、存在妊娠并发症、分娩过程出现异常,或新生儿自身存在某些风险因素,从而面临较高健康风险的群体,这类新生儿发生血糖代谢紊乱、呼吸困难、神经系统受损、血液系统障碍,以及心血管、消化系统疾病的风险更高,严重影响其存活率^[1]。随着医学技术的不断发展,高危新生儿的存活率有了显著提高,其预后也逐渐引起临床关注^[2-3]。研究^[4]显示,约 25% 的高危新生儿存在潜在的神经发育异常,故对其进行早期筛查和监测尤为重要。颅脑超声作为一种无创、便捷、安全、无辐射的影像学检查技术,能够对新生儿颅内结构进行详细观察,有助于早期识别脑室扩张、脑内出血等异常,尤其对于高危新生儿预后具有重要的临床意义^[5-7]。基于此,本研究应用颅脑超声检测高危新生儿脑血流动力学变化,旨在探讨其预测神经发育情况的临床应用价值,以期临床诊治提供参考依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2022 年 4 月至 2023 年 6 月我院新生儿重症监护室收治的高危新生儿 102 例,男 54 例,女 48 例,胎龄 37~42 周,平均(38.77±1.03)周。纳入标准:①明确诊断为新生儿脑病或脑损伤高风险^[8];②新生儿出生后 24 h 内入院;③胎龄≥37 周。排除标准:①患有严重先天性疾病;②入院 7 d 内因放弃治疗、死亡或转院而退出本研究;③颅脑超声检查提示存在产前脑损伤。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患儿监护人均知情同意。

二、仪器与方法

1. 颅脑超声检查:使用迈瑞 M9 便携式彩色多普勒超声诊断仪,线阵探头,频率 5~13 MHz。所有新生儿均于出生后 24 h 内进行颅脑超声检查,取仰卧位,头部保持中立位,必要时使用软垫固定;检查过程中若新生儿躁动或哭闹,可口服 10% 水合氯醛溶液给予镇静(剂量 0.5 ml/kg,最大剂量不超过 1.0 ml/kg)。应用彩色多普勒经囟门、颞窗冠状切面或矢状切面定位大脑中动脉水平段,调整探头角度使之与目标血管平行,于血管中央进行容积采样,并调整采样容积大小使之与血管内径相当,获取血流频谱图,测量脑血流动力学参数,包括收缩期峰值流速(PSV)、舒张末期流速(EDV)、阻力指数(RI)、搏动指数(PI),所有参数均重复测量 3 次取平均值。上

述操作均由 2 名具有 5 年以上新生儿颅脑检查经验的超声医师共同完成。

2. 一般资料获取:收集新生儿一般资料,包括性别、出生体质量、胎龄、分娩方式及 1 min Apgar 评分^[9]。记录孕妇是否出现胎盘早剥、羊水异常、妊娠并发症(主要包括妊娠期高血压疾病或糖尿病、胎盘功能不全等)、重度脓毒症。

3. 随访及分组:于新生儿出院后 6 个月使用贝利婴幼儿发展量表获取其智力发育指数(MDI)和运动发育指数(PDI),当 MDI 或 PDI<70 分或低于平均值 2 个标准差时提示神经发育异常^[10]。本研究根据随访结果将 102 例高危新生儿分为异常组 57 例和正常组 45 例。

三、统计学处理

应用 SPSS 24.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验;计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。采用 Logistic 回归分析筛选预测新生儿神经发育异常的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数单独及联合应用预测新生儿神经发育异常的诊断效能,曲线下面积(AUC)比较采用 Z 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料比较

异常组新生儿 1 min Apgar 评分低于正常组,差异有统计学意义($P<0.05$);两组性别、出生体质量、胎龄、分娩方式及孕妇出现胎盘早剥、羊水异常、妊娠并发症、重度脓毒症占比比较差异均无统计学意义。见表 1。

二、两组颅脑超声检查结果比较

异常组新生儿 RI、PI 均高于正常组,PSV、EDV 均低于正常组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见图 1 和表 2。

三、Logistic 回归分析

以高危新生儿是否出现神经发育异常(是=1,否=0)为因变量,PSV、EDV、RI、PI、1 min Apgar 评分为自变量进行 Logistic 回归分析,结果显示 RI、PI 均为预测新生儿神经发育异常的独立危险因素,PSV、EDV 均为独立保护因素(均 $P<0.05$)。见表 3。

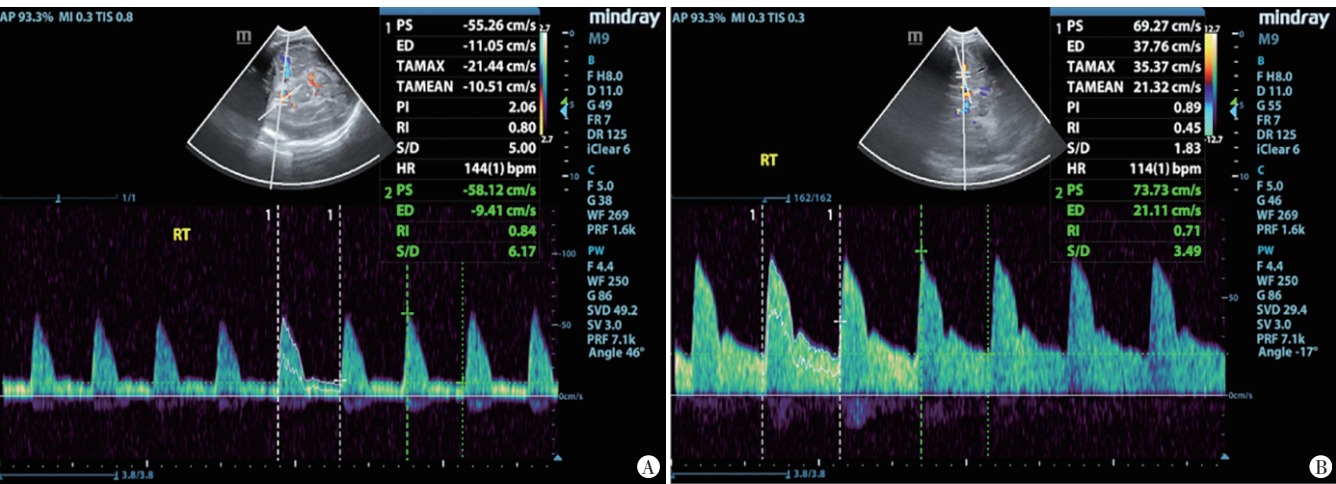
四、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示,PSV、EDV、RI、PI 预测高危新生儿神经发育异常的 AUC 分别为 0.861、0.868、0.818、

表1 两组一般资料比较

组别	男/女 (例)	出生体质量 (kg)	胎龄 (周)	分娩方式(例)		1 min Apgar评分 (分)	胎盘早剥 (例)	羊水异常 (例)	妊娠并发症 (例)	重度脓毒症 (例)
				剖宫产	经阴道分娩					
正常组(45)	24/21	3.36±0.54	38.90±1.10	26	19	9.16±2.68	1	17	3	4
异常组(57)	30/27	3.18±0.67	38.70±0.90	35	22	5.67±2.04	2	22	4	5
t/χ^2 值	0.043	1.465	1.010	2.091		7.469	—	0.007	—	—
P 值	0.835	0.146	0.315	0.148		<0.001	0.835	0.933	0.745	0.741

—示采用Fisher精确检验



A:异常组新生儿(胎龄36⁺周,出生体质量1.88 kg)PSV为55.26 cm/s,EDV为11.05 cm/s,RI为0.80,PI为2.06;B:正常组新生儿(胎龄38⁺周,出生质量3.13 kg)PSV为69.27 cm/s,EDV为37.76 cm/s,RI为0.45,PI为0.89

图1 两组颅脑超声图

表2 两组颅脑超声检查结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)	RI	PI
正常组	53.08±3.25	23.01±2.46	0.66±0.06	1.18±0.23
异常组	47.76±3.58	18.98±2.51	0.76±0.09	1.94±0.59
t 值	7.758	8.122	7.623	8.159
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

PSV:收缩期峰值流速;EDV:舒张末期流速;RI:阻力指数;PI:搏动指数

0.872,对应的截断值分别为49.70 cm/s、20.38 cm/s、0.70、1.43,灵敏度分别为71.93%、73.68%、68.42%、80.70%,特异度分别为86.67%、88.89%、86.67%、88.89%;各参数联合应用的AUC为0.978,灵敏度为94.74%,特异度为84.44%,AUC高于其单独应用,差异均有统计学意义($Z=3.751,4.133,3.052,3.421$,均 $P<0.05$)。见表4和图2。

表3 预测高危新生儿神经发育异常的Logistic回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	OR值	OR值的95%可信区间	P 值
PSV	-0.173	0.057	9.229	0.841	0.752~0.940	0.002
EDV	-0.365	0.102	12.825	0.694	0.568~0.848	<0.001
RI	0.697	0.249	7.827	2.007	1.232~3.269	0.005
PI	0.637	0.207	9.473	1.891	1.260~2.837	0.002
1 min Apgar评分	0.193	0.191	1.022	1.213	0.834~1.764	0.312

表4 各参数单独及联合应用预测高危新生儿神经发育异常的ROC曲线分析

方法	AUC	AUC的95%可信区间	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	P 值
PSV	0.861	0.778~0.921	49.70 cm/s	71.93	86.67	0.586	<0.001
EDV	0.868	0.787~0.927	20.38 cm/s	73.68	88.89	0.626	<0.001
RI	0.818	0.729~0.888	0.70	68.42	86.67	0.506	<0.001
PI	0.872	0.791~0.930	1.43	80.70	88.89	0.696	<0.001
联合应用	0.978	0.929~0.990	—	94.74	84.44	0.925	<0.001

AUC:曲线下面积

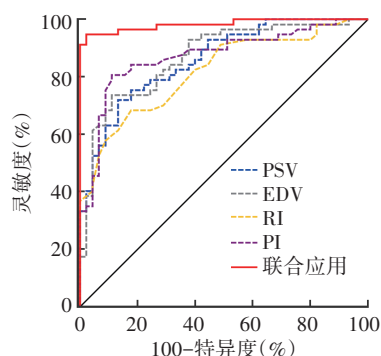


图2 各参数单独及联合应用预测高危新生儿神经发育异常的ROC曲线图

讨论

高危新生儿是指在胎儿期、分娩期及新生儿期因存在某些高危因素对其生长发育和机体功能产生严重不良影响的特殊群体^[11]。这些危险因素包括但不限于早产、窒息、黄疸、感染、出生缺陷及母体因素(高龄妊娠、妊娠并发症)等^[12]。高危新生儿最主要的并发症为神经发育问题,包括脑瘫、运动和认知障碍、视觉和听觉缺陷及行为问题^[13],不仅给家庭带来情感负担,也给社会带来沉重的经济负担^[14]。因此,早期预测并发现新生儿神经发育异常对于指导临床治疗和改善预后具有重要意义。本研究应用颅脑超声检测高危新生儿脑血流动力学变化,旨在探讨其预测神经发育情况的临床应用价值,以期临床诊治提供参考依据。

由于新生儿脑体积小,容易受运动影响,而且扫描时间有限,导致其生理和功能性脑成像具有一定的挑战性^[15]。CT、PET、近红外脑功能成像是目前评估成人脑血流量和代谢情况的常用方法,但其具有辐射,难以准确观察脑深部组织,或需使用外源示踪剂,故其在新生儿脑成像中的应用受到限制^[16]。颅脑超声是一种无创、便捷、无辐射的检查方法,能够为新生儿提供便捷的床旁脑部成像检查,对于存在严重脑部异常的新生儿,可以较好地评估其脑结构和血流动力学变化,在制定治疗方案方面具有重要的临床指导价值^[17-18]。既往研究^[19]表明,颅脑超声测得的脑血流动力学参数可反映脑血管的自身调节能力,以及脑组织的灌注情况。本研究结果显示,异常组新生儿RI、PI均高于正常组,PSV、EDV均低于正常组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示脑血流动力学参数在预测新生儿神经发育中具有重要的作用。PSV和EDV减低表明脑血流量减少,而脑供血不足是高危新生儿

神经发育异常的重要机制^[20];RI和PI升高则反映了脑血管阻力增加,这与脑部微循环功能障碍和脑组织损伤相关^[21]。本研究Logistic回归分析显示,RI、PI均为预测高危新生儿神经发育异常的独立危险因素,PSV、EDV均为独立保护因素(均 $P<0.05$)。表明颅脑超声不仅能够反映高危新生儿脑血流动力学的变化,还能在一定程度上反映其神经发育异常的潜在风险;特别是RI、PI的升高与神经发育异常密切相关,这为高危新生儿的早期干预提供了重要参考。

本研究ROC曲线分析显示,PSV、EDV、RI、PI及其联合应用预测新生儿神经发育异常的AUC分别为0.861、0.868、0.818、0.872、0.978,联合应用的AUC高于单独应用,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),表明上述参数有助于临床预测新生儿神经发育异常,且联合应用的预测价值更高,进一步证实颅脑超声在预测高危新生儿神经发育不良中具有一定价值。

综上所述,颅脑超声在预测高危新生儿神经发育情况中具有一定的临床应用价值,对于提高新生儿的生存质量和改善预后具有重要意义。但本研究样本量较小,未能考虑妊娠期并发症、孕期感染等可能的混杂因素,今后需扩大样本量,排除更多混杂因素深入探讨。

参考文献

- [1] Stephanie D, Kristin M, Jessica R, et al. Detection of congenital cytomegalovirus infection on high-risk newborn population[J]. Gene Med, 2022, 24(3S): S316.
- [2] 赵宝君, 张卫星, 王平, 等. 胎膜早破并发宫内感染产妇LncRNA CRNDE和miR-182表达及其与新生儿脑损伤的关系[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(3): 466-470.
- [3] 罗环宇, 胡迪, 杨双凤, 等. 基于临床和MRI特征的足月新生儿化脓性脑膜炎神经系统不良预后高危因素分析[J]. 中华放射学杂志, 2024, 58(3): 301-306.
- [4] 彭晔, 丁颖, 杨树梅, 等. 基于12月龄神经行为发育结局的无临床症状的足月高危新生儿早期脑电生理筛查的队列研究[J]. 中国循证儿科杂志, 2023, 18(2): 85-90.
- [5] 莫韦宽, 刘小兰, 徐梅. 颅脑超声联合相关血清指标诊断新生儿缺血缺氧性脑病价值[J]. 中国计划生育学杂志, 2023, 31(4): 936-939, 994.
- [6] 熊翠莲, 贾舒雯, 胡万建, 等. GDM孕妇新生儿NBNA评分、颅脑超声指标评估早期脑发育价值[J]. 中国计划生育学杂志, 2023, 31(10): 2452-2456.
- [7] 叶海峰, 邵倩, 贾颖超. 颅脑超声在新生儿颅内出血诊断中的临床价值[J]. 中国基层医药, 2023, 30(9): 1419-1421.
- [8] 刘敬, 俞惠民, 毛健, 等. 早产儿脑损伤诊断与防治专家共识[J].

- 中国当代儿科杂志, 2012, 14(12): 883-884.
- [9] Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant[J]. *Anesth Analg*, 2015, 120(5): 1056-1059.
- [10] Flynn RS, Huber MD, DeMauro SB. Predictive value of the BSID- II and the Bayley- III for early school age cognitive function in very preterm infants[J]. *Glob Pediatr Health*, 2020, 20(11): 2333794X20973146.
- [11] 罗文丽, 赵畅. GMs 质量评估联合颅脑 MRI 对高危新生儿运动发育结局的预测价值[J]. *湖北医药学院学报*, 2022, 41(5): 480-484.
- [12] 中华医学会儿科学分会新生儿学组, 中华儿科杂志编辑委员会. 高危新生儿分类分级管理专家共识(2023)[J]. *中华儿科杂志*, 2023, 61(10): 869-873.
- [13] Estiphan T, Sturza J, Shellhaas RA, et al. A novel clinical risk scoring system for neurodevelopmental outcomes among survivors of neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy (HIE)[J]. *Pediatr Neonatol*, 2024, 65(4): 354-358.
- [14] Tefera M, Assefa N, Mengistie B, et al. Elective cesarean section on term pregnancies has a high risk for neonatal respiratory morbidity in developed countries: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Front Pediatr*, 2020, 8(1): 286.
- [15] Qi Y, Wang X, Mao J. Quantitative assessment of cerebral metabolism and hemodynamics in small-for-gestational-age (SGA) newborns[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11(6): 2321-2332.
- [16] Hashem M, Zhang Q, Wu Y, et al. Using a multimodal near-infrared spectroscopy and MRI to quantify gray matter metabolic rate for oxygen: a hypothermia validation study[J]. *Neuroimage*, 2020, 206: 116315.
- [17] 周静, 曾燕荣, 陈洁, 等. 颅脑超声检查母体妊娠期糖尿病的新生儿脑损伤的诊断价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2020, 36(8): 711-714.
- [18] 中国康复医学会儿童康复专业委员会, 中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会, 中国医师协会康复医师分会儿童康复专业委员会, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2022)第二章: 脑性瘫痪高危儿的评定与干预[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2022, 37(13): 974-982.
- [19] Hou W, Tang PH, Agarwal P. The most useful cranial ultrasound predictor of neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm infants[J]. *Clin Radiol*, 2020, 75(4): 278-286.
- [20] Kortenbout AJ, Costerus S, Dudink J, et al. Automatic max-likelihood envelope detection algorithm for quantitative high-frame-rate ultrasound for neonatal brain monitoring[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2024, 50(3): 434-444.
- [21] Marcic M, Marcic L, Lovric Kojundzic S, et al. Chronic endothelial dysfunction after COVID-19 infection shown by transcranial color-coded Doppler: a cross-sectional study[J]. *Biomedicine*, 2022, 10(10): 2550.
- [21] Ren J, Li J, Chen S, et al. Unveiling the potential of ultrasound in brain imaging: innovations, challenges, and prospects[J]. *Ultrasonics*, 2025, 145: 107465.

(收稿日期: 2024-10-08)

《临床超声医学杂志》征订启事

《临床超声医学杂志》是经国家科委批准, 集超声影像诊断、治疗、工程及基础研究为一体的科技刊物。国内外公开发刊, 月刊。为“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”“中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)”。设有临床研究、实验研究、病例报道、述评、专家讲座、工程及译文等栏目, 报道超声医学领域影像诊断与治疗的先进技术和前沿进展, 为广大临床超声医师和研究人员提供良好的学术交流平台。

本刊刊号: ISSN 1008-6978; CN 50-1116/R。邮发代号: 78-116。

每期定价: 19 元, 全年 228 元(含邮寄费)。请到全国各地邮局订阅, 也可直接向本刊编辑部订阅。

地址: 重庆市渝中区临江路 74 号, 重庆医科大学附属第二医院内, 临床超声医学杂志编辑部。邮编: 400010

电话: 023-63811304。Email: lccscq@vip.163.com