

超早产儿生后72 h内低血压发生的危险因素及预后分析

刘太祥 施丽萍

(浙江大学医学院附属儿童医院新生儿重症监护室/

国家儿童健康与疾病临床医学研究中心, 浙江杭州 310052)

[摘要] **目的** 探讨超早产儿生后72 h内低血压的危险因素和预后。**方法** 回顾性分析2019年1月—2022年4月于浙江大学医学院附属儿童医院收治的超早产儿住院期间的临床资料。根据生后72 h内是否存在低血压, 将入选患儿分为低血压组(41例)和正常血压组(82例), 比较2组的临床特征、出生后72 h内的超声心动图参数和早期并发症, 并采用多因素logistic回归分析探讨生后72 h内低血压的危险因素。采用受试者操作特征曲线分析评估相关指标预测超早产儿生后72 h内发生低血压的价值。**结果** 低血压组7 d内药物或手术关闭动脉导管未闭(patent ductus arteriosus, PDA)、≥Ⅲ度脑室内出血和严重肺出血的患儿比例及7 d内病死率显著高于正常血压组($P<0.05$)。多因素logistic回归分析显示, 出生体重较低、PDA直径较大及有血流动力学意义的PDA是超早产儿生后72 h内发生低血压的危险因素($P<0.05$)。受试者操作特征曲线分析显示, 出生体重、PDA直径、有血流动力学意义的PDA 3个指标联合预测超早产儿生后72 h内发生低血压的曲线下面积为0.873 (95%CI: 0.802~0.944, $P<0.05$), 灵敏度和特异度分别为73.2%和91.5%。**结论** 超早产儿生后72 h内低血压的发生与出生体重和PDA密切相关, 并增加早期严重并发症和死亡的发生风险。

[中国当代儿科杂志, 2023, 25 (10): 1001-1007]

[关键词] 低血压; 动脉导管未闭; 脑室内出血; 肺出血; 超早产儿

Risk factors and prognosis of hypotension within 72 hours after birth in extremely preterm infants

LIU Tai-Xiang, SHI Li-Ping. Department of Neonatal Intensive Care Unit, Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine/National Clinical Research Center for Child Health, Hangzhou 310052, China (Shi L-P, Email: slping2008@163.com)

Abstract: Objective To investigate the risk factors and prognosis of hypotension within 72 hours after birth in extremely preterm infants. **Methods** A retrospective analysis was conducted on clinical data of extremely preterm infants admitted to the Children's Hospital of Zhejiang University School of Medicine from January 2019 to April 2022. Based on the presence of hypotension within 72 hours after birth, the eligible infants were divided into a hypotension group (41 cases) and a normotension group (82 cases). The clinical characteristics, echocardiographic parameters within 72 hours after birth, and early complications were compared between the two groups. Multivariate logistic regression analysis was used to explore the risk factors for hypotension within 72 hours after birth, and receiver operating characteristic curve analysis was performed to evaluate the predictive value of relevant indicators for the occurrence of hypotension within 72 hours after birth in the preterm infants. **Results** The proportion of infants who required medication or surgical closure of patent ductus arteriosus (PDA), the proportions of infants with intraventricular hemorrhage $\geq$ grade III and severe pulmonary hemorrhage, and the mortality rate within 7 days in the hypotension group were significantly higher than those in the normotension group ($P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that lower birth weight, larger PDA diameter, and hemodynamically significant PDA were risk factors for the occurrence of hypotension within 72 hours after birth in extremely preterm infants ($P<0.05$). The receiver operating characteristic curve analysis showed that the combination of birth weight, PDA diameter, and hemodynamically

[收稿日期] 2023-04-07; [接受日期] 2023-08-02

[作者简介] 刘太祥, 男, 硕士, 主治医师。

[通信作者] 施丽萍, 女, 主任医师。Email: slping2008@163.com。

significant PDA had an area under the curve of 0.873 (95%CI: 0.802-0.944, $P<0.05$) for predicting hypotension within 72 hours after birth, with a sensitivity of 73.2% and specificity of 91.5%. **Conclusions** Hypotension within 72 hours after birth is closely related to birth weight and PDA, and increases the risk of early severe complications and mortality in extremely preterm infants. [Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2023, 25(10): 1001-1007]

Key words: Hypotension; Patent ductus arteriosus; Intraventricular hemorrhage; Pulmonary hemorrhage; Extremely preterm infant

低血压是超早产儿生后早期心血管系统适应阶段的主要挑战之一。从宫内胎儿循环向生后新生儿循环的转变过程中,会引起早产儿不成熟心肌细胞前后负荷及血流动力学状态的变化,再加上动脉导管的延迟关闭、肾上腺皮质功能低下、围生期窒息、感染及正压通气等,最终导致低血压的发生^[1-2]。据统计,15%~50%的超早产儿生后早期会出现低血压,并且低血压的发生率与胎龄和出生体重密切相关^[3]。

血压主要取决于心输出量及体循环阻力,主要作用是分配血流,从而保障器官功能的正常。血压的下降往往伴随心输出量或体循环血流量的减少、氧供需间失衡,进而引起细胞缺氧、代谢紊乱及器官功能障碍^[4]。有研究表明,超早产儿生后早期血流动力学不稳定与各种并发症,如严重脑室内出血(intraventricular hemorrhage, IVH)、肺出血、支气管肺发育不良、运动发育迟缓、听力损害有关,并且增加死亡风险^[5-9]。

本研究对我院收治的超早产儿生后早期病例资料及并发症情况进行回顾性分析,并探讨出生后72 h内发生低血压的危险因素,从而为改善超早产儿的预后和降低病死率提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性纳入2019年1月—2022年4月在我院新生儿重症监护室(neonatal intensive care unit, NICU)住院的123例超早产儿作为研究对象。入院后采用有创动脉或无创袖带法持续监测外周动脉血压,根据生后72 h内是否发生低血压分为低血压组和正常血压组。纳入标准:(1)胎龄<28周;(2)入院时日龄<72 h。排除标准:(1)存在除动脉导管未闭(patent ductus arteriosus, PDA)、房间隔缺损、小型室间隔缺损之外的复杂性先天性心脏病;(2)严重先天畸形;(3)感染性休克;(4)临床资料缺失。

本研究经浙江大学医学院附属儿童医院医学伦理委员会批准(2022-IRB-136),并获得豁免知

情同意。

1.2 临床资料收集

(1)母孕期情况:是否有妊娠高血压性疾病、妊娠糖尿病、绒毛膜羊膜炎、多胎妊娠,以及产前糖皮质激素使用情况等;(2)新生儿一般情况:胎龄、出生体重、是否为小于胎龄儿(small for gestational age, SGA)、出生方式、性别、5 min Apgar评分及生后首次血气分析结果等;(3)呼吸窘迫综合征及机械通气治疗情况:入院时氧合指数(oxygenation index, OI)、肺泡表面活性物质(pulmonary surfactant, PS)应用情况、是否有严重肺动脉高压、一氧化氮吸入(nitric oxide inhalation, iNO)情况、有创机械通气及72 h内撤机情况;(4)PDA及其治疗情况:包括PDA相关的心脏超声指标、有血流动力学意义的PDA(hemodynamically significant PDA, hsPDA)、药物或手术治疗情况;(5)生后1周内治疗情况,如血管活性药物应用的时机、种类及剂量;(6)生后1周内≥Ⅲ度IVH、严重肺出血、急性肾损伤等并发症发生情况;(7)预后:7 d内死亡情况。

1.3 床旁心脏超声监测

采用GE Vivid™ iq便携式心脏超声诊断仪对纳入研究对象在生后0~72 h内进行PDA大小及其多普勒超声的监测,具体测量指标包括:PDA直径、左心房/主动脉根部直径之比(ratio of the left atrium to aorta diameter, LA/Ao)、左心室舒张末期内径(left ventricular end diastolic diameter, LVEDD)、左心室短轴缩短率(left ventricular fractional shortening, LVFS)、多普勒超声[经动脉导管收缩期峰值流速(peak systolic flow velocity, PSFV)、经动脉导管舒张末期流速(end diastolic flow velocity, EDFV)]及经导管血流频谱等。

1.4 定义

(1)超早产儿定义为胎龄<28周者^[10]。

(2)正常血压及低血压的定义:出生后72 h内平均动脉压大于或等于胎龄为正常血压,若低于同胎龄早产儿正常血压持续15 min以上为低血压^[11]。血管活性-正性肌力药物(多巴胺、多巴酚

丁胺、肾上腺素等)的使用时机、剂量及调整均由我院主治医师及以上医师根据患儿临床状态及血压情况决定,并计算血管活性-正性肌力药物评分(vasoactive inotropic score, VIS)。VIS=多巴胺剂量 $[\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})]$ +多巴酚丁胺剂量 $[\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})]$ + $10\times$ 米力农剂量 $[\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})]$ + $100\times$ 肾上腺素剂量 $[\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})]$ + $100\times$ 去甲肾上腺素剂量 $[\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})]$ + $10\,000\times$ 血管加压素剂量 $[\text{U}/(\text{kg}\cdot\text{min})]$ ^[12]。

(3)通过多普勒超声测量经动脉导管的分流方向和速度将PDA分流类型分为以下4类。右向左分流型:右向左分流 $>30\%$ 心动周期;进展型:双向分流,右向左分流 $<30\%$ 心动周期;脉冲型:脉冲型左向右分流,PSFV/EDFV ≥ 2 ;自然关闭型:连续性左向右分流,PSFV/EDFV <2 ^[13]。

(4)hsPDA定义为PDA直径 $>2\text{ mm}$,且LA/Ao >1.4 ^[14]。

1.5 样本量计算

本研究的研究设计为诊断性试验,采用MedCalc软件计算样本量。假设低血压组和正常血压组患儿的比例为1:2,期望的受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC曲线)的曲线下面积至少达到0.80,假设 $\alpha=0.01$, $\beta=0.05$,则低血压组至少需要22例,正常血压组44例,共66例。假设有10%的失访率,共至少需要样本数73例。

1.6 统计学分析

采用SPSS 21.0软件对数据进行统计学分析。正态分布的计量资料以均值 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用两样本 t 检验;非正态分布计

量资料以中位数(四分位数间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验;计数资料以例数和百分率(%)表示,组间比较采用卡方检验或Fisher确切概率法。低血压的影响因素分析采用多因素logistic回归分析。采用ROC曲线分析评估相关指标预测超早产儿生后发生低血压的价值。所有检验均为双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况、治疗及心脏超声指标

共有123例超早产儿符合纳入标准,其中低血压组41例,正常血压组82例;男性69例(56.1%),女性54例(43.9%);平均胎龄(26.7 ± 0.9)周,平均出生体重(907 ± 166)g。低血压组胎龄和出生体重低于正常血压组,入院时OI、PS应用比例及有创机械通气比例高于正常血压组($P<0.05$)。2组间母孕期情况、SGA比例、男性比例、顺产比例、5 min Apgar评分、酸碱度、乳酸、碱剩余及72 h内撤机失败率等指标的比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

在生后72 h内心脏超声指标方面,低血压组患儿PDA直径大于正常血压组,hsPDA比例及进展型PDA比例高于正常血压组,而自然关闭型PDA的比例则低于正常血压组,低血压组PSFV及EDFV均小于正常血压组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。2组间脉冲型PDA比例、右向左分流型PDA比例、LA/Ao、LVEDD及LVFS等指标的比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

表1 低血压组和正常血压组母孕期及新生儿临床特征的比较

指标	正常血压组 ($n=82$)	低血压组 ($n=41$)	$t/Z/\chi^2$ 值	P 值
母孕期情况				
妊娠高血压性疾病 [例(%)]	10(12)	10(24)	2.985	0.084
妊娠糖尿病 [例(%)]	23(28)	8(20)	1.057	0.304
绒毛膜羊膜炎 [例(%)]	34(42)	10(24)	3.468	0.063
多胎妊娠 [例(%)]	49(60)	28(68)	0.851	0.356
产前使用糖皮质激素 [例(%)]	21(26)	12(29)	0.186	0.666
新生儿特征				
胎龄 [$M(P_{25}, P_{75})$, 周]	27.1(26.1, 27.4)	26.4(25.7, 27.2)	-2.373	0.018
出生体重 [$M(P_{25}, P_{75})$, g]	935(848, 1 045)	780(720, 920)	-3.544	<0.001
SGA [例(%)]	2(2)	2(5)	-	0.600
男性 [例(%)]	46(56)	23(56)	0.000	1.000
顺产 [例(%)]	63(77)	27(66)	1.677	0.195

表 1 (续)

指标	正常血压组 (n=82)	低血压组 (n=41)	$t/Z/\chi^2$ 值	P 值
5 min Apgar 评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)	8.7 $\pm$ 1.8	8.2 $\pm$ 1.9	-1.545	0.125
酸碱度 [$M(P_{25}, P_{75})$]	7.26(7.20, 7.31)	7.26(7.19, 7.30)	-0.719	0.472
乳酸 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	3.2(2.3, 4.2)	3.6(2.3, 5.1)	-0.966	0.334
碱剩余 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	-5.6(-6.6, -4.1)	-5.9(-7.4, -4.2)	-1.122	0.262
OI ($\bar{x} \pm s$)	2.4 $\pm$ 1.9	3.5 $\pm$ 2.6	2.631	0.010
PS 应用 [例(%)]	55(67)	39(95)	11.935	0.001
iNO [例(%)]	0(0)	1(2)	-	0.333
有创机械通气 [例(%)]	61(74)	40(98)	9.992	0.002
72 h 内撤机失败 [例(%)]	7(9)	6(15)	-	0.355
72 h 内心脏超声指标				
PDA 直径 [$M(P_{25}, P_{75})$, mm]	2.2(1.7, 2.9)	2.9(2.3, 3.5)	-3.760	<0.001
hsPDA [例(%)]	11(13)	32(78)	50.219	<0.001
PSFV [$M(P_{25}, P_{75})$, m/s]	1.9(1.4, 2.3)	1.3(0.9, 1.9)	-3.433	0.001
EDFV ($\bar{x} \pm s$, m/s)	0.2 $\pm$ 1.0	-0.3 $\pm$ 0.8	-3.143	0.002
脉冲型 PDA [例(%)]	20(24)	9(22)	0.090	0.764
自然关闭型 PDA [例(%)]	24(29)	4(10)	5.919	0.015
进展型 PDA [例(%)]	19(23)	19(46)	6.874	0.009
右向左分流型 PDA [例(%)]	13(16)	9(22)	0.692	0.406
LA/Ao ($\bar{x} \pm s$)	1.1 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.2	0.333	0.739
LVEDD [$M(P_{25}, P_{75})$, mm]	12(11, 14)	12(11, 13)	-1.751	0.080
LVFS [$M(P_{25}, P_{75})$, %]	33(30, 36)	32(29, 37)	-1.095	0.274

注: [SGA] 小于胎龄儿; [OI] 氧合指数; [PS] 肺泡表面活性物质; [iNO] 吸入一氧化氮; [PDA] 动脉导管未闭; [hsPDA] 有血流动力学意义的动脉导管未闭; [PSFV] 经动脉导管收缩期峰值流速; [EDFV] 经动脉导管舒张末期流速; [LA/Ao] 左心房/主动脉根部直径之比; [LVEDD] 左心室舒张末期径; [LVFS] 左心室短轴缩短率。

2.2 多因素 logistic 回归分析及 ROC 曲线分析

以生后 72 h 是否发生低血压作为因变量, 以低血压组和正常血压组比较差异有统计学意义的指标作为自变量, 即胎龄、出生体重、OI、PS 应用、有创机械通气、PDA 直径、hsPDA、PSFV、

EDFV、进展型 PDA、自然关闭型 PDA 等指标纳入分析, 结果显示, 出生体重较低、PDA 直径较大及 hsPDA 是超早产儿发生低血压的危险因素 ($P<0.05$), 见表 2。

表 2 低血压危险因素的多因素回归分析

变量	B	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
常数项	-0.252	1.794	0.020	0.888	0.777	
出生体重*	-0.004	0.002	5.156	0.023	0.996	0.992~0.999
PDA 直径*	0.989	0.450	4.830	0.028	2.689	1.113~6.499
hsPDA*	2.376	0.565	17.701	<0.001	10.760	3.558~32.547

注: [PDA] 动脉导管未闭; [hsPDA] 有血流动力学意义的动脉导管未闭。*连续变量; #二分类变量。

将出生体重、PDA 直径及 hsPDA 三者作为联合指标进行 ROC 曲线分析, 显示其预测超早产儿生后 72 h 内发生低血压的曲线下面积为 0.873

(95%CI: 0.802~0.944, $P<0.001$), 灵敏度和特异度分别为 73.2% 和 91.5%, 见图 1。

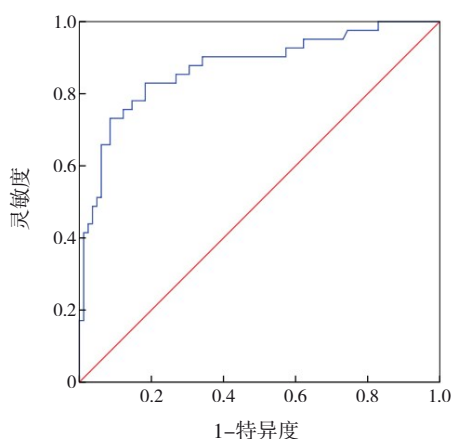


图1 联合指标预测低血压的ROC曲线

2.3 低血压组和正常血压组患儿治疗、并发症及预后的比较

低血压组中，39例（95%）生后接受PS及机械通气治疗，35例（85%）合并hsPDA，4例（10%）合并围生期窒息。低血压组患儿均接受正性肌力药物应用，平均VIS为（12±8）分。与正常血压组比较，低血压组7d内药物或手术关闭PDA比例更高（ $P<0.05$ ）。另外，低血压组出现≥Ⅲ度IVH和严重肺出血的患儿比例及7d内病死率均显著高于正常血压组（ $P<0.05$ ）。见表3。

表3 低血压组和正常血压组早期并发症及预后的比较

指标	正常血压组 (n=82)	低血压组 (n=41)	Z/ χ^2 值	P 值
7 d内药物或手术关闭PDA [例(%)]	14(17)	16(39)	7.142	0.008
7 d内药物或手术关闭PDA时间 [$M(P_{25}, P_{75})$, d]	5.5(4.3, 7.0)	3.0(3.0, 6.0)	-1.777	0.076
≥Ⅲ度IVH [例(%)]	6(7)	15(37)	16.538	<0.001
严重肺出血 [例(%)]	5(6)	19(46)	28.188	<0.001
AKI [例(%)]	1(1)	1(2)	-	1.000
7 d内死亡 [例(%)]	0(0)	6(15)	-	0.001

注：[PDA] 动脉导管未闭；[IVH] 脑室内出血；[AKI] 急性肾损伤。

3 讨论

早产儿低血压与胎龄及出生体重密切相关，并且随着胎龄及出生体重的下降其发病率逐渐升高^[15]。在本研究中，低血压组胎龄和出生体重均显著低于正常血压组，多因素回归分析显示出生体重是低血压的独立危险因素。

超早产儿的PDA发生率较高，与其导管平滑肌发育不成熟，对生后的高氧环境刺激不敏感及血浆前列腺素水平较高等有关^[16]。PDA延迟关闭会引起导管水平持续的左向右分流，并增加不成熟心肌细胞的容量负荷造成心室功能障碍，从而引起体循环血流量减少及低血压^[17-18]。本研究发现PDA直径较大和hsPDA是低血压的独立危险因素，并且低血压组需要早期药物或手术关闭PDA的患儿比例明显高于正常血压组，提示PDA是超早产儿早期出现低血压的重要原因。然而，目前早产儿PDA的治疗时机仍存在争议^[19]。近年来，基于床旁心脏超声的血流动力学监测，早期识别hsPDA并进行个体化治疗的早期目标性治疗被提出^[20]。有研究发现早期目标性治疗关闭PDA可以减少早期严重肺出血发生率、后期药物治疗率及

病死率^[21-23]，但仍需要更多大型前瞻性队列研究探讨早期目标性治疗的价值。

早产儿严重肺出血或IVH等出血性并发症通常发生在出生后72 h内，与围生期血流动力学改变及hsPDA密切相关，可导致长期的神经系统后遗症和死亡^[24-25]。早产儿心肌细胞对过渡期心血管系统转变过程中引起的前后负荷增加的代偿能力有限，进而导致心功能障碍和血压波动，伴随经导管大量的左向右分流及脑自主调节功能受损，最终导致肺出血和IVH的发生^[26]。有研究发现，与未患IVH者相比，出现IVH患儿的平均动脉压显著降低^[27]。Thewissen等^[28]亦发现低血压时早产儿脑缺氧持续时间明显延长，并增加了早期IVH或死亡风险，本研究结果与之相一致。

然而，早产儿低血压的管理仍有争议。首先，早产儿的目标血压及低血压的定义仍未统一；另外，有研究指出，正性肌力药物暴露及不恰当的药物干预会明显增加早产儿IVH及死亡风险^[29]。因此，当早产儿出现低血压时，应通过持续监测血压并结合组织灌注指标，如尿量、毛细血管再充盈时间、乳酸、碱剩余、中心静脉血氧饱和度等进行综合评估。同时结合床旁超声和近红外光

谱等其他监测技术获取有价值的信息,进一步分析低血压的病因,并指导低血压患儿的液体输注、血管活性药物选择、呼吸机策略及 PDA 的管理等^[2]。

本研究的局限性主要有:(1)本研究的研究对象来自一所儿童专科医院,该医院主要接收由其他医院转诊来的危重早产儿,因此无法完整获取患儿产时是否进行脐带挤压或延时结扎等信息,可能对分析早期低血压的危险因素产生影响。(2)本研究为回顾性分析,所有的低血压患儿均给予血管活性药物治疗,可能忽视了部分存在“允许性低血压”的患儿。因此,应设计基于组织灌注及器官血流的个体化治疗的前瞻性队列研究进一步探讨干预超早产儿低血压的预后。(3)本研究主要观察超早产儿合并低血压的近期并发症及预后,研究结论并不适用于评价远期预后。

综上所述,低血压在超早产儿的循环适应阶段十分常见,其发生与 PDA 密切相关,并显著增加早期严重并发症及死亡的风险。临床医生可以通过临床及心脏超声指标预测低血压的风险,采取及时恰当的血流动力学治疗以改善预后。

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Evans K. Cardiovascular transition of the extremely premature infant and challenges to maintain hemodynamic stability[J]. J Perinat Neonatal Nurs, 2016, 30(1): 68-72. PMID: 26813394. DOI: 10.1097/JPN.0000000000000156.
- [2] Wu TW, Noori S. Recognition and management of neonatal hemodynamic compromise[J]. Pediatr Neonatol, 2021, 62 (Suppl 1): S22-S29. PMID: 33485823. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.12.007.
- [3] Dempsey EM. What should we do about low blood pressure in preterm infants[J]. Neonatology, 2017, 111(4): 402-407. PMID: 28538235. DOI: 10.1159/000460603.
- [4] Singh Y, Katheria AC, Vora F. Advances in diagnosis and management of hemodynamic instability in neonatal shock[J]. Front Pediatr, 2018, 6: 2. PMID: 29404312. PMCID: PMC5780410. DOI: 10.3389/fped.2018.00002.
- [5] St Peter D, Gandy C, Hoffman SB. Hypotension and adverse outcomes in prematurity: comparing definitions[J]. Neonatology, 2017, 111(3): 228-233. PMID: 27898415. DOI: 10.1159/000452616.
- [6] Barrington K, El-Khuffash A, Dempsey E. Intervention and outcome for neonatal hypotension[J]. Clin Perinatol, 2020, 47(3): 563-574. PMID: 32713451. DOI: 10.1016/j.clp.2020.05.011.
- [7] Logan JW, O'Shea TM, Allred EN, et al. Early postnatal hypotension and developmental delay at 24 months of age among extremely low gestational age newborns[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2011, 96(5): F321-F328. PMID: 21138828. PMCID: PMC5452075. DOI: 10.1136/adc.2010.183335.
- [8] 刘春花, 彭斯聪, 金芳, 等. 低血压对胎龄<32周早产儿近期预后的影响[J]. 中国当代儿科杂志, 2022, 24(11): 1195-1201. PMID: 36398543. PMCID: PMC9678069. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2204120.
- [9] Gogcu S, Washburn L, O'Shea TM. Treatment for hypotension in the first 24 postnatal hours and the risk of hearing loss among extremely low birth weight infants[J]. J Perinatol, 2020, 40(5): 774-780. PMID: 32103159. PMCID: PMC7185479. DOI: 10.1038/s41372-020-0628-y.
- [10] Moreira A, Benvenuto D, Fox-Good C, et al. Development and validation of a mortality prediction model in extremely low gestational age neonates[J]. Neonatology, 2022, 119(4): 418-427. PMID: 35598593. PMCID: PMC9296601. DOI: 10.1159/000524729.
- [11] Dempsey EM, Barrington KJ, Marlow N, et al. Hypotension in preterm infants (HIP) randomised trial[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2021, 106(4): 398-403. PMID: 33627329. PMCID: PMC8237176. DOI: 10.1136/archdischild-2020-320241.
- [12] Demirhan S, Topcuoglu S, Karadag N, et al. Vasoactive inotropic score as a predictor of mortality in neonatal septic shock[J]. J Trop Pediatr, 2022, 68(6): fmac100. PMID: 36399355. DOI: 10.1093/tropej/fmac100.
- [13] van Laere D, van Overmeire B, Gupta S, et al. Application of NPE in the assessment of a patent ductus arteriosus[J]. Pediatr Res, 2018, 84(Suppl 1): 46-56. PMID: 30072803. PMCID: PMC6257219. DOI: 10.1038/s41390-018-0077-x.
- [14] Liu T, Chen Z, Ma X, et al. Predictive tool for closure of ductus arteriosus with pharmacologic or surgical treatment in preterm infants[J]. Pediatr Cardiol, 2022, 43(2): 373-381. PMID: 34510236. PMCID: PMC8435120. DOI: 10.1007/s00246-021-02731-w.
- [15] Song YH, Lee JA, Choi BM, et al. Risk factors and prognosis in very low birth weight infants treated for hypotension during the first postnatal week from the Korean Neonatal Network[J]. PLoS One, 2021, 16(10): e0258328. PMID: 34648528. PMCID: PMC8516276. DOI: 10.1371/journal.pone.0258328.
- [16] Hamrick SEG, Sallmon H, Rose AT, et al. Patent ductus arteriosus of the preterm infant[J]. Pediatrics, 2020, 146(5): e20201209. PMID: 33093140. PMCID: PMC7605084. DOI: 10.1542/peds.2020-1209.
- [17] Deshpande P, Baczynski M, McNamara PJ, et al. Patent ductus arteriosus: the physiology of transition[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2018, 23(4): 225-231. PMID: 29779927. DOI: 10.1016/j.siny.2018.05.001.
- [18] 刘太祥, 马晓路, 陈军津, 等. 生后早期床旁心脏超声预测极低出生体重儿动脉导管持续开放的研究[J]. 中国当代儿科杂志,

- 2022, 24(1): 26-32. PMID: 35177172. PMCID: PMC8802380. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2109087.
- [19] Noori S. Patent ductus arteriosus in the preterm infant: to treat or not to treat?[J]. J Perinatol, 2010, 30 (Suppl): S31-S37. PMID: 20877405. DOI: 10.1038/jp.2010.97.
- [20] Su BH, Lin HY, Chiu HY, et al. Therapeutic strategy of patent ductus arteriosus in extremely preterm infants[J]. Pediatr Neonatol, 2020, 61(2): 133-141. PMID: 31740267. DOI: 10.1016/j.pedneo.2019.10.002.
- [21] Kluckow M, Jeffery M, Gill A, et al. A randomised placebo-controlled trial of early treatment of the patent ductus arteriosus[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2014, 99(2): F99-F104. PMID: 24317704. DOI: 10.1136/archdischild-2013-304695.
- [22] Terrin G, Di Chiara M, Boscarino G, et al. Echocardiography-guided management of preterms with patent ductus arteriosus influences the outcome: a cohort study[J]. Front Pediatr, 2020, 8: 582735. PMID: 33409261. PMCID: PMC7779760. DOI: 10.3389/fped.2020.582735.
- [23] Schindler T, Smyth J, Bolisetty S, et al. Early PARacetamol (EPAR) trial: a randomized controlled trial of early paracetamol to promote closure of the ductus arteriosus in preterm infants[J]. Neonatology, 2021, 118(3): 274-281. PMID: 33845473. DOI: 10.1159/000515415.
- [24] Su BH, Lin HY, Huang FK, et al. Circulatory management focusing on preventing intraventricular hemorrhage and pulmonary hemorrhage in preterm infants[J]. Pediatr Neonatol, 2016, 57(6): 453-462. PMID: 26993561. DOI: 10.1016/j.pedneo.2016.01.001.
- [25] Khanafer-Larocque I, Soraisham A, Stritzke A, et al. Intraventricular hemorrhage: risk factors and association with patent ductus arteriosus treatment in extremely preterm neonates[J]. Front Pediatr, 2019, 7: 408. PMID: 31696098. PMCID: PMC6817605. DOI: 10.3389/fped.2019.00408.
- [26] Vesoulis ZA, Mathur AM. Cerebral autoregulation, brain injury, and the transitioning premature infant[J]. Front Pediatr, 2017, 5: 64. PMID: 28421173. PMCID: PMC5377300. DOI: 10.3389/fped.2017.00064.
- [27] Lampe R, Rieger-Fackeldey E, Sidorenko I, et al. Assessing key clinical parameters before and after intraventricular hemorrhage in very preterm infants[J]. Eur J Pediatr, 2020, 179(6): 929-937. PMID: 31993776. PMCID: PMC7220978. DOI: 10.1007/s00431-020-03585-9.
- [28] Thewissen L, Naulaers G, Hendrikx D, et al. Cerebral oxygen saturation and autoregulation during hypotension in extremely preterm infants[J]. Pediatr Res, 2021, 90(2): 373-380. PMID: 33879849. DOI: 10.1038/s41390-021-01483-w.
- [29] Rabe H, Rojas-Anaya H. Inotropes for preterm babies during the transition period after birth: friend or foe? [J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2017, 102(6): F547-F550. PMID: 28818851. DOI: 10.1136/archdischild-2016-311709.
- (本文编辑: 邓芳明)
- (版权所有©2023 中国当代儿科杂志)