

超低出生体重儿合并支气管肺发育不良的危险因素临床研究

张德志^{1,2}, 类维凯³, 杨春燕², 韩梅盈², 申青华²

(1. 山东第二医科大学临床医学院, 山东 潍坊 261000; 2. 聊城市人民医院儿科新生儿重症监护病房, 山东 聊城 252000; 3. 山东第一医科大学, 山东 济南 250000)

[摘要]目的 探讨超低出生体重儿(ELBWI)发生支气管肺发育不良(BPD)的危险因素,为临床早期识别与干预提供依据。**方法** 回顾性收集2019年1月至2024年12月于我院新生儿重症监护病房收治的101例ELBWI的临床资料,根据是否发生BPD分为BPD组($n=66$)和非BPD组($n=35$)。采用单因素分析比较两组患儿的一般资料、母亲围产期情况、治疗措施及并发症发生率的差异,将单因素分析中 $P<0.05$ 的变量纳入多因素Logistic回归模型分析BPD的独立危险因素。**结果** 共纳入101例ELBWI,BPD发病率为65.3%(66/101)。多因素Logistic回归分析显示:男婴($OR=3.368, 95\%CI:1.073\sim10.576$)、母亲患妊娠期高血压疾病($OR=6.282, 95\%CI:1.118\sim21.188$)、机械通气时间长($OR=1.102, 95\%CI:1.041\sim1.166$)为ELBWI发生BPD的独立危险因素($P<0.05$),而较高的入院体温($OR=0.093, 95\%CI:0.019\sim0.462$)及较高的平均动脉压($OR=0.894, 95\%CI:0.836\sim0.955$)是ELBWI发生BPD的保护因素($P<0.05$)。以上5个因素联合预测BPD的受试者工作特征(ROC)曲线下面积为0.907($95\%CI:0.846\sim0.967, P<0.001$)。**结论** 男婴、母亲患妊娠期高血压疾病及机械通气时间延长可增加超低出生体重儿发生支气管肺发育不良的风险,而较高的入院体温及较高的平均动脉压可降低其发生风险。加强体温和平均动脉压管理、缩短机械通气时间,可能有助于降低超低出生体重儿的支气管肺发育不良发生率。

[关键词]超低出生体重儿;早产儿;支气管肺发育不良;危险因素

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2026.05.014

[中图分类号]R173

[文献标识码]A

[文章编号]1673-5293(2026)05-0095-08

Clinical study on risk factors for bronchopulmonary dysplasia in extremely low birth weight infants

ZHANG Dezhi^{1,2}, LEI Weikai³, YANG Chunyan², HAN Meiyang², SHEN Qinghua²

(1. School of Clinical Medicine, Shandong Second Medical University, Shandong Weifang 261000, China;

2. Pediatric NICU, Liaocheng People's Hospital, Shandong Liaocheng 252000, China;

3. Shandong First Medical University, Shandong Jinan 250000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate independent risk factors for bronchopulmonary dysplasia (BPD) in extremely low birth weight infants (ELBWIs), so as to provide basis for early identification and intervention of BPD in clinic. **Methods** The clinical data (electronic records) of 101 ELBWIs who hospitalized in Neonatal Intensive Care Unit (NICU) of Liaocheng People's Hospital from January 2019 to December 2024 were selected and analyzed retrospectively. According to whether the infant had BPD, the infants were divided into BPD group ($n=66$) and non-BPD group ($n=35$). Univariate analysis was used to analyze and compare general information of the infants, maternal perinatal data, treatment regimen and incidence rate of complications of the infants between the two groups. Multivariate Logistic regression was used to analyze independent risk factors for BPD from those variables with $P<0.05$ in univariate analysis. **Results** Of 101 ELBWIs, 66 infants had BPD, the incidence rate of BPD was 65.3%. Multivariate Logistic regression analysis shown that male gender of infant ($OR=3.368, 95\%CI:1.073\sim10.576$), mother suffering from hypertensive disorders of pregnancy (HDP) ($OR=6.282, 95\%CI:1.118\sim21.188$) and prolonged use of mechanical ventilation ($OR=1.102, 95\%CI:1.041\sim1.166$) were independent risk factors for BPD (all $P<0.05$), whereas high admission temperature ($OR=0.093, 95\%CI:0.019\sim0.462$) and elevated mean arterial pressure (MAP) ($OR=0.894, 95\%CI:0.836\sim0.955$) were protective factors for occurrence of BPD. The area under the curve (AUC) of receiver operating characteristic (ROC) curve of combination of the five indexes above was 0.907 ($95\%CI:0.846\sim0.967, P<0.001$). **Conclusion** Male gender of the infant, mother

[收稿日期]2025-09-09

[基金项目]潍坊医学院附属医院科技发展项目(2023FYM110);聊城市重点研发计划政策引导类项目(2022YDSF19)

[作者简介]张德志(2000—),男,在读硕士研究生,主要从事新生儿疾病的研究。

[通讯作者]杨春燕,教授,主任医师。

suffering from HDP, and prolonged use of mechanical ventilation increase risk for BPD in ELBWIs, whereas high admission temperature and high MAP can decrease the risk. Strengthening temperature and MAP management, shortening use time of mechanical ventilation may reduce incidence of BPD in this high-risk ELBWIs.

[Key words] extremely low birth weight infant; premature infant; bronchopulmonary dysplasia; risk factor

随着围产医学与危重新生儿救治技术的不断进步,超低出生体重儿(extremely low birth weight infant, ELBWI)的存活率显著提高^[1,2]。然而,早产相关并发症的负担也随之加重,其中支气管肺发育不良(bronchopulmonary dysplasia, BPD)作为 ELBWI 最常见的慢性肺疾病之一,其发生率呈逐年上升趋势。国内多中心研究数据显示,2020 年 ELBWI 中 BPD 的发生率高达 85.9%^[3]。

BPD 患儿往往住院时间更长、并发症更多,且面临反复呼吸道感染、哮喘、永久性肺功能损伤、神经发育异常及精神心理问题等远期风险,严重影响其生存质量及远期预后^[4-5]。因此,早期识别并干预 BPD 的高危因素对于改善 ELBWI 结局具有重要意义。目前,针对 ELBWI 人群发生 BPD 危险因素的研究仍相对有限。本研究通过回顾性分析 ELBWI 及其母亲的临床资料,探讨 ELBWI 发生 BPD 的危险因素,以期临床早期识别与干预提供依据^[6]。

1 资料与方法

1.1 研究对象及分组

选取 2019 年 1 月至 2024 年 12 月于我院新生儿重症监护病房(neonatal intensive care unit, NICU)收治的 ELBWI 作为研究对象。根据是否发生 BPD,将患儿分为 BPD 组($n=66$)和非 BPD 组($n=35$)。本研究经聊城市人民医院伦理委员会批准(批号:2024061)。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:①出生体重 $<1\,000\text{ g}$;②生后 24 h 内由本院产科娩出并直接转入 NICU;③住院时间 >28 天;④临床资料完整;⑤BPD 组患儿符合 2018 年美国国家儿童健康与人类发展研究所制定的 BPD 诊断标准^[7]。排除标准:①合并严重先天性发育畸形或遗传代谢性疾病;②合并严重先天性心脏病;③住院期间死亡、主动放弃治疗或自动出院。

研究期间,我院 NICU 共收治出生体重 $<1\,000\text{ g}$ 的早产儿 126 例,其中 116 例符合入组条件。剔除校正胎龄 36 周前死亡 2 例、结局无法确定 6 例及病历

资料不完整 7 例后,最终纳入 101 例 ELBWI 进行分析。

1.3 研究指标

通过 Epidata 数据库收集以下临床资料:

(1)母亲围产期资料:包括妊娠年龄、妊娠期高血压疾病(hypertensive disorders of pregnancy, HDP)、胎膜早破、妊娠期糖尿病、绒毛膜羊膜炎,以及产前糖皮质激素和硫酸镁使用情况等。相关并发症诊断标准参照第 4 版《实用妇产科学》^[8]。

(2)患儿入院基线资料:分娩方式、性别、出生体重、胎龄、1 分钟与 5 分钟 Apgar 评分、新生儿临床危险指数-II (clinical risk index for babies II, CRIB-II) 评分、入院体温、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)、胎次、是否为小于胎龄儿、有无重度窒息。

(3)治疗与干预措施:记录有创机械通气时间、总机械通气时间、持续用氧时间、抗生素使用时间、肠外营养持续时间、住院时间、红细胞输注次数及贫血输血治疗情况。

(4)并发症发生情况:包括Ⅲ/Ⅳ级新生儿呼吸窘迫综合征(neonatal respiratory distress syndrome, NRDS)、急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)、具有血流动力学意义的动脉导管未闭(hemodynamically significant patent ductus arteriosus, hsPDA)、Ⅲ/Ⅳ级脑室出血、肺炎、呼吸衰竭、早发型败血症(early-onset sepsis, EOS)及晚发型败血症(late-onset sepsis, LOS)。相关诊断标准参照第 5 版《实用新生儿学》^[9]。

1.4 统计学方法

应用 SPSS 27.0 软件进行统计分析。符合正态分布的定量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验;不符合正态分布的定量资料以中位数(四分位数间距)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数(百分比)[$n(\%)$]表示,组间比较采用 χ^2 检验,当理论频数 <5 时采用 Fisher 精确检验。采用向前逐步回归法进行多因素 Logistic 回归分析,变量的纳入标准为 $\alpha=0.05$,排除标准为 $\alpha=0.10$,以筛选

ELBWI 发生 BPD 的独立危险因素。运用 GraphPad Prism 10.1.2 软件绘制各危险因素单独及联合预测 BPD 的受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线,并计算曲线下面积(area under the curve,AUC)。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患儿基本特征与入院情况

本研究共纳入 101 例 ELBWI 研究对象,其中

BPD 组 66 例,占比 65.3%。BPD 组男婴构成比显著高于非 BPD 组(36 例 *vs.* 11 例, $P=0.027$)、CRIB-II 评分高于非 BPD 组($P=0.031$),同时 BPD 组的出生体重、入院体温、入院时 MAP、出生后 1 分钟 Apgar 评分、5 分钟 Apgar 评分均低于非 BPD 组,上述差异均有统计学显著性(t/Z 值分别为 -2.073 、 -2.778 、 -3.140 、 -2.546 、 -2.712 , $P<0.05$),见表 1。

表 1 BPD 组与非 BPD 组患儿基本特征与入院状况比较[$\bar{x}\pm s, M(P_{25}, P_{75}), n(\%)$]
Table 1 Comparison of baseline characteristics and admission-related parameters of patients
between the BPD group and the non-BPD group [$\bar{x}\pm s, M(P_{25}, P_{75}), n(\%)$]

变量	BPD 组(n=66)	非 BPD 组(n=35)	统计量($t/Z/\chi^2$)	<i>P</i>
多胎			2.193	0.139
是	18(27.27)	5(14.29)		
否	48(72.73)	30(85.71)		
性别			4.912	0.027
男婴	36(54.55)	11(31.43)		
女婴	30(45.45)	24(68.57)		
胎龄(周)	26.86(25.86,28.04)	27.57(26.43,28.71)	-1.357	0.175
出生体重(g)	865.00(795.00,940.00)	930.00(830.00,980.00)	-2.073	0.038
分娩方式			0.490	0.484
剖宫产	31(46.97)	19(54.29)		
顺产	35(53.03)	16(45.71)		
入院体温(℃)	36.30(36.00,36.50)	36.50(36.30,36.80)	-2.778	0.005
入院时 MAP(mmHg)	37.70(34.33,44.48)	45.00(38.70,51.30)	-3.140	0.002
小于胎龄儿			0.154	0.695
是	8(12.12)	6(17.14)		
否	58(87.88)	29(82.86)		
CRIB-II 评分	10.15±2.32	9.09±2.36	-2.184	0.031
1 分钟 Apgar 评分	6.00(3.00,7.00)	7.00(5.00,8.00)	-2.546	0.011
5 分钟 Apgar 评分	7.50(5.75,8.00)	8.00(7.00,9.00)	-2.712	0.007
重度窒息			2.992	0.084
是	22(33.33)	6(17.14)		
否	44(66.67)	29(82.86)		

2.2 母亲围产期资料的组间比较

两组患儿母亲妊娠期高血压患病率组间比较的差异具有统计学显著性($\chi^2=5.630, P=0.018$)。两组患儿母亲在妊娠年龄、合并绒毛膜羊膜炎、妊娠

期糖尿病、胎膜早破的发生率,以及产前硫酸镁使用率、糖皮质激素使用率及使用次数等资料的对比差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),见表 2。

表 2 两组患儿母亲情况比较 $[M(P_{25}, P_{75}), n(\%)]$ Table 2 Comparison of maternal information between the two groups $[M(P_{25}, P_{75}), n(\%)]$

因素	BPD 组(n=66)	非 BPD 组(n=35)	统计量($t/Z/\chi^2$)	P
母亲妊娠年龄(岁)	30(28,35)	31(28,34)	-0.200	0.841
母亲患妊娠期高血压疾病			5.630	0.018
是	39(59.09)	12(34.29)		
否	27(40.91)	23(65.71)		
妊娠期糖尿病母亲			0.457	0.499
是	8(12.12)	2(5.71)		
否	58(87.88)	33(94.29)		
产前应用硫酸镁			3.291	0.070
是	39(59.09)	27(77.14)		
否	27(40.91)	8(22.86)		
产前应用糖皮质激素			0.174	0.677
是	55(83.33)	28(80.00)		
否	11(16.67)	7(20.00)		
产前应用糖皮质激素次数	4(1,4)	4(1,4)	-0.197	0.844
胎膜早破			0.897	0.344
是	21(31.82)	8(22.86)		
否	45(68.18)	27(77.14)		
绒毛膜羊膜炎			1.789	0.181
是	3(4.55)	5(14.29)		
否	63(95.45)	30(85.71)		

2.3 临床治疗措施的组间比较

两组 ELBWI 临床治疗相关指标对比分析显示,BPD 组的有创机械通气时间、总机械通气时间、持续用氧时间、抗生素应用时间、住院时间均显著长于非 BPD 组,且红细胞输注次数增多,上述差异均

有统计学意义(t/Z 值分别为-3.332、-4.031、-4.469、-2.974、-2.224、-2.267, $P < 0.05$)。而两组与肠外营养持续时间、贫血且输血治疗发生率方面无显著关联(均 $P > 0.05$),详见表 3。

表 3 两组患儿临床治疗情况比较 $[\bar{x} \pm s, M(P_{25}, P_{75}), n(\%)]$ Table 3 Comparison of treatment regimen of patients between the two groups $[\bar{x} \pm s, M(P_{25}, P_{75}), n(\%)]$

因素	BPD 组(n=66)	非 BPD 组(n=35)	统计量($t/Z/\chi^2$)	P
有创机械通气时间(天)	16.00(7.00,26.25)	7.00(1.00,15.00)	-3.332	0.001
总机械通气时间(天)	54.00(41.75,63.25)	40.00(36.00,49.00)	-4.031	<0.001
持续用氧时间(天)	63.00(53.75,73.00)	47.00(38.00,58.00)	-4.469	<0.001
抗生素使用时间(天)	28.00(22.00,38.25)	22.00(15.00,30.00)	-2.974	0.003
肠外营养持续时间(天)	32.58±15.57	33.86±13.32	0.413	0.680
住院时间(天)	68.11±15.69	61.23±12.91	-2.224	0.028
输注红细胞次数	2(1,3)	1(0,2)	-2.267	0.023
贫血且输血治疗			3.679	0.055
是	56(84.85)	24(68.57)		
否	10(15.15)	11(31.43)		

2.4 主要并发症发生率的组间比较

BPD 组患儿肺炎、呼吸衰竭发生率显著高于非 BPD 组(χ^2 值分别为 6.941、8.115, $P < 0.05$)。两

组在Ⅲ/Ⅳ级 NRDS、ARDS、hsPDA、Ⅲ/Ⅳ级脑室出血、EOS 和 LOS 发生率方面比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 详见表 4。

表 4 两组患儿并发症的比较[n(%)]

Table 4 Comparison of incidence of complications of patients between the two groups [n(%)]

因素	BPD 组(n=66)	非 BPD 组(n=35)	统计量($t/Z/\chi^2$)	P
Ⅲ/Ⅳ级 NRDS			1.293	0.255
是	38(57.58)	16(45.71)		
否	28(42.42)	19(54.29)		
ARDS			0	1
是	7(10.61)	4(11.43)		
否	59(89.39)	31(88.57)		
肺炎			6.941	0.008
是	35(53.03)	9(25.71)		
否	31(46.97)	26(74.29)		
呼吸衰竭			8.115	0.004
是	49(74.24)	16(45.71)		
否	17(25.76)	19(54.29)		
hsPDA			0.919	0.338
是	33(50.00)	14(40.00)		
否	33(50.00)	21(60.00)		
Ⅲ/Ⅳ级脑室出血			0	1
是	4(6.06)	2(5.71)		
否	62(93.94)	33(94.29)		
EOS			0.044	0.834
是	58(87.88)	32(91.43)		
否	8(12.12)	3(8.57)		
LOS			2.905	0.088
是	26(39.39)	20(57.14)		
否	40(60.61)	15(42.86)		

2.5 BPD 的高危因素分析

将单因素分析中 $P < 0.05$ 或具有明确临床意义的变量纳入多因素 Logistic 回归分析模型, 具体包括: 性别、母亲患妊娠期高血压疾病、肺炎、呼吸衰竭、体重、入院体温、入院 MAP、1 分钟 Apgar 评分、5 分钟 Apgar 评分、CRIB-Ⅱ 评分、有创机械通气时间、总机械通气时间、持续用氧时间、抗生素使用时间、住院时间、输注红细胞次数。采用向前逐步回归法, 最终纳入回归方程的变量包括: 母亲患妊娠期高血压疾病、男婴、入院体温、入院平均动脉压及机械通气时间。

结果显示, 母亲患妊娠期高血压疾病($OR = 6.282, 95\%CI: 1.118 \sim 21.188, P = 0.003$)、男婴($OR = 3.368, 95\%CI: 1.073 \sim 10.576, P = 0.038$)、机械通气时间延长($OR = 1.102, 95\%CI: 1.041 \sim 1.166, P = 0.001$)是 ELBWI 发生 BPD 的独立危险因素; 而较高的入院体温($OR = 0.093, 95\%CI: 0.019 \sim 0.462, P = 0.004$)及较高的平均动脉压($OR = 0.894, 95\%CI: 0.836 \sim 0.955, P = 0.001$)则是其保护因素, 见表 6。

2.6 单独及联合预测 BPD 的 ROC 曲线分析

绘制各影响因素单独及联合预测发生 BPD 的

ROC 曲线结果显示男婴、入院体温、平均动脉压、母亲患妊娠期高血压疾病、机械通气时间 ROC-AUC 分别为 0.616(95%CI:0.501~0.730, $P=0.057$)、0.667(95%CI:0.600~0.775, $P=0.006$)、0.691(95%CI:0.579~0.802, $P=0.002$)、0.624(95%CI:0.510~0.739, $P=0.041$)、0.744(95%CI:0.651~0.838, $P<0.001$),联合预测 ROC-AUC 为 0.907(95%CI:0.846~0.967, $P<0.001$),见图 1。

表 5 变量定义表

Table 5 Variable assignment table

变量	分类方式/测量单位	变量	分类方式/测量单位
性别	二分类(男婴=1,女婴=0)	5 分钟 Apgar 评分	连续变量(分)
母亲患妊娠期高血压疾病	二分类(有=1,无=0)	CRIB-II 评分	连续变量(分)
肺炎	二分类(有=1,无=0)	有创机械通气时间	连续变量(天)
呼吸衰竭	二分类(有=1,无=0)	总机械通气时间	连续变量(天)
体重	连续变量(g)	持续用氧时间	连续变量(天)
入院体温	连续变量(℃)	抗生素使用时间	连续变量(天)
入院 MAP	连续变量(mmHg)	住院时间	连续变量(天)
1 分钟 Apgar 评分	连续变量(分)	输注红细胞次数	连续变量(次)

表 6 BPD 的多因素 Logistic 回归分析

Table 6 Multivariate Logistic regression analysis of high-risk factors for BPD

影响因素	β	<i>S. E.</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	95%CI
母亲患妊娠期高血压疾病	1.838	0.620	8.777	0.003	6.282	1.118~21.188
性别	1.214	0.584	4.326	0.038	3.368	1.073~10.576
入院体温	-2.371	0.816	8.455	0.004	0.093	0.019~0.462
入院平均动脉压	-0.112	0.034	10.958	<0.001	0.894	0.836~0.955
机械通气时间	0.097	0.029	11.370	<0.001	1.102	1.041~1.166
常量	85.856	29.494	8.474	0.004	—	—

注:采用向前逐步回归法(纳入标准 $\alpha=0.05$,排除标准 $\alpha=0.10$)筛选变量,仅纳入具有统计学意义的变量。“—”表示该项无相应数据。

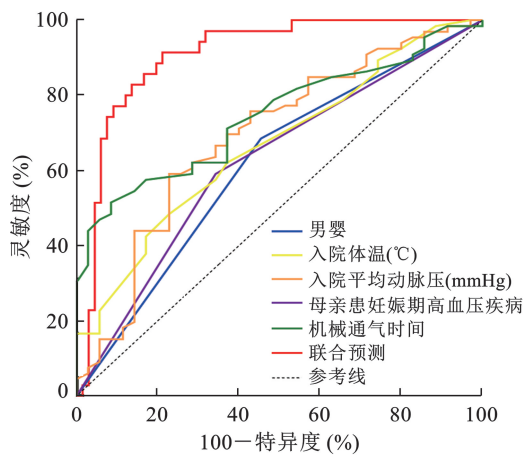


图 1 相关影响因素单独或联合预测发生 BPD 的 ROC 曲线

Fig. 1 ROC curves of individual and combined influencing factors for predicting occurrence of BPD

3 讨论

BPD 是 ELBWI 常见的慢性肺部疾病,发病机制尚未完全明确,包括肺泡停滞、血管重塑、炎症及氧化应激等多个病理生理的复杂交互作用,尚无特异性治疗方式^[7]。因此,早期识别高危因素并干预是改善远期预后的关键。

3.1 性别与 BPD 的关系

本研究发现,在 BPD 组中男婴所占比例明显高于非 BPD 组,与已有文献报道一致^[10,11]。可能与氧化应激、性激素作用、炎症反应、肺泡和血管发育等多个病理生理过程中的性别差异有关^[12]。Aldahmash 等^[13]发现胎儿和母体的炎症反应在男婴母亲的胎盘中比女性更常见。苏志文等^[2]研究发现,雄

激素通过改变表皮生长因子和转化生长因子 $\beta 1$ 活性,从而阻碍肺成纤维细胞的成熟和肺表面活性物质(pulmonary surfactant, PS)的生成,进一步增加了对机械通气及类固醇的需求,同时,男性抗氧化应激能力较差^[12],更易遭受氧化损伤,从而增加 BPD 发生的风险。

3.2 机械通气时间与 BPD 的关系

本研究发现,机械通气时长每延长 1 天,ELBWI 发生 BPD 的风险约上升 10.2% ($OR = 1.102$, 95% $CI: 1.041 \sim 1.166$, $P = 0.001$),与鲁元元等^[11]研究相一致。机械通气产生的容积伤和气压伤可直接损伤肺部毛细血管上皮细胞和肺泡上皮细胞,吸入高浓度氧则会引发氧化应激,共同导致肺泡细胞损伤,增加 BPD 风险^[14]。

3.3 母亲合并 HDP 与 BPD 的关系

国内一项针对 BPD 危险因素的 Meta 分析^[10]指出,母亲合并 HDP 增加早产儿发生 BPD 的风险,然而王媛媛等^[15]研究发现 HDP 可能具有一定的保护效应,目前学术界对此仍有分歧。本研究中发现母亲合并 HDP 是 ELBWI 发生 BPD 的独立危险因素。可能与 HDP 促进可溶性 fms 样酪氨酸激酶-1 的生成有关,其通过拮抗血管内皮生长因子的生成,抑制胎儿肺血管发育和 PS 的合成,从而参与 BPD 的发病过程^[16]。

3.4 平均动脉压、体温与 BPD 的关系

部分研究^[17,18]发现,较低的平均动脉压可能增加 BPD 的发生风险。低 MAP 可导致组织灌注不足,肺泡上皮细胞供氧不足,抑制肺泡化、诱导肺血管重塑,加剧氧化应激,同时,低灌注状态下无氧代谢增强,大量乳酸消耗超氧化物歧化酶,导致活性氧(ROS)堆积,进一步加重肺损伤^[19]。本研究中发现 BPD 组平均动脉压明显低于非 BPD 组,但尚未达到低血压标准,考虑可能达到较高水准的 MAP 才能维持 ELBWI 稳定的循环灌注,才能减少 BPD 的发生。

本研究发现,BPD 组比非 BPD 组入院体温低。ELBWI 皮肤较薄,体表面积相对较大,缺少皮下脂肪,热量损失快,容易发生低体温。部分研究^[20,21]发现,低体温会增加 BPD 等短期不良结局的发生。体温过低可能会增加早产儿的代谢需求,加重缺氧,抑

制抗氧化酶的活性导致活性氧积累,加剧炎症反应,进而损伤肺泡上皮和血管内皮,导致 BPD 的发生。本课题组前期研究^[22]发现,通过控制室温、聚乙烯袋包裹、头部带帽等综合性体温管理质量改进方案,降低了低体温的发生率。

综上,男婴、母亲合并 HDP 和较长的机械通气时间可能增加 ELBWI 并发 BPD 的风险,而较高的入院体温及平均动脉压可能降低 ELBWI 发生 BPD 的风险。早期识别高危因素,减少机械通气时间、加强体温和平均动脉压管理,有望降低 BPD 的发生风险并改善预后。本研究属单中心设计,纳入样本量有限,可能存在偏倚。未来有待开展多中心、大样本研究,结合院外长期随访,来构建更精准的 BPD 风险分层模型。

[参考文献]

- [1] Wang B, Sun J, Sun Y, et al. A clinical analysis of very and extremely low birth weight preterm infants[J]. Am J Transl Res, 2021, 13(8): 9395-9403.
- [2] 苏志文, 梁少珍, 黄小霞, 等. 不同性别超低出生体重儿临床结局及其死亡危险因素分析[J]. 中华新生儿科杂志, 2022, 37(2): 138-142.
- [3] 巴瑞华, 唐丽霞, 沈蔚, 等. 极早产儿支气管肺发育不良危险因素的全国多中心研究[J]. 中国小儿急救医学, 2022, 29(6): 433-439.
- [4] 李炎, 温园香. 产妇与新生儿多维度因素对早产儿支气管肺发育不良风险及分级影响分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2025, 36(8): 84-90.
- [5] Gad A, Mesilhy R, Maveli T, et al. Outcomes of extremely preterm infants with bronchopulmonary dysplasia: a retrospective cohort study[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 26651.
- [6] 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. 早产儿支气管肺发育不良临床管理专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2020, 58(5): 358-365.
- [7] Higgins R D, Jobe A H, Koso-Thomas M, et al. Bronchopulmonary dysplasia: executive summary of a workshop[J]. J Pediatr, 2018, 197: 300-308.
- [8] 华克勤, 徐丛剑. 实用妇产科学[M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 133-235.
- [9] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 510-860.
- [10] 虞竹梅, 刘安诺, 肖娟, 等. 早产儿支气管肺发育不良危

- 险因素的 Meta 分析[J]. 中国全科医学, 2023, 26(3): 356-366.
- [11] 鲁元元, 方欣, 赵小林, 等. 新生儿支气管肺发育不良高危因素的研究进展[J]. 中国妇幼健康研究, 2020, 31(12): 1739-1743.
- [12] 闫维恒, 姜苗苗, 郑军. 早产儿肺发育和支气管肺发育不良的性别差异研究进展[J]. 中华新生儿科杂志, 2020, 35(5): 389-392.
- [13] Aldahmash W, Algerian K, Alwasel S. Prevalence of fetal inflammatory response syndrome and villitis of unknown etiology in the placenta of Saudi women and their association with baby sex[J]. *Life (Basel)*, 2024, 14(1): 79.
- [14] Holzfurtner L, Shahzad T, Dong Y, et al. When inflammation meets lung development: an update on the pathogenesis of bronchopulmonary dysplasia [J]. *Mol Cell Pediatr*, 2022, 9(1): 7.
- [15] 王媛媛, 王思璐, 张军, 等. 妊娠期高血压病对早产儿脐血血红蛋白、铁蛋白及其结局的影响[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2022, 37(8): 615-620.
- [16] Tang J R, Karumanchi S A, Seedorf G, et al. Excess soluble vascular endothelial growth factor receptor-1 in amniotic fluid impairs lung growth in rats: linking pre-eclampsia with bronchopulmonary dysplasia[J]. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 2012, 302(1): L36-L46.
- [17] Goldsmith J P, Keels E. Recognition and management of cardiovascular insufficiency in the very low birth weight newborn [J]. *Pediatrics*, 2022, 149(3): e2021056051.
- [18] Faust K, Härtel C, Preuß M, et al. Short-term outcome of very-low-birthweight infants with arterial hypotension in the first 24 h of life[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2015, 100(5): F388-F392.
- [19] Jia L, Liao M, Mou A, et al. Rheb-regulated mitochondrial pyruvate metabolism of Schwann cells linked to axon stability[J]. *Dev Cell*, 2021, 56(21): 2980-2994.
- [20] Dunne E A, O'Donnell C P F, Nakstad B, et al. Thermo-regulation for very preterm infants in the delivery room: a narrative review[J]. *Pediatr Res*, 2024, 95(6): 1448-1454.
- [21] Mohamed S O O, Ahmed S M I, Khidir R J Y, et al. Outcomes of neonatal hypothermia among very low birth weight infants: a meta-analysis[J]. *Matern Health Neonatol Perinatol*, 2021, 7(1): 14.
- [22] 杨春燕, 申青华, 李丛, 等. 通过质量提升项目改善 NICU 极低出生体重早产儿入院低体温的临床分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2020, 28(11): 1263-1266.

[专业责任编辑: 孙 新]

[中文编辑: 李晓雪; 英文编辑: 杨周岐]