

• 指南解读 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.19.001

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20230407.1007.002\(2023-04-07\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20230407.1007.002(2023-04-07))

《2022 年欧洲呼吸窘迫综合征管理指南》更新要点解读

马娟¹, 史源², 陈龙², 黄红¹, 唐仕芳^{1△}

(1. 重庆松山医院儿科/新生儿科, 重庆 401121; 2. 重庆医科大学附属儿童医院新生儿诊疗中心/儿童发育疾病研究教育部重点实验室/国家儿童健康与疾病临床医学研究中心/儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地/儿科学重庆市重点实验室, 重庆 400014)

[摘要] 在《2019 年欧洲呼吸窘迫综合征管理指南》基础上,《2022 年欧洲呼吸窘迫综合征管理指南》(2022 版指南)依据最新循证医学证据和医学文献,进行了补充和更新,探讨呼吸窘迫综合征(RDS)管理中存在的分歧,使 RDS 管理策略不断优化,寻找最佳实践的证据。该文旨在介绍 2022 版指南更新要点,以帮助中国新生儿科医生了解最新 RDS 指南内容,包括产前护理、产房内稳定、肺表面活性物质治疗、复苏稳定后氧疗、无创呼吸支持、机械通气策略,以及药物使用(包括抗生素、枸橼酸咖啡因及激素)、疼痛和镇静管理、监测和支持护理及体温维持、血压维持和组织灌注管理。通过学习 2022 版指南,进一步优化临床对 RDS 患儿的管理策略。

[关键词] 呼吸窘迫综合征;新生儿;临床管理;指南;更新

[中图分类号] R722.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2023)19-2881-06

Interpretation of the update points of European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome-2022 Update

MA Juan¹, SHI Yuan², CEHN Long², HUANG Hong¹, TANG Shifang^{1△}

(1. Department of Pediatrics and Neonatology, Songshan General Hospital, Chongqing 401121, China; 2. Neonatal Treatment Center, Children's Hospital of Chongqing Medical University/Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders/National Clinical Research Center for Child Health and Disorders/China International Science and Technology Cooperation Base of Child Development and Critical Disorders/Chongqing Key Laboratory of Pediatrics, Chongqing 400014, China)

[Abstract] Based on the European Consensus Guidelines on the management of Respiratory Distress Syndrome-2019 Update, the European Consensus Guidelines on the management of Respiratory Distress Syndrome-2022 Update (the 2022 edition of the Guidelines) was supplemented and updated based on the latest evidence-based medical evidence and medical literature to explore differences in the management of respiratory distress syndrome (RDS), optimize the management strategy for RDS, and seek evidence for best practice. The purpose of this article is to introduce the key points of the 2022 guideline update to help neonatologists in China understand the newest RDS guidelines, including prenatal care, stabilization of the delivery room and the use of pulmonary surfactants, adjustment of oxygen therapy after stabilization, non-invasive respiratory support, and mechanical ventilation strategies, as well as medication use (including antibiotics, caffeine citrate, and hormones), pain and sedation management, monitoring and supportive care, and temperature maintenance, as well as maintenance of blood pressure and tissue perfusion management. By learning the updated guidelines for 2022, clinical management strategies for children with RDS can be optimized.

[Key words] respiratory distress syndrome; newborn; clinical management; guideline; update

新生儿呼吸窘迫综合征(RDS)是早产儿的常见疾病,胎龄越小,发病率越高。随着国内外技术的不断提高,早产儿的救治率也在逐年提高,但临床对于

RDS 防治仍存在一些问题,需要优化和精细化^[1]。自 2007 年开始,欧洲新生儿专家每 3 年回顾 1 次最新文献,对 RDS 防治达成共识,并获得欧洲儿科研究协会

(ESPR)和围产儿协会联盟(UENPS)共同认可。根据截至 2022 年底最新文献的证据,研究人员在《2019 年欧洲呼吸窘迫综合征管理指南》的基础上修改发布了《2022 年欧洲呼吸窘迫综合征管理指南》(2022 版指南)^[2-3],提出了以循证医学证据为基础的建议。本文旨在进一步学习和掌握 RDS 更新要点,将其应用于临床,提高救治水平,现对 2022 版指南解读如下。

1 产前管理

产前护理的缺失会增加患儿死亡及并发症发生的风险^[4]。一项荟萃分析研究表明使用孕激素与早产率降低和围产儿死亡率降低相关^[5],在无症状且有自然早产风险的孕妇中,无论是由于以前的早产或已确定宫颈缩短,使用阴道孕酮和口服孕酮与早产(胎龄 <34 周)发生率降低相关。阴道孕酮给药治疗可降低低出生体重及极低出生体重、新生儿重症监护室(NICU)入住、RDS、呼吸支持等新生儿结局发生风险。

产前管理建议如下:(1)妊娠 <30 周有早产风险的孕妇应转运到围产期保健中心,并接受 RDS 的治疗(B1)。(2)妊娠中期宫颈短或既往早产的单胎妊娠妇女应使用阴道孕激素治疗以延长分娩胎儿胎龄,减少围产期死亡和并发症(A1)。(3)对于有早产症状的孕妇,应考虑测量宫颈长度和生物标志物,以防止非必要的宫缩抑制剂和/或产前激素应用(B2)。(4)临床医师应为孕期在 34 周前的所有有高危早产风险的孕妇提供 1 个疗程的产前皮质激素,理想情况是至少在分娩前 24 h 使用(A1)。(5)妊娠 32 周前再次出现早产征象,且距离第 1 个疗程超过 1~2 周的孕妇,可再次给予 1 个疗程的类固醇激素(A2)。(6)孕 32 周前即将分娩的孕妇应给予硫酸镁(A1)。(7)考虑对极早产孕妇短期应用宫缩抑制剂,以便完成产前激素疗程或宫内转运至围产中心(B1)。

2 产房内稳定

大量研究强调完整脐带复苏可改善预后,尽可能延迟脐带结扎至少 60 s,仅在脐带结扎不可行时,妊娠 >28 周早产儿可考虑将脐带挤压作为替代方案^[6-8]。提倡使用 T-Piece 复苏器代替球囊-面罩通气^[9]。产房环境温度和湿度对早产儿早期管理极其重要^[10]。

产房内稳定建议如下:(1)尽可能延迟脐带结扎至少 60 s(A1)。仅在脐带结扎不可行时,妊娠 >28 周早产儿可考虑将脐带挤压作为替代方案(B1)。(2)建议使用 T-Piece 复苏器代替球囊-面罩通气(B1)。(3)存在自主呼吸者应尽早选择面罩或鼻塞持续气道正压通气(CPAP, A1)。如出现呼吸暂停给予肺复张,起始压力 6 cmH₂O,最大 25 cmH₂O(D2)。(4)复苏时应使用空氧混合器,胎龄 <28 周的早产儿初始吸

入氧浓度(FiO₂)为 0.30,胎龄 28~31 周的早产儿 FiO₂为 0.21~0.30,胎龄 ≥ 32 周的早产儿 FiO₂为 0.21。应在脉搏血氧仪监测下调整 FiO₂(B2)。应在复苏 5 min 内使血氧饱和度(SpO₂) $\geq 80\%$ 和心率 >100 次/min(C2)。(5)面罩或鼻塞 CPAP 无反应的患儿可进行气管插管(A1)。(6)对于妊娠 <32 周的早产儿,在稳定期应使用塑料膜或在辐射暖气和湿化环境下进行包裹,以降低体温过低的风险,也应避免体温过高(A1)。

3 肺表面活性物质(PS)治疗

PS 在 RDS 患儿治疗中的作用依旧极其重要,2022 版指南中针对 PS 的给药方法、PS 使用的最佳给药时间以及重复给药、剂量等给予详细说明及建议。微创 PS 运用(LISA)技术已经在欧洲广泛使用,且大量队列研究表明其临床结局较好^[11]。一项长期多中心队列研究指出 LISA 技术可能与超早产儿不良结局风险降低有关,经喉罩给予 PS 可降低插管和机械通气率^[12-13]。2022 版指南推荐体重 >1.0 kg 的新生儿可经喉罩气道给予 PS,大量研究证实 PS 早期治疗 RDS 可带来更多获益^[14-16]。2022 版指南提出肺超声可以提供一种早期诊断 RDS 的替代方法,当肺超声提示 PS 缺乏,即可给予 PS 治疗^[17]。

PS 治疗建议如下:(1)若胎龄 <30 周的早产儿需气管插管稳定时,则应给予 PS 治疗(A2)。(2)对 RDS 患儿应使用天然动物源性 PS(A1)。(3)LISA 是 CPAP 支持下存在自主呼吸早产儿的首选 PS 给药方式(A1)。(4)体重 >1.0 kg 的新生儿可经喉罩气道给予 PS(B2)。(5)初始剂量 200 mg/kg 的猪 PS 用于 RDS 急救治疗效果优于 100 mg/kg 的猪 PS 或牛 PS(A1)。(6)一旦患儿诊断 RDS,应在疾病早期给予 PS 治疗(A1)。推荐方案如下:当 CPAP 压力 ≥ 6 cmH₂O、FiO₂ >0.30 ,患儿病情进一步恶化,或肺超声提示 PS 缺乏,即尽早给予 PS 治疗(B2)。(7)如果存在 RDS 病情持续进展的证据,如持续需高浓度氧并排除了其他问题时,可给予第 2 剂、有时也可以给予第 3 剂 PS 治疗(A1)。

4 复苏稳定后氧疗

复苏稳定后氧疗建议如下:(1)对于接受氧疗的早产儿,氧饱和度目标值应在 90%~94%(B2)。(2)应将氧饱和度警报限值设置为 89%和 95%(D2)。(3)制订早产儿 ROP 的筛查及治疗方案(A1)。

5 无创呼吸支持

一项 Cochrane 分析指出,与 CPAP 相比,无创正压通气(NIPPV)能更有效地降低拔管失败率和出生 48 h 至 1 周内再次插管率^[18],支气管肺发育不良或死亡发生率更低^[19]。2022 版指南新增意见指出升级至 NIPPV 可降低某些婴儿对有创机械通气的需求。大

量文献表明经鼻高流量氧疗(HFNC)具有鼻黏膜损伤少的优点,可作为 CPAP 替代治疗,具有优势^[20-22]。

无创呼吸支持建议如下:(1)所有存在 RDS 高危风险的新生儿,如胎龄<30 周,其情况稳定不需要插管复苏者,则应从出生后开始使用 CPAP 或者 NIP-PV(A1)。(2)对于无创呼吸支持患儿,LISA 技术联合早期治疗性使用 PS 是 RDS 患儿的优化治疗方案(A1)。(3)提供 CPAP 的仪器并不重要,重要的是应使用短双鼻孔鼻塞或鼻罩,起始压力为 6~8 cmH₂O (A2)。升级至 NIPPV 可降低某些婴儿对有创机械通气的需求(A1)。(4)双水平气道正压通气(BiPAP)并不比使用 CPAP 更有优势(A2)。然而,如果通过呼吸机进行同步 NIPPV,可以减少拔管后的通气使用时间或再次插管的机械通气率,并可能减少 BPD 的发生(A2)。(5)HFNC 具有鼻黏膜损伤少的优点可作为 CPAP 替代治疗,但前提是中心可提供 CPAP 或 NIPPV 作为 HFNC 失败后的营救性治疗(B2)。

6 机械通气策略

2022 版指南依据近年大量文献及最新循证医学证据提出尽量减少机械通气的策略包括:咖啡因的使用、允许性高碳酸血症和生后激素的使用^[23-25]。对比目标潮气量通气和压力限制通气模式,一项 Cochrane 分析表明,与压力限制通气模式相比,目标潮气量通气模式通气的婴儿死亡率或支气管肺发育不良、通气时间、气胸、严重的颅超声病变和低碳酸血症均有所降低^[26]。对比高频振荡通气与常频机械通气治疗早产儿急性肺功能障碍,研究指出与控制通气模式相比,高频振荡模式通气的婴儿矫正胎龄 36~37 周时或出院时死亡或慢性肺病复合终点、2 级及以上呼吸暂停发生率有所降低^[27-28]。

保护肺部机械通气策略建议如下:(1)当其他呼吸支持治疗方法失败时,应对 RDS 患儿/婴儿使用机械通气(A1)。机械通气的持续时间应尽量最小化(B2)。(2)对于需要使用机械通气的患儿应首选容量目标潮气量通气或高频振荡等肺保护通气模式(A1)。(3)当脱离机械通气时,只要 pH 值保持在 7.22 以上,耐受适度的高碳酸血症是合理的(B2)。机械通气时避免二氧化碳分压<4.7 kPa(35 mmHg),以减少脑损伤的发生(C1)。(4)吸入一氧化氮治疗仅限于伴有肺动脉高压的早产儿,若无反应,则停止治疗(D2)。

(5)使用枸橼酸咖啡因(20 mg/kg 负荷量,5~10 mg/kg 维持量)可促进撤离机械通气治疗(A1)。早期枸橼酸咖啡因可被考虑用于需要机械通气的高危患儿,比如使用无创辅助通气(NIV)的早产儿(C1)。(6)对于已使用机械通气治疗 1~2 周后仍需要 MV 治疗的患儿,应考虑使用低剂量地塞米松的短期缓解以促进早期拔管(A2)。(7)根据临床判断和疼痛指标的评估,选择性使用阿片类药物(D1)。不推荐使用呼吸机的早产儿被常规使用吗啡或咪达唑仑(A1)。

7 护理监测和支持治疗

护理监测和支持治疗建议如下:(1)核心温度应始终维持在 36.5~37.5 ℃(C1)。(2)大多数在保湿暖箱中的早产儿初始输液量应为 70~80 mL·kg⁻¹·d⁻¹,但一些极不成熟的早产儿可能需要更多的液体量(C2)。液体量必须根据血钠水平、尿量和体重丢失(第 1 天)情况个体化调整(D1)。(3)肠外营养应该从出生就及时开始。氨基酸以 1.5~2.0 g·kg⁻¹·d⁻¹ 从生后第 1 天开始补充,并迅速增加到 2.5~3.5 g·kg⁻¹·d⁻¹ (B2)。脂肪乳以 1.0~2.0 g·kg⁻¹·d⁻¹ 从第 1 天开始补充,并迅速增加到最大耐受剂量,为 4.0 g·kg⁻¹·d⁻¹ (C2)。(4)如果血流动力学稳定,应从生后第 1 天开始用母乳进行微量肠内喂养(B2)。(5)抗生素应该合理应用于 RDS 患儿,并在排除脓毒症后尽早停用(D1)。

8 血压和灌注管理

血压和灌注管理建议如下:(1)当有证据表明组织血流灌注不足时,如少尿、酸中毒和毛细血管充盈不良,推荐根据病因进行低血压治疗(C2)。(2)可用吲哚美辛、布洛芬或对乙酰氨基酚治疗动脉导管未闭(A2)。当有血小板减少或肾功能问题时,首选对乙酰氨基酚(B2)。(3)患儿红细胞输注的阈值可以如下设置:重度心肺疾病患儿为 12 g/dL(血细胞比容 36%),氧依赖患儿 11 g/dL(血细胞比容 30%),2 周龄以上的病情稳定患儿为 7 g/dL(血细胞比容 25%,A2)。

9 其他方面

(1)PS 可用于先天性肺炎合并 RDS 患儿(C2)。(2)PS 治疗可改善肺出血患儿氧合情况(C1)。(3)PS 可改善严重胎粪吸入综合征患儿的氧合情况(B2)。

10 总 结

基于更新的研究成果,在 2019 版指南的基础上,2022 版指南主要要点见表 1。

表 1 2019 与 2022 版指南变更点

项目	变更点	2019 版	2022 版
产前管理			
要点 1	等级改变	妊娠<30 周有早产风险的孕妇应转运到围产期保健中心,并接受呼吸窘迫综合征的治疗(C1)	推荐等级 C1 升级为 B1

续表 1 2019 与 2022 版指南变更点			
项目	变更点	2019 版	2022 版
产房内稳定	要点 2	新增意见	对于妊娠中期宫颈短或既往早产的单胎妊娠妇女,应使用阴道孕激素治疗以延长分娩胎儿胎龄,降低围产期死亡率和早产发病率(A1)
	要点 3	等级改变	推荐等级 A2 升级为 A1
	要点 1	新增意见	仅在脐带结扎不可行时,妊娠>28 周早产儿可考虑将脐带挤勒作为替代方案(B1)
	要点 2	新增意见	使用 T-Piece 复苏器代替球囊-面罩通气(B1)
PS 治疗	要点 3	等级改变	推荐等级 B1 升级为 A1
	要点 4	更新意见	对于妊娠<32 周的早产儿,在稳定期应使用塑料膜或在辐射暖气和湿化环境下进行包裹,以降低体温过低的风险,也应避免体温过高(A1)
	要点 1	更新意见	若胎龄<30 周的早产儿需气管插管稳定时,则应给予 PS 治疗(A2)
	要点 2	更新意见	LISA 是 CPAP 支持下自主呼吸早产儿的首选 PS 给药方式和最佳方式,前提是临床医生有使用该技术的经验(B2)
复苏稳定后氧疗	要点 3	新增意见	体重>1.0 kg 的新生儿可经喉罩气道给予 PS(B2)
	要点 4	更新意见	当 CPAP 压力≥6 cmH ₂ O、FiO ₂ >0.30,患儿病情进一步恶化或肺超声提示 PS 缺乏,即可给予 PS 治疗(B2)
	新增意见		制订早产儿 ROP 的筛查及治疗方案(A1)
	无创呼吸支持		
机械通气策略	要点 1	更新意见	所有存在 RDS 高危风险的新生儿,如胎龄<30 周不需要插管复苏的早产儿,出生后应立即使用 CPAP(A1)
	要点 2	新增意见	升级至 NIPPV 可降低某些婴儿对有创机械通气的需求(A1)
	要点 3	更新意见	BiPAP 并不比使用 CPAP 更有优势(A2)。然而,如果通过呼吸机进行同步 NIPPV,可以减少拔管后的通气使用时间或再次插管的机械通气率,并可能减少 BPD 的发生(A2)
	要点 1	更新意见	对于需要使用机械通气的患儿应首选目标潮气量通气或高频振荡等肺保护通气模式(A1)
护理监测和支持治疗	要点 2	新增意见	机械通气时避免二氧化碳分压<4.7 kPa(35 mmHg),以减少脑损伤(C1)
	要点 3	新增意见	吸入一氧化氮治疗仅限于伴有肺动脉高压的早产儿,若无反应,则停止治疗(D2)
	要点 1	新增意见	对于 RDS 患儿,应谨慎使用抗生素,并在排除脓毒症后尽早停用(D1)
	要点 2	新增意见	当有血小板减少或肾功能问题时,首选对乙酰氨基酚(B2)

续表 1 2019 与 2022 版指南变更点

项目	变更点	2019 版	2022 版
要点 3	更新意见	严重心肺疾病婴儿血红蛋白阈值为 12 g/dL(血细胞比容 36%),氧依赖婴儿为 11 g/dL(血细胞比容 30%),2 周以上稳定婴儿为 7 g/dL(血细胞比容 25%,C2)	严重心肺疾病婴儿红细胞输血阈值为 12 g/dL(血细胞比容 36%),氧依赖婴儿为 11 g/dL(血细胞比容 30%),2 周以上稳定婴儿为 7 g/dL(血细胞比容 25%,A2)
要点 4	新增意见		表面活性物质可改善严重胎粪吸入综合征患儿的氧合状况(B2)

综上所述,通过 2022 版指南的学习和临床工作的实际应用,可为我国 RDS 患儿的救治和管理带来新的指导意义。

参考文献

[1] BELL E F, HINTZ S R, HANSEN N I, et al. Eunice kennedy shriver national institute of child health and human development neonatal research network. Mortality, in-hospital morbidity, care practices, and 2-year outcomes for extremely preterm infants in the US, 2013—2018[J]. JAMA, 2022, 327(3):248-263.

[2] SWEET D G, CARNIELLI V, GREISEN G, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome; 2019 update[J]. Neonatology, 2019, 115(4):432-450.

[3] SWEET D G, CARNIELLI V P, GREISEN G, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome; 2022 update[J]. Neonatology, 2023, 120(1):3-23.

[4] DIGUISTO C, FOIX L, HELIAS L, MORGAN A S, et al. Neonatal outcomes in extremely preterm newborns admitted to intensive care after No active antenatal management; a population-based cohort study[J]. J Pediatr, 2018, 203:150-155.

[5] EPPPIC Group. Evaluating progestogens for preventing preterm birth international collaborative (EPPPIC): meta-analysis of individual participant data from randomised controlled trials[J]. Lancet, 2021, 397(10280):1183-1194.

[6] FOGARTY M, OSBORN D A, ASKIE L, et al. Delayed vs early umbilical cord clamping for preterm infants; a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Obstet Gynecol, 2018, 218(1):1-18.

[7] ROBLEDO K P, TARNOW-MORDI W O, RIEG-ER I, et al. Effects of delayed versus immediate umbilical cord clamping in reducing death or major disability at 2 years corrected age among very preterm infants (APTS): a multicentre, randomised clinical trial[J]. Lancet Child Adolesc Health, 2022, 6(3):150-157.

[8] JASANI B, TORGALKAR R, YE X Y, et al. Association of umbilical cord management strategies with outcomes of preterm infants; a systematic review and network meta-analysis[J]. JAMA Pediatr, 2021, 175(4):e210102.

[9] MANGAT A, BRUCKNER M, SCHMÖLZER G M. Face mask versus nasal prong or nasopharyngeal tube for neonatal resuscitation in the delivery room; a systematic review and meta-analysis[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2021, 106(5):561-567.

[10] ABIRAMALATHA T, RAMASWAMY V V, BANDYOPADHYAY T, et al. Delivery room interventions for hypothermia in preterm neonates; a systematic review and network meta-analysis[J]. JAMA Pediatr, 2021, 175(9):e210775.

[11] HÄRTEL C, HERTING E, HUMBERG A, et al. Association of administration of surfactant using less invasive methods with outcomes in extremely preterm infants less than 27 weeks of gestation[J]. JAMA Netw Open, 2022, 5(8):e2225810.

[12] DARGAVILLE P A, KAMLIN C O F, ORSINI F, et al. Effect of minimally invasive surfactant therapy vs. sham treatment on death or bronchopulmonary dysplasia in preterm infants with respiratory distress syndrome: the OPTIMIST-A randomized clinical trial[J]. JAMA, 2021, 326(24):2478-2487.

[13] FEDERICI C, FORNARO G, ROEHR C C. Cost-saving effect of early less invasive surfactant administration versus continuous positive airway

- pressure therapy alone for preterm infants with respiratory distress syndrome [J]. *Eur J Hosp Pharm*, 2022, 29(6): 346-352.
- [14] ROBERTS K D, BROWN R, LAMPLAND A L, et al. Laryngeal mask airway for surfactant administration in neonates: a randomized, controlled trial[J]. *J Pediatr*, 2018, 193: 40-46.
- [15] GALLUP J A, NDAKOR S M, PEZZANO C, et al. Randomized trial of surfactant therapy via laryngeal mask airway versus brief tracheal intubation in neonates born preterm[J]. *J Pediatr*, 2022, 3476(22): S002200891-002200895.
- [16] GAERTNER V D, THOMANN J, BASSLER D, et al. Surfactant nebulization to prevent intubation in preterm infants: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pediatrics*, 2021, 148(5): e2021052504.
- [17] CAPASSO L, PACELLA D, MIGLIARO F, et al. Can lung ultrasound score accurately predict the need for surfactant replacement in preterm neonates? A systematic review and meta-analysis protocol[J]. *PLoS One*, 2021, 16(7): e0255332.
- [18] RAMASWAMY V V, MORE K, ROEHR C C, et al. Efficacy of noninvasive respiratory support modes for primary respiratory support in preterm neonates with respiratory distress syndrome: systematic review and network meta-analysis[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2020, 55(11): 2940-2963.
- [19] RAMASWAMY V V, BANDYOPADHYAY T, NANDA D, et al. Efficacy of noninvasive respiratory support modes as postextubation respiratory support in preterm neonates: a systematic review and network meta-analysis[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2020, 55(11): 2924-2939.
- [20] FISCHER H S, BOHLIN K, BÜHRER C, et al. Nasal high-frequency oscillation ventilation in neonates: a survey in five European countries [J]. *Eur J Pediatr*, 2015, 174(4): 465-471.
- [21] GAERTNER V D, WALDMANN A D, DAVIS P G, et al. Lung volume distribution in preterm infants on non-invasive high-frequency ventilation[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal*, 2022, 107(5): 551-557.
- [22] LI J, CHEN L, SHI Y. Nasal high-frequency oscillatory ventilation versus nasal continuous positive airway pressure as primary respiratory support strategies for respiratory distress syndrome in preterm infants: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Pediatr*, 2022, 181(1): 215-223.
- [23] ELMOWAFI M, MOHSEN N, NOUR I, et al. Prophylactic versus therapeutic caffeine for apnea of prematurity: a randomized controlled trial[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2021, 26: 1-9.
- [24] WONG S K, CHIM M, ALLEN J, et al. Carbon dioxide levels in neonates: what are safe parameters? [J]. *Pediatr Res*, 2022, 91(5): 1049-1056.
- [25] DOYLE L W, CHEONG J L, HAY S, et al. Late (≥ 7 days) systemic postnatal corticosteroids for prevention of bronchopulmonary dysplasia in preterm infants[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 11(11): CD001146.
- [26] KLINGENBERG C, WHEELER K I, MCCALLION N, et al. Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in neonates[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 10(10): CD003666.
- [27] COOLS F, OFFRINGA M, ASKIE L M. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 19(3): CD000104.
- [28] DE JAEGERE A P, DEURLOO E E, VAN RIJN R R, et al. Individualized lung recruitment during high-frequency ventilation in preterm infants is not associated with lung hyperinflation and air leaks[J]. *Eur J Pediatr*, 2016, 175(8): 1085-1090.

(收稿日期: 2023-03-28 修回日期: 2023-05-22)

(编辑: 袁皓伟)