

DOI:10.3969/j.issn.1673-5501.2024.01.001

# 新生儿经皮二氧化碳分压和经皮氧分压血气分析 临床实践指南

王欢欢<sup>1</sup> 赵卓宇<sup>1</sup> 韩彤妍<sup>2</sup> 张谦慎<sup>3</sup> 武辉<sup>4</sup> 容志惠<sup>5</sup> 李丽玲<sup>1</sup> 邓英<sup>1</sup> 王瑞<sup>6</sup> 曹云<sup>1</sup>  
张崇凡<sup>6</sup>

危重新生儿,尤其是接受机械通气的新生儿,二氧化碳分压(PCO<sub>2</sub>)和氧分压(PO<sub>2</sub>)处于一个动态及快速变化的状态。采集动脉血或末梢血进行血气分析仅能获得某个时点的PaCO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub>测量结果,具有有创性、不能连续监测等不足,频繁采血也容易导致医源性失血、穿刺部位损伤感染、血流动力学波动、疼痛不适增加和人机对抗等不良后果。无创经皮二氧化碳分压(TcPCO<sub>2</sub>)及经皮氧分压(TcPO<sub>2</sub>)监测技术能对新生儿PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>进行连续监测,减少患儿抽血次数,在危重新生儿监护中具有一定的优势<sup>[1]</sup>,尤其有益于极早产儿、极低出生体重儿的临床管理。TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测的主要临床问题:①TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测结果能否代替有创血气分析的结果;②监测探头的温度和连续监测时长与早产儿皮肤灼伤的关系。针对上述2个临床问题依据WHO指南制定方法,由复旦大学附属儿科医院联合国内3家医院新生儿血气分析专家,邀请复旦大学GRADE中心作为指南方法学指导,制作新生儿TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>临床实践指南(以下简称指南)。

## 1 应用场景

适用于NICU和新生儿转运。

## 2 使用人群

新生儿科医生、护士和呼吸治疗师。

## 3 相对禁忌人群

皮肤破损、接触皮肤过敏、皮肤水肿、亚低温治疗中和休克状态的新生儿。

## 4 相关定义

4.1 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>的参照标准 以动脉血PaCO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub>

为金标准计算差值,以静脉、末梢和混合(动脉和末梢)血PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>为参考标准计算差值。

4.2 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>值 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>是一个连续监测的过程,TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>值选取与PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>检测同一时点或相近时点的监测值。

4.3 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>与PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>差值形式 ①M±2SD或M(95%CI)均转化为M±SD;②TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>值与PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>差值<7.5 mmHg、<5.25 mmHg、<5 mmHg、<2 mmHg的百分比;③TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>值与PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>值偏差的百分比[(TcPCO<sub>2</sub>值-PCO<sub>2</sub>值)/(TcPCO<sub>2</sub>值+PCO<sub>2</sub>值)×2×100%,或(TcPO<sub>2</sub>值-PO<sub>2</sub>值)/(TcPO<sub>2</sub>值+PO<sub>2</sub>值)×2×100%];④TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>值与PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>值的相关性。

4.4 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测胎龄 首选TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测时胎龄,提取不到监测时胎龄以出生胎龄代替,指南统称为胎龄。

4.5 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测体重 首选TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测时体重,提取不到监测时体重以出生体重代替,指南统称为体重。

4.6 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测数据 首选TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>与PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>检测对数,提取不到检测对数以监测例数代替,指南统称为样本量。

4.7 影响TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>的可能因素 主要为:①TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测探头温度、监测部位、监测时长和监测设备,②不良事件,③监测对象的疾病及其状态。探头设置温度是临床最为关注的指标,临床上TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测探头温度为38℃~44℃,42℃为TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>设备推荐温度,43℃、44℃、38℃~41℃为临床探索温度,指南基于43℃和44℃组、42℃组、40℃和41℃组、38℃和39℃组、没有提取到探头温度组分别提取数据。在4个监测探头温度组的基础上选择了体重和胎龄分层分析,主要考虑体重和胎龄指标较其他指标(监测部位、监测时长、产后检测时点、监测

作者单位 指南核心专家组:1 复旦大学附属儿科医院新生儿科 上海,201102;2 北京大学第三医院儿科 北京,100039;3 香港大学深圳医院 深圳,518041;4 吉林大学第一医院新生儿科 长春,130021;5 华中科技大学同济医学院附属同济医院新生儿科 武汉,430074;6 复旦大学GRADE中心 上海,201102;通讯作者亦为指南核心专家组联合组长

通讯作者 曹云,email:yuncao@fudan.edu.cn,张崇凡,email:chongfan\_zhang@fudan.edu.cn

设备)更为临床所关注,并且体重和胎龄指标作为研究的基线数据报告完整且客观。将体重分为 ≤1 000 g、~1 500 g、>1 500 g,将胎龄分为≤28周、~34周、~37周、>37周,体重分层和胎龄分层不完全对应是期望有更多临床视角分析 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测值与 PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>检测值的差值和不良事件。

4.8 不良事件 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测中皮肤贴敷处出现的不良事件。

### 5 推荐意见

#### 5.1 推荐意见 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>常用监测部位为胸部、腹部、大腿内侧等。(1D)

**推荐说明** 系统评价/Meta分析<sup>[2]</sup>显示,指南纳入的40篇文献中,32篇(80.0%)报告了监测部位,TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测部位为腹部19篇次,胸部/右上胸部18篇次,大腿9篇次,耳廓3篇次,躯干2篇次,背部、臀部、前臂、脐周各1篇次。

#### 5.2 推荐意见 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>连续监测时,基于对皮肤不良事件的考虑,常在2~3h更换1次监测探头的位置。(1D)

**推荐说明** 系统评价/Meta分析<sup>[2]</sup>显示,指南纳入的40篇文献中,21篇(52.5%)文献报告了TcPCO<sub>2</sub>探头更换时间,中位探头更换时间为2.0(0.2~12)h,平均探头更换时间2.6h;其中38℃和39℃组中位探头更换时间为2.5(0.3~4)h,平均探头更换时间2.2h;40℃和41℃组中位探头更换时间为2.0(0.5~6)h,平均探头更换时间2.5h;42℃组中位

探头更换时间为2.0(0.5~12)h,平均探头更换时间3.1h;43℃和44℃组中位探头更换时间为3.0(0.2~4)h,平均探头更换时间2.5h。对于小胎龄和低出生体重新生儿,随监测温度的升高,监测时间应更短,要密切观察不良反应。

#### 5.3 推荐意见 在没有控制 TcPCO<sub>2</sub>监测部位、监测时长、监测设备和监测时新生儿疾病及其状态的情况下,TcPCO<sub>2</sub>值与 PaCO<sub>2</sub>值强正相关,TcPCO<sub>2</sub>值高于 PaCO<sub>2</sub>约7 mmHg,规范操作下可以选择无创 TcPCO<sub>2</sub>代替有创 PaCO<sub>2</sub>。(1D)

**推荐说明** 4个监测探头温度总体的TcPCO<sub>2</sub>值与PaCO<sub>2</sub>值差值Meta分析(固定效应模型),表1和(附件Meta分析图1)显示,探头温度43℃和44℃组、42℃组、40℃和41℃组、38℃和39℃组差值分别为1.6(95%CI:0.5~2.8)mmHg、2.5(95%CI:1.2~3.8)mmHg、4.5(95%CI:3.0~5.9)mmHg和6.0(95%CI:5.3~6.6)mmHg,4个监测探头温度组中差值95%CI上限最大值为7mmHg;表2(附件Meta分析图2)显示,探头温度43℃和44℃组、42℃组、40℃和41℃组、38℃和39℃组总体Pearson系数分别为0.88(95%CI:0.83~0.91)、0.80(0.72~0.86)、0.78(0.69~0.85)、0.81(0.72~0.87),呈强正相关。

需要说明的是,在影响TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>的可能因素中,没有对监测部位、监测时长、监测设备和监测对象的疾病及其状态进行调整。从推荐意见5.1及其推荐说明中可见,80.0%的文献报告了监测部位,同一文献可能行一个或多个部位监测,不同监测部位仅能以篇统计,不能以例数统计,但同一部位多篇并不意味着样本量大;从推荐意见5.2

表1 不同探头温度基于体重和胎龄分层的TcPCO<sub>2</sub>值与PaCO<sub>2</sub>值差值的Meta分析

探头温度	38℃和39℃			40℃和41℃			42℃			43℃和44℃		
	参考文献	样本量	差值/mmHg	参考文献	样本量	差值/mmHg	参考文献	样本量	差值/mmHg	参考文献	样本量	差值/mmHg
总体		189	5.96 (5.27~6.64)		1 280	4.47 (3.03~5.92)	[13-15, 17, 18]	1 197	2.48 (1.17~3.79)		2 907	1.64 (0.50~2.78)
体重 ≤1 000 g	[3]	149	6.32 (5.49~7.16)	[3,5]	127	5.87 (4.91~6.83)	[10,11]	185	7.99 (6.52~9.47)	[10,11, 20,21]	1 799	3.24 (2.48~4.00)
体重 ~1 500 g	[4]	40	5.21 (4.01~6.40)	[4,6]	71	4.79 (3.52~6.06)	[3,4,12]	377	3.00 (1.96~4.04)	[21]	129	0.37 (-1.63~2.37)
体重 >1 500 g				[7]	90	2.50 (0.92~4.08)	[13-15, 17, 18]	543	1.68 (-0.10~3.46)	[16,22-26]	979	1.32 (-0.15~2.79)
无体重				[8,9]	992	6.63 (6.14~7.12)	[9,19]	92	1.07 (-0.44~2.58)			
胎龄 ≤28周	[3]	149	6.32 (5.49~7.16)	[3,5]	127	5.87 (4.91~6.83)	[10,11]	185	7.99 (6.52~9.47)	[10,11, 20,21]	1 796	4.10 (4.06~4.13)
胎龄 ~34周	[4]	40	5.21 (4.01~6.40)	[4,6]	71	4.79 (3.52~6.06)	[3,4,12, 17,19]	469	2.40 (1.51~3.29)	[21-23]	284	0.98 (-0.30~2.25)
胎龄 ~37周							[14,17,18]	245	0.84 (-2.38~4.06)	[24,25]	500	0.98 (0.25~1.71)
胎龄 >37周				[7]	90	2.50 (0.92~4.08)	[13,15,16]	258	1.68 (1.11~2.25)	[16,26]	354	4.35 (3.84~4.86)
无胎龄				[8,9]	992	6.63 (6.14~7.12)	[9]	40	2.70 (-1.30~6.70)			

表 2 不同探头温度基于体重和胎龄分层的 TcPCO<sub>2</sub> 值与 PaCO<sub>2</sub> 值 Pearson 系数的 Meta 分析

探头温度	38℃ 和 39℃			40℃ 和 41℃			42℃			43℃ 和 44℃		
	参考文献	样本量	Pearson 相关系数	参考文献	样本量	Pearson 相关系数	参考文献	样本量	Pearson 相关系数	参考文献	样本量	Pearson 相关系数
总体		90	0.81 (0.72~0.87)		1 136	0.78 (0.69~0.85)		456	0.80 (0.72~0.86)		1 036	0.88 (0.83~0.91)
体重 ≤1 000 g	[27]	90	0.81 (0.72~0.87)	[5]	51	0.64 (0.44~0.78)	[11]	37	0.9 (0.81~0.95)	[11,21]	309	0.90 (0.76~0.96)
体重 ~1 500 g				[6,27,28]	173	0.80 (0.66~0.88)	[12]	330	0.76 (0.71~0.80)	[21]	129	0.91 (0.87~0.93)
体重 >1 500 g							[14]	37	0.79 (0.63~0.89)	[22,25,26]	598	0.87 (0.80~0.91)
无体重				[8]	912	0.82 (0.80~0.84)	[19]	52	0.75 (0.61~0.85)			
胎龄 ≤28 周	[27]	90	0.81 (0.72~0.87)	[5]	51	0.64 (0.44~0.78)	[11]	37	0.9 (0.81~0.95)	[11,21]	306	0.89 (0.87~0.91)
胎龄 ~34 周				[6,27,28]	173	0.80 (0.66~0.88)	[12,19]	382	0.76 (0.71~0.80)	[21,22]	269	0.89 (0.86~0.91)
胎龄 ~37 周							[14]	37	0.79 (0.63~0.89)	[25]	368	0.86 (0.800.91)
胎龄 >37 周										[26]	120	0.83 (0.49~0.95)
无胎龄				[8]	912	0.82 (0.80~0.84)						

及其推荐说明中可见,对 52% 的文献报告了监测时间进行调整并不能反映整体情况;系统评价/Meta 分析<sup>[2]</sup>显示,8.0% 的文献未说明使用设备,15 篇为 TCM4,6 篇为 SenTec,5 篇为 TOSCA,TINA 和 Micro Gas 各 4 篇,2 篇为雷度(未说明设备型号),不同研究选择设备主要与设备厂商在不同国家推广有关,没有针对不同设备之间的临床研究;系统评价/Meta 分析<sup>[2]</sup>显示,32% 的文献未报告行 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测时对新生儿疾病及其状态进行排除,3 篇排除了贫血,7 篇排除了低体温、发热、亚低温状态,8 篇排除了弥漫性水肿,14 篇排除了循环障碍,15 篇排除了先天性畸形,9 篇要求探头放置部位皮肤无水肿、感染、皮肤损伤,无有无特定疾病及其状态 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测值与 PCO<sub>2</sub>/PO<sub>2</sub>检测值差值的临床研究;鉴于监测部位、监测时长、监测设备和监测对象的疾病及其状态中可调整的因素复杂、不清晰或不可控,调整后可能产生的偏倚方向和大小难以解释。

**5.4 推荐意见** 在没有控制 TcPO<sub>2</sub> 监测部位、监测时长、监测时点、监测设备和新生儿疾病及其状态下,TcPO<sub>2</sub> 与 PaO<sub>2</sub> 弱相关,不建议常规选择使用 TcPO<sub>2</sub> 反映 PaO<sub>2</sub>,在应用 TcPO<sub>2</sub> 判读 PaO<sub>2</sub> 时建议选择探头温度 42℃~44℃。(2D)

**推荐说明** 4 个监测探头温度总体的 TcPO<sub>2</sub> 值与 PaO<sub>2</sub> 值差值 Meta 分析(固定效应模型),表 3(附件 Meta 分析图 3)显示,探头温度 43℃ 和 44℃ 组、42℃ 组、40℃ 和 41℃ 组、38℃ 和 39℃ 组差值分别为 -7.3(95%CI: -12.9~-1.6) mmHg、-8.3(95%CI: -12.3~-4.3) mmHg、-28.8(95%CI: -35.1~-22.6) mmHg 和 -31.4(95%CI: -36.0~-26.9) mmHg,4 个监测探头温度组中差值 95%CI 下限最大值为 -36 mmHg;表 4

(附件 Meta 分析图 4)显示,探头温度 43℃ 和 44℃ 组、42℃ 组、40℃ 和 41℃ 组、38℃ 和 39℃ 组总体 Pearson 系数分别为 0.65(95%CI: 0.49~0.77)、0.91(0.86~0.94)、0.37(0.17~0.54)、0.35(0.15~0.52),呈弱负相关。需要说明的是,在影响 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 可能因素中,没有对监测部位、监测时长、监测设备和监测对象的疾病及其状态进行调整。

**5.5 推荐意见** 在临床 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 监测探头温度 38℃ 和 44℃ 范围内,探头设定的温度越高,TcPCO<sub>2</sub> 越接近 PaCO<sub>2</sub>。(2D)

**推荐说明** 表 1(附件 Meta 分析图 1)显示,探头温度 43℃ 和 44℃ 亚组、42℃ 组、40℃ 和 41℃ 组、38℃ 和 39℃ 组 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 监测值与 PaCO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub> 检测值差值分别为 1.6 mmHg、2.0 mmHg、4.5 mmHg 和 6.0 mmHg,呈现探头温度设置越高差值越小的梯度差异。

**5.6 推荐意见** 解读新生儿 TcPCO<sub>2</sub> 监测结果时,应考虑体重或胎龄的影响,体重或胎龄小 TcPCO<sub>2</sub> 与 PaCO<sub>2</sub> 差值大。(1D)

**推荐说明** 表 1(附件 Meta 分析图 1)显示,TcPCO<sub>2</sub> 监测值与 PaCO<sub>2</sub> 检测值差值,探头温度 42℃ 组中,≤1 000 g 亚组 8.0 mmHg、~1 500 g 亚组 3.0 mmHg、>1 500 g 亚组 1.7 mmHg,≤28 周亚组 8.0 mmHg、~34 周亚组 2.4 mmHg、~37 周亚组 0.8 mmHg、>37 周亚组 1.7 mmHg;探头温度 43℃ 和 44℃ 亚组中,≤1 000 g 亚组 3.2 mmHg、~1 500 g 亚组 0.4 mmHg、>1 500 g 亚组 1.3 mmHg,≤28 周亚组 4.1 mmHg、~34 周亚组 1.0 mmHg、~37 周亚组 1.0 mmHg、>37 周亚组

表 3 不同探头温度基于体重和胎龄分层的 TcPO<sub>2</sub> 值与 PaO<sub>2</sub> 值差值的 Meta 分析

探头温度	38℃和39℃			40℃和41℃			42℃			43℃和44℃		
	参考文献	样本量	差值/mmHg	参考文献	样本量	差值/mmHg	参考文献	样本量	差值/mmHg	参考文献	样本量	差值/mmHg
总体		40	-31.42(-35.97~-26.88)		40	-28.85(-35.12~-22.58)		770	-8.30(-12.32~-4.28)		2 127	-7.28(-12.92~-1.63)
体重 ≤1 000 g							[10,11]	185	-19.48(-24.42~-14.55)	[10,11] [20]	1 669	-11.31(-13.44~-9.18)
体重 ~1 500 g	[4]	40	-31.42(-35.97~-26.88)	[4]	40	-28.85(-35.12~-22.58)	[4]	20	-16.53(-26.08~-6.98)			
体重 >1 500 g							[14,16] [17,18]	513	-6.52(-10.84~-2.20)	[16,22] [26]	458	-5.76(-12.14~0.61)
无体重							[19]	52	2.40(-1.68~-6.48)			
胎龄 ≤28 周							[10,11]	185	-19.48(-24.42~-14.55)	[10,11] [20]	1 669	-11.31(-13.44~-9.18)
胎龄 ~34 周	[4]	40	-31.42(-35.97~-26.88)	[4]	40	-28.85(-35.12~-22.58)	[4,17] [19]	112	-3.02(-5.41~-0.62)	[22]	110	-5.49(-8.75~-2.23)
胎龄 ~37 周							[14,17] [18]	245	-3.86(-7.36~-0.36)			
胎龄 >37 周							[16]	228	-22.20(-26.21~-18.19)	[16,26]	348	-7.38(-9.23~-5.52)

表 4 不同探头温度基于体重分层的 TcPO<sub>2</sub> 值与 PaO<sub>2</sub> 值 Pearson 相关系数的 Meta 分析

探头温度	38℃和39℃			40℃和41℃			42℃			43℃和44℃		
	参考文献	样本量	Pearson 相关系数	参考文献	样本量	Pearson 相关系数	参考文献	样本量	Pearson 相关系数	参考文献	样本量	Pearson 相关系数
总体		45	0.35 (0.15~0.52)			0.37 (0.17~0.54)		89	0.91 (0.86~0.94)		857	0.65 (0.49~0.77)
体重 ≤1 000 g										[21]	130	0.06 (-0.11~0.23)
体重 ~1 500 g	[27]	45	0.35 (0.15~0.52)	[27]	45	0.37 (0.17~0.54)				[21]	129	0.26 (0.08~0.40)
体重 >1 500 g							[14]	37	0.91 (0.83~0.95)	[22,25] [26]	598	0.73 (0.64~0.80)
无体重							[19]	52	0.90 (0.84~0.94)			

4.4 mmHg;探头温度 40℃和 41℃亚组中, ≤1 000 g 亚组 5.9 mmHg、~1 500 g 亚组 4.8 mmHg、>1 500 g 亚组 2.5 mmHg, ≤28 周亚组 5.9 mmHg、~34 周亚组 4.8 mmHg、>37 周亚组 2.5 mmHg;探头温度 38℃和 39℃亚组中, ≤1 000 g 亚组和 ≤28 周亚组 6.3 mmHg、~1 500 g 亚组和 ~34 周亚组 5.2 mmHg。4 个监测温度组总体呈现体重小或胎龄小, TcPCO<sub>2</sub> 监测值与 PaCO<sub>2</sub> 检测值差值大的趋势。

**5.7 推荐意见** 体重 <1 500 g 或胎龄 <34 周新生儿 TcPCO<sub>2</sub> 监测探头温度设定在 38℃~41℃亦可反映 PaCO<sub>2</sub>, 连续监测时间 ≤3 h, 皮肤不良事件极少, 偶见皮肤发红。(1D)

**推荐说明** 表 1(附件 Meta 分析图 1)显示, 以 TcPCO<sub>2</sub> 监测值与 PaCO<sub>2</sub> 检测值差值 <7 mmHg 为标准, 38℃和 39℃组 TcPCO<sub>2</sub> 监测值与 PaCO<sub>2</sub> 检测值差值, 在体重 ≤1 000 g 亚组和胎龄 ≤28 周亚组均为 6.3 mmHg, 在体重 ~1 500 g 亚组和

胎龄 <34 周亚组均为 5.2 mmHg; 40℃和 41℃组 TcPCO<sub>2</sub> 监测值与 PaCO<sub>2</sub> 检测值差值, 在体重 ≤1 000 g 亚组和胎龄 ≤28 周亚组均为 5.9 mmHg, 在体重 ~1 500 g 亚组和胎龄 <34 周亚组均为 4.8 mmHg。

指南纳入的 40 篇文献中, 12 篇(30%)文献报告了不良事件, 探头温度 38℃~44℃, 探头更换时间 10 min 至 12 h, 探头监测部位为胸部、腹部和大腿内侧等, 仅见皮肤发红, 未发现热损伤、红斑或烧伤烫伤<sup>[2]</sup>。但考虑到小胎龄和低出生体重新生儿的皮肤状况, 建议行 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 监测时, 特别是探头温度超过厂商推荐的 42℃时, 更要注意观察皮肤损伤的不良反应。

**5.8 专家意见** 推荐 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 监测标准操作, ①监测前对仪器进行校准; ②选择合适的监测部位, 如胸部、腹部和大腿内侧等; ③设定合适的探头温度, 仅监测 TcPCO<sub>2</sub> 时: 探头温度选择 38℃~44℃, 对于体重 <1 500 g 或胎龄 <34

周的新生儿探头温度可选择 38℃~41℃;同时监测 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>时:探头温度应设置在 42℃-44℃;④使用 75%酒精棉棒(球)清洁监测部位皮肤,去除皮脂;⑤粘贴于监测部位,使固定环与皮肤之间完全密封,在固定环中央皮肤区域滴入 1~2 滴接触凝胶,将探头放入固定环,轻轻按压探头使其嵌入环中,注意探头要紧贴皮肤避免发生漏气,用胶带固定电极导线;⑥监测 10~15 min,待读数稳定后记录数据结果;⑦连续监测 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>时,2~3 h 更换 1 次监测探头位置,监测中和更换监测探头时注意观察监测部位的皮肤状况;⑧按照制造商的要求定期更换探头半透膜。(1D)

**推荐说明** TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 监测标准操作参考制作商的产品说明书,也遵从本指南的推荐意见,经本指南核心专家组讨论形成。

## 6 指南制作方法

**6.1 指南注册** 指南在国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE)完成中英文双语注册,注册号为 PREPARE-2023CN839。启动时间:2023 年 3 月 22 日,定稿时间:2024 年 2 月 21 日。

**6.2 指南制作方法** 参考《WHO 指南制定手册》<sup>[29]</sup>。

**6.3 指南利益冲突管控** 指南制作工作组、共识专家均签署利益冲突声明。秘书组为复旦大学附属儿科医院新生儿科医生,均无偿自愿地参与工作组会议、文献筛选、证据提取、制作系统评价/Meta 分析。方法学团队来自于复旦大学 GRADE 中心,无偿自愿地为指南方法学提供支持和培训。EtD 会议为线下会议,会务经费由中国健康促进基金会支持。

**6.4 文献检索、筛选** 见附件 2。

**6.5 证据的评价与分级** 鉴于文献均为同一新生儿 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub>监测值与 PaCO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub>检测值的差值,文献类型为病例系列报告,为高偏倚风险,不行 GRADE 证据评价,为极低质量证据。

**6.6 从证据到推荐意见(EtD)** 指南工作组和新生儿科医生组成 EtD 专家组。在秘书组充分展现证据后讨论推荐意见,由方法学团队执行 EtD 决策程序<sup>[30]</sup>,形成推荐意见及其强度,EtD 决策程序和投票表单见附件 3。

**6.7 指南更新** 指南计划每 3~5 年 1 次。

**6.8 指南应用的促进和障碍因素** 新生儿 TcPCO<sub>2</sub>/TcPO<sub>2</sub> 监测具有无创性和连续性,但监测费用可能障碍其临床应用。

**6.9 指南的审稿** 与《中国循证儿科杂志》的审稿一同完成。

**6.10 指南的获取** 指南发表在《中国循证儿科杂志》(www.cjebp.net),可全文免费获取。

**6.11 指南制作时间表** 表 5 显示,指南制作时间 7 个月。

表 5 指南制作时间表

阶段	工作内容	时间
指南可行性探讨	预检索已发表的主题相关指南和共识,对检出文献进行筛选和信息提取	2023 年 4-5 月
组建指南工作组	指南工作组包括核心专家组,共识专家组和方法学团队	2023 年 6 月
构建临床问题	核心专家组基于预检索文献的分析结果进行讨论,确定拟回答的临床问题	2023 年 6 月
系统文献检索	确定检索策略,根据 PICO 原则构建检索式,检索中英文数据库	2023 年 7 月
系统文献筛选	阅读题目和摘要进行初筛,阅读全文进行复筛	2023 年 8-10 月
指南注册	在国际实践指南注册与透明化平台完成注册	2023 年 11 月
生成系统评价	包括文献数据提取,Meta 分析,制作证据概要表	2023 年 11 月
形成推荐意见	使用从证据到决策框表确定推荐意见的强度和方向	2023 年 12 月
撰写指南初稿	核心专家组和方法学团队共同起草指南	2023 年 12 月
指南外审	函审	2024 年 1 月
指南定稿	根据外审结果对推荐意见进行复核修改	2024 年 2 月

## 7 指南附件目录

指南制作相关文件随正文以附件形式链接在《中国循证儿科杂志》官方网站(www.cjebp.net)上,可免费获取。附件 1:系统评价/Meta 分析图;附件 2:中英文检索式;附件 3:EtD 决策投票表单。

## 参考文献

- [1] SANKARAN D, ZEINALI L, IQBAL S, et al. Non-invasive carbon dioxide monitoring in neonates: Methods, benefits, and pitfalls. *J Perinatol*, 2021; 41(11): 2580-2589.
- [2] 赵卓宇,王欢欢,王瑞,等.新生儿经皮二氧化碳分压检测与动脉血气二氧化碳分压监测值的系统评价/Meta 分析. *中国循证儿科杂志*, 2023, 18(6): 410-423.
- [3] HIRATA K, NISHIHARA M, OSHIMA Y, et al. Application of transcutaneous carbon dioxide tension monitoring with low electrode temperatures in premature infants in the early postnatal period. *Am J Perinatol*, 2014, 31(5): 435-440.
- [4] JAKUBOWICZ J F, BAI S S, MATLOCK D N et al. Effect of transcutaneous electrode temperature on accuracy and precision of carbon dioxide and oxygen measurements in the preterm infants. *Respir Care*, 2018, 63(7): 900-906.
- [5] WERTHER T, AICHHORN L, STELLBERG S, et al. Monitoring of carbon dioxide in ventilated neonates: A prospective observational study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2022, 107(3): 293-298.
- [6] SULLIVAN K P, WHITE H O, GROVER L E et al. Transcutaneous carbon dioxide pattern and trend over time in preterm infants. *Pediatr Res*, 2021, 90(4): 840-846.
- [7] GARLAPATI PRANAV, VALI PAYAM, LAKSHMINRUSIMHA SATYAN et al. The precision between transcutaneous carbon dioxide versus PaCO<sub>2</sub> in infants undergoing therapeutic hypothermia. *Respir Care*, 2024, 69(3): 339-344.

- [8] LAMBERT L L, BALDWIN M B, GONZALEZ C V, et al. Accuracy of transcutaneous CO values compared with arterial and capillary blood gases. *Respir Care*, 2018, 63(7): 907-912.
- [9] 任月红, 郭佳堂, 张洁, 等. 经皮二氧化碳监测在新生儿的应用分析. *科学养生*, 2021, 24(1): 173.
- [10] VAN ESSEN T, GANGARAM-PANDAY N H, VAN WETERINGEN W, et al. Improving the clinical interpretation of transcutaneous carbon dioxide and oxygen measurements in the neonatal intensive care unit. *Neonatology*, 2023, 120(3): 308-316.
- [11] VAN WETERINGEN W, VAN ESSEN T, GANGARAM-PANDAY N H, et al. Validation of a new transcutaneous tcPO<sub>2</sub>/tcPCO<sub>2</sub> sensor with an optical oxygen measurement in preterm neonates. *Neonatology*, 2020, 117(5): 628-636.
- [12] 王婷婷, 富建华. TcPCO<sub>2</sub> 监测在极低/超低出生体重儿撤机后的临床应用. *中国小儿急救医学*, 2019, 26(12): 922-926.
- [13] BERNET V, DÖLL C, CANNIZZARO V, et al. Longtime performance and reliability of two different PtcCO<sub>2</sub> and SpO<sub>2</sub> sensors in neonates. *Paediatr Anaesth*, 2008, 18(9): 872-877.
- [14] 刘玉梅, 何少茹. 经皮二氧化碳分压及氧分压监测在新生儿重症监护室中的应用. *中国新生儿科杂志*, 2009, 24(1): 15-17.
- [15] BERNET-BUETTNER V, UGARTE M J, FREY B, et al. Evaluation of a new combined transcutaneous measurement of PCO<sub>2</sub>/pulse oximetry oxygen saturation ear sensor in newborn patients. *Pediatrics*, 2005, 115(1): e64-68.
- [16] BAUMANN P, GOTTA V, ADZIKAH S, et al. Accuracy of a novel transcutaneous PCO<sub>2</sub> and PO<sub>2</sub> sensor with optical PO<sub>2</sub> measurement in Neonatal Intensive Care: A single-centre prospective clinical trial. *Neonatology*, 2022, 119(2): 230-237.
- [17] 李萍, 钱微琳. 新生儿重症监护病房危重新生儿不同部位监测经皮氧分压、二氧化碳分压的临床效果观察. *中国实用护理杂志*, 2019, 35(14): 1084-1087.
- [18] 高源. 不同部位监测经皮氧分压、二氧化碳分压在新生儿重症监护室中应用对比. *医学理论与实践*, 2023, 36(14): 2430-2432.
- [19] 杨丽. 经皮二氧化碳分压及氧分压监测在早产儿中的应用. *临床合理用药杂志*, 2017, 10(25): 152-153.
- [20] SANDBERG K L, BRYNJARSSON H, HJALMARSON O. Transcutaneous blood gas monitoring during neonatal intensive care. *Acta Paediatr*, 2011, 100(5): 676-679.
- [21] 蔡岳鞠, 黎小兰, 荣箫, 等. 经皮二氧化碳分压和经皮氧分压短时监测在重症早产儿中的应用价值. *中华围产医学杂志*, 2023, 26(8): 658-663.
- [22] 陈健韵, 冯帆, 何淑儿, 等. 经皮二氧化碳及氧分压监测在新生儿呼吸窘迫综合征无创呼吸支持中的应用. *吉林医学*, 2021, 42(6): 1406-1408.
- [23] RUBORTONE S A, DE CAROLIS M P, LACERENZA S, et al. Use of a combined SpO<sub>2</sub>/PtcCO<sub>2</sub> sensor in the delivery room. *Sensors (Basel)*, 2012, 12(8): 10980-10989.
- [24] TINGAY D G, MUN K S, PERKINS E J. End tidal carbon dioxide is as reliable as transcutaneous monitoring in ventilated postsurgical neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2013, 98(2): F161-164.
- [25] 许景林, 王瑞泉, 吴联强, 等. 经皮二氧化碳分压及氧分压监测在新生儿呼吸衰竭中的应用. *中华新生儿科杂志(中英文)*, 2018, 33(6): 437-441.
- [26] 徐惠芳, 周敏丽, 钟力力, 等. 不同 PI 值下新生儿 TcPCO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub> 与 PaCO<sub>2</sub>、PaO<sub>2</sub> 的一致性分析. *华夏医学*, 2022, 35(6): 46-50.
- [27] 李炳辉, 赵长亮, 曹顺利, 等. 电极温度对极低出生体重儿经皮二氧化碳分压和氧分压监测的影响. *中国当代儿科杂志*, 2021, 23(8): 809-813.
- [28] ALY S, EL-DIB M, MOHAMED M, et al. Transcutaneous carbon dioxide monitoring with reduced-temperature probes in very low birth weight infants. *Am J Perinatol*, 2017, 34(5): 480-485.
- [29] ORGANIZATION W H. WHO Handbook for Guideline Development(2nd edition). Geneva: WHO, 2014.
- [30] ALONSO COELLO P, OXMAN A D, MOBERG J, et al. GRADE Evidence to Decision (EtD) frameworks: A systematic and transparent approach to making well-informed healthcare choices. 2: clinical practice guidelines. *BMJ*, 2016, 353: i2089.

(收稿日期: 2024-01-20 修回日期: 2024-02-20)  
(本文编辑:张萍)