

经皮氧气二氧化碳分压监测在呼吸支持 新生儿的应用

刘巍巍 马建荣 邹丽颖

【摘要】目的 评价经皮氧气二氧化碳分压监测在需要呼吸支持的新生儿中应用的效果。**方法** 选择 2017 年 10 月 1 日至 2018 年 8 月 31 日首都医科大学附属北京妇产医院新生儿重症监护病房(neonatal intensive care unit, NICU)中收治的需要呼吸支持的新生儿 105 例,在不同温度条件下对新生儿进行经皮氧分压(transcutaneous oxygen pressure, TcPO₂)和经皮二氧化碳分压(transcutaneous carbon dioxide pressure, TcPCO₂)监测,并与 PaO₂及 PaCO₂数据进行比较分析,了解 TcPCO₂监测的使用效果及作用特点。**结果** 常规探头温度设置在 42.5 °C, TcPO₂和 TcPCO₂监测氧分压及二氧化碳分压效果良好,均呈正相关($r = 0.805, P < 0.01; r = 0.907, P < 0.01$); TcPCO₂与 PaCO₂值相差 ≤ 3 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)的患儿比例为 52.4%(55/105),相差 ≤ 5 mmHg 的比例为 80.95%(85/105),连续监测 2 h, TcPO₂、TcPCO₂监测数据稳定。探头温度分别设定在 40 °C、41 °C、42 °C 时, TcPCO₂与 PaCO₂结果分别为(53.57 \pm 8.65)mmHg 比(50.16 \pm 11.23)mmHg, (42.29 \pm 9.42)mmHg 比(45.22 \pm 11.15)mmHg, (42.67 \pm 8.73)mmHg 比(45.10 \pm 10.26)mmHg, 差异无统计学意义(P 均 > 0.05), TcPCO₂监测效果良好。但探头温度为 40 °C、41 °C 时, TcPO₂显著低于 PaO₂[(41.81 \pm 13.31)mmHg 比(52.70 \pm 11.03)mmHg, (41.96 \pm 9.06)mmHg 比(45.10 \pm 10.92)mmHg, P 均 < 0.05]。**结论** TcPCO₂可连续获取二氧化碳分压结果,连续监测 2 h 结果稳定,尤其适用于高频振荡通气等模式呼吸支持的早产儿监测,且在探头温度 40 °C、41 °C 均可获得良好的二氧化碳监测效果。

【关键词】 经皮氧分压; 经皮二氧化碳分压; 动脉血氧分压; 动脉血二氧化碳分压; 新生儿; 呼吸支持

Application of transcutaneous partial pressure of oxygen and carbon dioxide monitoring in neonates with respiratory support Liu Weiwei, Ma Jianrong, Zou Liying. Department of Neonatology, Beijing Obstetrics and Gynecology Hospital, Capital Medical University, Beijing 100026, China
Corresponding author: Zou Liying, Email: lindazou@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the effect of transcutaneous partial pressure of oxygen and carbon dioxide monitoring in neonates with respiratory support. **Methods** From October 1, 2017 to August 31, 2018, 105 neonates were admitted to Neonate Intensive Care Unit (NICU) in Beijing Obstetrics and Gynecology Hospital. Electronic transcutaneous partial pressure of oxygen (TcPO₂) and transcutaneous partial pressure of carbon dioxide (TcPCO₂) were monitored under different temperature and circulation conditions. Arterial blood gas was used to monitor partial pressure of oxygen (PaO₂) and carbon dioxide partial pressure (PaCO₂). TcPO₂ and TcPCO₂ were compared with PaO₂ and PaCO₂. **Results** The probe temperature was set at 42.5 °C, TcPO₂ and TcPCO₂ were effective in monitoring partial pressure of oxygen and carbon dioxide($r = 0.805, P < 0.01; r = 0.907, P < 0.01$). The difference between TcPCO₂ and PaCO₂ in 55 cases(52.4%) was less than 3 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa), and the difference between TcPCO₂ and PaCO₂ in 85 cases (80.95%) was less than 5 mmHg. Continuous monitoring for 2 h, TcPO₂ and TcPCO₂ monitoring data were stable. When the probe temperature was set at 40 °C, 41 °C, 42 °C, there were no significantly differences between TcPCO₂ and PaCO₂ [(53.57 \pm 8.65) mmHg vs. (50.16 \pm 11.23) mmHg, (42.29 \pm 9.42) mmHg vs. (45.22 \pm 11.15) mmHg, (42.67 \pm 8.73) mmHg vs. (45.10 \pm 10.26) mmHg, P all > 0.05]. But when the probe temperature was set at 40 °C, 41 °C, TcPO₂ was significantly lower than PaO₂ [(41.81 \pm 13.31) mmHg vs. (52.70 \pm 11.03) mmHg, (41.96 \pm 9.06) mmHg vs. (45.10 \pm 10.92) mmHg, $P < 0.05$]. **Conclusions** TcPCO₂ can continuously obtain good results of partial pressure of carbon dioxide, and the results of continuous monitoring for 2 h are stable. It is especially suitable for monitoring premature infants supported by high frequency oscillatory ventilation and other modes of breathing, and good monitoring effect of carbon dioxide can be obtained at the probe temperature of 40 °C and 41 °C.

【Key words】 transcutaneous partial pressure of oxygen (TcPO₂); transcutaneous partial pressure of carbon dioxide

作者单位: 100026 首都医科大学附属北京妇产医院新生儿科
(刘巍巍、马建荣), 产科(邹丽颖)
通信作者: 邹丽颖, Email: lindazou@163.com
DOI: 10.15932/j.0253-9713.2020.03.003

(TcPCO₂); arterial partial pressure of oxygen (PaO₂); arterial carbon dioxide partial pressure (PaCO₂); neonate; respiratory support

近年来,随着新生儿重症监护病房(neonatal intensive care unit, NICU)收治的早产儿数量的增多,极早产儿收治比例增加,机械通气已成为NICU重要的治疗手段。机械通气各项参数的设定需结合患儿的血气情况,早产儿血气波动大可能对脑血流产生明显的影响^[1]。血气分析能及时准确地反映机械通气患儿机体的呼吸和代谢功能,指导医师及时调整治疗措施,使治疗更为精准有效。但在NICU中,获得动脉血标本对新生儿有损伤,频繁取血也是感染和医源性贫血的诱因之一^[2]。进行经皮氧分压(transcutaneous oxygen pressure, TcPO₂)和经皮二氧化碳分压(transcutaneous carbon dioxide pressure, TcPCO₂)监测,有利于减少抽血次数及创伤,但那种监测方式是否能够在NICU机械通气患儿中达到理想的监测效果尚不明确。本研究对NICU收治的需要机械辅助通气的新生儿使用TcPO₂、TcPCO₂监测,并与动脉血气结果进行比较,报告如下。

对象与方法

一、一般资料

选择2017年10月1日至2018年8月31日首都医科大学附属北京妇产医院NICU收治的需要呼吸支持通气的新生儿105例,排除发热、水肿、皮肤有破损、感染及呼吸支持≤2h者,其中足月新生儿21例,早产儿84例,入院时均签署知情同意书。新生儿平均胎龄(33.20±3.95)周,出生体质量(2 058.86±943.20)g。其中足月新生儿21例,胎龄37~40周,出生体质量2 540~3 600 g,男11例,女10例;早产新生儿84例,胎龄26~36周,男45例,女39例,出生体质量790~3 825 g。其中新生儿呼吸窘迫综合征72例,新生儿湿肺21例,胎粪吸入综合征7例,新生儿窒息1例,支气管肺发育不良1例,胸腔积液3例。

二、方法

1. 仪器设备:TcPO₂、TcPCO₂监测应用日本新生电子经皮氧气二氧化碳分压监测仪(PO-850A),动脉血气分析检测应用GEM4000血气分析仪。

2. 数据采集:对所有入组患儿应用TcPO₂、TcPCO₂监测,使用前按说明校正,探头滴加电解液后放置胸前区,常规设置探头温度在42.5℃,监测开始15~20 min后读数稳定,按不同时间监测桡动脉血气分析,同时记录当时TcPO₂、TcPCO₂结果,根据使用说明连续监测2 h,即重新校正并滴定电解液,更换部位重新放置

探头,避免皮肤灼伤。

进一步调整探头温度在40℃、41℃、42℃时,监测开始30 min读数稳定后按不同时间监测桡动脉血气分析,分别获取相应监测结果。比较TcPO₂、TcPCO₂与动脉血气监测结果的符合性及影响因素。计算并记录氧偏移度=(TcPO₂-PaO₂)/PaO₂,二氧化碳偏移度=(TcPCO₂-PaCO₂)/PaCO₂。

三、统计学方法

应用SPSS 21.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用t检验;计数资料以例数(百分率)表示,组间比较采用 χ^2 检验;相关性分析采用线性回归。以P<0.05为差异有统计学意义。

结果

一、TcPO₂、TcPCO₂与动脉血气分析数据的比较(探头温度42.5℃)

监测105例新生儿获取数据105组。TcPO₂(r=0.805, P<0.01)及TcPCO₂(r=0.907, P<0.01)与PaO₂及PaCO₂呈正相关,TcPCO₂较TcPO₂能更好地反映动脉血气的情况,见图1~2。

二、TcPO₂、TcPCO₂监测的稳定性(探头温度42.5℃)

TcPCO₂与PaCO₂相差≤3 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)的共55例,占比达52.40%(55/105),相差≤5 mmHg的共85例,占比达80.95%(85/105)。分析35例高频震荡通气模式呼吸支持的新生儿,收集TcPO₂、TcPCO₂监测0.5 h和2 h数据并分析,结果显示高频通

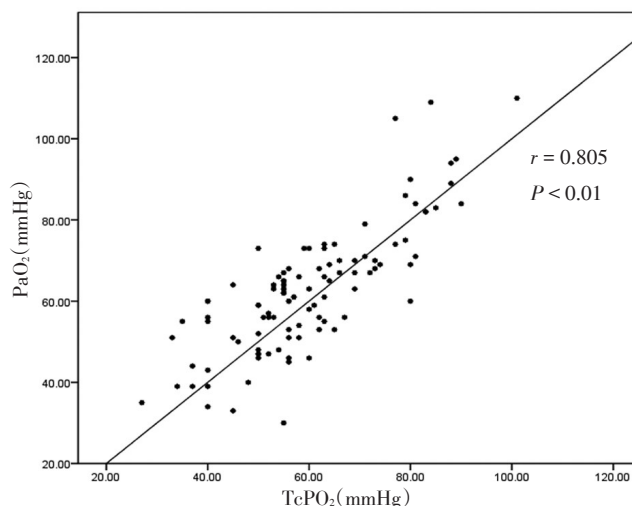


图1 PaO₂与TcPO₂相关性分析散点图

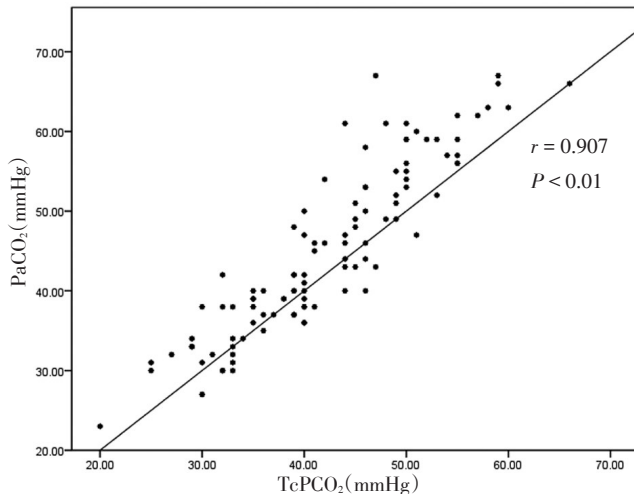


图2 PaCO₂与TcPCO₂相关性分析散点图

气模式下连续监测2 h所获取的结果与动脉血结果比较,稳定无明显偏移($P > 0.05$),见表1。高频震荡通气模式时连续监测TcPCO₂ 2 h,在高频通气0.5 h~2 h出现过度通气呼吸性碱中毒7例,而动脉血气符合呼吸性碱中毒6例,阳性率100%。

三、不同温度设置下TcPO₂、TcPCO₂及PaO₂、PaCO₂的比较

调整探头加热温度在40℃、41℃及42℃,分别收集37例、72例及25例新生儿血气结果,结果显示,TcPCO₂与PaCO₂的差异无统计学意义($P > 0.05$),提示不同温度对PaCO₂的监测无明显影响($P > 0.05$);而40℃、41℃时,TcPO₂显著低于PaO₂,差异有统计学意义($P < 0.05$),且温度越低,差异越明显,见表2。

四、新生儿不良反应发生情况

所有病例中仅1例28周,出生体重1 020 g的早产儿在电极放置位置出现皮肤发红(探头设定温度

42.5℃),无皮肤破损等表现。停止监测后24 h内消退,降低探头温度后更改电极部位,再次监测时未再出现异常。

讨论

血气分析是反映机体的呼吸和代谢功能的重要手段。呼吸支持的新生儿出现低碳酸血症和高碳酸血症的情况很常见,二者均可能对新生儿产生不利影响,其中早产儿极易引起肺和脑损伤。因此,确保正常的PaCO₂水平对早产儿至关重要。低碳酸血症还与早产儿发生支气管肺发育不良、颅内出血以及脑室周围白质软化的风险较高相关^[1],故连续监测血气是更安全有效的措施^[3-6]。本研究中TcPO₂及TcPCO₂是一种成熟的辅助通气监测方法,护理人员认为该手段有效且便捷^[7],国内也有将其在NICU应用的报道^[8-9]。

本研究显示,在探头温度设置为42.5℃时,TcPO₂、TcPCO₂与动脉血结果存在良好的相关性,PaO₂与TcPO₂相关系数为0.805,PaCO₂与TcPCO₂相关系数为0.907,表明当探头温度适宜时,局部微循环血量增加,可获取良好的二氧化碳及氧分压监测效果,减少动脉穿刺概率,而且TcPCO₂监测效果优于TcPO₂的监测效果,与文献报道^[10]一致。

连续监测TcPO₂、TcPCO₂过程中,TcPCO₂与PaCO₂相差≤3 mmHg的比例为52.40%,相差≤5 mmHg的比例为80.95%,监测0.5 h及2 h时结果均稳定,偏移率分析提示较动脉血气结果稳定无明显偏移。因本研究所用的TcPO₂、TcPCO₂设备要求2 h即重新校正,滴加电解液,更换固定部位,而上述结果已显示2 h监测数据稳定,因此进一步行连续监测效果亦获取到满意效果,与文献报道^[11]一致。

表1 35例新生儿高频振荡通气模式不同时间TcPO₂、TcPCO₂及PaO₂、PaCO₂的比较($\bar{x} \pm s$, mmHg)

| 监测时间 (h) | 氧分压 | | 二氧化碳分压 | | 氧偏移率(%) | 二氧化碳偏移率(%) |
|-------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|
| | TcPO ₂ | PaO ₂ | TcPCO ₂ | PaCO ₂ | | |
| 0.5 | 56.71 ± 12.61 | 60.23 ± 12.40 | 43.83 ± 7.18 | 47.20 ± 10.02 | 6.03 ± 2.60 | 3.60 ± 2.42 |
| 2.0 | 57.97 ± 15.68 | 60.00 ± 16.86 | 41.03 ± 11.22 | 43.66 ± 12.15 | 4.94 ± 2.00 | 3.14 ± 2.30 |
| t值 | -0.370 | 0.065 | 1.243 | 0.154 | -1.657 | -0.800 |
| P值 | 0.713 | 0.945 | 0.218 | 0.188 | 0.107 | 0.429 |

表2 新生儿不同温度条件下TcPO₂、TcPCO₂及PaO₂、PaCO₂的比较($\bar{x} \pm s$, mmHg)

| 组别 | 二氧化碳分压 | | | | 氧分压 | | | |
|-----------|-------------------|--------------------|--------|-------|------------------|-------------------|-------|-------|
| | PaCO ₂ | TcPCO ₂ | t值 | P值 | PaO ₂ | TcPO ₂ | t值 | P值 |
| 40℃(n=37) | 50.16 ± 11.23 | 53.57 ± 8.65 | -1.415 | 0.148 | 52.70 ± 11.03 | 41.81 ± 13.31 | 3.654 | 0.000 |
| 41℃(n=72) | 45.22 ± 11.15 | 42.29 ± 9.42 | 0.911 | 0.091 | 45.10 ± 10.92 | 41.96 ± 9.06 | 2.469 | 0.045 |
| 42℃(n=25) | 45.10 ± 10.26 | 42.67 ± 8.73 | 0.679 | 0.413 | 64.86 ± 16.97 | 63.90 ± 13.94 | 0.247 | 0.843 |

高频通气模式的监测结果显示, $TcPCO_2$ 对于过度通气发生呼吸性碱中毒的检出敏感性高, 因此在高频通气和早产儿呼吸支持中应用可以避免动脉穿刺的损伤, 及时了解血气水平。35例高频震荡通气模式呼吸支持的新生儿检出呼吸性碱中毒效果明显, 根据结果及时调整了呼吸机参数, 避免增加对脑血流的影响。

$TcPO_2$ 及 $TcPCO_2$ 的工作原理首先利用测量探头使得局部温度增加, 从而改善该部位血流情况, 皮肤处的血流大幅度增加, 使所在部位附近的毛细血管动脉化后, 进一步利用氧电极等监测到氧分压和二氧化碳分压。既往研究指出, 皮肤温度控制在 $44\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 测量值较准确, 但易有损伤, 特别是早产儿皮肤薄嫩, 更易出现危险。如仅监测 $TcPCO_2$, 较低的皮肤温度即可得到准确的二氧化碳分压值, 国外报道对于极早产儿温度可设定 $40\text{ }^\circ\text{C}$ ^[12-15], 国内目前经皮二氧化碳监测仪一般将探头温度设置在 $43\text{ }^\circ\text{C}$, 使皮肤血液循环充分, 本研究针对早产儿特别是极早产儿皮肤薄嫩、易损伤等特点, 对比了不同温度的监测效果, 将温度设定在 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $41\text{ }^\circ\text{C}$ 及 $42\text{ }^\circ\text{C}$, 结果显示二氧化碳分压监测效果良好, 提示对于极早产儿使用 $TcPCO_2$ 监测时可将探头温度设置在较低水平, 保护早产儿皮肤。温度降低对氧分压监测结果出现影响, $TcPO_2$ 低于 $PaCO_2$, 但结合经皮氧浓度测定可弥补其不足^[16]。

综上所述, $TcPCO_2$ 连续监测结果稳定, 可及时获取二氧化碳分压数据, 尤其适用于高频振荡通气等模式呼吸支持时, 早产儿在探头温度 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $41\text{ }^\circ\text{C}$ 均可获得良好的二氧化碳分压监测效果。当需要连续较长时间监测二氧化碳分压时, 可降低探头温度, 避免皮肤损伤, 同时可减少早产儿动脉采血的创伤及医源性贫血的发生。

参 考 文 献

[1] 方小红, 许丽萍, 林丽聪, 等. 早产儿脑损伤的影响因素研究[J]. 中国全科医学, 2017, 20:459-464.

- [2] Lemyre B, Sample M, Lacaze-Masmonteil T. Minimizing blood loss and the need for transfusions in very premature infants[J]. Paediatr Child Health, 2015, 20:451-462.
- [3] 蒋鹏. 早期新生儿脑室周围-脑室内出血的相关影响因素研究及脑血流动力学变化意义[D]. 济南:山东大学, 2016.
- [4] 丁刚, 周翔, 陈兰珍, 等. 新生儿允许性高碳酸血症时脑血流变化研究[J]. 中国妇幼保健, 2014, 29:1854-1857.
- [5] 黄天丰. γ -氨基丁酸 A 型受体在大鼠机械通气所致“肺-脑”损伤中的作用及其机制研究[D]. 扬州:扬州大学, 2017.
- [6] Janailac M, Labarinas S, Pfister RE, et al. Accuracy of transcutaneous carbon dioxide measurement in premature infants[J]. Crit Care Res Pract, 2016, 2016:8041967.
- [7] Rüdiger M, Töpfer K, Hammer H, et al. A survey of transcutaneous blood gas monitoring among European neonatal intensive care units [J]. BMC Pediatr, 2005, 5:30.
- [8] 蔡琳, 李晓东, 刘丽芳, 等. 经皮无创血气监测在危重新生儿中的应用价值[J]. 中国临床新医学, 2018, 11:273-276.
- [9] 孙乐瑾, 朱永, 王华杰. 无创经皮组织氧分压和二氧化碳分压监测在重症感染性休克患者预后评估中的临床应用价值[J]. 中国老年学杂志, 2016, 36:6238-6240.
- [10] 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[J]. Am J Perinatol, 2014, 31:435-440.
- [11] 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[J]. 中华新生儿科杂志, 2018, 33:437-441.
- [12] 王婷婷, 富建华. 经皮二氧化碳分压及氧分压监测在新生儿重症监护病房临床应用进展[J]. 中国实用儿科杂志, 2017, 32:323-327.
- [13] Jakubowicz JF, Bai S, Matlock DN, et al. Effect of transcutaneous electrode temperature on accuracy and precision of carbon dioxide and oxygen measurements in the preterm infants[J]. Respir Care, 2018, 63:900-906.
- [14] Aly S, El-Dib M, Mohamed M, et al. Transcutaneous carbon dioxide monitoring with reduced-temperature probes in very low birth weight infants[J]. Am J Perinatol, 2017, 34:480-485.
- [15] Smallwood CD, Walsh BK. Noninvasive monitoring of oxygen and ventilation[J]. Respir Care, 2017, 62:751-764.
- [16] Raffl J, Kulhanek F, Kudrna P, et al. Response time of indirectly accessed gas exchange depends on measurement method[J]. Biomed Tech (Berl), 2018, 63:647-655.

(收稿:2019-05-27)