

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2014.05.004

论著·临床研究

新生儿机械通气时呼气末二氧化碳分压与 动脉血二氧化碳分压相关性分析

冯晋兴 刘晓红 黄惠君 余珍珠 杨慧 何柳芳

(深圳市儿童医院新生儿科, 广东 深圳 518026)

[摘要] **目的** 探讨新生儿机械通气时呼气末二氧化碳分压(PetCO₂)和动脉血二氧化碳分压(PaCO₂)的相关性。**方法** 对31例气管插管机械通气的新生儿进行持续主流PetCO₂监测,并同时配对检测85例次动脉血血气分析,评估PetCO₂与PaCO₂的相关性和一致性。**结果** 31例机械通气新生儿PetCO₂均值(41±10 mm Hg)低于PaCO₂均值(46±11 mm Hg)($P<0.01$),二者具有显著正相关性($r=0.92, P<0.01$);平均偏倚是5.1±4.3 mm Hg,在95%一致性范围是(-3.3, 13.6 mm Hg),5%(4/85)的数值在95%的可信区间以外。在氧合指数(OI) <300 mm Hg($n=48$)时, PetCO₂和PaCO₂具有显著正相关性($r=0.85, P<0.01$),平均偏倚是5.9±4.3 mm Hg,在95%一致性范围是(-2.6, 14.5 mm Hg),4%(2/48)的数值在95%的可信区间以外。OI ≥ 300 mm Hg($n=37$)时, PetCO₂和PaCO₂也有显著正相关性($r=0.91, P<0.01$),平均偏倚是4.1±4.1 mm Hg,在95%一致性范围是(-3.9, 12.1 mm Hg),仅5%(2/37)的数值在95%的可信区间以外。**结论** 在机械通气的新生儿中, PetCO₂和PaCO₂有较好的相关性和一致性。
[中国当代儿科杂志, 2014, 16(5): 465-468]

[关键词] 动脉血二氧化碳分压;呼气末二氧化碳分压;机械通气;新生儿

Correlation between end-tidal carbon dioxide and partial pressure of arterial carbon dioxide in ventilated newborns

FENG Jin-Xing, LIU Xiao-Hong, HUANG Hui-Jun, YU Zhen-Zhu, YANG Hui, HE Liu-Fang. Department of Neonatology, Shenzhen Children's Hospital, Shenzhen 518026, China (Email: szfx2013@hotmail.com)

Abstract: Objective To study the correlation between end-tidal carbon dioxide (PetCO₂) and partial pressure of arterial carbon dioxide (PaCO₂) in ventilated newborns. **Methods** Thirty-one ventilated newborn underwent mainstream PetCO₂ monitoring; meanwhile, arterial blood gas analysis was performed. The correlation and consistency between PetCO₂ and PaCO₂ were assessed. **Results** A total of 85 end-tidal and arterial CO₂ pairs were obtained from 31 ventilated newborns. The mean PetCO₂ (41±10 mm Hg) was significantly lower than the corresponding mean PaCO₂ (46±11 mm Hg) ($P<0.01$). There was a significant positive correlation between PetCO₂ and PaCO₂ ($r=0.92, P<0.01$). The overall PetCO₂ bias was 5.1±4.3 mm Hg (95% limits of consistency, -3.3 to 13.6 mmHg), and 5% (4/85) of the points were beyond the 95%CI. When the oxygenation index (OI) was less than 300 mm Hg ($n=48$), there was a significant positive correlation between PetCO₂ and PaCO₂ ($r=0.85, P<0.01$); the PetCO₂ bias was 5.9±4.3 mm Hg (95% limits of consistency, -2.6 to 14.5 mm Hg), and 4.2% (2/48) of the points were beyond the 95%CI. When the OI was more than 300 mm Hg ($n=37$), there was also a significant positive correlation between PetCO₂ and PaCO₂ ($r=0.91, P<0.01$); the PetCO₂ bias was 4.1±4.1 mm Hg (95% limits of consistency, -3.9 to 12.1 mm Hg), and 5% (2/37) of the points were beyond the 95%CI. **Conclusions** There is a good correlation and consistency between PetCO₂ and PaCO₂ in ventilated newborns.
[Chin J Contemp Pediatr, 2014, 16(5): 465-468]

Key words: Partial pressure of arterial carbon dioxide; End-tidal carbon dioxide; Mechanical ventilation; Newborn

[收稿日期] 2013-09-11; [接受日期] 2014-01-22

[作者简介] 冯晋兴,男,硕士,副主任医师。

机械通气时监测动脉血二氧化碳分压(PaCO_2)非常重要,血气分析是监测 PaCO_2 的金标准,但其仅能监测某一个时点的 PaCO_2 变化。呼气末二氧化碳分压(PetCO_2)监测是根据红外线原理、质增原理、拉曼散射原理和图-声分光原理利用呼出气二氧化碳监测曲线而设计的,为一种无创性持续监测肺泡二氧化碳压力或浓度的方法,并能实时显示二氧化碳浓度变化。根据呼出气采样方式的不同,可分为主流式及旁流式监测二种方法。主流监测把传感适配器直接置于机械通气病人气管导管与呼吸机接口之间的气道中,具有反应快,延迟时间短,不会减少潮气量,不需病人的主动配合等特点^[1]。目前,有关新生儿机械通气时 PaCO_2 和 PetCO_2 二者相关性和一致性的分析报道较少。本研究应用主流型呼出气二氧化碳监测仪对机械通气的新生儿进行 PetCO_2 监测,并分析 PetCO_2 和 PaCO_2 相关性,探讨新生儿机械通气时主流 PetCO_2 监测能否反映 PaCO_2 的动态变化。

1 资料与方法

1.1 研究对象

2012年3月至2013年6月期间,本院NICU气管插管并进行机械通气的31例新生儿为研究对象,所有患儿均经口气管插管,通气模式为SIMV+PS,呼吸机为Marquet呼吸机(servio)。上机后应用镇痛镇静技术保持人机合拍,根据患儿疾病及上机前血气分析结果初步调节通气参数。

1.2 监测方法

血气分析仪为i-STAT型血气分析仪(AnalyzovMN:300;Abbott point of care Inc,USA),经桡动脉或股动脉抽取外周动脉血,用患儿体温和血红蛋白校正后测定 PaCO_2 。 PetCO_2 监测仪器采用PLILIPS(CAPNOSTAT:M2501A)主流型红外线二氧化碳分析仪,按程序校正后将二氧化碳分析仪连接于气管导管与呼吸机接口之间,进行持续主流 PetCO_2 监测,同时显示 PaCO_2 实时波形。

在机械通气1h后患儿安静状态下抽动脉血进行血气分析,并记录当时 PetCO_2 (记录3个数字,取均值),以后根据患儿恢复情况实时记录。并记录当时相应的吸入氧浓度(FiO_2)、平均气道压

(MAP)、血氧分压(PaO_2),根据血气分析的结果计算氧合指数(OI,即 $\text{OI}=\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$),分析不同肺部病变严重程度时 PetCO_2 与 PaCO_2 关系的变化,并计算 PaCO_2 与 PetCO_2 差(ADco_2)。

1.3 统计学分析

采用SPSS 18.0统计学软件对数据进行统计学分析,计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用配对 t 检验,采用MedCalc 12.1中的Bland-Altman法分析评价 PetCO_2 与 PaCO_2 的一致性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

本研究中共有31例行机械通气患儿,男19例(61%),女12例(39%),其中足月儿16例(52%),早产儿15例(48%),平均胎龄 34.7 ± 6.8 周(28~41周);平均体重 2200 ± 830 g(1000~3620g);31例患儿平均采血2次以上(范围2~4次),总共有85次动脉血气分析。原发疾病主要是新生儿呼吸窘迫综合征(10例,32%)、胎粪吸入综合征(9例,29%)、肺炎(7例,23%)、早产儿呼吸暂停(3例,10%)、败血症(2例,7%)。

2.2 PetCO_2 与 PaCO_2 相关性分析

PetCO_2 均值(41 ± 10 mm Hg)明显低于 PaCO_2 均值(46 ± 11 mm Hg)($t=11.01$, $P<0.01$);约93%的 PetCO_2 值低于 PaCO_2 值(79/85)。 PetCO_2 和 PaCO_2 之间有明显的正相关性($r=0.92$, $P<0.01$)。此外,在 $\text{OI}<300$ mm Hg($n=48$)和 $\text{OI}\geq 300$ mm Hg($n=37$)的数据中, PetCO_2 和 PaCO_2 都有显著的相关性(r 分别为0.87和0.91,均 $P<0.01$)。无或轻中度肺部病变时的 PetCO_2 值与 PaCO_2 值差异较小,相关性更高($r=0.92$, $P<0.01$)。见图1。

2.3 PetCO_2 与 PaCO_2 一致性分析

利用Bland-Altman方法分析 PetCO_2 均值与 PaCO_2 的一致性和偏倚, ADco_2 即平均偏倚是 5.1 ± 4.3 mm Hg,在95%一致性范围是(-3.3, 13.6 mm Hg),仅5%(4/85)的数值在95%的可信区间以外,二者一致性良好。见图2。

$\text{OI}<300$ mm Hg时,测得二者的 ADco_2 即平均偏倚是 5.9 ± 4.3 mm Hg,在95%一致性范围是

(-2.6, 14.5 mm Hg), 仅4% (2/48) 的数值在95%的可信区间以外, 二者一致性较好。见图3。

在 $OI \geq 300$ mm Hg 时, 二者的 $ADco_2$ 即平

均偏倚是 4.1 ± 4.1 mm Hg, 在95%一致性范围是(-3.9, 12.1 mm Hg), 仅5% (2/37) 的数值在95%的可信区间以外, 二者一致性较好。见图4。

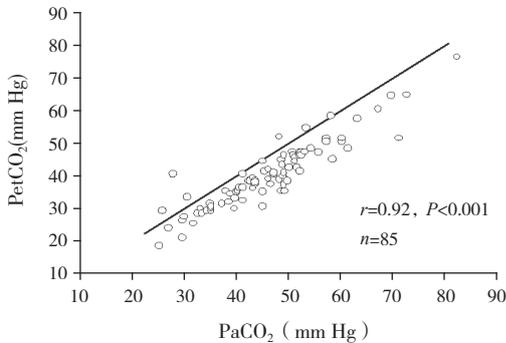


图1 PaCO₂ 与 PetCO₂ 的线性回归图

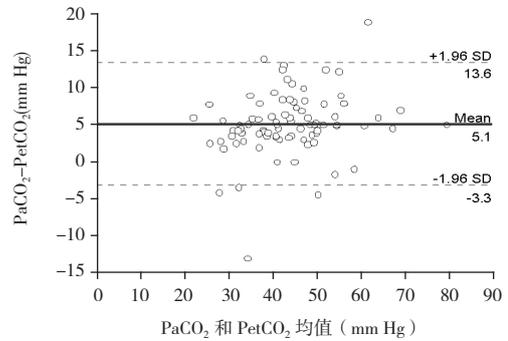


图2 PaCO₂ 和 PetCO₂ 的 Bland-Altman 散点图

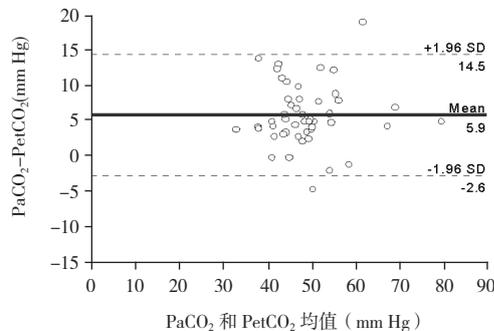


图3 $OI < 300$ mm Hg 时 PaCO₂ 和 PetCO₂ 的 Bland-Altman 散点图

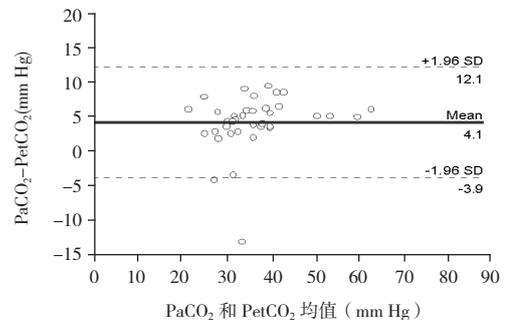


图4 $OI \geq 300$ mm Hg 时 PaCO₂ 和 PetCO₂ 的 Bland-Altman 散点图

3 讨论

机械通气是新生儿重症监护室中重要的呼吸支持手段之一, 机械通气期间持续监测 PaCO₂ 是非常关键的措施, 因为严重的低碳酸血症和高碳酸血症均可导致新生儿远期的神经系统损伤, 特别是早产儿脑损伤等^[2-3]。动脉血气分析是监测 PaCO₂ 的金标准, 但标本采集有创伤性、间歇性, 且容易导致贫血。PetCO₂ 监测在国外已广泛用来无创评估机械通气病人的通气状况, 在麻醉监护时已成为常规监测项目^[4-5]。McDonald 等^[6]对机械通气的危重儿童进行持续主流 PetCO₂ 监测, 发现 PetCO₂ 和 PaCO₂ 有很好的正相关性, PetCO₂ 能可靠的评估机械通气状况。国内易阳等^[7]对小儿非肺源性呼吸衰竭机械通气研究时发现, PetCO₂ 和 PaCO₂ 有明显的正相关性, 通过监测 PetCO₂ 可及时合理的调节呼吸机参数。

正常人 $PaCO_2 \approx PetCO_2$, $ADco_2 < 5$ mm Hg^[8]。PetCO₂ 主要受通气/血流 (V/Q) 比率的影响, 当 V/Q 正常, $ADco_2 < 5$ mm Hg, $PetCO_2 \approx PaCO_2$ 。在病理情况下如出现严重的 V/Q 比率失调, PetCO₂ 和 PaCO₂ 的差值增大, 当 $ADco_2 > 5$ mm Hg, 测定 PetCO₂ 来反映 PaCO₂ 的准确性下降^[9]。而新生儿潮气量小, 呼吸频率快, PetCO₂ 的测定值受死腔的增加及 V/Q 比率增加的影响更大, PetCO₂ 能否准确反映严重肺部疾病状态下 PaCO₂ 水平, 仍有争议。既往研究提示, 新生儿 (特别是早产儿) 呼吸困难常表现为呼吸增快, 潮气量下降, 容易出现通气血流失调, 因此在早产儿呼吸窘迫时不推荐应用 PetCO₂ 监测来反映 PaCO₂ 的水平 ($r=0.387$), 此外, 研究认为由于患病早产儿生理死腔的增大和通气血流的差异, PetCO₂ 与 PaCO₂ 的相关性很低 ($r=0.52$)^[10-11]。导致这些结果的可能原因是研究样本量偏小, 使用的二氧化碳分析设备差异或

者使用旁流法监测二氧化碳。

而另有研究显示,用主流法监测早产儿呼出气二氧化碳,可以准确的反应 PaCO₂ 的趋势和异常^[12]。Daniele 等^[13] 研究显示对极低出生体重儿主流法持续监测 PetCO₂, 和 PaCO₂ 有很好的相关性 ($r=0.69, P<0.0001$)。本文 31 例新生儿的 85 对数据中 93% 的 PetCO₂ 值低于 PaCO₂ 值 (79/85); 仅有 7% (6/85) 的 PetCO₂ 值比 PaCO₂ 值偏大, 个别差值较大, 这可能与肺部病变导致每分钟通气量增多或呼吸频率增快时 PetCO₂ 值增加, 而 PaCO₂ 值降低有关。相关分析显示 PetCO₂ 和 PaCO₂ 有显著的正相关性 ($r=0.92, P<0.01$)。其中, 在轻中度肺部病变时 ($OI \geq 300$ mm Hg), 二者有很好的相关性; 在重度肺部病变时 ($OI < 300$ mm Hg), 相关系数逐渐降低, 差值有增大, 提示严重肺部疾病影响了二者的相关性。

由于相关分析只考虑两种测量结果变化的程度和方向, 不能说明两种测量方法结果的一致性。通过 Bland-Altman 分析法^[14], 可计算两种测量结果差值的 95% 一致性界限, 如果这个界限在临床实际可接受的范围内, 则可以认为这两种测量方法有较好的一致性, 两种方法可以互换使用。本研究结果显示 PaCO₂ 和 PetCO₂ 的一致性较好, 提示气管插管机械通气的新生儿通过无创性主流的监测能较准确反映 PaCO₂ 的趋势。与既往报道的用主流二氧化碳分析仪监测结果相似^[15]。而 Daniele 等^[13] 研究显示 1000~1500 g 的极低出生体重儿在严重肺疾病时, PetCO₂ 和 PaCO₂ 有很好的相关性, 但一致性较差, 由于本文的极低出生体重儿 (1000~1500 g) 仅 2 例, 所以未反映上述改变。

总之, 本研究结果显示, 主流法持续监测呼出气二氧化碳可以较准确的反映新生儿机械通气时 PaCO₂, 因此可做为 NICU 的常规监测项目。但是 PetCO₂ 和 PaCO₂ 仍有一定的差值, 部分 PetCO₂ 值和 PaCO₂ 值偏差较大, 仍不能完全取代动脉血气分析, 可作为血气分析的重要补充, 减少血气分析的次数。由于小于 32 周早产儿病例数偏少, 故未对早产儿和足月儿分组进行研究, 气管插管

处漏气也会影响 PetCO₂, 均需要进一步探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 俞森洋. 现代机械通气的监护和临床应用 [M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2000: 137.
- [2] Ambalavanan N, Carlo WA. Hypocapnia and hypercapnia in respiratory management of newborn infants[J]. Clin Perinatol, 2001, 28(3): 517-531.
- [3] Okumura A, Hayakawa F, Kato T, et al. Hypocapnia in preterm infants with periventricular leukomalacia: The relation between hypocapnia and mechanical ventilation[J]. Pediatrics, 2001, 107(3): 469-475.
- [4] Nagler J, Krauss B. Capnography: a valuable tool for airway management[J]. Emerg Med Clin North Am, 2008, 26(4): 881-897.
- [5] Takki S, Aromaa U, Kauste A. The validity and usefulness of the endtidal PaCO₂ during anaesthesia[J]. Ann Clin Res, 1972, 4: 278-284.
- [6] McDonald MJ, Montgomery VL, Cerrito PB, et al. Comparison of end-tidal CO₂ and PaCO₂ in children receiving mechanical ventilation[J]. Pediatr Crit Care Med, 2002, 3(3): 244-249.
- [7] 易阳, 钟闻燕, 张正霞. 气道闭合压呼出气末二氧化碳在小儿非肺源性呼吸衰竭机械通气中的应用 [J]. 中国当代儿科杂志, 2005, 7(5): 414-416.
- [8] Hansen J E, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing[J]. Am Rev Respir Dis, 1984, 129(2 Pt 2): S49-S55.
- [9] 崔玉涛, 樊寻梅. 呼出气二氧化碳的监测及其临床意义 [J]. 中国实用儿科杂志, 2001, 16(7): 394-397.
- [10] Watkins AM, Weindling AM. Monitoring of end tidal CO₂ in neonatal intensive care[J]. Arch Dis Child, 1987, 62(8): 837-839.
- [11] Hand IL, Shepard EK, Krauss AN, et al. Discrepancies between transcutaneous and end-tidal carbon dioxide monitoring in the critically ill neonate with respiratory distress syndrome[J]. Crit Care Med, 1989, 17 (6): 556-559.
- [12] Rozycki HJ, Sysyn GD, Marshall MK, et al. Mainstream end-tidal carbon dioxide monitoring in the neonatal intensive care unit[J]. Pediatrics, 1998, 101(4): 648-653.
- [13] Daniele T, Stephanie G, Francesco C, et al. End-tidal carbon dioxide monitoring in very low birth weight infants: correlation and agreement with arterial carbon dioxide[J]. Pediatric Pulmonology, 2012, 47(4): 367-372.
- [14] Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement[J]. Lancet, 1986, 1(8476): 307-310.
- [15] Bhat YR, Abhishek N. Mainstream end-tidal carbon dioxide monitoring in ventilated neonates[J]. Singapore Med J, 2008, 49(3): 199-203.

(本文编辑: 王庆红)