

· 临床研究 ·

先天性心脏病患儿气管导管末端穿刺法与旁气流法监测 $P_{ET}CO_2$ 和 $PaCO_2$ 的相关性

徐玉洁 何明枫 张斯璧

【摘要】 目的 比较先天性心脏病(简称先心病)患儿经气管导管末端穿刺法与旁气流法监测 $P_{ET}CO_2$ 和 $PaCO_2$ 的相关性。**方法** 选择全麻下行先心病手术的患儿 20 例,男 12 例,女 8 例,年龄 3~48 个月,ASA I~Ⅲ级。同时采取 22 G 套管针气管导管末端穿刺持续监测(简称末端穿刺法)与旁气流法测 $P_{ET}CO_2$ 。采集动脉血测 $PaCO_2$ 。记录两种方法在麻醉诱导后和心肺转流(CPB)停止后的 $P_{ET}CO_2$ 和桡动脉血 $PaCO_2$ 。采用配对 t 检验及线性相关分析两者的相关性。**结果** 末端穿刺法测得的 $P_{ET}CO_2$ 在麻醉诱导后 $[(36.8 \pm 2.7) \text{ mm Hg vs. } (32.5 \pm 1.4) \text{ mm Hg}, P < 0.05]$ 以及 CPB 停止后 $[(40.8 \pm 2.5) \text{ mm Hg vs. } (36.5 \pm 1.6) \text{ mm Hg}, P < 0.05]$ 均明显高于旁气流法。桡动脉血 $PaCO_2$ 与末端穿刺法 $P_{ET}CO_2$ 的差值在麻醉诱导后 $[(7.1 \pm 0.7) \text{ mm Hg vs. } (11.4 \pm 1.5) \text{ mm Hg}, P < 0.01]$ 和 CPB 停止后 $[(9.3 \pm 1.2) \text{ mm Hg vs. } (13.5 \pm 2.3) \text{ mm Hg}, P < 0.01]$ 均明显低于 $PaCO_2$ 与旁气流法 $P_{ET}CO_2$ 的差值。麻醉诱导后和 CPB 停止后 $PaCO_2$ 与末端穿刺法测得 $P_{ET}CO_2$ 的线性确定系数(R^2)分别为 0.94 和 0.93($P < 0.05$),旁气流法测得的麻醉诱导后、CPB 停止后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的 R^2 分别为 0.68 和 0.66($P < 0.05$)。**结论** 在血流动力学稳定的患儿中,经 22 G 套管针气管导管末端穿刺持续监测 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性更好,可准确反映机体二氧化碳分压的变化。

【关键词】 患儿;先天性心脏病;呼气末二氧化碳分压

Relationship between end-tidal carbon dioxide tension obtained from the distal ends of the tracheal tube and arterial pressure of carbon dioxide with the side stream capnometer in infants with congenital heart disease XU Yujie, HE Mingfeng, ZHANG Sibi. Department of Anesthesiology, Jiangsu Province Hospital, Nanjing 210029, China

Corresponding author: ZHANG Sibi, Email: dr.zhangsibi@163.com

【Abstract】 Objective To determine the relationship between end-tidal carbon dioxide tension ($P_{ET}CO_2$) obtained from the distal ends of the tracheal tube and arterial pressure of carbon dioxide ($PaCO_2$) compared with the sidestream capnometer in infants with congenital heart disease. **Methods** Twenty infants undergoing congenital heart disease surgery, 12 males and 8 females, aged 3-48 months, ASA physical status I-III were enrolled. Measurements of $P_{ET}CO_2$ were obtained from the distal ends of the tracheal tube using a sterile 22 G catheter that was inserted into the tube and from the proximal end with a sidestream capnometer in 20 intubated infants with congenital heart disease. The data including $P_{ET}CO_2$ and the arterial $PaCO_2$ were obtained both after the anesthesia induction and the CPB. **Results** The data of $P_{ET}CO_2$ obtained from the distal ends of the tracheal tube after the anesthesia induction $[(36.8 \pm 2.7) \text{ mm Hg vs. } (32.5 \pm 1.4) \text{ mm Hg}, P < 0.05]$ and the CPB $[(40.8 \pm 2.5) \text{ mm Hg vs. } (36.5 \pm 1.6) \text{ mm Hg}, P < 0.05]$ were both higher than those from the proximal end with a sidestream capnometer. The difference between $PaCO_2$ and $P_{ET}CO_2$ obtained from the distal ends of the tracheal tube after the induction $[(7.1 \pm 0.7) \text{ mm Hg vs. } (11.4 \pm 1.5) \text{ mm Hg}, P < 0.01]$ and the CPB $[(9.3 \pm 1.2) \text{ mm Hg vs. } (13.5 \pm 2.3) \text{ mm Hg}, P < 0.01]$ were significantly lower than that between $PaCO_2$ and $P_{ET}CO_2$ obtained from the proximal end. Distal side-stream $P_{ET}CO_2$ correlated with the $PaCO_2$ ($R^2 = 0.94$ after induction and $R^2 = 0.93$ after the CPB, $P < 0.05$). However, the proximal $P_{ET}CO_2$ with the sidestream capnometer correlated very poorly with $PaCO_2$ whether after the induction ($R^2 = 0.68$, $P < 0.05$) nor the CPB ($R^2 = 0.66$, $P < 0.05$). **Conclusion** We conclude that the $P_{ET}CO_2$ obtained from the distal ends of the tracheal tube provides accurate estimates of the $PaCO_2$ in critically ill infants with congenital heart disease.

【Key words】 Infant patients; Congenital heart disease; End-tidal carbon dioxide tension

先天性心脏病(简称先心病)患儿 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性受到许多因素的影响^[1]。除了不同解剖类型外,血样采样部位也直接影响 $P_{ET}CO_2$ 的准确性。此外,有研究表明,紫绀型先心病患儿 $P_{ET}CO_2$ 不能准确反映真实 $PaCO_2$ ^[2]。本研究以左向右分流先心病手术患儿为对象,探讨患儿同时采用两种不同采样方法于不同部位监测的 $P_{ET}CO_2$ 和 $PaCO_2$ 的相关性,为临床提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准,与患儿家属签署知情同意书。选取 2014 年 1~6 月江苏省人民医院小儿胸心外科左向右分流的先心病手术患儿,性别不限,年龄 3~48 个月,ASA I~III 级。排除近期肺部感染、肺发育不良及肺栓塞史,超声排除右向左及双向分流的患儿。

监测方法 5%七氟醚吸入入室,建立静脉通路后,给予咪达唑仑 0.1 mg/kg、芬太尼 10 μ g/kg 和维库溴铵 0.1 mg/kg 行麻醉诱导。气管插管后(气管导管型号均 $\geq$ ID 3.0)连接 Datex-Ohmeda S/5 麻醉机行机械通气, V_T 8~10 ml/kg,RR 15~30 次/分,I:E 1:1.5, FiO_2 40%~60%,控制 $P_{ET}CO_2$ 在 35~45 mm Hg。术中用 Datex-Ohmeda S/5 监护仪监测生命体征。根据呼气末 CO_2 采样部位分别采取 22 G 套管针气管导管末端穿刺持续监测法(简称末端穿刺法)与旁气流法(在气管导管与麻醉机螺旋管“Y 型”接头连接处采样)同时监测患儿的 $P_{ET}CO_2$ 。

观察指标 在患儿麻醉诱导 15 min 后血流动力学平稳时和心肺转流(CPB)停止后记录两种监测方法测得的 $P_{ET}CO_2$,同时采集动脉血测 $PaCO_2$,并计算差值 $P_{a-ET}CO_2$ 。患儿在 CPB 完全停止、复温完全至正常水平和继续行机械通气 15 min 后分别继续上述方法测定其 $P_{ET}CO_2$,并同时采动脉血测 $PaCO_2$ 。

统计分析 采用 SPSS 19.0 软件行统计学分析。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用配对样本 t 检验、一致性分析和线性相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入 20 例患儿,男 12 例,女 8 例,月龄(16.2 ± 11.9)月,体重 4.5~17.0(10.3 ± 9.2)kg,转流时间(37.7 ± 8.8)min,手术时间($156.5 \pm$

19.8)min。20 例患儿中包括室间隔缺损(简称室缺)9 例,房间隔缺损(简称房缺)6 例,室缺合并房缺 2 例,动脉导管未闭 3 例。

麻醉诱导后以及 CPB 停止后,末端穿刺法测得的 $P_{ET}CO_2$ 均明显高于旁气流法($P < 0.05$),且末端穿刺法的 $P_{a-ET}CO_2$ 均明显低于旁气流法($P < 0.01$), $PaCO_2$ 差异无统计学意义(表 1)。

表 1 两种监测方法的 $PaCO_2$ 、 $P_{ET}CO_2$ 和 $P_{a-ET}CO_2$ 的比较
(mm Hg, $\bar{x} \pm s$, $n = 20$)

指标	方法	诱导后	CPB 后
$P_{ET}CO_2$	末端穿刺法	36.8 ± 2.7^a	40.8 ± 2.5^a
	旁气流法	32.5 ± 1.4	36.5 ± 1.6
$PaCO_2$	末端穿刺法	43.9 ± 2.4	50.7 ± 3.0
	旁气流法	43.9 ± 2.4	50.7 ± 3.0
$P_{a-ET}CO_2$	末端穿刺法	7.1 ± 0.7^b	9.3 ± 1.2^b
	旁气流法	11.4 ± 1.5	13.5 ± 2.3

注:与旁气流法组比较,^a $P < 0.05$;与旁气流法比较,^b $P < 0.05$

末端穿刺法测得的麻醉诱导后、CPB 停止后的 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的线性确定系数(R^2)分别为 0.943 和 0.937,旁气流法测得的麻醉诱导后、CPB 停止后的 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的 R^2 分别为 0.68、0.66(图 1~4)。

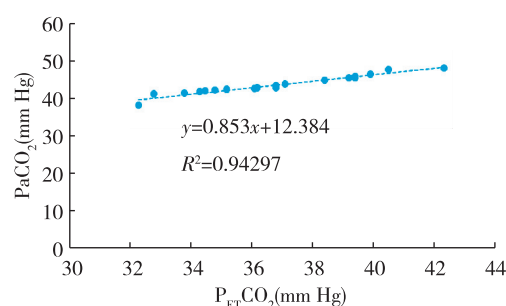


图 1 末端穿刺法麻醉诱导后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性

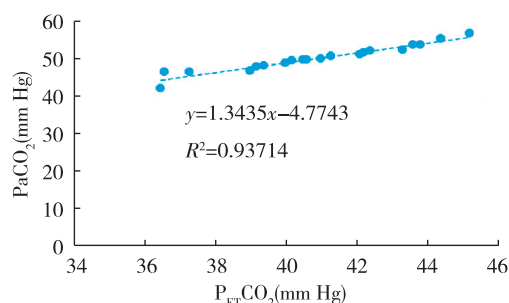
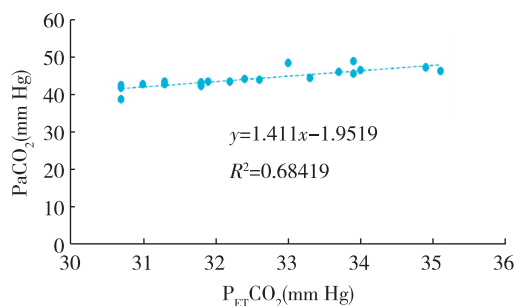
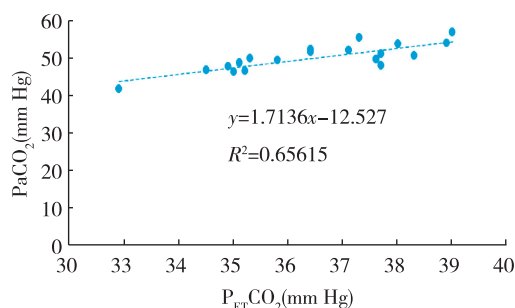


图 2 末端穿刺法 CPB 停止后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性

图3 旁气流法麻醉诱导后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性图4 旁气流法 CPB 停止后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性

讨 论

本研究结果显示,在控制通气时,虽然末端穿刺法与旁气流法在麻醉诱导后以及 CPB 停止后的线性确定系数均存在显著性差异,但是末端穿刺法相关系数与旁气流法比较,前一种监测法更好地反映 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 之间的相关性。与末端穿刺法比较,旁气流法监测到的诱导后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 以及停转流后 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 存在显著性差异,提示经末端穿刺法监测 $P_{ET}CO_2$ 更能直接准确地反映体内 CO_2 的变化。同时,本研究结果也提示仅依靠旁气流法监测 $P_{ET}CO_2$ 进行呼吸管理,容易出现过度通气或酸中毒。

以上结果可能与患儿呼出气流很容易被稀释有关^[3]。在部分重吸入回路,如采样处在气管导管近端,新鲜气流的 CO_2 稀释作用明显,测得的 CO_2 浓度要比实际的低。在无重吸入回路,虽可明显减

少新鲜气流的稀释作用,但患儿与成人比较,新鲜气体仍相对较大,在气管导管近端采样接管处仍有不同程度的稀释,并且体重越小,稀释作用越明显。此外,本研究中采取旁气流法测得的 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 差异较大,还可能与气管导管与麻醉机螺纹管“Y型”接头处死腔增大有关。

体位变化时,如侧卧位时 $P_{ET}CO_2$ 减少, $PaCO_2$ 增大, $P_{a-ET}CO_2$ 增大^[4]。Suominen 等^[5]认为,体温可以影响 $P_{a-ET}CO_2$ 值,先心病患儿 CPB 手术中体温的变化也必须重视。

先心病对 $P_{ET}CO_2$ 的影响,可能与心内血液分流方向及是否合并肺血流减少有关。研究发现,非发绀型先心病不影响 $P_{ET}CO_2$ 测定值,而发绀型先心病导致 $P_{ET}CO_2$ 显著低于非发绀型先心病,不能准确反映 $PaCO_2$ ^[2]。

综上所述,常用的旁气流法 $P_{ET}CO_2$ 监测可用来反映机体内 CO_2 的变化趋势,有利于指导呼吸管理,但准确性不高,仍需要依靠 $PaCO_2$ 的测定。而采用 22 G 套管针在邻近气管导管末端穿刺行持续 $P_{ET}CO_2$ 监测,可靠性高,相关性更好,更能准确反映机体 $PaCO_2$ 的变化,并且实施方法简单易操作,经济实惠,可广泛应用于临床。

参 考 文 献

- [1] 倪萍, 王英伟. 小儿先心患者呼气末与动脉血二氧化碳分压的相关性及其影响因素. 国际麻醉学与复苏杂志, 2009, 30(3): 242-276.
- [2] 郑利民, 李玉梅. 紫绀与非紫绀型先天性心脏病患者 $PETCO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性. 临床麻醉学杂志, 2005, 21(6): 377-378.
- [3] Mehta H, Kashyap R, Trivedi S. Correlation of end tidal and arterial carbon dioxide levels in critically ill neonates and children. Indian J Crit Care Med, 2014, 18(12): 833-834.
- [4] 龚发贤, 吴芳, 张永海, 等. 俯卧位手术时对 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关性分析. 临床麻醉学杂志, 2014, 30(6): 574-576.
- [5] Suominen PK, Stayer S, Wang W, et al. The effect of temperature correction of blood gas values on the accuracy of end-tidal carbon dioxide monitoring in children after cardiac surgery. ASAIO J, 2007, 53(6): 670-674.

(收稿日期:2016-08-04)