

· 临床研究 ·

经皮二氧化碳监测在肥胖患者行腹腔镜胃旁路术中的应用

刘世江 孙杰 于颖颖 丁正年 刘存明

【摘要】 目的 研究肥胖患者行腹腔镜下胃旁路术中经皮二氧化碳分压($P_{TC}CO_2$)监测评估 $PaCO_2$ 的准确性和相关性。**方法** 择期行腹腔镜下胃旁路术的患者 22 例,男 9 例,女 13 例,年龄 19~55 岁,体重 86~160 kg, $BMI > 35 \text{ kg/m}^2$, ASA I 或 II 级,在麻醉后(气腹前)和气腹后 30、60 和 120 min 时测量 $PaCO_2$ 、 $P_{ET}CO_2$ 和 $P_{TC}CO_2$ 。并计算 $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ 和 $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ 的差值,采用 Bland-Altman 分析、相关与回归和确切概率法分析 $PaCO_2$ 与 $P_{ET}CO_2$ 、 $PaCO_2$ 与 $P_{TC}CO_2$ 的线性回归方程和一致性界限(LOA)。**结果** 1 例男性患者因麻醉诱导时使用了去氧肾上腺素而被排除出本研究。余患者 $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ 的差值为 $(10.3 \pm 2.3) \text{ mm Hg}$, $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ 的差值为 $(0.9 \pm 1.3) \text{ mm Hg}$ 。 $PaCO_2$ 与 $P_{ET}CO_2$ 之间的线性回归方程为 $P_{ET}CO_2 = 11.58 + 0.57 \times PaCO_2$ ($r^2 = 0.64, P < 0.01$); $PaCO_2$ 与 $P_{TC}CO_2$ 之间的线性回归方程为 $P_{TC}CO_2 = 0.60 + 0.97 \times PaCO_2$ ($r^2 = 0.89, P < 0.01$),气腹后 30、60 和 120 min 时 $P_{ET}CO_2$ 和 $P_{TC}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 具有明显相关性($P < 0.01$)。 $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ 差值的 95% LOA 为 $(10.3 \pm 4.6) \text{ mm Hg}$; $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ 差值的 95% LOA 为 $(0.9 \pm 2.6) \text{ mm Hg}$ 。**结论** 肥胖患者行腹腔镜下胃旁路术中, $P_{TC}CO_2$ 比 $P_{ET}CO_2$ 更精确地评估 $PaCO_2$ 。

【关键词】 经皮二氧化碳监测;肥胖;胃旁路术;麻醉

Transcutaneous monitoring of carbon dioxide monitor in severe obese patients undergoing laparoscopic surgery LIU Shijiang, SUN Jie, YU Yingying, DING Zhengnian, LIU Cunming. Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China
Corresponding author: LIU Cunming, Email: 1335587409@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the accuracy and correlation of estimating $PaCO_2$ using a transcutaneous CO_2 pressure ($P_{TC}CO_2$) monitor in severe obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery. **Methods** Twenty-two patients aged 19-55 years, weighting 86-160 kg, $BMI > 35 \text{ kg/m}^2$, ASA I or II undergoing laparoscopic bariatric surgery were included in this study. Their $PaCO_2$, $P_{ET}CO_2$ and $P_{TC}CO_2$ values were measured at 4 time points before and 30 min, 60 min and 120 min after pneumoperitoneum and was the difference calculated between each measure ($PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ and $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$). Agreement among measures was assessed by the Bland-Altman method. **Results** One patient was eliminated due to the use of vaso-excitor material phenylephrine during anesthesia induction. The average $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ difference was $(10.3 \pm 2.3) \text{ mm Hg}$. The average $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ difference was $(0.9 \pm 1.3) \text{ mm Hg}$. 95% of the limits of agreement(LOA) of the average $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ difference was $(10.3 \pm 4.6) \text{ mm Hg}$. The linear regression equation of $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ was $P_{ET}CO_2 = 11.58 + 0.57 \times PaCO_2$ ($r^2 = 0.64, P < 0.01$); whereas the one of $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ was $P_{TC}CO_2 = 0.60 + 0.97 \times PaCO_2$ ($r^2 = 0.89, P < 0.01$). The LOA of 95% average $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ difference was $(10.3 \pm 4.6) \text{ mm Hg}$, while the LOA of 95% average $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ difference was $(0.9 \pm 2.6) \text{ mm Hg}$. **Conclusion** While undergoing laparoscopic bariatric surgery, transcutaneous carbon dioxide monitoring estimates $PaCO_2$ better than $P_{ET}CO_2$ in patients with severe obesity.

【Key words】 Transcutaneous carbon dioxide; Obesity; Bariatric surgery; Anesthesia

动脉血气(ABG)分析是目前监测 $PaCO_2$ 的金标准,但是 ABG 是一种有创检查。频繁的血气检查增加了患者的并发症,在一些特殊患者(如婴幼

儿)可能造成医源性贫血。 $P_{ET}CO_2$ 监测是一种无创的监测 CO_2 的方法,很多情况下能够很好的预测动脉血 CO_2 ,广泛应用于临床,但其准确性受很多因素的影响,如通气血流比值失调、呼吸睡眠暂停综合征(OSAS)、肺内分流、吸烟等。经皮二氧化碳

分压($P_{TC}CO_2$)监测是另一种无创监测体内二氧化碳的方法,在成人和婴幼儿身上都被证实可以用来估计 $PaCO_2$ [1,2]。腹腔镜下胃旁路术是肥胖患者减重常用的术式。Griffin 等 [3] 研究表明,在剖腹胃旁路术中 $P_{TC}CO_2$ 监测比 $P_{ET}CO_2$ 监测能更好的精确估计 $PaCO_2$,但是在腹腔镜下胃旁路术中 $P_{TC}CO_2$ 监测能否精确评估 $PaCO_2$ 的研究报道很少。本研究探讨在腹腔镜下胃旁路术中 $P_{TC}CO_2$ 和 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 之间的相关性和准确性。

资料与方法

一般资料 本研究已获本院伦理委员会的批准,所有患者均签署知情同意书。本研究选择腹腔镜下行胃旁路术的患者 22 例,年龄 19~55 岁,体重 86~160 kg, BMI $> 35 \text{ kg/m}^2$, ASA I 或 II 级。无心肺器质性疾病(如充血性心力衰竭、冠心病、慢阻肺等),无重大手术外伤史,无吸烟史。

方法 麻醉由同一麻醉医师实施,麻醉诱导采用静注丙泊酚 1~2 mg/kg、芬太尼 2~4 $\mu\text{g/kg}$ 、罗库溴铵 0.6 mg/kg,插管后机械通气采用间歇正压通气(IPPV)模式, V_T 6~10 ml/kg, I:E 1:2, FiO_2 为 100%, 氧气流量 2 L/min, 调节呼吸频率和 V_T , 维持 $P_{ET}CO_2$ 在 35~45 mm Hg。 $P_{ET}CO_2$ 采用旁气流(Datex-Ohmeda, Finland, 抽气速度 150 ml/min)。 $P_{TC}CO_2$ 监测采用 TCM4(丹麦雷度公司),使用前根据使用手册更换新的电极膜且由同一人校准,电极加热到 44℃, 位置在左侧胸部,更换电极位置需要重新校准。每隔 2 小时更换电极位置以避免电极损伤皮肤。采用 Datex-Ohmeda, Finland 监护患者的 ECG、 SpO_2 和 NIBP。麻醉诱导前记录患者的基础 HR、SBP 和 DBP。局麻下采用 20G 的穿刺针穿刺左侧桡动脉并置管,采用 i-STAT 血气分析仪行 ABG。记录测量值前,HR、呼吸、BP 的参数保持稳定至少 5 min。麻醉维持静注丙泊酚、芬太尼、瑞芬太尼和吸入七氟醚,BP 和 HR 波动维持在 $\pm 20\%$ 基础以内,BP 下降超过 20% 基础或需要使用缩血管药物维持 BP 的患者退出本研究,发生低血压之前的数据可用于研究分析。维持患者的鼻咽温度在 36~37℃,手术室温维持在 23~25℃,术中 CO_2 气腹压力维持在 12~14 mm Hg。

观察指标 在麻醉诱导后(气腹前,基础值)、气腹后 30、60 和 120 min 时测量 $PaCO_2$ 、 $P_{ET}CO_2$ 和 $P_{TC}CO_2$,并计算 $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ 和 $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ 的差值。采用 Bland-Altman 分析、相关与

回归和确切概率法分析 $PaCO_2$ 与 $P_{ET}CO_2$ 、 $PaCO_2$ 与 $P_{TC}CO_2$ 的线性回归方程和一致性界限(limits of agreement, LOA)。

统计分析 采用 SPSS 17.0 统计学软件进行分析。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料采用 Fisher 确切概率法,各组数据间比较采用相关和回归以及 Bland-Altman 分析。

结 果

22 例患者被选入本研究,男 9 例,女 13 例,1 例男性患者因麻醉诱导时使用了去氧肾上腺素而被排除,所有患者均行腹腔镜下胃旁路术。

$PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ 的差值为 (10.3 ± 2.3) mm Hg, $PaCO_2 - P_{TC}CO_2$ 的差值为 (0.9 ± 1.3) mm Hg。 $PaCO_2$ 与 $P_{ET}CO_2$ 之间的线性回归方程为 $P_{ET}CO_2 = 11.58 + 0.57 \times PaCO_2$ ($r^2 = 0.64$, $P < 0.01$)(图 1)。

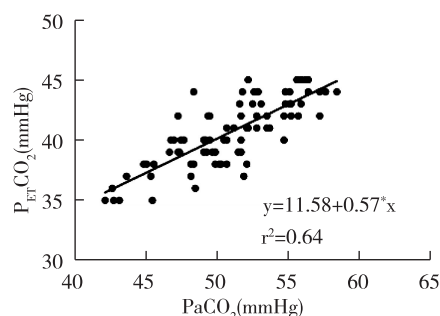


图 1 患者 $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 的相关关系

$PaCO_2$ 与 $P_{TC}CO_2$ 之间的线性回归方程为 $P_{TC}CO_2 = 0.60 + 0.97 \times PaCO_2$ ($r^2 = 0.89$, $P < 0.01$)(图 2)。气腹前、气腹后 30、60 和 120 min 时 $P_{ET}CO_2$ 和 $P_{TC}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 具有明显相关性($P < 0.01$)

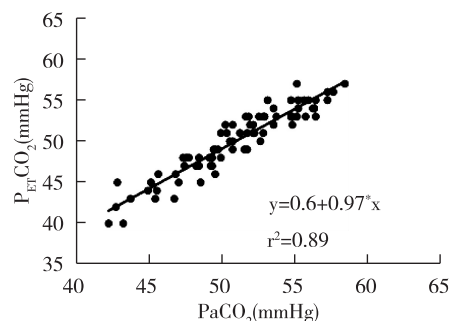


图 2 所有患者 $P_{TC}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 之间的相关关系

所有患者 $PaCO_2 - P_{ET}CO_2$ 的差值无一例 ≤ 3

mm Hg, $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 的差值 ≤ 3 mm Hg 有 79 例 ($P < 0.01$); $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 的差值仅一例 ≤ 5 mm Hg, $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 的差值全部 ≤ 5 mm Hg ($P < 0.01$)。

Bland-Altman 分析显示, $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 差值均数的 95% LOA 为 (10.3 ± 4.6) mm Hg (图 3)。

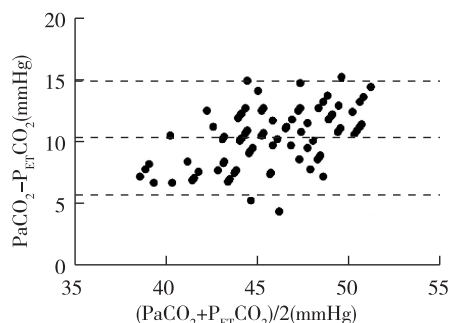


图 3 Bland-Altman 法分析 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 与 PaCO_2 之间的一致性关系

$\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 差值均数的 95% LOA 为 (0.9 ± 2.6) mm Hg (图 4)。

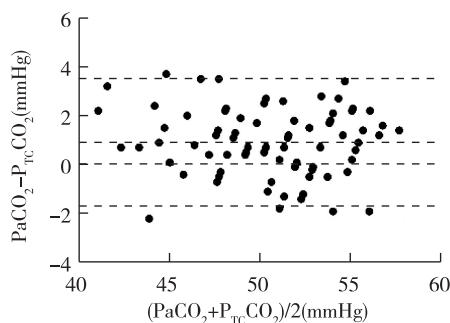


图 4 Bland-Altman 法分析 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 与 PaCO_2 之间的一致性关系

讨 论

$\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 监测已经成为临床麻醉管理的标准监测项目,但是它的准确性却受很多因素的影响,包括肺泡分钟通气量、通气血流比值、心血管和肺疾病等,使得测量结果与实际结果间存在较大误差。腹腔镜下胃旁路术不仅能够减轻体重,还能够很好的控制糖尿病的发展,并极大的改善生活质量,临床上得到快速发展。和 BMI 正常的患者比较,肥胖患者的功能残气量(FRC)减小,肺内分流增加(10%~25%),尤其是腹型肥胖患者。 CO_2 气腹后,FRC 将进一步减小,肺内分流也将进一步加重。此时 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 监测准确性变差,而 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 监测是通过电

极加热,使局部毛细血管“动脉化”后血流增加, CO_2 通过皮肤弥散进入电极,改变电极内 pH 而得。Dion 等^[4] 研究表明,随着 PaCO_2 水平的增高, $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 的差值增大。肥胖患者行胃旁路术中 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 的水平通常都在 40 mm Hg 以上,通过 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 监测可能低估 PaCO_2 ,而此时通过 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 仍能较准确的估计 PaCO_2 ,尤其是在气管拔管以后,患者容易发生缺氧和二氧化碳蓄积,此时 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 监测已不准确,而 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 监测有特殊价值。在本研究中显示 $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 的差值在 (10.3 ± 2.3) mm Hg, $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 的差值在 (0.9 ± 1.3) mm Hg,和先前的研究一致^[5]。

先前有研究表明 PaCO_2 在气腹后 30 min 达到最高,并在 60 min 时趋于稳定^[6]。本研究选取在气腹后 30 min 测量 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$,对于绝大多数患者是适合的。Xue 等^[7] 研究表明,在长时间腹腔镜手术中, $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 监测比 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 能更精确的预测 PaCO_2 , $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 和 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 与 PaCO_2 之间的回归方程分别为 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2 = 0.74 \times \text{PaCO}_2 + 11.07$ ($r^2 = 0.71$, $P < 0.01$); $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2 = 1.04 \times \text{PaCO}_2 + 6.45$ ($r^2 = 0.55$, $P < 0.01$)。但是对于超过 60 min 后, $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 与 PaCO_2 是否还具有很好的相关性尚未可知。在本研究中,整个手术过程完全在腹腔镜下完成,因此可以监测到气腹后 120 min。本研究显示在气腹后 120 min 时, $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 与 PaCO_2 仍具有很好的相关性。

Griffin 等^[3] 研究表明在 $\text{BMI} > 40 \text{ kg/m}^2$ 的肥胖患者剖腹胃旁路术中 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 比 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 能更好地精确估计 PaCO_2 。在 Maniscalco 等^[8] 的研究中,患者的平均 BMI 为 43.7 kg/m^2 ,尽管研究对象具有慢性阻塞性肺疾病(COPD)、OSAS、低通气综合征(OHS)和呼吸衰竭(RF),但是和标准血气相比, $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 监测仍旧能够很好的精确评估 PaCO_2 。本研究结果显示,在 $\text{BMI} > 35 \text{ kg/m}^2$ 的肥胖患者行腹腔镜下胃旁路术中 $\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 比 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 能更精确地评估 PaCO_2 , $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 的差值在 84 个测量值中都小于 5 mm Hg,而 $\text{PaCO}_2 - \text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 的差值在 84 个测量值中只有一个小于 5 mm Hg。

$\text{P}_{\text{TC}}\text{CO}_2$ 监测的准确性和精确性受监测装置本身和患者自身因素的影响。包括电极位置不正确、气泡的产生、电极膜的损坏等;另外,诸如皮肤血流灌注不良、皮肤厚度、血管活性药物的使用、组织水肿等患者的因素也影响监测的准确性。Nishiyama 等^[9] 研究表明,与上臂和前臂比较,电极放置在胸部

所测得的 $P_{TC}CO_2$ 能更精确地估计 $PaCO_2$, 而 Górska 等^[10] 研究表明电极位置对结果影响不大。本研究选择电极位置在左侧胸部(乳头和锁骨之间), 一是术中麻醉医师位于患者头侧, 便于观察电极; 更主要是避免手术在腹部操作时引起的体动对电极的影响。

$P_{TC}CO_2$ 监测不能完全替代 $P_{ET}CO_2$ 监测。 $P_{ET}CO_2$ 监测有其特殊优势, 包括判断气管导管位置、呼吸回路脱落等, $P_{ET}CO_2$ 的波形尤其有意义。 $P_{TC}CO_2$ 监测受很多因素限制, 包括需要定期更换电极膜、反应时间长、缺少波形、使用前需要校准、皮肤灼伤等^[11]。

综上所述, 在肥胖患者行腹腔镜下胃旁路术中, $P_{TC}CO_2$ 比 $P_{ET}CO_2$ 能更精确地估计 $PaCO_2$ 。在肥胖患者行腹腔镜下胃旁路术中用 $P_{TC}CO_2$ 监测估计 $PaCO_2$ 水平有利于提高麻醉管理的质量。

参 考 文 献

- [1] Zhang H, Wang DX. Noninvasive measurement of carbon dioxide during one-lung ventilation with low tidal volume for two hours: end-tidal versus transcutaneous techniques. *PLoS One*, 2015, 10(10):e0138912.
- [2] Baulig W, Keselj M, Baulig B, et al. Transcutaneous continuous carbon dioxide tension monitoring reduced incidence, degree and duration of hypercapnia during combined regional anaesthesia and monitored anaesthesia care in shoulder surgery patients. *J Clin Monit*, 2015, 29(4):499-507.
- [3] Griffin J, Terry BE, Burton RK, et al. Comparison of end-tidal and transcutaneous measures of carbon dioxide during general anaesthesia in severely obese adults. *Br J Anaesth*, 2003, 91(4): 498-501.
- [4] Dion JM, McKee C, Tobias JD, et al. Carbon dioxide monitoring during laparoscopic assisted bariatric surgery in severely obese patients: transcutaneous versus end-tidal techniques. *J Clin Monit*, 2015, 29(1):183-186.
- [5] Reid CW, Martineau RJ, Miller DR, et al. A comparison of transcutaneous, end-tidal and arterial measurements of carbon dioxide during general anaesthesia. *Can J Anaesth*, 1992, 39(1): 31-36.
- [6] 刘世江, 刘璇, 于颖颖, 等. 经皮二氧化碳分压监测在后腹腔镜下泌尿外科手术麻醉中的应用. *临床麻醉学杂志*, 2013, 29(6):576-579.
- [7] Xue Q, Wu X, Jin J, et al. Transcutaneous carbon dioxide monitoring accurately predicts arterial carbon dioxide partial pressure in patients undergoing prolonged laparoscopic surgery. *Anesth Analg*, 2010, 111(2):417-420.
- [8] Maniscalco M, Zedda A, Faraone S, et al. Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor in severe obesity. *Intensive Care Med*, 2008, 34(7):1340-1344.
- [9] Nishiyama T, Nakamura S, Yamashita K. Comparison of the transcutaneous oxygen and carbon dioxide tension in different electrode locations during general anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol*, 2006, 23(12): 1049-1054.
- [10] Górska K, Korczyński P, Maskey-Warzechowska M, et al. Variability of Transcutaneous Oxygen and Carbon Dioxide Pressure Measurement Associated with Sensor Location. *Adv Exp Med Biol*, 2015, 858:39-46.
- [11] Lermuzeaux M, Meric H, Sauneuf B, et al. Superiority of transcutaneous CO_2 over end-tidal CO_2 measurement for monitoring respiratory failure in nonintubated patients: A pilot study. *J Crit Care*, 2016, 31(1):150-156.

(收稿日期:2016-04-13)

· 消息 ·

《临床麻醉学杂志》2017 年重点号征文通知

《临床麻醉学杂志》拟于 2017 年出刊三个专辑:“超声引导神经阻滞用于麻醉和手术后镇痛”、“麻醉与围术期脏器保护”和“神经外科麻醉的围术期处理”, 与此相关的临床研究、实验研究、临床经验、综述、继续教育、知识更新、病例报道等均可投稿。稿件经编委审核后择优刊用。投稿请登录 <http://www.lcmzxzz.com>, 并在文题后注明“重点号”。编辑部联系电话:025-83472912, Email:jca@lcmzxzz.com。