Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences

Taghizadeh, et al. *Med J Tabriz Uni Med Sciences.* 2022;44(2):98-105
doi: 10.34172/mj.2022.019
https://mj.tbzmed.ac.ir

TUOMS PRESS

Original Article

Evaluation of the correlation between end-tidal arterial carbon dioxide pressure based on mainstream capnography technique and arterial carbon dioxide pressure based on arterial blood gas analysis before and after cardiopulmonary bypass pump in children with non-cyanotic congenital heart defects

Ashkan Taghizadeh[1], Hooman Naghashian[2], Rojin Faroughi[2], Behrang Nooralishahi[3*]

[1]Children's Medical Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2]School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3]Tehran Heart Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 4 Dec 2021
Accepted: 6 Feb 2022
ePublished: 19 Apr 2022

Keywords:
Carbon Dioxide,
Arterial Blood Gas,
Cardiopulmonary Bypass,
Capnography

Abstract

Background. It is still a matter of debate whether the evaluation of end-tidal carbon dioxide (ETCO2) using a capnography device allows the evaluation of non-invasive monitoring of arterial carbon dioxide pressure (PaCO2). The aim of this study was to compare the value of ETCO2 by direct mainstream and PaCO2 based on arterial gas analysis (ABG) before and after cardiopulmonary bypass pump in children with congenital heart defects.

Methods. Twenty nine children were enrolled who were candidates for elective cardiac surgery and were admitted to the Children's Medical Center. Before and after cardiopulmonary bypass pump, ETCO2 was evaluated based on mainstream technique and PaCO2 based on arterial gas analysis.

Results. The mean difference between ETCO2 and PaCO2 values before cardiopulmonary bypass pump was 5.32± 3.68 mm Hg, which is clinically negligible considering the fact that the difference of less than 5 mm Hg, indicates an acceptable agreement between them. However, the mean difference between the two indices after cardiopulmonary bypass pump was 7.03± 6.85 mm Hg according to which, the difference between the two measured values after cardiopulmonary bypass will be clinically significant.

Conclusion. Preoperative ETCO2 evaluation can provide a close prediction of PaCO2 levels, but after pumping, direct arterial sampling should be taken to accurately measure PaCO2 levels in non-cyanotic patients undergoing heart surgery.

Practical Implications. Capnography may be used as a reliable predictor of arterial pressure of carbon dioxide in children with non-cyanotic cardiac lesions undergoing corrective cardiac surgery. However, it may not be as reliable after weaning from cardiopulmonary bypass and repeated arterial blood gas analysis may be necessary.

How to cite this article: Taghizadeh A, Naghashian H, Faroughi R, Nooralishahi B. Evaluation of the correlation between end-tidal arterial carbon dioxide pressure based on mainstream capnography technique and arterial carbon dioxide pressure based on arterial blood gas analysis before and after cardiopulmonary bypass pump in children with non-cyanotic congenital heart defects. 2022;44(2):98-105. doi: 10.34172/mj.2022.019. Persian.

*Corresponding author; Email: b-nooralishahi@sina.tums.ac.ir
© 2022 The Authors. This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution CC BY 4.0 License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Extended Abstract

Background

It is still a matter of debate whether the evaluation of end-tidal carbon dioxide (ETCO2) using a captography device allows the evaluation of non-invasive monitoring of arterial carbon dioxide pressure (PaCO2). The ability to accurately determine the pressure of arterial carbon dioxide by reading a reliable value of ETCO2 would reduce the number of arterial blood gas sampling and enhance the quality of monitoring blood gasses. The aim of this study was to compare the value of ETCO2 by direct mainstream and PaCO2 based on arterial gas analysis (ABG) before and after cardiopulmonary bypass pump in children with congenital heart defects.

Methods

Twenty nine children who were candidates for elective cardiac surgery for correction of non-cyanotic heart defect who were admitted to the Children's Medical Center were enrolled into the study. All the patients were non-invasively monitored before the induction of anesthesia. Anesthesia was induced by transvenous injection of 5mcg/kg fentanyl, 0.05 mg/kg midazolam, 3mg/kg sodium thiopental and 0.15 mg/kg cisatracurium. After tracheal intubation, the patients were mechanically ventilated with 7-8 ml/kg tidal volumes and the respiratory rate was set to keep the target end tidal CO2 between 30 and 35 mmHg. Arterial and central venous catheters were placed after intubation and invasive arterial and central venous pressures were continuously monitored. Before and after cardiopulmonary bypass pump, ETCO2 was evaluated based on mainstream technique and pressure of arterial CO2 based on arterial gas analysis. The correlation between ETCO2 and PCO2 before and after cardiopulmonary bypass was evaluated in this group of patients to validate the accuracy of capnography before and immediately after surgical correction of congenital non-cyanotic heart defects.

Results

According to Kolmogorov-Smirnov test, all of the measured parameters including heart rate, blood pressure, arterial blood pH and bicarbonate, arterial tension of oxygen and carbon dioxide and end-tidal fraction of carbon dioxide followed a normal distribution patter. The mean difference between ETCO2 and PaCO2 values before cardiopulmonary bypass pump was 5.32± 3.68 mm Hg. Considering that the difference of less than 5 mm Hg is clinically negligible, this difference indicates an acceptable agreement between them. However, the mean difference between the two indices after cardiopulmonary bypass pump was 7.03± 6.85 mm Hg that accordingly, the difference between the two measured values after cardiopulmonary bypass was clinically significant.

Conclusion

Preoperative ETCO2 evaluation can provide a close prediction of PaCO2 levels, but after weaning from cardiopulmonary bypass, repeated direct arterial sampling should be taken to accurately measure PaCO2 levels or set a new correction number in non-cyanotic patients undergoing heart surgery for congenital heart disease. We are not sure if the reason is reduced blood flow through the lungs after correction of left to right shunt in the already-high-resistance pulmonary vascular bed.

تقی‌زاده و همکاران. *مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز*. خرداد و تیر ۱۴۰۱؛ ۴۴(۲):۹۸-۱۰۵
doi: 10.34172/mj.2022.019
https://mj.tbzmed.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی همبستگی بین فشار دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی بر اساس تکنیک کاپنوگرافی مین‌استریم (Mainstream) و فشار دی‌اکسیدکربن شریانی بر اساس آنالیز گاز شریانی قبل و بعد از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی در کودکان با ناهنجاری‌های مادرزادی قلبی غیرسیانوتیک

اشکان تقی زاده[۱]، هومن نقاشیان[۲]، روژین فاروقی[۲]، بهرنگ نورعلیشاهی[۳*]

[۱]مرکز طبی کودکان، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲]دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳]مرکز قلب تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

سابقه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۳
پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷
انتشار برخط: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰

کلید واژه‌ها:
دی‌اکسیدکربن شریانی، گازهای خون شریانی، پمپ بای‌پس قلبی-ریوی، کاپنوگرافی

چکیده

زمینه. در اینکه ارزیابی فشار دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی (ETCO2) با استفاده از کاپنوگراف امکان مانیتورینگ غیرتهاجمی فشار شریانی دی‌اکسیدکربن (PaCO2) را فراهم می‌کند یا خیر همچنان اختلاف نظر وجود دارد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی مقایسه‌ای مقدار ETCO2 و PaCO2 بر اساس آنالیز گاز شریانی (ABG) قبل و بعد از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی در کودکان با ناهنجاری های مادرزادی قلبی انجام شد.

روش کار. بیست و نه کودک کاندید جراحی انتخابی قلبی بستری در بیمارستان مرکز طبی کودکان وارد مطالعه شدند. قبل و پس از پمپ بای پس قلبی-ریوی، میزان دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی با کاپنوگرافی بر اساس تکنیک مین‌استریم (mainstream) و فشار دی‌اکسیدکربن خون شریانی بر اساس آنالیز گاز شریانی ارزیابی شدند.

یافته‌ها. میانگین تفاوت مقادیر ETCO2 و PaCO2 پیش از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی برابر ۳/۶۸ ±۵/۳۲ میلی‌متر جیوه ارزیابی شد که با توجه به اینکه از لحاظ بالینی اختلاف کمتر از ۵ میلی‌متر جیوه قابل چشم‌پوشی است، بیانگر تطابق قابل قبول بین مقادیر فشار دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی (ETCO2) و فشار شریانی دی‌اکسید کربن (PaCO2) بود. اما میانگین تفاوت دو شاخص پس از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی برابر ۶/۸۵ ±۷/۰۳ میلی‌متر جیوه ارزیابی شد که بر این اساس، تفاوت بین دو مقدار اندازه‌گیری شده پس از بای پس قلبی-ریوی از لحاظ بالینی با اهمیت بود.

نتیجه‌گیری. ارزیابی فشار دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی (ETCO2) قبل از عمل می‌تواند پیش‌بینی نزدیکی از مقدار فشار شریانی دی‌اکسیدکربن (PaCO2) داشته باشد، اما بعد از پمپ، برای اندازه‌گیری صحیح و دقیق میزان PaCO2 در بیماران غیرسیانوتیک عمل جراحی قلب شده، باید نمونه مستقیم شریانی گرفته شود.

پیامدهای‌عملی. در کودکان با ناهنجاری‌های مادرزادی قلبی غیرسیانوتیک که تحت عمل جراحی قرار می‌گیرند، با استفاده از کاپنوگرافی می‌توان برآورد قابل قبولی از میزان دی‌اکسیدکربن خون شریانی داشت. ولی این در مورد بیماران پس از جداسازی از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی همیشه صادق نیست و ممکن است آزمایش گازهای خون شریانی به دفعات لازم شود.

مقدمه

مانیتورینگ سطح دی‌اکسیدکربن (CO_2) در تشخیص و پیگیری روند درمان در بیماران بدحال و یا تحت جراحی‌های ماژور قرار گرفته، ضروری است.[۱] روش استاندارد طلایی برای ارزیابی فشار نسبی CO_2 ارزیابی از طریق آنالیز گاز شریانی یا

* نویسنده مسؤول؛ ایمیل: b-nooralishahi@sina.tums.ac.ir

حق تالیف برای مولفان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز CC BY 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

ABG است. اما این روش تهاجمی بوده و همچنین امکان مانیتورینگ مستمر و پیوسته را نیز فراهم نمی‌کند.[۲] امروزه کاپنوگراف‌ها با امکان ارزیابی مانیتورینگ مستمر و غیر تهاجمی سطح فشار دی‌اکسیدکربن یا PCO2 اطلاعات ارزشمندی در خصوص کیفیت ونتیلاسیون بیمار در اختیار ما قرار می‌دهند.[۳] تعیین PCO2 انتهای بازدمی یا end-tidal PCO2 (ETCO2) مکانیسمی ارزشمند در تایید کیفیت انتوباسیون تراشه بوده و همچنین امکان ردیابی و همچنین خطای در انجام انتوباسیون (به عنوان مثال انتوباسیون مری) را نیز فراهم می‌کند.[۴] همچنین امکان ارزیابی پاتولوژی‌های ریوی و همچنین اثربخشی احیای قلبی ریوی نیز برای بیماران انتوبه شده فراهم می‌شود.[۵] در مجموع، در تکنولوژی کاپنوگرافی، از روش اندازه‌گیری مین‌استریم (mainstream) بهره‌برداری می‌شود که بر اساس نحوه استقرار حسگر $ETCO_2$ نامگذاری می‌شوند.[۶] در کاپنوگراف‌های مین‌استریم، مکانیسم ارزیابی بر اساس استقرار حسگر بین قسمت پروگزیمال اندوتراکئال تیوب و مدار ونتیلاتور خواهد بود.[۷] امروزه مطالعات گوناگونی به ارزیابی دقت تشخیصی و ارزیابی تکنیک کاپنوگرافی مین‌استریم در سنجش و مانیتورینگ ETCO2 پرداخته‌اند.[۸-۱۴] آنچه باید در اندازه‌گیری شاخص ETCO2 همواره مدنظر باشد این است که اندازه‌گیری و نظارت بر این شاخص از جنبه‌های مهم مراقبت از بیماران بدحال است. در حالی که نظارت ETCO2 در ابتدا توسط پزشکان برای تایید محل لوله تراشه و تهویه مکانیکی بیماران در بخش اورژانس مورد استفاده قرار گرفت، امروزه نقش برجسته‌تری از آن به عنوان شاخص نظارت بر کیفیت احیای قلبی ریوی و ارزیابی علل برونکواسپاسم در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، مطالعاتی برای اندازه‌گیری ETCO2 به منظور پیش‌بینی فشار شریانی دی‌اکسیدکربن (PaCO2) نسبی و یا سطح بی‌کربنات خون انجام شده است. اما آنچه تاکنون بی پاسخ مانده است این است که آیا ارزیابی ETCO2 از طریق کاپنوگرافی می‌تواند نماینده قابل اعتمادی از PCO2 ارزیابی شده از طریق روش‌های استانداردی مانند ABG باشد یا خیر. از آنجا که نسبت جریان خون ریوی به سیستمیک قبل و بعد از پمپ بای‌پس قلبی‌ریوی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد، به ویژه این مسئله در مورد بیماران تحت پمپ قلبی-ریوی اهمیت دارد و انتظار می‌رود جریان خون آلوئولار و در نتیجه فشار ETCO2 دچار تغییراتی گردد.

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی مقایسه‌ای مقدار ETCO2 به روش مستقیم مین‌استریم و فشار دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری شده توسط آنالیز گازهای خون شریانی ABG قبل و بعد از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی در کودکان با ناهنجاری‌های مادرزادی قلبی غیرسیانوتیک انجام شد.

روش کار

در این مطالعه، ۲۹ کودک زیر ۱۲ سال غیرسیانوتیک کاندید جراحی الکتیو قلبی بستری در بیمارستان مرکز طبی کودکان در سال ۱۳۹۸ وارد مطالعه شدند. بر اساس مطالعه مارک و همکاران،[۱۴] ضریب همبستگی بین دو متغیر ETCO2 و PaCO2 برابر ۰/۵۱ ارزیابی شد. با فرض ضریب اطمینان ۰/۰۵ و قدرت مطالعه ۸۰ درصد، حجم نمونه لازم برای انجام مطالعه ۲۸ نفر برآورد گردید. مطالعه پس از گرفتن تایید کمیته اخلاقی دانشگاه و دریافت رضایت‌نامه کتبی از والدین مبنی بر شرکت در طرح، انجام شد. معیارهای خروج از مطالعه شامل سابقه سرماخوردگی اخیر، وجود آنومالی راه هوایی، انتوباسیون مشکل و یا فشارخون ریوی بالا بود. مبنای انتخاب بیماران، اعمال جراحی قلب است که لازم است حین عمل از بیمار نمونه خون شریانی گرفته شود و از این نظر برای گرفتن نمونه خون شریانی مشکل اخلاقی وجود نداشت. پس از نصب مانیتورینگ استاندارد، القای بیهوشی با استفاده از فنتانیل ۵ میکروگرم بر کیلوگرم، میدازولام ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، تیوپنتال سدیم ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سیس آتراکوریوم ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم انجام شد. پس از دستیابی به عمق کافی بیهوشی، لوله‌گذاری تراشه از طریق بینی انجام شده و بیماران به ونتیلاتور متصل شدند. تهویه مکانیکی با حجم دمی ۷ الی ۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم و با هدف حفظ دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی بین ۳۰ تا ۳۵ میلی‌متر جیوه انجام گردید. بلافاصله پس از انتوباسیون، مسیر شریانی توسط کاتتر ۲۲ یا ۲۴ شریانی از طریق شریان رادیال دست راست بیمار ایجاد شد. بیهوشی با ایزوفلوران ۱/۵ درصد در اکسیژن صد درصد ادامه یافت. دوز فنتانیل به فواصل هر یک ساعت تکرار می‌شد. نمونه خون شریانی از طریق مسیر شریانی قبل از پمپ و ۳۰ دقیقه بعد از پمپ تهیه شده و ABG توسط دستگاه مدل Gem Premier 3000 آنالیز می‌شد. مقادیر همزمان کاپنوگراف مین‌استریم نیز در خصوص مقدار ETCO2 تعیین و ثبت می‌شد. همچنین تغییرات همودینامیک شامل فشارخون و تعداد ضربان قلب نیز در فرم جمع‌آوری اطلاعات بیمار ثبت می‌گردید. هدف از مطالعه، تعیین همبستگی بین PCO2 ارزیابی شده توسط ABG و ETCO2 ارزیابی شده از طریق کاپنوگراف بود. نتایج حاصل شده برای متغیرهای کمی به‌صورت میانگین و انحراف معیار استاندارد

(mean±SD) و برای متغیرهای کیفی طبقه‌ای به صورت درصد بیان شد. برای بررسی تغییرات شاخص‌های قبل و بعد از مداخله از آزمون تی زوجی و یا آزمون ویلکوکسان استفاده شد. همبستگی بین متغیرهای کمی با استفاده از آزمون پیرسون یا همبستگی اسپیرمن ارزیابی شد. مدل رگرسیون خطی چند متغیره با حضور متغیرهای زمینه‌ای جنس، سن و وزن بیماران برای تعیین عوامل موثر بر شاخص‌های PaCO2 و ETCO2 استفاده شد. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد.

یافته‌ها

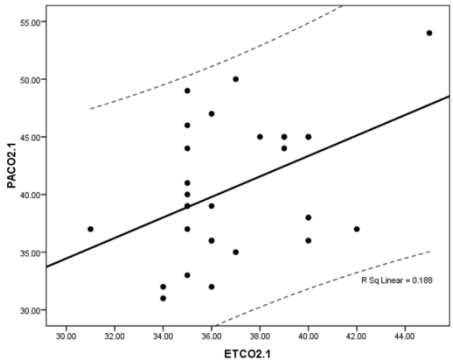
در مطالعه حاضر، ۲۹ بیمار (شامل ۱۶ پسر و ۱۳ دختر) با میانگین سنی ۲/۸۹±۳/۰۰ سال و میانگین وزنی ۱۰/۰۱±۱۲/۷۰ کیلوگرم وارد مطالعه شدند. بر اساس تحلیل آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، تمام متغیرهای ارزیابی شده شامل فشارخون سیستولیک، فشارخون دیاستولیک، فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP)، PH شریانی، غلظت بی‌کربنات شریانی، فشار اکسیژن شریانی، فشار دی‌اکسیدکربن شریانی بر اساس ABG، فشار دی‌اکسیدکربن بر اساس کاپنومتر، درصد اکسیژن دمی (FiO2) و تعداد ضربان قلب، توزیع طبیعی یا پارامتریک داشتند. جدول ۱، نتایج ارزیابی متغیرهای شریانی کودکان قبل و بعد از جراحی را نمایش می‌دهد. در ارزیابی تغییرات شاخص‌های شریانی بعد از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی نسبت به قبل از آن با افزایش معنی‌دار در فشارخون سیستولیک و فشارخون دیاستولیک، کاهش فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP) و همچنین افزایش تعداد ضربانات قلب مواجه بودیم. در خصوص تغییرات در فشار دی‌اکسیدکربن نشان دادیم که فشار دی‌اکسیدکربن بر اساس کاپنومتر (ETCO2) کاهش معنی‌داری را بعد از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی نسبت به قبل از آن نشان داده است (ارزش P برابر ۰/۰۰۱)، با این‌حال تغییرات در فشار دی‌اکسیدکربن بر اساس ABG (PaCO2) تغییر محسوسی نداشته است (ارزش P برابر ۰/۶۴۶). همبستگی معنی‌دار آماری بین مقادیر ETCO2 و PaCO2 هم پیش از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی (ضریب همبستگی برابر ۰/۴۳۴، ارزش P برابر ۰/۰۱۹) و هم پس از پمپ بای‌پس (ضریب همبستگی برابر ۰/۵۲۴، ارزش P برابر ۰/۰۰۳) نشان داده شد (نمودارهای ۱ و ۲). همچنین همبستگی معنی‌داری بین میزان تغییرات ETCO2 (۳/۲۲±۳/۹۶ میلی‌متر جیوه) و میزان تغییرات PaCO2 (۰/۶±۷/۲۰ میلی‌متر جیوه) برقرار بود (ضریب همبستگی برابر ۰/۴۲۴، ارزش P برابر ۰/۰۲۲). میانگین تفاوت مقادیر ETCO2 و PaCO2 پیش از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی برابر ۳/۶۸ ±۵/۳۲ میلی‌متر جیوه ارزیابی شد که با توجه به اینکه از لحاظ بالینی اختلاف کمتر از ۵ میلی‌متر جیوه قابل چشم‌پوشی است، بیانگر تطابق قابل قبول بین مقادیر ETCO2 و PaCO2 پیش از پمپ بای‌پس خواهد بود. اما میانگین تفاوت مقادیر ETCO2 و PaCO2 پس از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی برابر ۶/۸۵±۷/۰۳ میلی‌متر جیوه ارزیابی شد که بر این اساس، تفاوت بین دو مقدار اندازه‌گیری شده پس از بای‌پس قلبی-ریوی از لحاظ بالینی با اهمیت خواهد بود. بر اساس مدل رگرسیون خطی چند متغیره و در حضور متغیرهای جنس، سن و وزن بیماران، هیچ‌یک از سه متغیر یاد شده تاثیری بر مقدار تغییر PaCO2 پس از بای‌پس قلبی-ریوی نسبت به قبل از آن نداشتند. همچنین، بر اساس مدل رگرسیون خطی چند متغیره مشابه، هیچ‌یک از سه متغیر یاد شده تاثیری بر مقدار تغییر ETCO2 نیز نشان ندادند (جدول ۲).

جدول ۱. شاخص‌های شریانی قبل و بعد از بای‌پس قلبی-ریوی

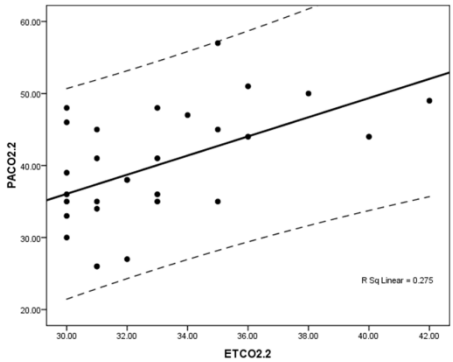
شاخص	قبل از جراحی	بعد از جراحی	ارزش P
فشارخون سیستولیک (میلی‌متر جیوه)	۸۷/۸۲ ± ۱۱/۵۰	۹۲/۱۰ ± ۸/۹۹	۰/۰۴۹
فشارخون دیاستولیک (میلی‌متر جیوه)	۴۹/۲۱ ± ۱۱/۲۵	۵۶/۷۲ ± ۱۰/۱۶	۰/۰۰۲
فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP) (میلی‌متر جیوه)	۴/۸۹ ± ۰/۸۱	۳/۳۱± ۰/۸۱	۰/۰۰۱
PH شریانی	۷/۳۸ ± ۰/۰۶	۷/۳۶ ± ۰/۰۷	۰/۴۲۱
غلظت بی کربنات شریانی (میلی اکی والان بر لیتر)	۲۳/۹۸ ± ۲/۷۸	۲۳/۰۰ ± ۳/۴۹	۰/۱۹۴
فشار اکسیژن شریانی (میلی‌متر جیوه)	۲۴۹/۷۲ ± ۹۸/۴۹	۲۰۸/۲۴ ± ۱۲۶/۱۴	۰/۱۲۹
فشار دی‌اکسیدکربن شریانی بر اساس ABG (میلی‌متر جیوه)	۴۰/۵۸ ± ۵/۹۰	۳۹/۹۶ ± ۷/۹۶	۰/۶۴۶
فشار دی‌اکسیدکربن بر اساس کاپنومتر (میلی‌متر جیوه)	۳۶/۸۹ ± ۲/۸۸	۳۲/۹۳ ± ۳/۱۴	۰/۰۰۱
درصد اکسیژن دمی (FiO2) (درصد)	۶۴/۸۶ ± ۱۳/۵۲	۶۹/۷۹ ± ۱۲/۰۶	۰/۰۶۸
تعداد ضربان قلب در دقیقه	۱۰۹/۷۹ ± ۱۷/۵۷	۱۱۷/۲۰ ± ۱۷/۰۴	۰/۰۰۶

جدول ۲. مدل رگرسیون خطی چند متغیره جهت نشان دادن تاثیر متغیرهای زمینه‌ای روی تغییرات ETCO2 و PaCO2

متغیر	انحراف از معیار	ارزش *P*
تغییرات PaCO2		
جنس	۲/۷۵۲	۰/۲۷۶
سن	۰/۰۰۲	۰/۴۰۹
وزن	۰/۲۵۱	۰/۹۵۲
تغییرات ETCO2		
جنس	۱/۰۵۰	۰/۲۶۳
سن	۰/۰۰۱	۰/۸۷۰
وزن	۰/۰۹۶	۰/۱۰۶



نمودار ۱. همبستگی خطی مقادیر ETCO2 و PaCO2 پیش از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی



نمودار ۲. همبستگی خطی مقادیر ETCO2 و PaCO2 پس از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی

بحث

در مطالعه حاضر طبق نتایج ابتدا پیش از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی، همبستگی معنی‌دار آماری بین دو شاخص ETCO2 و PaCO2 برقرار بود و اختلاف بیشتر از ۵ میلی‌متر جیوه بین دو شاخص نیز از دیدگاه بالینی اهمیت داشت و بنابراین شاخص ETCO2 ارزیابی شده بر اساس کاپنوگراف می‌تواند نماینده قابل قبول و قابل اعتمادی برای فشار دی‌اکسیدکربن شریانی باشد. با این‌حال، پس از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی، هر چند همبستگی قابل قبول آماری بین مقادیر دو متغیر ETCO2 و PaCO2 همچنان برقرار است اما با توجه به اینکه اختلاف بین دو شاخص بیش از ۵ میلی‌متر جیوه بود، این اختلاف از لحاظ بالینی اهمیت داشت و بنابراین ETCO2 نمی‌توانست جایگزینی قابل اعتماد برای PaCO2 باشد. به عبارت دیگر، ارزیابی PaCO2 بر اساس ABG همچنان باید معیار مانیتورینگ آن پس از پمپ بای‌پس قلبی-ریوی باشد و یا به شرطی از ETCO2 استفاده شود که ضریبی اصلاحی برای آن در نظر گرفته شود. نکته قابل تامل این است که با توجه به اینکه تفاوت در شاخص‌های ETCO2 و PaCO2 - چه قبل از عمل و چه پس از عمل - کاملا مستقل از متغیرهای زمینه‌ای شامل جنس، سن و یا وزن بیماران است، این ضریب اصلاحی نیز کاملا مستقل از این سه متغیر خواهد بود. در مورد آنچه در مطالعات گوناگون به آن اشاره شده است که آیا ETCO2

می‌تواند جایگزینی برای PaCO2 بر اساس روش استاندارد ABG باشد یا خیر، همچنان اختلاف نظر وجود دارد. با توجه به مطالعه‌ای که پکدمیر و همکاران انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که روش مین‌استریم در تعیین مقدار شاخص ETCO2، عدد به مراتب پایین‌تری از PaCO2 در نوزادان نشان می‌دهد و توافق مطلوبی بین دو مقدار یادشده مشاهده نشد و بنابراین همچنان PaCO2 بر اساس ABG معیار قابل قبول و قابل اعتمادی برای PaCO2 به دنبال عمل خواهد بود.[۱۳] همچنین، با توجه به مطالعه مارک و همکاران روی خردسالانی که تحت ونتیلاتور مکانیکی بودند به این نتیجه رسیدند که هر چند همبستگی معنی‌داری بین ETCO2 و PaCO2 وجود دارد، اما افزایش بیماری‌های ریوی و تنفس مکانیکی باعث افزایش اختلاف بین این دو متغیر شده بودند و بنابراین به این نتیجه رسیدند که مقدار PaCO2 بر اساس روش‌های استاندارد باید در این بیماران ارزیابی شود.[۱۴] در مقاله ولکان و همکاران نیز نشان داده شد که مقدار ETCO2 شاخص قابل اعتمادی از PaCO2 در بیماران مبتلا به بیماری قلبی سیانوتیک تحت لاپاراسکوپی نیست. نویسندگان معتقدند نظارت دقیق مانند اندازه‌گیری گاز خون شریانی و یک تیم بیهوشی با تجربه برای انجام لاپاروسکوپی در بیماران مبتلا به بیماری‌های مادرزادی قلبی ضروری است.[۱۵]

نتیجه‌گیری

برای نتیجه‌گیری نهایی، این مطالعه نشان می‌دهد اندازه‌گیری ETCO2 در مقایسه با PaCO2 قبل از پمپ اختلاف قابل توجه بالینی و آماری ندارد و بنابراین ارزیابی ETCO2 قبل از عمل می‌تواند پیش‌بینی نزدیکی از مقدار PaCO2 داشته باشد، اما بعد از پمپ این اختلاف هم به صورت بالینی و هم آماری معنی‌دار است و برای اندازه‌گیری صحیح و دقیق میزان PaCO2 بعد از پمپ در بیماران غیرسیانوتیک تحت عمل جراحی قلب، باید نمونه مستقیم شریانی گرفته شده و ارزیابی بر اساس ABG شریانی انجام شود. بنابراین در صورت استفاده از ETCO2 برای مانیتورینگ فشار دی‌اکسیدکربن، حتما باید ضریبی اصلاحی برای آن در نظر گرفت.

قدردانی‌ها

از آقایان دکتر اشکان تقی‌زاده و هومن نقاشیان و همچنین خانم دکتر روژین فاروقی در جمع‌آوری اطلاعات و گرفتن رضایت از والدین بیماران تشکر و قدردانی می‌کنیم.

مشارکت پدیدآوران

بهرنگ نورعلیشاهی طراحی مطالعه، اجرا، تحلیل، تهیه دست‌نوشته و تحلیل نتایج؛ اشکان تقی‌زاده طراحی مطالعه، اجرا؛ هومن نقاشیان اجرا، تحلیل و تهیه دست نوشته؛ روژین فاروقی تهیه دست نوشته، تحلیل نتایج مقاله را بر عهده داشتند. محققان نسخه نهایی مقاله را خوانده و تایید کرده‌اند.

منابع مالی

منابع مالی ندارد.

دسترس‌پذیری داده‌ها

داده‌های حاصل شده در مطالعه فعلی در صورت درخواست معقول از پدیدآور رابط ارایه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران به شماره مرجع IR.TUMS.CHMC.REC.1398.102 تایید شده است.

تعارض منافع

محققان اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و انتشار این مقاله ندارند.

References

1. Huttmann SE. Windisch W. Storre JH. Techniques for the measurement and monitoring of carbon dioxide in the blood. Ann Am Torac Soc. 2014;11:645–52. doi: 10.1513/AnnalsATS.201311-387FR.
2. Tobias JD. Transcutaneous carbon dioxide monitoring in infants and children. Pediatric Anesthesia. 2009;19:434–44. doi: 10.1111/j.1460-9592.2009.029 30.x.
3. Bhende M. End-tidal carbon dioxide monitoring in pediatrics-clinical applications. J Postgrad Med. 2001;47:215. doi: 10.1080/10903120190940146.
4. Wyllie J. Carlo WA. Te role of carbon dioxide detectors for confrmation of endotracheal tube

position. Clin Perinatol. 2006;33:111–9. doi: 10.1016/j.clp.2005.12.001.
5. Siobal MS. Monitoring exhaled carbon dioxide. Respir. Care. 2016:61:1397–1416. doi: 10.4187/respcare.04919.
6. Becker HJ, Langhan M. Capnography in the pediatric emergency department: clinical applications. Pediatr Emerg Med Pract. 2013;10(6):1-24.
7. Becker H, Melissa L. Langhan. Carbon dioxide monitors: Carbon dioxide monitoring in children-A narrative review of physiology, value, and pitfalls in clinical practice. Pediatric Emergency Medicine Practice. 2021;8:839–45. doi: 10.1111/pan.14208.
8. Bhende MS. Lacovey DC. End-tidal carbon dioxide monitoring in the prehospital setting. Prehosp Emerg Care. 2001;5:208–13. doi: 10.1080/109031201909 40146.
9. Trevisanuto D. End-tidal carbon dioxide monitoring in very low birth weight infants: correlation and agreement with arterial carbon dioxide. Pediatr Pulmonol. 2012;47:367–72. doi: 10.1002/ppul.21558.
10. Mcdonald MJ. Comparison of end-tidal CO2 and PaCO2 in children receiving mechanical ventilation. Pediatr. Crit. Care Med. 2002;3:244–9. doi: 10.1097/00130478-200207000-00008.
11. Lin H-J, Huang C-T, Hsiao H-F, Chiang MC, Jeng M-J. End-tidal carbon dioxide measurement in preterm infants with low birth weight. PLoS ONE 2017;12:1-10. doi: 10.1371/journal.pone.0186408.
12. Wu CH. Good estimation of arterial carbon dioxide by end-tidal carbon dioxide monitoring in the neonatal intensive care unit. Pediatr Pulmonol. 2003;35:292–5. doi: 10.1002/ppul.10260.
13. Pekdemir M. Cinar O. Yilmaz S. Yaka E. Yuksel M. Disparity between mainstream and sidestream end-tidal carbon dioxide values and arterial carbon dioxide levels. Respir Care. 2013;58(7):1152-6. doi: 10.4187/respcare.02227.
14. Mark CI. Slessarev M, Ito S, Han J, Fisher JA, Pike GB. Precise control of end-tidal carbon dioxide and oxygen improves BOLD and ASL cerebrovascular reactivity measures. Magn Reson Med. 2010;64(3):749-56. doi: 10.1002/mrm.22405.
15. Wulkan ML, Vasudevan SA. Is end-tidal CO2 an accurate measure of arterial CO2 during laparoscopic procedures in children and neonates with cyanotic congenital heart disease? J Pediatr Surg. 2001;36(8):1234-6. doi: 10.1053/jpsu.2001.25775.