

Nghiên cứu mối tương quan giữa TcCO₂ và PaCO₂ ở bệnh nhân sử dụng oxy lưu lượng cao khi ngừng thở trong phẫu thuật nội soi dây thanh

Correlation between transcutaneous PCO₂ (TcCO₂) and PaCO₂ in apneic ventilation patients with high-flow oxygen during anesthesia for endoscopic vocal cord surgery

Ngô Văn Định¹, Nguyễn Minh Lý¹, Công Quyết Thắng²,
Tống Xuân Hùng¹ và Lê Xuân Dương^{1*}

¹Bệnh viện Trung ương Quân đội 108,

²Bệnh viện Hữu nghị Việt Xô

Tóm tắt

Mục tiêu: Phân tích mối tương quan và sự tương đồng giữa áp lực CO₂ máu đo qua da (TcCO₂) và áp lực CO₂ máu trong khí máu động mạch (PaCO₂) ở bệnh nhân sử dụng oxy lưu lượng cao khi ngừng thở trong phẫu thuật nội soi dây thanh. **Đối tượng và phương pháp:** Nghiên cứu mô tả trên 122 bệnh nhân phẫu thuật nội soi dây thanh sử dụng oxy lưu lượng cao khi ngừng thở tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 trong thời gian từ 10/2022 đến 12/2024. So sánh, phân tích mối tương quan giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ ở nhóm bệnh nhân trên. **Kết quả:** Có 122 bệnh nhân đủ tiêu chuẩn tham gia nghiên cứu với độ tuổi trung bình 47,28 ± 12,34 tuổi. 854 cặp mẫu khí máu động mạch và giá trị TcCO₂ đã được ghi nhận. Giá trị TcCO₂ và PaCO₂ có mối tương quan thuận, mức độ mạnh (r = 0,955, p < 0,001), trung bình của sự khác biệt là 2,21 mmHg và khoảng giá trị giới hạn tương đồng là từ -4,72 đến +9,15 mmHg (theo biểu đồ Bland - Altman). Sự khác biệt giữa hai chỉ số PaCO₂ và TcCO₂ tăng theo mức độ nặng PaCO₂. **Kết luận:** Có mối tương quan thuận, mức độ mạnh giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ trên bệnh nhân bệnh nhân sử dụng oxy lưu lượng cao khi ngừng thở trong phẫu thuật nội soi dây thanh.

Từ khóa: TcCO₂, PaCO₂, phẫu thuật nội soi dây thanh, oxy lưu lượng cao.

Summary

Objective: To analyze the correlation and similarity between transcutaneous PCO₂ values (TcCO₂) and PaCO₂ in patients using high-flow oxygen during apnea endoscopic vocal cord surgery. **Subject and method:** A prospective study was performed on 122 patients aged 24 to 77 who underwent endoscopic vocal cord surgery from October 2022 to December 2024 at 108 Military Central Hospital. Patients received total anesthesia and neuromuscular blocking agents for the duration of their surgery and airway management using a high flow of oxygen under apnoeic conditions. Compare and analyze the correlation between TcCO₂ and PaCO₂ values in the above group of patients. **Result:** 122 patients were eligible to participate in the study, with an average age of 47.28 (12.34). Eight hundred fifty-four pairs of arterial blood gas samples and TcCO₂ values were recorded. TcCO₂ and PaCO₂ values were well correlated (r = 0.955, p < 0.001), the mean difference was 2.21 mmHg, and the range of similar limit values

Ngày nhận bài: 13/02/2025, ngày chấp nhận đăng: 10/3/2025

* Tác giả liên hệ: duongicu108@gmail.com - Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

was from -4.72 to +9.15mmHg (according to the Bland - Altman diagram). The difference between the indices PaCO₂ and TcCO₂ increased with the increasing of PaCO₂. *Conclusion:* A strong positive correlation exists between TcCO₂ and PaCO₂ values in patients using high-flow oxygen during endoscopic vocal cord surgery.

Keywords: TcCO₂, PaCO₂, endoscopic vocal cord surgery, high-flow oxygen.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gần đây, oxy lưu lượng cao bắt đầu được ứng dụng trên thế giới qua đường mũi, hầu họng, mask thanh quản nhằm cung cấp oxy cho một số phẫu thuật vùng thanh khí quản mà không cần đặt ống nội khí quản cũng như kéo dài thời gian ngừng thở trong đặt nội khí quản¹⁻³. Đây là phương pháp không cần đặt ống nội khí quản, không thông khí, bệnh nhân ngừng thở hoàn toàn và trao đổi oxy được cung cấp qua hệ thống oxy lưu lượng cao từ 40 - 70 lít/phút giúp trường phẫu thuật hoàn toàn rộng rãi, thuận lợi cho phẫu thuật viên thao tác kỹ thuật. Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là ưu thán với tỷ lệ tăng CO₂ máu cao, do vậy theo dõi CO₂ trong máu là điều kiện bắt buộc để đảm bảo an toàn cho bệnh nhân.

Tiêu chuẩn vàng để theo dõi nồng độ CO₂ máu là xét nghiệm khí máu động mạch. Xét nghiệm khí máu có ưu điểm chính xác và đánh giá thêm được nhiều thông số khác nhưng có nhiều các nhược điểm như thủ thuật xâm lấn, nhiễm trùng, đau, huyết khối và chỉ đo được 1 thời điểm. Các phương pháp đo nồng độ CO₂ máu không xâm lấn được phát triển nhằm hạn chế những nhược điểm của khí máu. Có hai phương pháp đo nồng độ CO₂ máu không xâm nhập là đo nồng độ CO₂ cuối thì thở ra (EtCO₂) và đo nồng độ CO₂ qua da (TcCO₂). Đối với EtCO₂, phương pháp này không áp dụng được cho bệnh nhân thở không xâm nhập. Các nghiên cứu cũng cho thấy TcCO₂ có giá trị gần với PCO₂ hơn EtCO₂. Đã có nhiều phương pháp nghiên cứu trên thế giới đánh giá về tính chính xác và vai trò của TcCO₂. Tuy nhiên, kết quả các nghiên cứu là không thống nhất. Ở Việt Nam, đây vẫn là một phương pháp mới và có rất ít các nghiên cứu về TcCO₂.

Nghiên cứu nhằm mục tiêu: Đánh giá mối tương quan và sự tương đồng giữa hai giá trị TcCO₂ và PaCO₂ ở bệnh nhân sử dụng phương pháp oxy lưu

lượng cao khi ngừng thở trong phẫu thuật nội soi dây thanh.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng

Đối tượng gồm 122 BN có chỉ định phẫu thuật nội soi dây thanh tại khoa Gây mê Hồi sức, Bệnh viện TƯQĐ 108, bệnh nhân ≥ 16 tuổi, phân loại ASA I, II (theo phân loại của Hiệp hội Gây mê Hoa Kỳ-American Society of Anesthesiologists), Mallampati I, BMI < 30kg/m². Thời gian từ tháng 10 năm 2022 đến tháng 12 năm 2024

2.2. Phương pháp

Thiết kế nghiên cứu: Tiến cứu, can thiệp lâm sàng, mô tả cắt ngang.

Chuẩn bị phương tiện dụng cụ: Máy gây mê Aisys-CS2 kèm monitor đa thông số của Phần Lan, bơm tiêm gây mê nồng độ đích TCI.

Hệ thống máy cung cấp oxy lưu lượng cao Highflow của Newzelan (VBM Medizintechnik GmbH, Sulz, Germany).

Máy xét nghiệm khí máu Rapid Point.

Máy theo dõi CO₂ qua da của hãng Sentec

Ống nội khí quản thường. Mask thanh quản proseal các cỡ.

Thuốc gây mê và giảm đau: Propofol, esmeron, fentanyl...

Các phương tiện, thuốc hồi sức cấp cứu.

Cách tiến hành

Các BN được thăm kỹ khám trước phẫu thuật, phân loại ASA, phân loại Mallampati. Giải thích BN phối hợp.

Đặt một đường truyền tĩnh mạch ngoại vi bằng kim lùn 18G.

Lắp monitor theo dõi các thông số (Không dùng thuốc tiền mê an thần).

Lắp điện cực theo dõi CO₂ liên tục qua da Sentec. Cảm biến điện cực được gắn trên da của bệnh nhân (tại các vị trí được khuyến cáo).

Khởi mê: BN được thở oxy 100% qua mask. Tiêm chậm các thuốc theo thứ tự: Fentanyl 3mcg/kg; propofol TCI 3,5 - 4mcg/ml; Esmeron 0,6mg/kg.

Duy trì mê với Propofol TCI 3,5 - 4mcg/ml, fentanyl 2-3 mcg/kg/h, esmeron 0,3mg/kg/h.

Giai đoạn phẫu thuật: Mở dòng oxy với lưu lượng dòng 40 và 70 lít/phút. Trong giai đoạn này bệnh nhân vẫn được gây mê, giãn cơ và ngừng thở hoàn toàn. Theo dõi sát SpO₂ và khí máu động mạch, nếu SpO₂ giảm < 90% tiến hành thông khí hỗ trợ với oxy 100%.

Kết thúc phẫu thuật: BN được giảm đau tốt. Giải giãn cơ bằng Bridion, theo dõi cho đến khi bệnh nhân tỉnh, thở tốt với Vt > 8 ml/kg; SpO₂ > 95% và làm theo y lệnh, TOF > 0,9, BIS > 90, thì thoát mê.

Các chỉ tiêu theo dõi và đánh giá

Đặc điểm BN: Tuổi, giới, chiều cao, cân nặng, BMI, phân loại ASA - phân loại của Hiệp hội Gây mê Hoa Kỳ (American Society of Anesthesiologists).

Thời gian phẫu thuật. Thời gian ngừng thở: Tính từ khi ngừng thông khí và dùng oxy dòng cao đến khi thoát mê.

Mối tương quan giữa TcCO₂ và PaCO₂. Sự tương đồng giữa TcCO₂ và PaCO₂. Kết quả nồng độ CO₂ máu qua khí máu động mạch được so sánh với kết quả nồng độ CO₂ máu qua da ghi lại tại cùng thời điểm lấy khí máu động mạch.

Các chỉ số trên được lấy đồng thời với xét nghiệm khí máu động mạch trong các thời điểm tương ứng T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6:

T0: Trước khi dùng oxy lưu lượng cao qua mũi (HFNC).

T1: Sau khi dùng HFNC 05 phút.

T4: Kết thúc phẫu thuật.

T2: Sau khi dùng HFNC 10 phút.

T5: Thoát mê.

T3: Sau khi dùng HFNC 15 phút.

T6: Sau thoát mê 15 phút.

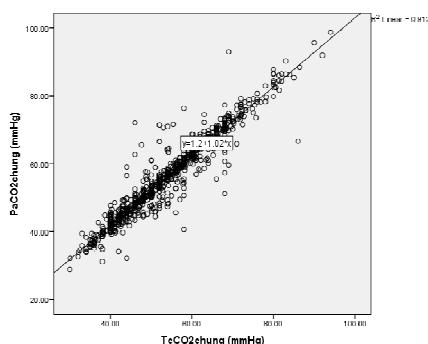
Nghiên cứu đã được thông qua Hội đồng y đức Bệnh viện Tung ương Quân đội 108. Số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 22.0.

III. KẾT QUẢ

Bảng 1. Đặc điểm của nhóm BN nghiên cứu

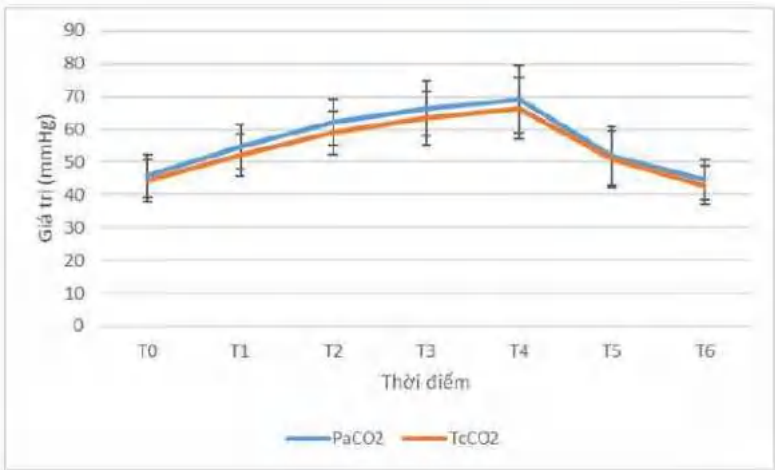
Tuổi X ± SD Min-Max (năm)	BMI X ± SD Min-Max (kg/m ²)	Giới tính		ASA		Thời gian phẫu thuật X ± SD Min-Max (phút)	Thời gian ngừng thở X ± SD Min-Max (phút)
		Nữ n (%)	Nam n (%)	I n (%)	II n (%)		
47,28±12,34 24-77	22,43 ± 2,65 14,88-29,36	69 (56,6)	53 (43,4)	116 (95,1)	06 (4,9)	17,28 ± 1,48 13 - 19	18,64 ± 1,56 14 - 22

Nhận xét: Các BN có độ tuổi từ 24 đến 77, nữ nhiều hơn nam, đa số là ASA I. Thời gian ngừng thở hoàn toàn trung bình 18,64 ± 1,56 phút.



Biểu đồ 1. Tương quan hồi quy tuyến tính chung giữa TcCO₂ và PaCO₂

Nhận xét: Có sự tương quan cao giữa 2 giá trị TcCO₂ và PaCO₂. Phương trình tương quan hồi quy tuyến tính giữa 2 giá trị là: PaCO₂ = 1,019 x TcCO₂ + 1,202 (mmHg); r = 0,955 (p<0,001)

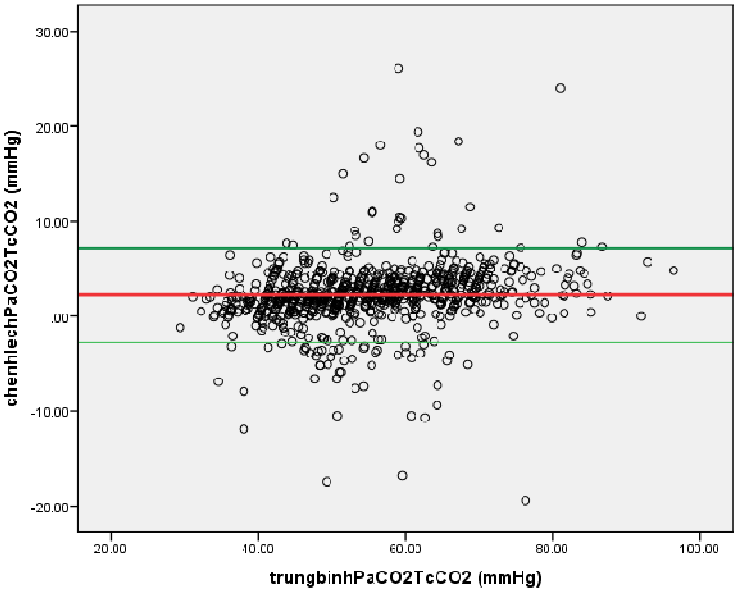


Biểu đồ 2. Giá trị trung bình của TcCO₂ và PaCO₂

Bảng 2. Mối tương quan giữa TcCO₂ và PaCO₂ theo các thời điểm

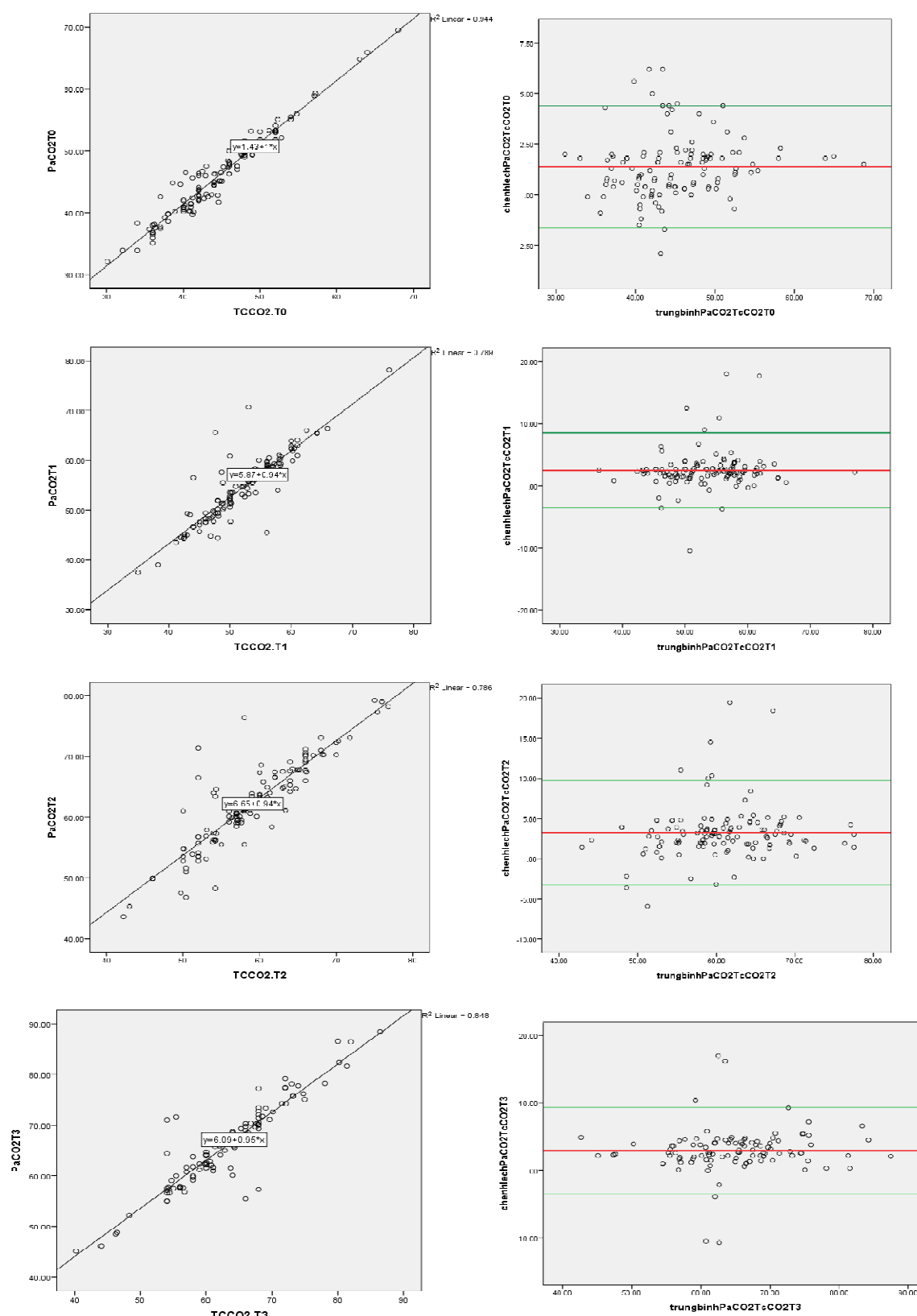
Thời gian Chỉ tiêu	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Chung
Hệ số tương quan r	0,972	0,888	0,887	0,921	0,922	0,801	0,954	0,955
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

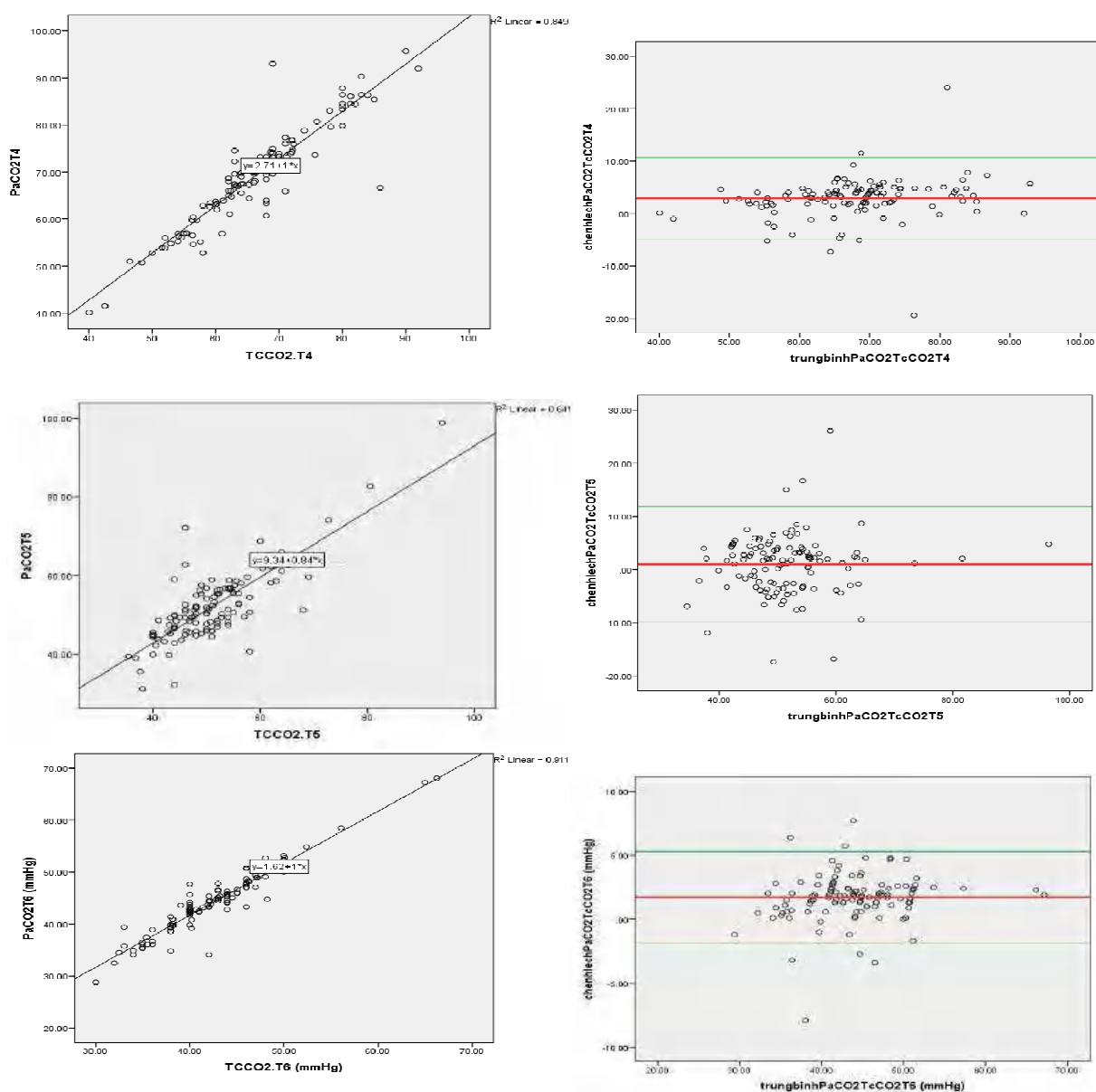
Nhận xét: Có sự tương quan thuận, mức độ mạnh giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ tại các mức độ PaCO₂ khác nhau. Mức độ tương quan giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ mạnh nhất tại thời điểm T0 và T6.



Biểu đồ 3. Sự tương đồng giữa TcCO₂ và PaCO₂

Nhận xét: Trung bình của sự khác biệt (bias) là 2,21mmHg, khoảng giá trị giới hạn tương đồng (bias ± 1,96 SD) là từ -4,72 đến +9,15mmHg. Biểu đồ trên đã cho thấy có sự tương đồng giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ khi hầu hết các điểm dữ liệu đều nằm giữa hai đường giới hạn tương đồng trên và dưới.





Biểu đồ 4. Mối tương quan và sự tương đồng giữa TcCO₂ và PaCO₂ tại các thời điểm

Nhận xét: Có sự tương đồng giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ tại các mức độ PaCO₂ khác nhau. Tuy nhiên, mức độ PaCO₂ càng cao, trung bình sự khác biệt và khoảng giới hạn tương đồng trên và dưới càng lớn.

IV. BÀN LUẬN

Kết quả Bảng 1 cho thấy nhóm nghiên cứu có độ tuổi trung bình là $47,28 \pm 12,34$ tuổi. Đây là độ tuổi lao động, rất cần sử dụng giọng nói trong giao tiếp và công việc hàng ngày, do đó các bệnh lý dây thanh nói chung sẽ ảnh hưởng không nhỏ đến giao

tiếp, chất lượng công việc, chất lượng cuộc sống của bệnh nhân. Tuổi nhỏ nhất trong nghiên cứu của chúng tôi là 24 tuổi, cao nhất là 77. Tỷ lệ nữ 56,6% cao hơn nam giới 43,4%, nguyên nhân.

Trao đổi oxy khi bệnh nhân ngừng thở (Apnoeic oxygenation) là khả năng oxy hóa khi phổi ngừng hoạt động. Trong giai đoạn này oxy vẫn được chuyển từ phế nang vào máu để đáp ứng nhu cầu chuyển hóa của cơ thể, việc dịch chuyển này tạo ra chênh áp trong lòng phế nang và được bù trừ bằng phản xạ đàn hồi làm giảm thể tích phế nang tạo

điều kiện cho CO₂ khuếch tán từ máu vào phế nang. Cơ chế bù trừ này cũng tạo ra chênh áp giữa phế nang và khí phế quản, chính sự dịch chuyển này làm tăng hàm lượng oxy trong phế nang đồng thời tạo ra áp suất âm trong phế nang khi oxy di chuyển vào máu⁴. Khi bệnh nhân ngừng thở được cung cấp oxy lưu lượng cao trung bình có 200-250ml/phút oxy từ phế nang sẽ hấp thu vào hệ thống tuần hoàn nhưng chỉ có 8-20ml/phút CO₂ đào thải từ máu ra phế nang. Như vậy ngừng thở chỉ dẫn đến tình trạng toan hô hấp và tăng áp lực CO₂ trong máu mà không bị thiếu oxy, tuy nhiên nhiều tác giả đã chứng minh rằng toan hô hấp cấp trong giới hạn pH > 7,13 là giới hạn an toàn có thể chấp nhận được cho các trường hợp không có chống chỉ định^{3,5}.

Theo dõi nồng độ CO₂ máu trong phẫu thuật nội soi dây thanh giúp đảm bảo an toàn khi sử dụng oxy lưu lượng cao khi ngừng thở. Cảm biến bao gồm một điện cực pH bằng thủy tinh, một điện cực so sánh bạc clorua, một phần tử gia nhiệt, một phần tử nhiệt độ và một bình chứa chất điện phân. Khi bộ phận cảm biến (có màng bao phủ các điện cực) được áp vào da, nhiệt được tạo ra làm giãn các mao mạch da và làm tăng tính thấm thấu của da đối với CO₂. CO₂ khuếch tán qua màng, phản ứng với nước tạo thành axit cacbonic, sau đó phân ly thành các ion hydro và bicacbonat. Điều này dẫn đến sự thay đổi pH gây ra sự chênh lệch điện thế giữa hai điện cực. Dựa trên mối quan hệ tuyến tính giữa pH và Log PCO₂, phép đo PCO₂ (TcCO₂) thu được và được ghi lại liên tục.

Hiện nay, các phương pháp đo CO₂ không xâm lấn được sử dụng rộng rãi. Nhiều nghiên cứu trước đó đã phân tích độ chính xác và độ tin cậy của giá trị TcCO₂ với các kết quả trái ngược nhau. Một vài nghiên cứu có kết quả cho thấy có mối tương quan kém giữa TcCO₂ và PCO₂, trong khi các nghiên cứu khác lại có kết quả tốt. Sự chênh lệch lớn giữa giá trị TcCO₂ và PaCO₂ là lí do quan ngại chính về việc sử dụng đo nồng độ CO₂ máu qua da trong thực hành lâm sàng. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu trên thế giới trước đó đã phân tích và đánh giá tính chính xác cũng như mức độ tin cậy của giá trị TcCO₂ cho thấy có mối tương quan tốt giữa PaCO₂ và TcCO₂. Nghiên

cứu của Gancel và cộng sự (2011) tiến hành trên nhóm bệnh nhân suy hô hấp cấp tại khoa cấp cứu, trong đó nguyên nhân do đợt cấp COPD chiếm tỷ lệ lớn nhất (38,09%), tổng cộng có 29 cặp giá trị PaCO₂ và TcCO₂ đã được ghi nhận. Nghiên cứu đã đưa ra phương trình tương quan tuyến tính giữa PaCO₂ và TcCO₂ là $PaCO_2 = 0,92 \times TcCO_2 + 4,02$, với $r = 0,97$, $p < 0,001$. Phân tích Bland-Altman trong nghiên cứu cho thấy trung bình sự khác biệt là 0,1mmHg và khoảng giá trị giới hạn tương đồng từ -6 đến 6,2mmHg⁵. Nghiên cứu của Storre và cộng sự (2011) trên 24 bệnh nhân thở NIV (71,43% bệnh nhân COPD),⁶ giá trị TcCO₂ được ghi nhận thông qua thiết bị đo CO₂ qua da của SenTec. Kết quả cho thấy hệ số tương quan Pearson là $r = 0,943$, $p < 0,001$, trung bình sự khác biệt là 1,0 mmHg với khoảng giá trị giới hạn tương đồng từ -4,7 đến 6,7mmHg khi tiến hành phân tích Bland-Altman. Nghiên cứu của McVicar J and Eager R (2009) có hệ số tương quan Pearson $r = 0,94$, $p < 0,001$, trung bình sự khác biệt là 0,02kPa (0,15mmHg), khoảng giá trị giới hạn tương đồng từ -6mmHg đến 6,2mmHg⁷.

Trong nghiên cứu của chúng tôi, giá trị TcCO₂ và PaCO₂ có mối tương quan thuận, mức độ mạnh với hệ số tương quan Pearson là 0,955. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của chúng tôi cũng cho thấy có sự tương đồng giữa TcCO₂ và PaCO₂. Sự tương đồng này được thể hiện khi phân tích với biểu đồ Bland-Altman khi phần lớn số liệu nằm trong khoảng giới hạn tương đồng trên và dưới (từ -4,72 đến 9,15mmHg) với trung bình sự khác biệt là 2,21mmHg. Chúng tôi cũng đưa ra phương trình tương quan tuyến tính giữa PaCO₂ và TcCO₂ là $PaCO_2 = 1,019 \times TcCO_2 + 1,202$ (mmHg); $r = 0,955$ ($p < 0,001$).

Cũng giống với các nghiên cứu trên, nghiên cứu của chúng tôi vẫn ghi nhận sự chênh lệch lớn giữa 2 giá trị PaCO₂ và TcCO₂ ở một số cặp so sánh. Sự chênh lệch lớn nhất được ghi nhận là 11mmHg. Kết quả TcCO₂ chênh lệch so với PaCO₂ do 2 lí do: nhiệt độ tăng cao làm tăng PCO₂ trong máu và mô tại chỗ (yếu tố kỵ khí) và các tế bào biểu bì tạo ra CO₂, góp phần vào mức CO₂ trong mao mạch với một lượng không đổi (hằng số trao đổi chất). Bên cạnh việc đánh giá và phân tích mối tương quan

chung giữa giữa hai giá trị PaCO_2 và TcCO_2 , một số nghiên cứu trên thế giới cũng đã tiến hành phân tích tính chính xác của giá trị TcCO_2 ở các mức độ tăng PaCO_2 khác nhau.

Khi so sánh hai giá trị PaCO_2 và TcCO_2 tại các thời điểm khác nhau đều cho thấy có mối tương quan tốt và sự tương đồng. Tuy nhiên, theo thời gian, trung bình sự khác biệt và khoảng giới hạn tương đồng có xu hướng tăng dần lên. Một số nghiên cứu đã chỉ ra sự khác biệt giữa hai giá trị này tăng lên khi mức độ PaCO_2 tăng. Chúng tôi nhận thấy rằng giá trị TcCO_2 có thể dẫn đến đánh giá thấp giá trị PaCO_2 thực tế. Điều này có thể liên quan đến tính ổn định của miếng gắn cảm biến, việc tuân thủ thời gian thay miếng gắn, đổi vị trí cảm biến và hiệu chuẩn máy theo dõi. Chúng tôi không ghi nhận biến chứng trên da ở vị trí gắn cảm biến theo dõi nồng độ CO_2 . Cần có thêm những nghiên cứu với cỡ mẫu lớn hơn và thời gian nghiên cứu kéo dài hơn để có thể nhận định chính xác hơn về mối tương quan và sự tương đồng giữa hai phương pháp đo nồng độ CO_2 máu bằng kỹ thuật đo qua da và qua khí máu. Phương pháp đo PCO_2 qua da giúp giảm thiểu việc lấy máu xét nghiệm khí máu động mạch nhưng giá trị TcCO_2 cũng cần được giải thích một cách thận trọng, đặc biệt là trong những trường hợp bệnh nhân có mức độ tăng CO_2 máu cao, do đó phương pháp đo PCO_2 qua da không thể hoàn toàn thay thế xét nghiệm khí máu động mạch. Tuy nhiên, chúng tôi nhận thấy giá trị TcCO_2 là một công cụ hữu ích để theo dõi xu hướng, giúp đưa ra dự đoán những thay đổi về PaCO_2 . Nhận định của chúng tôi tương tự với đề xuất được đưa ra bởi tác giả Rodriguez và cộng sự (2006)⁸.

V. KẾT LUẬN

Có mối tương quan thuận, mức độ mạnh giữa giá trị TcCO_2 và PaCO_2 trên bệnh nhân phẫu thuật nội soi dây thanh sử dụng oxy lưu lượng cao khi ngừng thở. Có thể sử dụng phương pháp theo dõi nồng độ CO_2 máu qua da để giảm thiểu số lần làm khí máu. Tuy nhiên, do sự chênh lệch giữa hai giá trị TcCO_2 và PaCO_2 , chúng tôi khuyến cáo nên sử dụng TcCO_2 để đánh giá xu hướng thay đổi nồng độ CO_2

máu và cần kiểm tra lại khí máu trong các trường hợp cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nekhendzy V, Kristensen MS, and Claire RE (2013) *Anesthetic and airway management of microlaryngeal surgery and upper airway endoscopy, in Benumof and Hagberg's airway management*. Elsevier: 785-812.
2. Beng Leong L, Wei Ming N, and Wei Feng L (2019) *High flow nasal cannula oxygen versus noninvasive ventilation in adult acute respiratory failure: A systematic review of randomized-controlled trials*. European Journal of Emergency Medicine 26(1): 9-18.
3. Flach S et al (2019) *Transoral laser microsurgery using high-flow nasal cannula oxygenation: Our experience of 21 cases*. Clinical Otolaryngology 44(5): 871-874.
4. Hermez L et al (2019) A physiological study to determine the mechanism of carbon dioxide clearance during apnoea when using transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE). Anaesthesia, 2019. 74(4): p. 441-449.
5. Gancel PE, Roupie E, Guittet L et al (2011) *Accuracy of a transcutaneous carbon dioxide pressure monitoring device in emergency room patients with acute respiratory failure*. Intensive Care Med 37(2): 348-351.
6. Storre JH, Magnet FS, Dreher M et al (2011) *Transcutaneous monitoring as an replacement for arterial PCO_2 monitoring during nocturnal non-invasive ventilation*. Respiratory Medicine 105(1): 143-150.
7. McVicar J and Eager R (2009) *Validation study of a transcutaneous carbon dioxide monitor in patients in the emergency department*. Emergency Medicine Journal, 26(5), 344-346.
8. Rodriguez P, Lellouche F, Aboab J et al (2006) *Transcutaneous arterial carbon dioxide pressure monitoring in critically ill adult patients*. Intensive Care Med, 32(2), 309-312