

論文の内容の要旨

論文題目 一定換気下の全身麻酔中の心拍出量が呼気終末、血液および組織の炭酸ガス分圧に及ぼす影響

氏名 林田眞和

はじめに

心肺蘇生中、あるいは換気一定下の全身麻酔中に、呼気終末炭酸ガス分圧 (PETCO₂) が心拍出量 (\dot{Q}) 変化をよく反映することは知られている。しかし、全身麻酔下のヒトにおいて広い範囲の \dot{Q} の変化に応じて PETCO₂ がどのように変化するのか、なぜそのような PETCO₂ 変化が生じるのか、よくわかっていない。これらの点を明らかにするために、全身麻酔下のヒトにおいて、 \dot{Q} が呼気終末、血液および組織の炭酸ガス分圧 (PCO₂) に及ぼす影響を検討した。

対象と方法

本研究は、 \dot{Q} の人為的操作は行わず手術中の自然な循環動態変動を利用して、肺動脈カテーテルを主体とした測定を行ったプロトコール 1 (P1) と、P1 で得た知見を確認するために、 \dot{Q} を人為的に変化させ、代謝モニターを主体とした測定を行ったプロトコール 2 (P2) の 2 つのプロトコールよりなる。

P1 では、種々の全身麻酔下で心臓または非心臓手術を受けた 30 症例を、P2 では、プロポフォール-硬膜外麻酔下で下腹部開腹術を受けた 12 症例を対象とした。いずれも全身麻酔導入後、換気は、一回換気量 10ml/kg、呼吸回数 10 回/分に固定した。

P1 では、動脈カニューレ、肺動脈カテーテルと、胃粘膜内 PCO₂ (PrCO₂) 測定用

胃管を挿入した。手術中、熱稀釈法による心拍出量(\dot{Q})、呼吸モニターによる呼気終末炭酸ガス分圧(PETCO₂)、分時換気量(\dot{V}_E)、肺胞換気量(\dot{V}_A)と死腔率(V_D/V_T)、動脈血と混合静脈血の血液ガス、酸素飽和度(SO₂)とヘモグロビン(Hb)、および PrCO₂ を 10~20 分毎に繰り返し測定した。また、全身酸素摂取量($\dot{V}O_2$)を逆 Fick 法により算出した。

P2 では動脈カニューレと PrCO₂ 測定用胃管を挿入した。術中、120 分の測定期間の間、 \dot{Q} を 3 段階に変化させた。まず、膠質液(HES)または輸血による容量負荷により 30 分間 \dot{Q} を持続的に高値に保った(S1)。次に、術野出血中の容量負荷制限ないしニトログリセリン投与により 60 分間 \dot{Q} を持続的に低値に保ち(S2)、最後に再び容量負荷により 30 分間 \dot{Q} を持続的に高値に保った(S3)。この間 5 分間隔で連続波ドプラ法による \dot{Q} 、代謝モニターによる PETCO₂、 \dot{V}_E 、 \dot{V}_A 、V_D/V_T、全身酸素摂取量($\dot{V}O_2$)と炭酸ガス排泄量($\dot{V}CO_2$)、動脈血ガス分圧と乳酸、SaO₂ と Hb を測定した。また 10 分間隔で PrCO₂ を測定した。

統計解析は、Repeated measures ANOVA と paired t test、および多人数プロットにおける線状回帰分析を使用して行った。必要な場合、重回帰分析も使用した。p<0.05 を有意とした。

結果

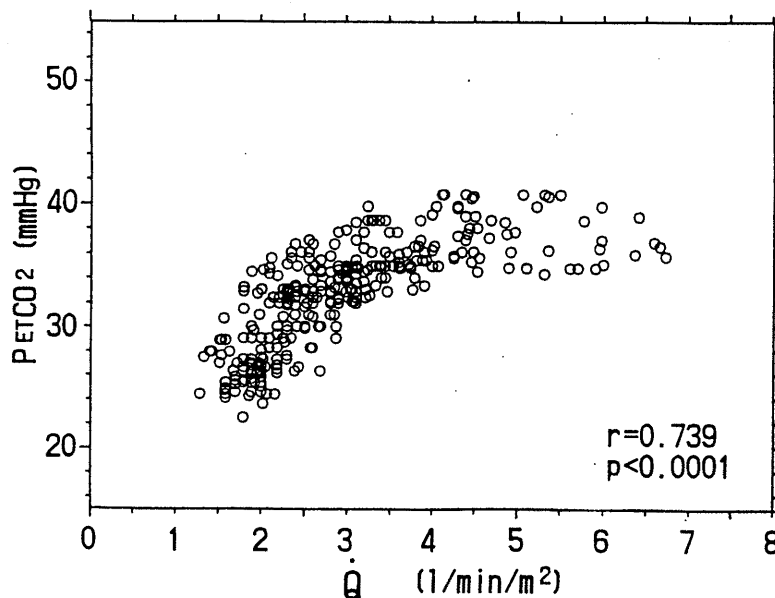


図. プロトコール1における心拍出量(\dot{Q})と呼気終末 PCO₂(PETCO₂)の関係

P1 における多人数プロットにおいて、PETCO₂ は \dot{Q} と正に相関した(図)。 \dot{Q} と動脈血 PCO₂ (PaCO₂) は正に相関し、PaCO₂ と PETCO₂ も強く正に相関した。一方、 \dot{Q} と V_D/V_T との間には殆ど相関が見られず、V_D/V_T と PETCO₂ の間の相関もごく弱

かった。 \dot{Q} と動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差の間には相関がなく、動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差と PETCO₂ との間にも相関がなかった。

次に \dot{Q} と PaCO₂ が正に相関する機序を検討したが、まず、 \dot{Q} と $\dot{V}O_2$ の間には正の相関が見られ、 $\dot{V}O_2$ と PaCO₂の間にも直線的な正の相関が見られた。また、 \dot{Q} と換気・血流比 \dot{V}_A/\dot{Q} の間には逆相関が見られ、 \dot{V}_A/\dot{Q} と PaCO₂の間にも直線的な負の相関が見られた。

P2において、 \dot{Q} を持続的高値に維持したS1の30分間、諸測定値はほぼ一定で経過した。S2(60分間)では、 \dot{Q} を減少させ引き続き持続的低値に維持したが、この間 PETCO₂は減少し持続的低値に保たれた。 V_D/V_T はS2の間、一時的に軽度増加したのみであり、動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差には変化が見られなかった。一方、PaCO₂は減少し低値に保たれ、PETCO₂の変化はPaCO₂の変化に全く平行しており、動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差に変化はなかった。この間、 $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ は減少し低値に保たれた一方、 \dot{V}_A/\dot{Q} は増加し高値に保たれた。 \dot{Q} を再び持続的高値に維持したS3の30分間、以上の測定値はS1と同様の値まで回復しそれが維持された。S1からS3にかけて動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差、食道温、乳酸、およびPrCO₂は変化しなかった。また、 $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ は全く平行して変化し、呼吸商(R)は変化しなかった。

P2の多人数プロットにおいてもP1と同様、 \dot{Q} と PaCO₂の間に正の相関が見られた。 \dot{Q} と $\dot{V}CO_2$ の間には正の相関が見られ、 $\dot{V}CO_2$ と PaCO₂の間にもそれぞれ直線的な正の相関が見られた。一方、 \dot{Q} と \dot{V}_A/\dot{Q} の間には逆相関が見られ、 \dot{V}_A/\dot{Q} と PaCO₂の間にも負の相関が見られた。

考察

換気一定の全身麻酔中、PETCO₂は \dot{Q} の低下に伴って低下した。また、 \dot{Q} を持続的に低値に保った場合、PETCO₂も持続的に低値に保たれた。 \dot{Q} の低下時には V_D/V_T の増加がごく軽度であり、動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差の増大もなかった。かつ、 V_D/V_T の PETCO₂に及ぼす影響はごく弱く、動脈血-呼気終末 PCO₂ 較差はPETCO₂に影響しなかった。これより、全身麻酔中の \dot{Q} 低下時の PETCO₂低下に対する V_D/V_T 増加、すなわち肺泡-呼気終末 PCO₂ 較差増大の寄与はごく少ないと考えられた。一方 \dot{Q} の低下時に PaCO₂(肺泡 PCO₂(PACO₂))とほぼ同じ)は低下し、これがPETCO₂低下によく反映された。以上より \dot{Q} 低下時の PETCO₂低下の主要機序は、肺泡死腔の増加ではなく、PACO₂の減少であると考えられた。

\dot{Q} の低下時には、 $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ が平行して低下し、それに直線的に比例して PaCO₂が低下した。また \dot{Q} の低下時には \dot{V}_A/\dot{Q} が増加し、それに反比例して PaCO₂が低下した。以上より \dot{Q} 低下時の PACO₂低下の原因は、 $\dot{V}O_2$ 減少に伴う $\dot{V}CO_2$ 減少、および \dot{V}_A/\dot{Q} の増加(相対的過換気)であると考えられた。

まとめ

換気一定の全身麻酔中、呼気終末 PCO₂ は心拍出量減少に伴い減少した。この呼気終末 PCO₂ 低下の主要機序は、肺胞死腔の増加ではなく、肺胞 PCO₂ の低下である。肺胞 PCO₂ 減少の原因は、酸素消費量減少に伴う炭酸ガス産生量の減少、および換気・血流比の増加(相対的過換気)である。