

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K18218

研究課題名(和文)呼吸器外科領域における経皮的血液ガスモニタリング機器使用の有用性及び安全性の検討

研究課題名(英文)Efficacy and Safety of Percutaneous Blood Gas Monitoring in Perioperative Management of Lung Surgery

研究代表者

藤原 誠 (Fujiwara, Makoto)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・専門研究員

研究者番号：60780442

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：術前血液ガス分析検査、術後血液ガス分析検査、術中血液ガス分析検査と、経皮血液ガスモニタのCO₂とPaCO₂の相関係数は $r^2 = 0.923$ ($n = 121$)であり、EtCO₂とPaCO₂の相関係数は $r^2 = 0.650$ ($n = 65$)であった。全症例において、術中は片肺換気で管理されていたが、換気量の減少にもかかわらず、多くの症例では著明なCO₂貯留は認めず、抜管直後の自発呼吸の際に最もCO₂が貯留する傾向をしめした。さらに、術後徐々にCO₂貯留をきたし、CO₂ナルコーシスと診断され、一般病床からICU管理となった症例も認められた。経皮血液ガスモニタによる24時間モニタリングの有用性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は呼吸器外科領域における、経皮血液ガスモニタリングの有用性を検証した研究である。肺切除術は、術前後の呼吸機能が変化する点、ならびに術中の分離肺換気による片肺換気が患者に与える影響を正しく把握することが肝要である。しかし、毎度の血管穿刺をおこない血液ガス分析を行う侵襲は高く、病棟でも簡易に測定する手法の開発が必要である。今回、我々は経皮血液ガス分析の有効性を示し、術中のEtCO₂よりも有用な指標であり、モニタリングの精度が高いこと。また、周術期の呼吸不全に対しても時系列データを把握することで早急な治療が行われたことを示した。これによりより良い周術期管理の一助となると思われる。

研究成果の概要(英文)：Preoperative blood gas analysis, postoperative blood gas analysis, and intraoperative blood gas analysis were tested 121 times. The correlation coefficient between CO₂ and PaCO₂ of the transcutaneous blood gas monitoring was $r^2 = 0.923$ ($n = 121$), and that between EtCO₂ and PaCO₂ was $r^2 = 0.650$ ($n = 65$). The correlation coefficient between EtCO₂ and PaCO₂ was $r^2 = 0.650$ ($n = 65$). All patients were managed with one-lung ventilation during the operation, but despite the decrease in ventilation, most patients did not show significant CO₂ accumulation, and CO₂ tended to accumulate most during spontaneous breathing immediately after extubation. In addition, there was a case of gradual postoperative CO₂ accumulation, which was diagnosed as CO₂ narcosis, and the patient was transferred from a general hospital bed to ICU management, demonstrating the usefulness of 24-hour monitoring with transcutaneous blood gas monitoring.

研究分野：胸部外科学

キーワード：経皮血液ガスモニタ 肺切除術 周術期管理 術後合併症

1. 研究開始当初の背景

(1)

人口の高齢化や術式の低侵襲化に伴い、高齢者における肺がん手術症例が増加している。年齢にかかわらず切除可能な肺癌患者の治癒を得るための最良の治療法は手術であるが、高齢患者では、若年患者よりも術後合併症の罹患率は高く(図 1)、その多くは呼吸器関連合併症である(Kawaguchi 2018, Demiri 2018)。

同様に、これまで我々は肺気腫・特発性間質性肺炎などを背景肺とする低肺機能患者の肺切除においても、術後早期の合併症率と死亡率が高いことを示してきた(Mimae 2016)。

上記のような症例が増加している現状、術後合併症の早期発見と、術後合併症を予防する術中・術後の呼吸器管理が重要である。致死的な間質性肺炎急性増悪のリスク因子とされる高濃度酸素投与を改善し、合併症を予防すること、さらに最も高頻度な合併症である喀痰不良による閉塞性肺炎、呼吸不全の早期発見において、経時的血液ガスモニタリングが重要である。現在、周術期に動脈血液ガス分析を定期的に行う施設もあるが、その侵襲性と合併症検出力は満足のいくものではない。術中の人工呼吸器管理下において、CO₂ モニタリングは EtCO₂ で計測されているが、EtCO₂ は動脈血液ガスとの相関性は十分ではなく、片肺換気が必要な状態での呼吸器設定に影響が出る可能性がある。

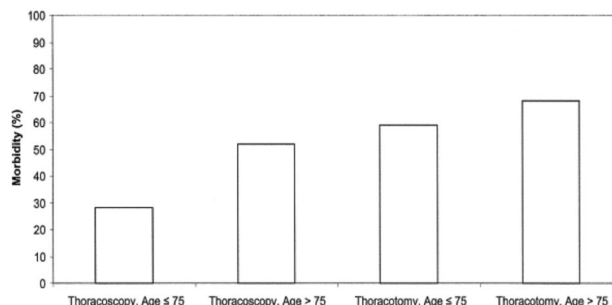


図 1. 術式によらず、高齢者の術後合併症率は高い



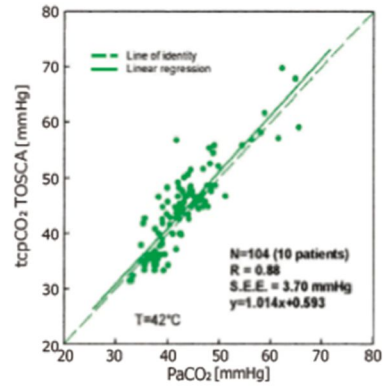
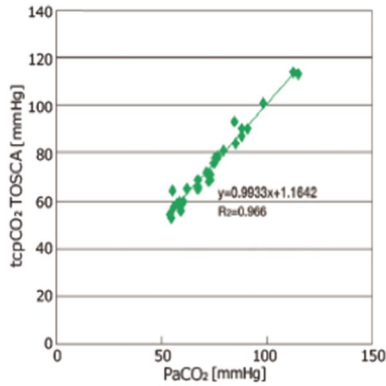
図 2 経皮血液ガスモニタによりCO₂とSpO₂の継続的なモニタリングが可能となる

(2) そこで、本研究では呼吸機能のモニタリングをより精密で低侵襲に可能とする経皮血液ガスモニタ(図 2)の使用を検討した。これは動脈血液ガス分析のような動脈血液穿刺を必要とせず、耳介にセンサーを取り付けることにより低侵襲に血液ガスモニタを可能とする(図 3)。経皮血液ガスモニタはその低侵襲性から、NICU で通常用いられているものであり、成人に用いられた例は少ない。精度に関しては、これまでの文献報告から、PaCO₂ が正常値を大きく外れる場合でも高い相関性を示し、術中においては通常用いられる EtCO₂ より高い相関性を示すことが報告されている(図 4)。

これまでの報告はいずれも少数の観察研究であり、呼吸器外科領域の術中・周術期管理にみられるような呼吸機能の急激な変動は認められない、比較的安定した状態の患者に限定されている。そのため、呼吸器外科領域の患者を外挿することは困難である。そこで我々は、呼吸器外科領域の術中および周術期における経皮血液ガスモニタの有用性と安全性および、術後合併症の検出能を検討することとした。



図3 経皮血液ガスモニタに付属するセンサ



PaCO₂が大きく正常値を外れる場合でも高い相関性を示すTOSCAのtcpCO₂

TOSCA(経皮PCO₂/SpO₂モニタリングシステム)の使用経験より資料提供：宝塚市立病院 集中治療室 妙中信之先生 人工呼吸 2005;22:66

EtCO₂と比べ血液ガスと高い相関性を示す全身麻酔中のPCO₂

P.Eberhead et al ; Combining Transcutaneous Blood Gas Measurement and Pulse Oximetry, Anesth Analg 2002;94:S76-80

図4 経皮血ガスモニタの相関性に関する文献

2. 研究の目的

本研究は、呼吸器外科領域ではほぼ初めてとなる、経皮血液ガスモニタの有用性と安全性の検討である。これまでの呼吸器外科領域における学術報告は肺移植症例に限った少数の症例における経皮血液ガスモニタの精度の検討(Date 2017)のみである。さらに、本研究では手術中の片肺換気時、術前、さらに肺切除後それぞれにおいて継続的に測定を行う予定である。このような呼吸機能が変動する期間に、経皮血液ガスモニタの有用性について言及された文献はない。本研究により、呼吸器外科領域における周術期及び術中における経皮血液ガスモニタの有用性および安全性を証明することで、新たな安全で低侵襲な治療介入を目的としている。

3. 研究の方法

経皮動脈血ガスモニタは TCM5 を使用した。対象症例は広島大学病院で肺切除もしくは縦隔腫瘍切除予定の患者である。定期的な動脈血液ガス分析と同時に経皮血液ガスモニタの数値をデータ化する。また、術中に EtCO₂ モニタを使用した際には、上記動脈血液ガス分析の結果と経皮血液ガスモニタの測定値に加え、EtCO₂ の測定を行った。動脈血液ガス採取のタイミングは 手術前日、安静時 手術室の全身麻酔下、挿管後両肺換気中、手術が開始する直前：片肺換気開始のタイミング、肺切除後（縦隔腫瘍の場合は腫瘍摘出時）、両肺換気開始後、術後抜管時、術翌日、安静時などである。

精度の検討においては EtCO₂ と PaCO₂ との相関性と、経皮血液ガスモニタと血液ガスとの相関性とを比較検討する。さらに、経皮血液ガスモニタの使用による安全性の検討については、動脈穿刺による周術期の血液ガス分析と比較し、合併症および患者の苦痛を検討、解析した。

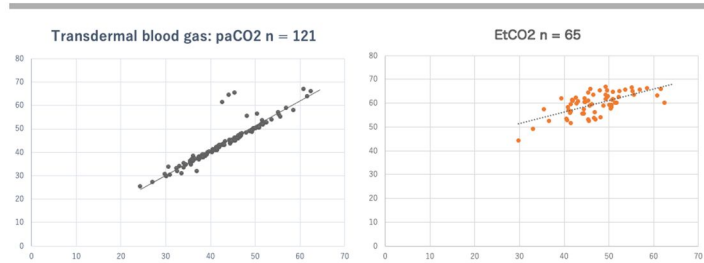
4. 研究成果

(1) 2019年3月-2019年12月に当院で肺切除術を施行され、経皮血液ガスモニタ(TCM5)による周術期の持続SpO₂と経皮CO₂モニタリング、さらに術中管理を施行された症例を対象とした。対象症例に対して、同時に動脈穿刺により血液ガス分析を施行された時点でのモニタの値と血液ガス分析の結果との相関を検証した。また、術中においては、経皮血液ガスモニタだけではなく、EtCO₂と動脈血液学検査との相関も検証し、比較対象とした。

(2)対象症例は、33 症例であった。術前血液ガス分析検査、術後血液ガス分析検査、術中血液ガス分析検査においてそれぞれ施行された血液ガス分析検査は計121回施行され、そのうち術中血液ガス分析は65回施行されていた。経皮血液ガスモニタのCO2とPaCO2の相関係数は $r2 = 0.923$ ($n = 121$)であり、EtCO2とPaCO2の相関係数は $r2 = 0.650$ ($n = 65$)であった。

Concordance between percutaneous blood gas monitoring vs. EtCO2 and PaCO2

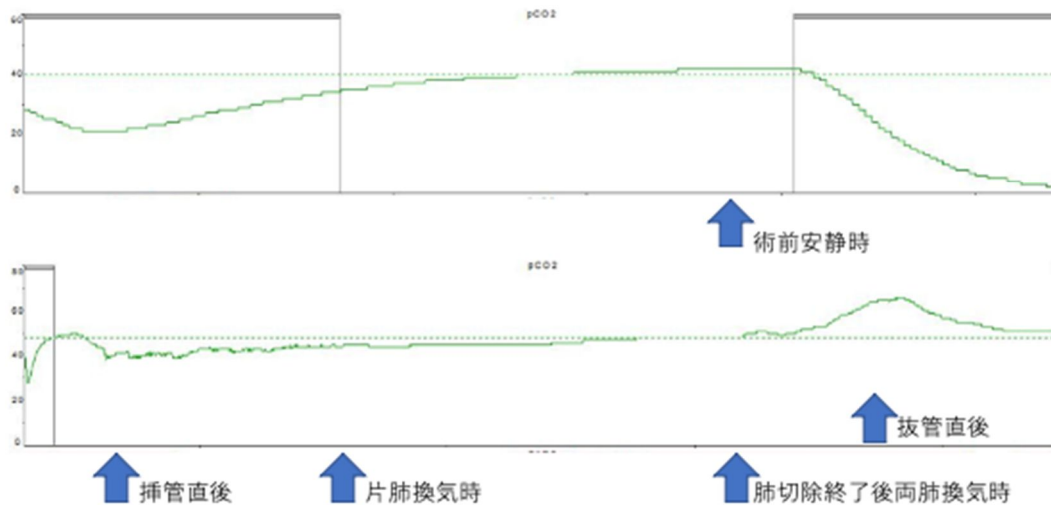
$r2=0.923$ vs. $r2=0.650$



(3)全症例において、術中は片肺換気で管理されていたが、換気量の減少にもかかわらず、多くの症例では著明なCO2貯留は認めず、抜管直後の自発呼吸の際に最もCO2が貯留する傾向をしめした。さらに、術後徐々にCO2貯留をきたし、CO2ナルコーシスと診断され、一般病床からICU管理となった症例を認め、経皮血液ガスモニタによる24時間モニタリングの有用性が示された。経皮血液ガスモニタには、EtCO2と比較しても著明なPaCO2との相関を示し、術中にもより正確な呼吸管理が可能となる可能性が示された。また、動脈穿刺と比較しても安全性の高い検査であると考えられ、高リスク症例に対する有効な周術期管理のひとつとなる可能性が示された。

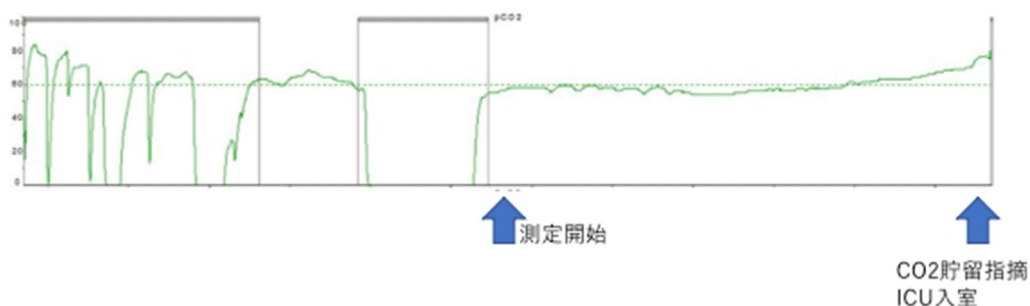
多くの周術期および術中PaCO2パターン

肺切除症例の術前、術中推移



術後呼吸機能低下症例での有害事象検知能

83歳、肺切除症例の術後CO2ナルコーシスでICU管理が必要と判断した症例



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤原誠 |
| 2. 発表標題 経皮的血ガスモニターの呼吸器外科領域における有効性と安全性の検討 |
| 3. 学会等名 第73回日本胸部外科学会定期学術集会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---------------------------------|--------------------------------------|----|
| 研究協力者 | 岡田 守人 (Okada Morihito) | 広島大学・原医研外科、呼吸器外科・教授 (15401) | |
| 研究協力者 | 宮田 義浩 (Miyata Yoshihiro) | 広島大学・原医研外科、呼吸器外科・診療教授 (15401) | |
| 研究協力者 | 津谷 康大 (Tsutani Yasuhiro) | 広島大学・原医研外科、呼吸器外科・診療講師 (15401) | |
| 研究協力者 | 見前 隆洋 (Mimae Takahiro) | 広島大学・原医研外科、呼吸器外科・診療講師 (15401) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|