

主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：篠崎 勇輔

専攻分野：高度臨床医育成コース（内科学）

指導教授：峯下 昌道

主論文の題目：

A Prospective Observation Study of The Dynamic Monitoring of Transcutaneous Arterial Blood Oxygen Saturation and Carbon Dioxide during Bronchoscopy

（気管支鏡検査中の経皮的動脈血酸素飽和度と二酸化炭素の動的モニタリングに関する前向き観察研究）

共著者：

Kei Morikawa, Hirotaka Kida, Kazuhiro Nishiyama,
Satoshi Tanaka, Hajime Tsuruoka, Shin Matsuzawa,
Hiroshi Handa, Hiroki Nishine, Masamichi Mineshita

緒言

気管支鏡検査は侵襲的な手技であり、患者の不快感や苦痛を軽減するために、手技中に鎮静剤や鎮痛剤が投与されることが多い。そのため、検査中は呼吸抑制が起こることがあり、気管支鏡検査中の安全性を高めるためのモニタリングが必要である。

動脈血二酸化炭素分圧（ PaCO_2 ）は、一般に動脈血ガス分析を用いて測定される。しかし、気管支鏡検査中に複数回解析するには、カテーテルを挿入する必要がある、侵襲的である。経皮 CO_2 分圧（ tcPCO_2 ）の測定は非侵襲的で簡便であり、 PaCO_2 の測定値と高い相関性がある。気管支鏡検査中の酸素化および換気のモニタリングに関する報告がほとんどないため、気管支鏡検査中の経皮的動脈血酸素飽和度（ SpO_2 ）と tcPCO_2

の経時的なデータを前向きに収集し、解析することを目的とした。

方法・対象

2021 年 3 月から 2022 年 4 月までに当院で診断のために透視下気管支鏡検査を必要とした患者を本研究に登録した。本研究は聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会（承認 5129 号）により承認され、すべての被験者は、事前に非侵襲的モニターについて説明を受け、気管支鏡検査と本研究への参加に同意した。

測定装置には、Sentec Digital Monitoring System(TOKIBO 社)を使用した。患者を仰臥位とした後、センサーを耳介に装着し、記録を開始した。気管支鏡検査は、鼻カニューレを用いて 2L/分で酸素で開始し、すべての患者は、鎮静剤としてミダゾラムを静脈内投与した。気管内挿管時や必要時には、フェンタニルを併用した。酸素投与量は、検査中の SpO_2 に応じて調節した。検査終了後、モニターを取り外し、記録を停止した。全症例の記録データを収集し、解析した。測定データには、 $tcPCO_2$ 、 SpO_2 、脈拍数、灌流指数を含む測定パラメータの経時的推移とした。これらのパラメータにおいて、鎮痛薬併用の有無、性別、喫煙歴、体格指数（BMI）に基づいて比較を行った。各パラメータについて、気管支鏡検査中の $tcPCO_2$ と SpO_2 の経時変化をグラフにし、平均値 ± 標準偏差（範囲）で示した。また各パラメーターについて、 $tcPCO_2$ と SpO_2 の有意差を分析した。統計は Mann-Whitney の U 検定と Cox の比例ハザードモデルを用いた。

結果

試験期間中に気管支鏡検査は 117 例に実施され、うち 113 例でデータを収得し、測定成功率は 96.6%であった。気管支鏡検査の平均時間は 38.5 分であり、 $tcPCO_2$ の平均値は 42.7 ± 6.52 mmHg、 SpO_2 は 95.3 ± 3.11 %であった。気管支鏡検査中の麻酔としてミダゾラムとフ

エンタニルが投与されたのは46例（A群）であり、ミダゾラム単独投与は67例（B群）であった。tcPCO₂はA群で有意に高かった

（ $p=0.01$ ）。A群では、多くの症例でtcPCO₂は40～50 mmHgの間にとどまり、検査中に徐々にCO₂が貯留していった。検査前のtcPCO₂が高い症例では、検査中に多くCO₂が貯留していく傾向が見られた。A群に比べ、B群ではtcPCO₂の急激な上昇はなかったが、多くの症例でCO₂が緩徐に貯留していた。tcPCO₂の検査開始時と検査中の最大値との差（ Δ 値）の中央値はA群で8.10 mmHg、B群で4.00 mmHgであり、A群の方が有意に大きかった（ $p=0.005$ ）。SpO₂の変動はA群で大きく、高流量の酸素投与でもSpO₂の不均衡が認められた。A群とB群のSpO₂はそれぞれ $94.4 \pm 3.37\%$ 、 $96.2 \pm 2.61\%$ であり、B群の方が有意に高かった（ $p=0.01$ ）。

喫煙歴、BMI、性別、麻酔薬の追加投与の有無によるそれぞれのサブグループ解析では、BMIのtcPCO₂に関しては、BMI ≥ 25 群でBMI < 25 群より高く、有意差を認めたが（ $p=0.05$ ）。その他は明らかな有意差は認めなかった。

考察

本研究では、経皮的血液ガス測定装置を用いて、気管支鏡検査中の換気と酸素化の経時的な変化を観察した。気管支鏡検査中の麻酔として鎮痛薬を併用すると、患者のPaCO₂が有意に上昇した。気管支鏡検査中の低換気は、フェンタニルを併用したことによる呼吸抑制が原因であると推定した。本実験ではフェンタニルの総投与量は、平均検査時間から換算すると約19 μg であり、BTS（British Thoracic Society）ガイドラインの推奨投与量より少ないが、日本人のBMIを考慮すると、呼吸抑制の要因となった可能性がある。本研究において、tcPCO₂はBMI < 25 群よりもBMI ≥ 25 群で有意に高く、肥満も気管支鏡検査中の低換気の要因である可能性が示唆された。

SpO₂はA群で有意に低かった。気管支鏡検査において、気管内挿管時の酸素投与経路は閉鎖回路ではなく、酸素投与方法の再考が必要である。今後より良い検査器具や手技の開発が必要である。

結論

tcPCO₂モニタリングは非侵襲的で簡便であり、気管支鏡検査中の換気状態はtcPCO₂を評価することで可能となった。また、気管内挿管時や鎮痛薬併用時は、酸素化と換気の経時的なモニタリングが重要である。