

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K08557

研究課題名(和文)新規安静呼吸下非侵襲的酸素肺拡散能測定機器の開発

研究課題名(英文)Development of a new non-invasive pulmonary oxygen diffusing capacity measurement device under resting breathing

研究代表者

小川 浩正(Ogawa, Hiromasa)

東北大学・事業支援機構・教授

研究者番号：90361162

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)：本研究では、これまで測定が困難であった安静呼吸下で実施可能な肺酸素拡散能測定方法を確立し、肺O₂拡散能を安静呼吸で測定する機器の開発を行った。肺酸素拡散能の測定には、多段階酸素濃度負荷による1回吸気時の酸素吸収変化量から算出する方法を構築した。そして、吸気回路にデマンドバルブを組み入れ、吸気ガスを吸気ごとにコントロールし、呼気ガス量、呼気O₂、呼気CO₂をリアルタイムに測定できる機器を開発した。ベースガスは室内気もしくは30%O₂ガスとし、負荷ガスは、40%O₂、60%O₂、80%O₂の3種のガスとし、ベースガス吸入時の呼吸が安定したところで、負荷ガスを1回吸気させる測定形式とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

酸素O₂の肺拡散能は、ガス交換能を評価する指標であるが、測定が困難なため、一酸化炭素COを指標とした肺CO拡散能を代替指標として用いてきた。しかし、CO拡散能はO₂拡散能を示していないこと、COはO₂運搬に影響をあたえること、現在測定方法として一般的に行われている1回呼吸法は被検者の協力が必要であること、低肺機能では正しく測定できないこと、など問題が指摘されていた。本研究機器の開発により、被検者の協力を必要とせず、O₂拡散能を実臨床で評価することが可能となり、COを使用しないことから、呼吸器状態の悪い患者にも測定が可能となり、急性期の病態評価・治療にも役立つものと考えている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we established a method for measuring lung oxygen diffusing capacity under resting breathing, which had been difficult to measure, and developed a device for measuring pulmonary oxygen diffusing capacity during quiet breathing. For the measurement of pulmonary oxygen diffusing capacity, a method was constructed to calculate the change in oxygen uptake during a single inspiration under multi-stage oxygen concentration loading. In order to control the inspiratory gas, we incorporated a demand valve into the inspiratory circuit and developed a device that can measure exhaled gas volume, exhaled O₂, and exhaled CO₂ in real time. The base gas is room air or 30% O₂ gas, and the load gas is 40% O₂, 60% O₂, and 80% O₂ gas. The measurement specification was to inhale the load gas once when the breathing during inhalation of the base gas stabilized.

研究分野：呼吸器

キーワード：肺拡散能 呼吸機能 肺生理

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

O₂ の肺拡散能は、ガス交換能を規定する重要な指標である。O₂ の肺拡散能を規定する因子は、肺胞気 O₂ 分圧、肺毛細管 O₂ 分圧、O₂ 拡散量である。O₂ は、肺胞気 O₂ 分圧と肺毛細管 O₂ 分圧の分圧差を駆動ドライブとして、肺胞膜および毛細管血管壁を通過し血漿に移動する。血漿中に移動した O₂ は、肺毛細管 O₂ 分圧に従って (ヘモグロビン O₂ 解離曲線)、赤血球内に拡散し、赤血球内のヘモグロビンと結合する。したがって、肺毛細管 O₂ 分圧は、肺胞気から移動してくる O₂ と赤血球内ヘモグロビンと結合するために血漿中から移動する O₂ のバランスで決定されることから、肺毛細管 O₂ 分圧を規定することが困難である。それに代わるものとして、観血的に動脈血を採取して、動脈血 O₂ 分圧を肺毛細管 O₂ 分圧として、肺 O₂ 拡散能評価が提案されているが、観血的操作での呼吸変化で動脈血 O₂ 分圧は変化することから、実臨床では行われてはこなかった。CO は、O₂ と気体-液体相におけるガス拡散の生理学的特性が比較的類似していること、O₂ 同様、肺胞気 CO 分圧と肺毛細管 CO 分圧の差によって CO 移動が決定されるが、血漿中に移動した CO は速やかに赤血球内ヘモグロビンと結合し血漿中から取り除かれることから、肺毛細管 CO₂ 分圧=0 とすることができ、肺胞気 CO₂ 分圧と、体内に取り込まれた CO 量から、肺 CO 拡散能が評価できる、ということ、などから、肺 O₂ 拡散能の代替として、CO を指標とした肺 CO 拡散能を、ガス交換能の拡散能として評価してきた。しかし、気体-液体相におけるガス拡散の生理学的特性が比較的類似していることとはいえ、CO は O₂ ではないことから、肺 CO 拡散能を、肺 O₂ 拡散能として評価することはできない。また、微量とはいえ O₂ 運搬に影響をあたえる CO を使用すること、そして、繰り返しの測定では、肺毛細管 CO 分圧を無視することは難しくなること、など、CO 使用の問題点も指摘されていた。加えて、CO による肺拡散能測定として 1 回呼吸法が標準的な方法として推奨されているが、これは、被験者に、最大呼気位から最大吸気位までの大吸気努力、最大吸気位での 10 秒間の息止め、そして、10 秒間息止め後の最大呼気努力が必要で、被験者の協力が必須であり、被験者の協力が望めない場合は測定できないこと、高齢者や呼吸器疾患患者への負担は大きいことが測定上の課題として挙げられている。そして、計算に用いる息止め時間の設定、最大呼気位から最大吸気位に要する時間、最大吸気位から最大呼気位に要する時間、呼気のサンプリングのタイミング、十分な洗い出し死腔量と十分量の肺胞気の採取が必要など、正確な測定が困難という問題を有している。

以上から、肺 O₂ 拡散能を直接測定できることは、臨床上病態評価において有用であることは当然として、安静呼吸下で、かつ、非観血的に測定できることは、どのような病態の h 検者においても測定可能である、といえ、本研究の目的である、安静呼吸で非観血的に測定可能な肺酸素拡散能測定機器の開発は、臨床運用において有益性が高いものといえる。

2. 研究の目的

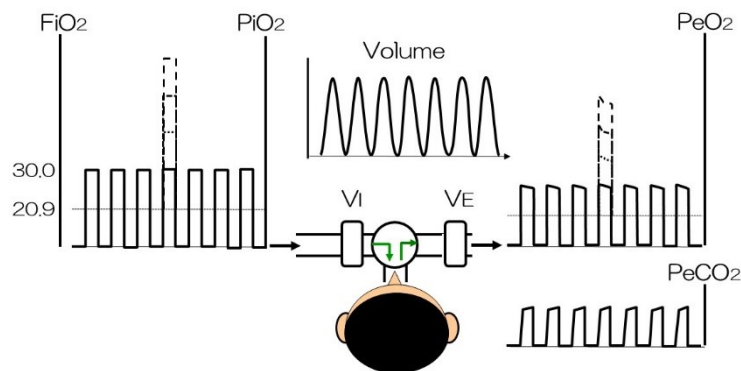
本研究の目的は、直接評価が困難である肺酸素拡散能力を、被験者の協力を必要とせずに、低肺機能や重篤な呼吸状態 (人工呼吸管理課下など) でも評価できる方法を確認し、測定機器を開発するものである。

3. 研究の方法

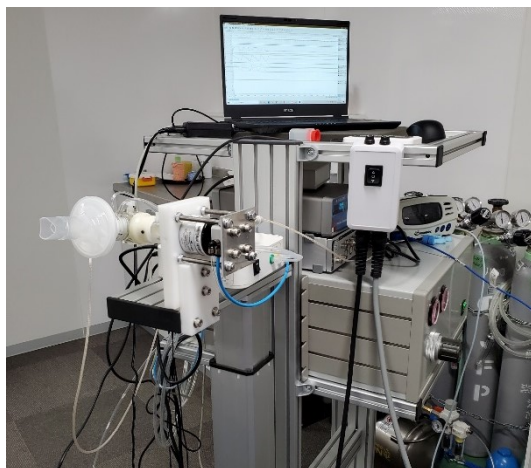
肺酸素拡散能の測定には、多段階酸素濃度負荷による 1 回吸気時の酸素吸収変化量から算出する方法を構築した。そして、吸気回路にデマンドバルブを組み入れ、吸気ガスを吸気ごとにコントロールし、呼気ガス量、呼気 O₂、呼気 CO₂ をリアルタイムに測定できる機器を開発した。仕様として、ベースガスは室内気もしくは 30%O₂ ガスとし、負荷ガスは、40%O₂、60%O₂、80%O₂ の 3 種のガスとし、ベースガス吸入時の呼吸が安定したところで、負荷ガスを 1 回吸気させる測定形式とした。

4. 研究成果

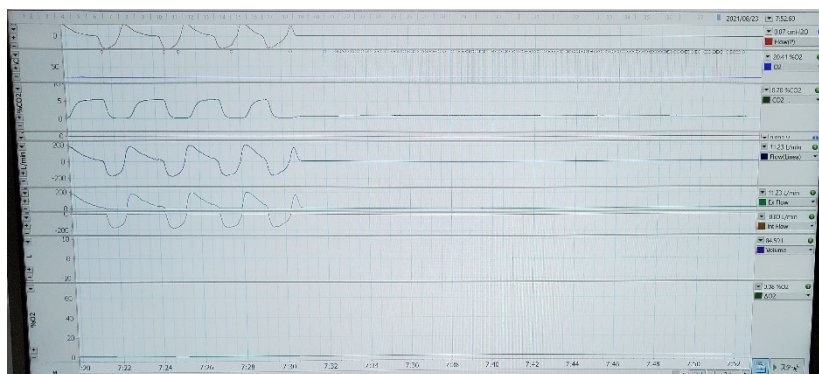
1) 測定機器イメージ



2) 新規開発測定機器



3) 測定画面



4) 解析

負荷ガス吸入時の呼気ガスより、O₂ 吸収量、吸気量を算出。ベースガスの O₂ 吸収量、吸気量と比較し、 Δ [負荷ガス濃度—ベースガス濃度] 時の単位気量あたりの Δ O₂ 吸収量を算定。異なる3つの負荷ガスおよび2つのベースガスより、DL0₂ を算定した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
研究分担者	黒澤 一 (Kurosawa Hajime) (60333788)	東北大学・事業支援機構・教授 (11301)	
研究分担者	色川 俊也 (Irokawa Toshiya) (70375179)	東北大学・事業支援機構・教授 (11301)	

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