

氏名(本籍)	古賀俊策(福岡県)
学位の種類	学術博士
学位記番号	博乙第519号
学位授与年月日	平成元年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
審査研究科	体育科学研究科
学位論文題目	定常運動と非定常運動におけるガス交換動態の breath-by-breath 法による研究
主査	筑波大学教授 医学博士 池上晴夫
副査	筑波大学教授 医学博士 浅野勝己
副査	筑波大学教授 医学博士 浅見高明
副査	筑波大学教授 谷村裕
副査	筑波大学助教授 学術博士 牧野順四郎
副査	筑波大学助教授 長洲南海男
副査	筑波大学講師 医学博士 有田秀穂

## 論文の要旨

この研究は運動に際して起こるガス交換の動的変化、特に非定常運動における過渡的特性を精密に評価するために、肺胞レベルにおけるガス交換動態(肺胞ガス交換法)を breath-by-breath モードで測定し、口腔レベルにおけるそれ(吸気流速法)と比較することを目的として行われた。

研究の前半では上記二種類の測定装置と運動負荷装置を開発し、その性能の評価を行った。研究の後半ではこれらの装置を用いて、一定強度負荷、ランプ負荷および多段階漸増負荷等の運動時のガス交換動態を測定し、二つの方法による測定結果を比較し、その特徴について検討した。

運動負荷装置としては経時的運動強度を任意にプログラムできるコンピューター制御の自転車エルゴメーターを試作した。そして出力増加に伴って増大する誤差を補正するよう工夫した結果、1ワット当たりの酸素摂取量が8.5~11.2ml/分で、400ワットまで直線性が確保されることを確認した。

吸気流速法および肺胞ガス交換法の breath-by-breath 測定装置を開発し、その性能の向上のための種々の工夫を加えた。容量測定の誤差原因である、流速信号の直線性、安定性、雑音と周波数応答、呼気ガス成分と温度、水蒸気凝縮、量子化誤差、およびバルブの漏洩などの諸点に検討を加え満足すべき結果を得た。ガス濃度信号の誤差要因には、測定精度、安定性、雑音、輸送遅れ時間、

応答時間および水蒸気分圧などがあることを明らかにし、誤差を相殺する方法によって精度向上に努めた。また呼気バルブの死腔量の補正にも独自の工夫を加えた。このような工夫の結果ダグラスバッグ法の測定結果と比較して十分に高い相関を得ることができた。

上記によって開発した運動負荷装置を用いて前記3種類の運動を行ったときのガス交換動態を、呼気流速法と肺胞ガス交換法とによって測定し、その結果を比較して種々な新知見を得た。その主なものは以下のとおりである。

呼気流速法では呼吸毎の窒素平衡が成立しないために呼吸毎の測定値の変動が著しいが、肺胞ガス交換法では安定した値が得られた。負荷の移行期におけるガス交換値は肺胞ガス交換法の方が高い値を示したが、定常状態では差がなかった。吸気と吸気の組み合わせにずれが生じると、肺胞ガス交換法では誤差が大きくなるので、測定システムの精度向上および誤差補正の演算処理が必要になる。一定強度負荷初期のガス交換動態を近似する数学モデルを検討した結果、第2相の近似には、第1相を除いた一次指数関数モデルが、また第3相を含める場合には合成指数関数モデルが、それぞれ最良の近似を示した。肺胞レベルのガス交換の時定数は酸素摂取量、炭酸ガス排泄量、換気量の順に大きくなり、この順序は他の負荷パターンにおいても同様であった。ランプ負荷における酸素摂取量立ち上がりの時定数は一定強度負荷時の平均応答時間より短くなった。また肺胞レベルの酸素摂取量の応答は口腔レベルのそれより速かったが、炭酸ガス排泄量ではそのような差は認められなかった。漸増的多段階負荷の場合には、酸素摂取量の応答は一次直線モデルで近似され、その相関係数は肺胞レベルの場合の方が高くなった。また酸素摂取量および炭酸ガス排泄量の増加勾配は、肺胞レベルにおいても口腔レベルにおいてもほぼ同一であった。

## 審 査 の 要 旨

人体のガス交換の測定は通常は呼気の分析によってなされる。従来はダグラスバッグ法あるいはミキシング・チャンバー法が多用されてきたが、これらの方法ではある時間内の平均値あるいは平滑値が求められるため、ガス交換の刻々の動態を詳細に追跡することはできない。そのため近年 breath-by-breath モードによる吸気分析法が盛んになった。しかし、現用の多くは口腔レベルにおける測定であるため、組織から口腔までのガス運搬経路が緩衝的役割を果たし、真のガス交換動態の評価法としては不十分なものである。本研究はガス交換を口腔より組織により近い肺胞レベルにおいて測定しようとするものであり、組織のガス交換動態をより忠実に把握できるところに意義があるものである。

このような肺胞レベルにおける測定法開発の試みはこれまでもなされているが、種々の技術的困難のためまだ実用化には成功していない。本論文の著者は自分の設計による口腔レベルにおける測定装置（呼気流速法）および肺胞レベルにおける測定装置（肺胞ガス交換法）を開発し、種々な技術的限界に対して改良を加えて試験した結果、十分に精度の高いものであり、実用に供し得る水準に達したことを検証した。またこれらの装置を用いて種々なパターンの運動を負荷した場合のガス

交換を測定した結果、従来の方法では明らかにできなかったいくつかの新知見を見出すことができ、かつガス交換動態を詳細に追跡する上で肺胞ガス交換法は吸気流速法に比してはるかに勝れた方法であることを明らかにした。

以上により本論文は、装置の性能になの若干の改善の余地が残っている点や、運動負荷実験の部分に十分とはいえない点があるものの、独創性に富む研究報告であり、体育科学はじめ生理学、生物学の分野における学問的意義の高い研究であり、学術博士論文として評価しうるものである。

よって、著者は、学術博士の学位を授与するのに十分な資格を有するものと認める。