

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20590906

研究課題名(和文)

F G 視覚センサーによる COPD 患者に対する非侵襲的運動負荷検査法の確立

研究課題名(英文)

NON-INVASIVE EXERCISE TEST FOR COPD PATIENTS BY FG VISION SENSOR

研究代表者

仲村 秀俊 (NAKAMURA HIDETOSHI)

慶應義塾大学・医学部・講師

研究者番号：00217879

研究成果の概要(和文): COPD 患者に対する運動療法の重要性が注目されている。本研究でははじめに F G 視覚センサーを用いた体幹に投影した輝点の解析により、自転車エルゴメータにて運動中の呼吸運動評価法を確立した。次に、健常者、喘息・COPD 患者で漸増負荷試験を行い、呼気ガス分析と同時解析を行った。F G センサーにより 1 回換気量、呼吸数、分時換気量に加え、呼気位の変動もモニター可能であり、COPD の最大運動時の動的過膨張を含め、運動機能評価に有用と考えられた。

研究成果の概要(英文): Exercise is important in the management of COPD patients. Respiratory movements during exercise with a cycle ergometer were evaluated by the analysis of laser spots beamed on the body surface with FG vision sensor. Ramp work test was performed in healthy subjects, asthmatics, and COPD patients with the FG sensor and an exhaled gas analyzer. Tidal volumes, respiratory rates, and minutes volumes were precisely monitored by the FG sensor. This system could also observe end-expiratory levels elevated at the maximum exercise in COPD patients, suggesting its usefulness in evaluating exercise capacity.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：呼吸器内科

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・呼吸器内科学

キーワード：運動負荷、COPD、F G、リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

(1) COPD 患者に対する運動療法と運動機能テストの重要性が注目されているが、これまでの 6 分間歩行テストは客観性に乏しく、また、呼気ガス分析には高価な機器が必要である。COPD 患者の運動能力と運動時の呼吸状態を解析することは、運動制限因子の特定、薬剤やリハビリテーションなどの治療効果の判定などを通じ、患者 QOL の改善に極めて重要である。より客観性があり、患

者の負担も少ない方法の開発が期待されている。

(2) Fiber-grating (F G) 視覚センサーでは体幹部に投影したレーザー輝点の動きを解析することにより、仰臥位での換気量の測定が可能である。しかし、運動中の呼吸運動解析が可能か否かは明らかではない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、はじめに F G 視覚センサーを用い、自転車エルゴメータにて運動中の

呼吸運動の評価が可能か否かを検討する。

(2) このシステムを用い、実際にCOPD患者の運動機能評価を行い、その有用性について検討する。

3. 研究の方法

(1) 健常者にて、アップライト型の自転車エルゴメータで運動中の呼吸運動がFGセンサーでモニター可能かどうかを検討した。はじめに、服装、背もたれ、姿勢の影響を調べた。次に健常者3例で、漸増運動負荷試験(20W/分)を行い、FGセンサーと呼気ガス分析の同時解析を行った。

(2) 健常者2例、喘息患者2例、COPD患者3例に対し、肺機能検査を施行後、漸増運動負荷試験(10W/分)を行い、FGセンサーと呼気ガス分析の同時解析を行った。1回換気量、呼吸数、分時換気量の経時的なモニタリングに加え、FGセンサーでは、呼気・吸気時間比、吸気位、呼気位のモニタリングも行った。

4. 研究成果

(1) アップライト型エルゴメータではリカレント型に比べ被験者の体動が大きく、呼吸運動解析は困難である。しかしながら、前者の方がより普及しており、実際のリハビリテーションに応用される可能性も格段に高い。本研究ではアップライト型でも呼吸運動を定量的にモニターするため、きつめのTシャツの着用、背もたれの使用、両腕を進展した姿勢の保持が必要であることを確かめた。今回のエルゴメータは60回/分に設定した。下半身のエルゴメータによる規則的な運動は1分間に55回以上の周波数成分をカットすることで打ち消すことが可能であり、呼吸運動だけを抽出することができた。それでも体動によるノイズが大きいため、FGでの解析では、5回連続する呼吸について、移動平均をその中央の値として用いることで誤差を縮小し、経時的なトレンドを描出することができた。

その結果、健常者3例のすべてにおいて、FGセンサーにより、運動強度の増加に伴う1回換気量、呼吸数、分時換気量の変化の追跡が呼気ガス分析と同様に可能であった。さらにFGセンサーでは、呼気・吸気時間比、吸気位、呼気位の時間変化も評価可能であった。代表的な1例の健常者における漸増運動負荷試験による1回換気量、呼吸数、分時換気量の推移を図1(呼気ガス分析) 図2(FGセンサー)に示す。経時的なトレンドがよく相関しているのがわかる。縦に入れたラインは最大運動時を示している。この例では、移動平均をとることでFGセンサーの方がむしろ呼気ガス分析よりもデータのばらつきが小さくなっていた。

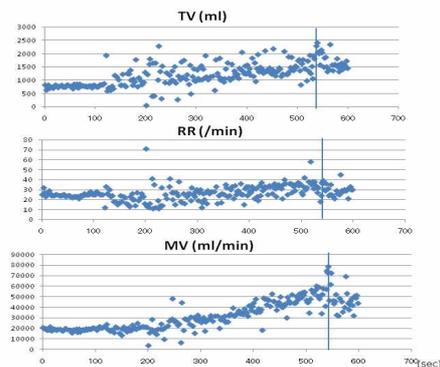


図1 健常者の20WRamp負荷時の呼気ガス分析

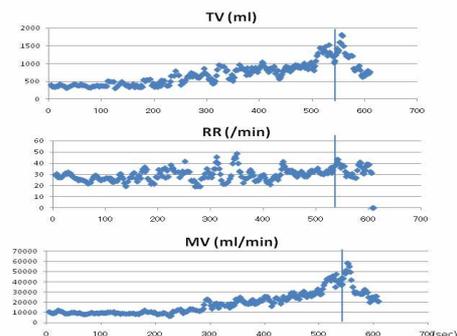


図2 健常者の20WRamp負荷時のFG解析

(2) 閉塞性肺疾患患者では、最大運動に近い運動強度での1回換気量の軽度減少と呼吸数の増加、呼気位の上昇が観察された。この傾向は健常者2例では見られず、喘息2例中2例、COPD患者3例中2例でみられた。呼気位上昇を認めなかったCOPD患者は運動能力が極めて低く、10Wで分時換気量はほぼプラトとなり、40Wまでしか負荷をかけることができなかった。また、COPD患者では呼気・吸気時間比の上昇と不規則性が観察された。

健常者1例(図3、4、5) COPD患者1例(図6、7、8)のデータを提示する。

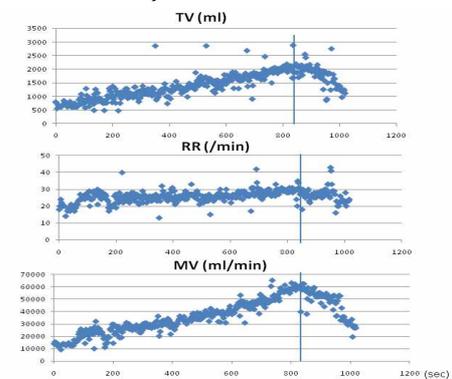


図3 健常喫煙者10WRamp負荷時の呼気ガス分析

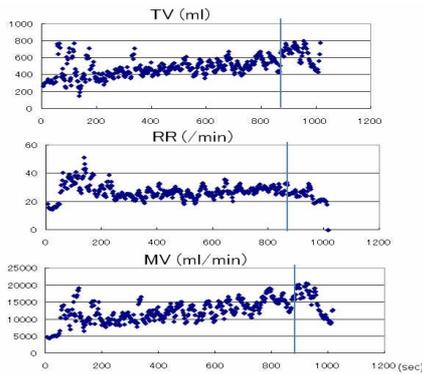


図4 健康喫煙者10W Ramp 負荷時のFG解析(1)

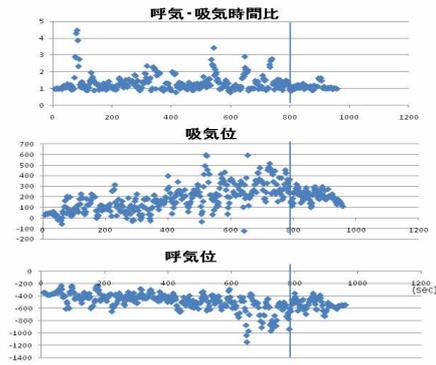


図8 COPD患者10W Ramp 負荷時のFG解析(2)

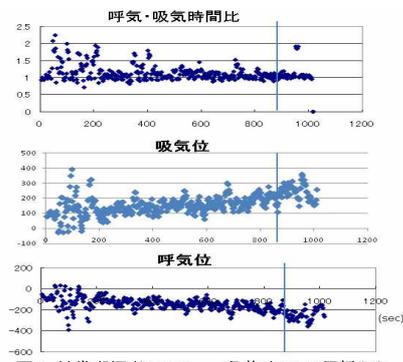


図5 健康喫煙者10W Ramp 負荷時のFG解析(2)

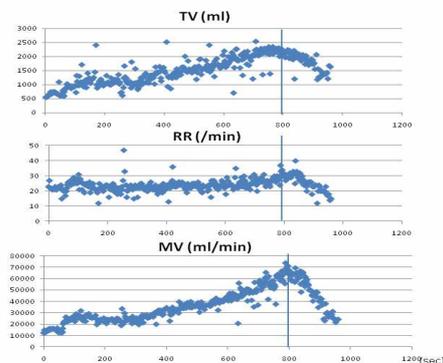


図6 COPD患者10WRamp 負荷時の呼気ガス分析

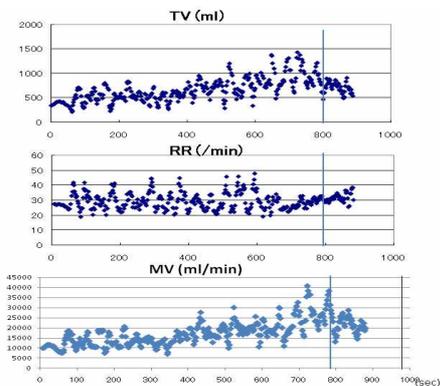


図7 COPD患者10W Ramp 負荷時のFG解析(1)

COPDおよび喘息患者においても、健康者とほぼ同様に、FGセンサーにより1回換気量、呼吸数、分時換気量の漸増運動負荷中の変化をモニターすることが可能であった。

患者ではFGのデータにややばらつきがみられ、体動の影響があったものと推察される。また、1回換気量と分時換気量の数値を呼気ガス分析とFG解析で比較すると、1.5~2倍近く呼気ガス分析で高い結果となっていた。換気量の絶対値については、少なくとも体表とカメラの距離の影響を受けるため、これを各被験者で正確に一致させる必要がある。また、FGでは体の前方への体積変化しか反映しないため、換気量は20~30%小さめの値となることが知られている。今回の検討では呼気ガス分析とFGセンサーの同時解析を行ったため、両者によるベースラインの換気量で補正することにより、10~15%程度まで誤差を小さくすることは可能であった。

将来的にはFGセンサー単独での検査を行うため、定量性の改善は大きな課題である。当面はベースラインで簡易型スパイロとFGセンサーの短時間の同時測定を行うことでキャリブレーションを行う必要があると考えられる。一方、2つのCCDカメラを用いた3次元解析など、キャリブレーションなしで定量性を高める工夫も進める予定である。

FGセンサーを用いた運動負荷テストのゴールとしては、以下のような検討を予定している。

背もたれを付けたアップライト型またはリカレント型の自転車エルゴメータによる漸増運動負荷試験を行う(10~20W/分)。最大運動時の負荷量(W)を運動機能の指標とする。この時点での1回換気量、呼吸数、分時換気量とそこに至る経時的な推移も指標となる。

運動前に測定した最大吸気量(IC)、最大換気量(MVV)とFGでの最大1回換気量、最大分時換気量とのそれぞれの比は呼吸

予備能として重要である。

呼吸・吸気時間比、吸気位、呼気位の推移も新たな指標となりうる。

F G以外にパルスオキシメーターを併用し、動脈血酸素飽和度と脈拍数をモニターし、心拍数予備能を測定する。

最大運動は努力の程度に依存するので、若干軽めの負荷の時点での諸指標により、呼吸機能とその治療等による変化を評価する。

具体的には初回検査で最大運動時の上記諸指標を考慮し、運動処方を決定する。心拍数にならい、呼吸パターンによる運動負荷の設定を試みる。F Gセンサーは患者負担が少ないため、経時的に運動療法の効果を確認することに適している。

今回の検討では、最大負荷量は健常者で平均120W、喘息で平均75W、COPDで平均83Wであった。2例のCOPD患者で最大分時換気量がMVVとほぼ同じレベルまで上昇し、呼吸予備能の低下が示唆された。同じ2例では酸素飽和度の5%以上の低下が認められた。最大1回換気量は1例のCOPDでICとほぼ同等まで増加していた。最も運動能力の低いCOPD患者(40W)では心拍数予備能が低下し、心機能低下の合併が疑われたが、他の症例では最大運動時でも20/分以上の心拍数予備能がみられた。

今後は閉塞性肺疾患に加え、拘束性肺疾患患者を含め、多数の症例でデータを蓄積する予定である。データの蓄積と定量性の改善が進めば、実際の臨床応用に向けてこのシステムが発展してゆくものと期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

青木広宙、市村志朗、藤原豊樹、清岡 智、越地耕二、続 敬之、仲村秀俊、藤本英雄、パターン光投影による非接触呼吸計測を用いた換気性作業閾値算定の提案、電気学会論文誌C、査読有、Vol.131、No.2、2011、152-159

〔学会発表〕(計3件)

仲村秀俊、呼吸機能検査法：今後の発展、日本呼吸器学会学術講演会、2011年4月23日、東京フォーラム

続 敬之、仲村秀俊、青木広宙、他、F G視覚センサーを用いた非侵襲的運動負荷検査法、日本呼吸器学会学術講演会、2011年3月、震災のため誌上発表

宮崎雅樹、辻村周子、仲村秀俊、他、F G視覚センサーによる各種肺疾患における安静換気の検討、日本呼吸器学会学術講演会、2011年3月、震災のため誌上発表

6. 研究組織

(1)研究代表者

仲村 秀俊 (NAKAMURA HIDETOSHI)
慶應義塾大学・医学部・講師
研究者番号：00217879

(2)研究分担者

青木 広宙 (AOKI HIRIOOKI)
名古屋工業大学・工学研究科・特任研究員
研究者番号：60380193

石坂 彰敏 (ISHIZAKA AKITOSHI)
慶應義塾大学・医学部・教授
研究者番号：90176181

館野 博喜 (TATENO HIROKI)
慶應義塾大学・医学部・講師
研究者番号：50286473

白畑 亨 (SHIRAHATA TORU)
慶應義塾大学・医学部・助教
研究者番号：80383868

中村 美穂 (NAKAMURA MIHO)
慶應義塾大学・医学部・助教
研究者番号：80365254

石田 浩之 (ISHIDA HIROYUKI)
慶應義塾大学・スポーツ医学研究センター・准教授
研究者番号：90212894

(3)連携研究者

なし