

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：32409

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K09627

研究課題名(和文) Kinectセンサーによる慢性呼吸器疾患患者に対する運動機能検査法の確立

研究課題名(英文) Evaluation of exercise capacity in patients with chronic respiratory diseases by Kinect sensor

研究代表者

仲村 秀俊 (Nakamura, Hidetoshi)

埼玉医科大学・医学部・教授

研究者番号：00217879

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：COPD、間質性肺炎などの慢性呼吸器疾患患者では運動機能や身体活動性の低下がQOLと予後に影響するが、呼気ガス分析による運動負荷試験では患者負担が大きい。本研究ではKinect sensorを用い、非接触の状態でエルゴメータによる運動負荷中の1回換気量、呼吸数、分時換気量の推移が解析できることを明らかにした。健常者とCOPD患者では、この方法により嫌気性代謝閾値の推定も可能であり、運動処方を目安として有用と考えられた。また、Kinect sensorによる解析により、漸増運動負荷中の呼吸数と1回換気量の増加が、COPDと間質性肺炎患者では異なるパターンを示すことも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

呼吸器疾患患者では、労作時の息切れがADLとQOLの低下の主因となっている。労作時の息切れを正確に評価し、改善するためには、簡便かつ正確に呼吸運動を計測することが重要であるが、6分間歩行試験では歩行距離とSpO2低下を評価するのみであり、心肺運動負荷試験では、密着性の高いマスクの装着が患者の負担となっていた。Kinect sensorでは体幹部に投射した赤外線が反射して戻る際のtime of flightの計測により、運動中の換気量と呼吸数を測定可能であり、患者に全く負担のないシステムである。今後、呼吸器疾患患者のリハビリテーションのみならず、日常での活動性維持のためのツールとして期待される。

研究成果の概要(英文)：Decreases in exercise capacity and physical activity significantly affect quality of life and prognosis of patients with chronic respiratory diseases such as COPD and interstitial pneumonia. However, a cardio-pulmonary exercise test using exhaled gas analysis requires substantial efforts of the patients. In this study we demonstrated that tidal volumes, respiratory rates, and minute volumes can be monitored during an increasing exercise load test with an ergometer using Kinect sensor without contact with the patient. Anaerobic metabolic thresholds were also estimated by this system in healthy subjects and COPD patients, which will bring valuable information for the exercise prescription. Respiratory patterns including changes in tidal volumes and respiratory rates during an increasing exercise load test were different between patients with COPD and interstitial pneumonia through the analysis of respiratory movements of the chest using Kinect sensor.

研究分野：呼吸器内科学

キーワード：Kinect sensor 運動負荷 COPD 間質性肺炎 エルゴメータ 嫌気性代謝閾値

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

慢性閉塞性肺疾患 (COPD) 患者の予後決定因子として、気流制限の重症度よりも運動能力や身体活動性の方が重要と考えられている (文献)。また、運動療法を中心とした呼吸リハビリテーションでは、COPD 患者の運動能力の改善、呼吸困難感の軽減、入院回数の減少などの効果が報告されている。一方、近年間質性肺炎 (interstitial pneumonia: IP) 患者も増加傾向にある。IP 患者は COPD 以上に労作時の息切れと低酸素血症が顕著なことが多い。また、IP では COPD に比べ、呼吸リハビリテーションの方法や効果に関するエビデンスが乏しい。COPD、IP などの慢性呼吸器疾患患者の息切れを中心とした QOL の評価には、日常診療では修正 MRC や COPD アセスメントテストなどが使用されるが、主観的な評価であるため、詳細な変化の検出は困難と考えられる。

一方で慢性呼吸器疾患患者の運動能力を苦痛なく、客観的に評価する方法は確立されていない。6 分間歩行試験は、患者のペースでの最大歩行距離を評価するもので、患者の苦痛は比較的少ないが、やる気や学習により結果が異なり、最大酸素摂取量との相関も不良である。最大酸素摂取量を指標とする心肺運動負荷試験 (CPX) は、トレッドミルまたは自転車エルゴメータを用い、呼吸ガスマスクを装着した状態で限界まで運動負荷を漸増するため、軽労作で息切れを来たすような重症呼吸器疾患患者では施行困難である。また、呼吸ガス分析装置は高価で解析も容易ではなく、施行できる施設は限られている。

2010 年に Microsoft 社からテレビゲーム用インタフェースとして Kinect が発売された。Kinect はアクティブステレオ方式の三次元センサーで、Windows PC への接続による利用がサポートされており、安価で高精度であることから、様々な研究分野で利用されるようになった。2014 年に発売された Kinect V2 では、三次元計測が TOF 法 (Time-Of-Flight 法) に変更された。TOF 法では光の反射時間分布を計測することで、測定対象までの距離分布を取得する。我々は、Kinect V2 を用いた運動中の非接触呼吸計測の基礎的検証を開始し、高い精度で運動中の胸腹部の体積変動から換気量を推定できることを明らかにした。

2. 研究の目的

はじめに、Kinect V2 を用いた運動負荷試験中の呼吸運動解析装置を作製する。エルゴメータによる漸増運動負荷試験 (20W/min) 中の 1 回換気量、呼吸数、分時換気量の推移をモニター可能であることを、Kinect センサーと呼吸ガス分析の同時測定により、健常者および呼吸器疾患患者において確認する。また、Kinect センサーで測定した換気量は相対値であるが、可能な限り定量的な解析を行い、想定される誤差についても検討する。

装置が完成した段階で、より多くの症例に対し、Kinect センサー単独で検査を実施する。これにより、疾患ごとの運動負荷中の呼吸指標の違いを検討する。また、個々の症例において適切な運動処方が可能になると期待される。

3. 研究の方法

(1) 健常者による Kinect センサーの精度の検証。健常者 6 名で 20W/分のエルゴメータを用いた漸増負荷による CPX を Kinect センサーによる解析と同時に施行する。はじめに、Kinect による測定領域の設定、bandpass filter による呼吸運動の抽出について検証する。次に、両者による分時換気量増加のトレンドを嫌気性代謝閾値 (anaerobic metabolism threshold: AT) を含めて解析する。

(2) 健常者 9 名および COPD 患者 8 名でエルゴメータによる漸増運動負荷試験 (20W/min) を Kinect センサーと CPX の同時測定で施行する。これにより、COPD 患者においても、健常者と同様に分時換気量増加のトレンドについて、Kinect センサーにより AT を含めて解析可能であるかを判定する。また、漸増運動負荷中の COPD 患者の呼吸パターンについて、健常者と比較する。

(3) 病棟に入院中の IP 患者 9 名において、Kinect センサー単独での呼吸運動解析を行う。この結果を健常者および COPD 患者と比較し、IP 患者の運動負荷中の呼吸パターンの特徴について

解析する。また、この結果を病棟でのリハビリテーションに活用する。

(4) Kinect V2 と同様なデプスカメラである REALSENSE を用いたシステムを構築し、Kinect V2 と同等な呼吸運動解析が可能か否かについて検証する。

(5) ゴムバンドを用いた呼吸数測定装置である ResMo を用い、Kinect センサーによる呼吸数測定の精度を検証する。

4. 研究成果

(1) 健常者6名の解析により、Kinect V2 では、体幹と約70cmの距離で、joint 抽出機能により、両肩および両腰の4点内の台形領域を自動的に設定することができた。この領域の呼吸による位置の変化をTOF法により検出し、換気量の変化を解析できた。ただし、エルゴメータによる運動負荷中は両下肢が1分間に60回のペースで動いており、また、上半身のゆっくりとした体動を伴うことがある。そこで、0.1Hz(6回/分以上)~0.7Hz(42回/分以下)だけを呼吸運動として抽出するようにbandpass filter をかけ、呼吸による換気量変化を解析した。これにより、CPX と Kinect で漸増運動負荷中の分時換気量の推移は6名とも概ね一致し、全例で換気量が増加するポイントとして、AT に相当する運動負荷量を Kinect センサーで推定することができた。CPX と Kinect で AT 時の負荷量の誤差は全例で10W以内であった。Kinect センサーで約160Wまでの解析が可能であり、6例のCPXで評価したATは60~118Wの間であった。これらの結果は Sports 2018, 6, 23 に論文発表した。

(2) COPD 患者8名の解析でも健常者とほぼ同等に、Kinect センサーにより運動負荷中の分時換気量をモニターすることができた。しかし、COPD 患者のATにおける負荷量は20~69Wと低値であった。また、重症COPD患者1名では、2つの方法で測定した分時換気量の相関が不良であり、体動などの影響が考えられた。

(3) IP 患者9名の Kinect センサーによる単独解析でも、健常者、COPD 患者とほぼ同様に、運動負荷中の分時換気量をモニターすることができた。しかし、このうち2例ではATに達しないうちに運動負荷が中止となっていた可能性がある。比較検討が可能な症例に限定した場合、IP 患者(n=6)ではCOPD 患者(n=6)に比べ、warming up 時の1回換気量が少ない傾向にあり、最大運動時の1回換気量は有意に小さく(p<0.05)、運動中の1回換気量の増加率も有意に低下していた(p<0.05)。呼吸数については、IP 患者ではCOPD 患者に比べ、warming up 時から有意に増加しており(p<0.05)、最大運動時の呼吸数も多い傾向があった。このように、COPD と IP ではその換気機能障害を背景として、運動負荷中の呼吸パターンに違いがみられた。Kinect センサーではこの変化を非接触でリハビリテーション中に計測することができるため、病棟での日常的なリハビリテーションの中で活用できる可能性がある。

(4) Kinect V2 はオープンに使用可能な優れたシステムであるが、現在は販売中止となっており、今後入手が困難となる可能性がある。そこで類似のデプスカメラである REALSENSE を用い、Region of interest の設定、bandpass filter の設定を行い、このシステムでも運動中の呼吸運動解析が可能か否かを検証した。スパイロメータやCPXとREALSENSEの同時解析により、安静換気および運動負荷中の換気量の測定がREALSENSEでも可能であることが示されつつある。

(5) ゴムバンドを用いた呼吸数測定装置である ResMo が近年発売された。このシステムを用い、運動負荷中の健常者3名の呼吸数の変化を Kinect センサーによる呼吸数の推移と比較した。結果は3例ともほぼ一致していた。ResMo は呼吸数測定の精度は高いと考えられるが、換気量の測定は不可能とされている。Kinect の定量性という優位性について、ResMo との比較により広く知らせることも重要と考える。

<引用文献>

Waschki B, Kirsten A, Holz O, Müller KC, Meyer T, Watz H, Magnussen H. Physical activity is the strongest predictor of all-cause mortality in patients with COPD: a prospective cohort study. Chest 2011; 140(2): 331-342.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 仲村 秀俊	4. 巻 2(10)
2. 論文標題 パターン光投影による非接触呼吸計測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 呼吸臨床	6. 最初と最後の頁 e00054
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24557/kokuyur insho.2.e00054	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Aoki Hirooki, Nakamura Hidetoshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Non-Contact Respiration Measurement during Exercise Tolerance Test by Using Kinect Sensor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sports	6. 最初と最後の頁 23～23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/sports6010023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 2件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 名嘉寛之 高山絵里 與儀実大 佐藤秀彰 赤上巴 白畑亨 永田真 倉林均 間嶋満 青木広宙 仲村秀俊
2. 発表標題 Kinectセンサを用いたエルゴメータによる運動負荷中の呼吸器疾患患者の呼吸運動解析の試み
3. 学会等名 日本呼吸器学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirooki Aoki, Mitsuru Majima, Eri Takayama, Hiroyuki Naka, Saori Miura, Tomoe Akagami and Hidetoshi Nakamura
2. 発表標題 Assessment of Non-contact Respiration during Pedaling Motion using RealSense
3. 学会等名 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木 広宙, 仲村秀俊
2. 発表標題 デブスカメラを用いた分時換気量および換気作業閾値の非接触推定に関する検討
3. 学会等名 第24回知能メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木 広宙, 仲村 秀俊
2. 発表標題 デブスカメラを用いたベダルこぎ運動中の非接触呼吸計測
3. 学会等名 令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hi rooki Aoki
2. 発表標題 Application of Range Imaging for Measurement of Biological Signals.
3. 学会等名 International Conference for Leading and Young Computer Scientists, Keynote Speech. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木広宙, 仲村秀俊
2. 発表標題 Kinectのモーションキャプチャ機能を用いたベダルこぎ運動中の非接触呼吸計測
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木広宙, 鈴木敦, 志賀剛, 仲村秀俊
2. 発表標題 Depthセンサを用いた非接触生体信号計測に関する検討
3. 学会等名 電気学会 知覚情報 / 次世代産業システム合同研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hi rooki Aoki
2. 発表標題 Depth Sensor Applications: Haptic User Interface and Non-contact Biosignal Measurement
3. 学会等名 2018 International Conference for Leading and Young Computer Scientists (IC-LYCS 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三尾友彦
2. 発表標題 画像センシング技術の呼吸運動解析への応用 (心肺運動負荷試験を含む)
3. 学会等名 日本医工学治療学会 第34回学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2018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
研究分担者	青木 広宙 (Aoki Hi rooki) (60380193)	公立千歳科学技術大学・理工学部・准教授 (20106)	

6. 研究組織（つづき）

	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	間嶋 満 (Majima Mitsuru) (70165702)	埼玉医科大学・医学部・客員教授 (32409)	
研究分担者	三尾 友彦 (Mio Tomohiko) (70774595)	埼玉医科大学・医学部・助教 (32409)	
研究分担者	三浦 雄 (Miura Yu) (50774543)	埼玉医科大学・医学部・助教 (32409)	
研究分担者	赤上 巴 (Akagami Tomoe) (80796053)	埼玉医科大学・医学部・助教 (32409)	

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
---------	---------