

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12787

研究課題名（和文）ウェアラブル機器を用いた低強度運動での運動耐容能の評価

研究課題名（英文）Evaluation of exercise tolerance with low-intensity exercise using wearable devices

研究代表者

森田 瑞樹（MORITA, Mizuki）

岡山大学・ヘルスシステム統合科学学域・教授

研究者番号：00519316

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）：本研究では大きく分けて2つの実験を行った。1点目の結果として、行動・運動を停止した直後の心拍数と酸素飽和度の変化を解析することで、対象者の体力を推定することができることがわかった。強い運動は不要で、中程度の強度の行動・運動でも推定が可能である点が本研究の成果の要点である。2点目の結果として、その際の行動・運動の種類を、手首や胸に装着したウェアラブル機器から得られたデータによって、高い精度で推定できることがわかった。行動・運動の種類として、歩行や走行などだけではなく、患者が息切れを起こしやすい行動（たとえば着替え、歯磨き）などの疾患に関係した行動・運動を含むことが本研究の成果の要点である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

センサの小型化やバッテリーの長寿命化などによってウェアラブル機器で測定できる項目が増え、さらにスマートフォンの普及によりこれらのセンサを日常的に装着している人が増えた。今後、疾患の管理にウェアラブル機器を活用する機会が増えると期待できる。本研究により、慢性閉塞性肺疾患（COPD）などの疾患において、日常生活の中で患者本人や医療従事者が患者の状態をモニタリングおよび管理できるようになることにつながる成果が得られた。

研究成果の概要（英文）：In this study, two major experiments were conducted. The first result showed that the subject's physical fitness could be estimated by analyzing the changes in heart rate and oxygen saturation immediately after the cessation of an action or exercise. The main point of this result is that strong exercise is not necessary, and estimation is possible even with moderate-intensity action/exercise. The second result is that the type of activity/exercise can be estimated with high accuracy using data obtained from a wearable device attached to the wrist or chest. The main point of this result is that the type of behavior/exercise includes not only walking and running, but also disease-related behavior/exercise such as activities that tend to cause shortness of breath in patients (e.g., changing clothes, brushing teeth, etc.).

研究分野：医用工学

キーワード：デジタルバイオマーカー ウェアラブル機器 行動識別 加速度計 パルスオキシメータ 機械学習

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

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) は、国内の患者数 26.6 万人の呼吸器疾患であり、今後も高齢化に伴い患者数は増加すると見込まれている。しかし、疾患の初期においては目立った自覚症状がないために、多くは重症化してから診断される。このため、推定患者数は 530 万人とされている。疾病に罹患したことによって患者にかかる負担 (Burden of Disease) の指標である障害調整生命年 (DALY) は疾患別順位において 9 位と生活の質への影響が大きい疾患であり、また重症化によって経済的な負担が非常に大きくなる疾患でもある。

一方、薬物治療などによって COPD の増悪を抑制できるという結果がいくつかの大規模研究から得られている。そこで、COPD 患者を軽症のうち早期に発見し、治療介入し、その治療を継続できるように支援することが重要である。ここで課題となるのは、自覚症状がない COPD 患者は検査のために医療機関を受診することがないという点である。また、同様に慢性疾患である COPD 患者は治療を継続するモチベーションの維持が難しいという点も課題である。よって、これらを踏まえた解決策が求められる。

2. 研究の目的

COPD の早期発見を行うためには、日常生活の中で (言い換えると、医療機関の外で) その兆候を捉えられることが望ましい。また、治療を続けるモチベーションを維持するには、現在の状態を自覚症状のみに頼らず客観的にモニタリングできる仕組みがあることが望ましい。このために、ウェアラブル機器 (特にスマートウォッチ) を着用していると、疾患の発見と重症度の評価、さらには必要に応じて受診勧奨がされるようになることを長期的なゴールとした。

本研究では、日常生活の中で対象者の運動能力を評価できる方法を確立することを目的とした。そしてこのための要件として、歩行などの強度の低い運動において運動能力が評価できること、医療機器ではなく一般に普及したウェアラブル機器を用いて測定・評価ができることの 2 点を掲げた。

3. 研究の方法

2 つの方向性からアプローチした。1 つは、対象者の身体が運動の負荷に対してどのように反応するか (運動耐容能) を計測するための指標を検討することである。特に、弱い運動でも反応する指標を探ることが重要である。もう 1 つは、対象者がどのような行動や運動をしていたかを、ウェアラブル機器のデータから推定する方法を検討することである。

1 点目について、リカンベントバイクによる足こぎ運動に伴って計測した生体情報から、運動強度に依存しない運動耐容能の評価指標の作成を検討した。健常者を対象として 3 つの強度の運動を行ってもらい、経時的に生体情報 (脈拍、経皮的動脈血酸素飽和度) を取得した。得られた生体情報から複数の指標を計算し、対象者ごとに運動強度によって差があるか確認した。いずれかの指標において運動強度による計算結果の違いを確認することができれば、この指標から対象者の運動耐容能を推定できることになる。

2 点目について、ウェアラブル機器により得られる生体情報を用いて、様々な行動・運動を識別する方法を検討した。健常者に 9 種類の行動・運動 (歩行、走行、階段昇降、座位、立位、仰臥位、着替え、歯磨き、荷物移動) を行ってもらい、腕と腰に装着した機器 (3 軸加速度計) によって加速度を取得し、このデータから機械学習を用いて行動の識別を試みた。この結果が良好であったため (後述)、次に、行動・運動、機器の装着位置、機器の種類を変更し、さらに多くのデータを取得した。行動・運動の種類は同じだが、内容を変更した (歩行、走行、階段昇降、座位、立位、仰臥位、歯磨き、トイレ、食事)。装着位置は 5 箇所 (右手首、左手首、胸、腰、大腿部) に増やした。機器はより多くの情報が得られる機器 (9 軸加速度計) に変更した。この結果も良好であったが、実装する際には、機器の装着部位とデータの種類の少ない方がデータの保存量・通信量およびバッテリーの消費量などの点で望ましい。そこで、装着部位、サンプリング周波数、センサーの種類の 3 点と機械学習による識別精度の関係を調べた。

4. 研究成果

1 点目の実験では、運動を停止した後の心拍数および酸素飽和度の緩和過程の解析から運動耐容能を評価できるか検討し、中強度または高強度の運動の停止から 120 秒後の心拍数によって評価しうることがわかった。しかし、当初の狙いであった低強度の運動の場合には心拍数の変化量がノイズに比して小さく、評価は厳しいと判断した。運動停止後の緩和過程を利用した運動耐容能の評価は先行研究が多数見られるが、対象者によっては高強度の運動では負担が大きい場合が考えられる。本研究の結果から、運動強度を中強度まで落として実施しうることがわかった。

2 点目の実験では、行動・運動の種類および加速度計の装着位置ごとに、行動・運動の予測精度が異なっていた。5 箇所すべての加速度のデータを用いた場合にはいずれの行動・運動も非常に高い精度で識別できた。1 箇所の装着では、手首 (非利き手) と胸への装着において識別精度が優れていた。運動の種類によっては最適な装着位置は異なっており、また、食事やトイレなどの複雑な動作では 1 箇所の装着では高い識別精度が得られなかった。

2 点目の実験をデータの種類を変えて行った実験では、センサーは、非利き手首に装着した場合には加速度センサーのみでも多くの行動で識別精度は高かった。一方、胸に装着した場合には

単独のセンサーでは識別精度が十分ではなく、2種類（加速度と地磁気など）を組み合わせることが望ましかった。サンプリング周波数は、10 Hz まで落としても識別精度には（行動の種類による傾向の違いはあるものの全体としては）大きな影響は及ぼさず、一部の行動は 20～25 Hz 程度の方がむしろ精度が高かった。ただし、1 Hz では多くの行動で識別精度が低下した。

これらの結果を総合すると、COPD 患者が非利き手首に 6 軸加速度計と脈波計を装着してデータを機械学習などによって解析することで、息切れを起こしやすい行動を行った際に、その行動が身体にどれくらい負担になっているかを推定できるようになるかもしれない。センサーの種類やサンプリング周波数は十分に実用的であるが、これらを組み合わせるためにさらなる研究開発が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamane Takahiro, Yamasaki Yuu, Nakashima Wakana, Morita Mizuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Tri-Axial Accelerometer-Based Recognition of Daily Activities Causing Shortness of Breath in COPD Patients	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Activity and Health	6. 最初と最後の頁 64 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5334/paah.224	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 -

1. 著者名 Yamane Takahiro, Kimura Moeka, Morita Mizuki	4. 巻 8
2. 論文標題 Application of Nine-Axis Accelerometer-Based Recognition of Daily Activities in Clinical Examination	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Activity and Health	6. 最初と最後の頁 29 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5334/paah.313	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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山崎 由布, 中島 わかな, 山根 卓大, 森田 瑞樹
2. 発表標題 活動量計を用いた日常生活動作の識別可能性の検討
3. 学会等名 第46回中国四国医療情報学研究会
4. 発表年 2021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	頼 冠名 (RAI Kammei) (40729092)	岡山大学・大学病院・講師 (15301)	

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	森本 美智子 (MORIMOTO Michiko) (50335593)	岡山大学・保健学研究科・教授 (15301)	

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