

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K20019

研究課題名（和文）運動習慣のない高齢者への工学・心理学的アプローチによる運動支援手法に関する研究

研究課題名（英文）Study on exercise assisting method and apparatus for inactive elderly people using psychological and engineering approach

研究代表者

細野 美奈子（Hosono, Minako）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究員

研究者番号：70647974

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、運動習慣のない高齢者に対し自己主体感を持って運動に取り組めるよう在宅かつ座位で利用可能な運動支援システムの開発に取り組んだ。座位で行う低強度運動が心理的・身体的に影響を及ぼす可能性を実験により検討・評価した結果、運動前後で心拍数が変化しないほど強度の低い低強度運動であっても、運動の実施により心理的な変化を生じることが示唆された。得られた結果をもとに、足部を固定せず座位のまま使用可能な運動支援システムを試作した。高齢者の被験者を募集してシステム使用時の心理的・身体的影響を計測した結果、システムを使用した低強度運動であっても、心理的な変化を生じる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、心拍数に変化がない、すなわち心肺機能に影響を与えないほど強度の低い低強度運動であっても、実施者に心理的影響を及ぼす可能性が示唆された。運動の習慣化においてポジティブな情動が重要な因子であるとする従来研究とこの本研究の成果から、身体活動の増進に向けた運動プログラムを設計する際の選択肢の一つとして、低強度運動の実施の有用性が示唆されたことに本研究成果の意義がある。さらに、この成果は、病気や怪我からの回復期にあり体力の低下した状態にある高齢者のリハビリとして、心理的側面から支援する方法の一つに低強度運動が適用できる可能性を示唆していると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The goal of this research is to develop an exercise supporting device for home-dwelling older adults to promote their motivation and physical activity adherence. We focused on a light foot exercise that can be performed in a sitting position, and can be easily integrated into daily life. Ahead of designing a light foot exercise device, we preliminary investigated the physical and psychological effects of a cyclic foot joint dorsiflexion exercise, and the results indicated significant individual differences in the exerciser's affective valence and perceived intensity of exercise, although the intensity of the foot joint dorsiflexion exercise is excessively low such that it does not impact pulse rate. According to the result, we designed and developed the prototype of the light foot exercise device using pneumatic actuators. The experimental results obtained from older participants indicated the prototype device has a potential to induce positive affect by the foot exercise support.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：運動習慣 高齢者 支援機器 セルフエフィカシー 主観的運動強度

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界中で健康寿命延伸に向けた身体活動増進への取り組みが活発に行われており、日本でも各地域で高齢者に対する保健活動が年々盛んに行われるようになってきている。一方で、厚生労働省の平成30年版国民健康・栄養調査によると、調査対象の半数以上の高齢者に運動習慣がなかったことが確認されている。さらに、保健活動などにより運動実施を促進する介入が行われても、6ヶ月以内に参加者の40-65%が運動を継続しなくなるとの報告もある[1]。このように、保健活動に参加せず家に閉じこもりがちで「継続的な運動に取り組んでいない高齢者層」に対する効果的な支援方法は未だ確立されておらず、有効な運動方法も不明なままである。

2. 研究の目的

従来研究では運動の習慣化という課題に対し、運動を開始し継続する「意図段階」では運動を生活パターンへ組み込むことが運動継続の支援へとつながるという報告がある[2]。また、運動強度と運動の習慣化には負の相関があり[3]、身体活動によって得られる感情は運動の継続に対して効果があるという報告もされている[4]。これらの見識をもとに、生活パターンへの組み込みやすさという観点から、本研究では運動習慣のない高齢者層がとりがちな「座位行動」を運動実施形態として着目する。そして、運動習慣のない高齢者層の運動の習慣化を支援するため、在宅かつ座位で低強度な運動を提供可能な足部の運動支援システムの開発に取り組む。運動支援システムの開発を通じて、日常的な運動習慣のない高齢者に対して、座位で取り組む足部の運動が与える身体的・心理的な効果を検討し、有効な運動介入方法を提案することを目指す。

3. 研究の方法

本研究でははじめに、座位で行う足部の運動が身体的・心理的に及ぼす影響について予備的実験により検討・評価した。具体的には、健康な成人10名(うち女性6名、平均年齢39±10歳)が座位で周期的な足関節背屈運動を実施した際の身体的効果(膝の血流量、脈拍数)と心理的効果(主観的運動強度(RPE) [5]、快・不快感情(FS) [6])の評価を行った。運動強度を変化させるため、背屈周期は1秒、2秒、4秒の3種類とした。また、運動に関する行動変容の尺度[7]を用いて参加者全員の運動習慣を、運動に対するセルフエフィカシー(運動SE)の評価尺度[8]を用いて参加者全員の運動SEを調査した。

予備的実験により得られた結果と考察から、低強度で生理的な変化の小さい運動でも心理的には大きな個人差を生じる可能性を考慮し、開発を目指す運動支援システムには個人差にフレキシブルな対応可能な設計が求められることが分かった。得られた示唆をもとに運動支援システムの設計指針を①拘束や装着することなく使用可能であること、②緩衝作用による反力を利用可能であることとし、システム使用者の意志や発想で任意の足部自動運動が可能となるよう、エアポンプとエアバッグを使用した運動支援システムの試作に取り組んだ。

試作した運動支援システムを用いて、健康な高齢女性28名(平均年齢72±3.9歳)に対し、座位姿勢で足部の底屈・背屈運動を実施したときの身体的(心拍数)、心理的(RPE、FS)、身体活動の楽しみ尺度(PACES-8) [9] 影響を検討・評価した(図1)。軽運動を行うのは右足のみとし、右足の踵は地面に着けたままとした。実験では、システムのエンドエフェクタである平らなエアバッグを足底部に敷き、エアポンプによってエアを導入し、内圧の上昇によってエアバッグを膨張させることで他動的に右足関節を背屈させた。続いて、参加者の前方に設置した画面に右足関節の底屈指示が表示されたら、参加者が底屈運動によってエアバッグを踏むこととした。参加者の底屈運動に応じてエアバッグの排気バルブを開放し、右足が初期位置に戻るまで内圧を減少させた。右足が初期位置に戻るまでの流れを運動の1周期とした。運動強度の調整パラメータは、(i)座位姿勢2条件(初期位置における右膝関節角度が(A)110°もしくは(B)90°)、(ii)排気量2条件((A)高抵抗もしくは(B)低抵抗)、(iii)底屈指示時間の長さ2条件((A)長時間(初期位置に戻るまで)もしくは(B)短時間(エアバッグ内圧が30%減少するまで))とし、2×2×2=8種類の運動を実施した。順序効果を相殺するため参加者は8種類の運動を約10周期ずつランダムに実施した。1種類の運動が終わる毎に、参加者は提示されたFS、RPE、PACES-8それぞれのアンケートに答えた。また、運動に関する行動変容の尺度[7]を用いて参加者全員の運動習慣を調査した。

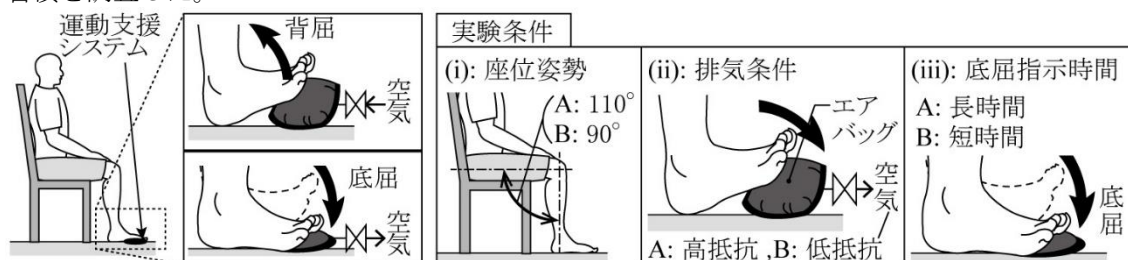


図1 運動支援システムの概要と各実験条件

4. 研究成果

予備的実験で得られたデータをもとに Wilcoxon signed rank test を実施した結果、血流量は安静時と比較して全ての背屈周期で運動中に血流量が有意に増加し ($p < 0.01$)、背屈周期が短いほど血流量は増加する傾向が見られた。脈拍数は安静時と比較して全ての背屈周期で運動中に有意に低下した ($p < 0.05$)。背屈周期間で差は見られなかったことから、安静時の緊張状態による影響や運動に取り組んだことによるリラクスの効果が要因として考えられる。一方、調査の結果、参加者は運動習慣「あり」群 4 名と運動習慣「なし」群 6 名に分けられた。運動 SE は「あり」群よりも「なし」群の方が有意に低かった ($p < 0.01$)。しかし、RPE と FS は運動習慣や運動 SE によらず、参加者間で傾向が異なる結果を得た。よって、座位で行う足関節背屈運動は足部の血流量は増加するが心肺機能には負担を与えない程度の軽運動であること、このような軽運動であっても心理的效果には運動習慣や運動 SE によらず個人間に差が生じることが示唆された。

低強度で生理的な変化の小さい運動であっても実施者に心理的效果を与えうること、また効果には大きな個人差を生じる可能性が示唆されたことから、①拘束や装着することなく使用可能であること、②緩衝作用による反力を利用可能であることという設計指針をもとに、本研究では小型エアポンプとポリエチレン製エアバッグ (100 mm×100 mm) を利用して運動支援システムを試作した。システムはエアポンプによってエアを導入し、内圧の上昇によってエアバッグを膨張させること、バルブの開閉制御によってエアバッグを排気することが可能とした。よって、システム使用者はエアバッグの上に足を載せることで、他動的に足関節を底・背屈させたり、エアバッグの抵抗を利用した足関節の自動運動を実施したりすることが可能とした。

試作した運動支援システムを用いて座位で右足関節の底背屈運動を実施した結果、どの運動条件であっても、参加者の運動中の心拍数に有意な変化が見られず、運動前後で一定であった。よって、予備実験で行った足関節背屈運動と同様に、試作した運動支援システムを用いた右足関節の底背屈運動は、心肺機能に負担を与えない程度の軽運動であることが示された。一方、心理的影響に関して検討するため、RPE、FS、PACES-8 と各運動条件、運動習慣のパラメータに対して aligned rank transform [10, 11] を実施した上で多元配置分散分析を行った。その結果、(i) 座位姿勢 2 条件と運動習慣の有無は RPE、FS、PACES-8 全ての結果において統計的に有意な差は見られなかった。RPE は、(ii) エアバッグ排気が (A) 高抵抗のとき、有意に増加した ($F(1, 182) = 8.68, p < 0.01$)。よって、心拍数に変化が見られない程度の運動強度の違いであっても、運動実施者の主観として運動強度の差を認識しうる可能性が示唆された。一方、FS は (iii) 底屈指示時間の長さが (A) 長時間 (初期位置に戻るまで) のとき、快感が有意に増加した ($F(1, 182) = 11.57, p < 0.01$)。また、運動の楽しさを評価する尺度 PACES-8 でも、FS と同様に、(iii) 底屈指示時間の長さが (A) 長時間 (足が初期位置に戻るまで) のとき、運動の楽しさが有意に増加した ($F(1, 182) = 19.50, p < 0.01$)。さらに、実験後のインタビューでも足が初期位置に戻るまで運動を実施することが、達成感のような心理的效果を生じさせる可能性が示唆された。これらの結果から、運動支援システムが提供する「エアバッグを踏み潰す」形での足関節底背屈運動は、運動が 1 周期完了する毎に実施者にポジティブな感情を生じさせる可能性があることが示唆された。

以上の結果から、運動支援システムを利用した足関節運動は、心肺機能に負担を与えない程度の軽運動であることを確認できた。また、システムを制御することによって、心拍数には変化が見られなくとも主観的には運動強度に差を生じさせるような足関節運動が実施可能であることが示された。これによって、試作した運動支援システムは、運動強度に関して個人間・個人内の差にフレキシブルに対応できる可能性が示唆された。さらに、そのような低強度運動であっても、システムを使用して足関節運動を実施することで運動が楽しいという感情が得られる可能性が示唆された。よって、試作した運動支援システムが運動実施によるポジティブな感情の誘発に有効に働く可能性が示唆された。

以上の成果は、国際学術誌 1 本、国際学会 1 件をはじめ、国内外で積極的に発表を実施した。今後の展望として、運動が与える心理的效果とその要因についてさらに検討を進める。具体的には、今回試作した運動支援システムをベースとして、運動の様式や強度を物理パラメータを用いてモデル化し、各パラメータが心理的にどのような影響を及ぼすのかを詳細に検討していく。また、心理的評価尺度と生理データとの関連も検討し、データの客観的な把握に努める。これによって、有効な運動支援方法を構築するためのデザイン指針の提案を目指していく。

<引用文献>

- [1] J. Annesi, Effects of a cognitive behavioral treatment package on exercise attendance and drop out in fitness centers, *European Journal of Sport Science*, 3(2), 1-16, 2003.
- [2] R. Schwarzer, Modeling Health Behavior Change: How to Predict and Modify the Adoption and Maintenance of Health Behaviors, *Applied Psychology*, 57(1), 1-29, 2008.
- [3] E. Lind, R. Joens-Matre, P. Ekkekakis, What intensity of physical activity do

previously sedentary middle-aged women select? Evidence of a coherent pattern from physiological, perceptual, and affective markers, *Preventive Medicine*, 40(4), 407-419, 2005.

[4] R. Rhodes, C. Nigg, Advancing Physical Activity Theory: A Review and Future Directions, 39(3), *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 113-119, 2011.

[5] G. A. V. Borg, Psychophysical bases of perceived exertion, *Medicine and Science in Sports Exercise*, 14(5), 377-381, 1982.

[6] C. J. Hardy, W. J. Rejeski, Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(3), 304-317, 1989.

[7] 中野 聡子、奥野 純子、深作 貴子、他、介護予防教室参加者における運動の継続に関する要因、*理学療法学*、42(6)、511-518、2015.

[8] 岡浩一朗、中年者における運動行動の変容段階と運動セルフ・エフィカシーの関係、*日本公衆衛生雑誌*、50(3)、208-215、2003.

[9] S. Mullen, E. Olson, S. Phillips, et al., Measuring enjoyment of physical activity in older adults: invariance of the physical activity enjoyment scale (paces) across groups and time, *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 8, 103, 2011.

[10] M. Kay, J. Wobbrock, ARTool: Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial ANOVAs. doi: 10.5281/zenodo.594511, R package version 0.10.7, 2020. <https://github.com/mjskay/ARTool>.

[11] J. Wobbrock, L. Findlater, D. Gergle, J. Higgins, The Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial Analyses Using Only ANOVA Procedures, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*, 143-146, 2011.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Minako Hosono, Shuichi Ino	4. 巻 21
2. 論文標題 Study on Psychological Effect of Cyclic Foot Joint Exercise as a Light Exercise for Sitting Position	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 581-584
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2017.p0581	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7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 細野美奈子、井野秀一
2. 発表標題 座位で取り組む足関節運動の背屈運動が与える心身への効果に関する一考察～生活機能の低下予防を目的とする足部の運動支援システムの開発に向けて～
3. 学会等名 日本運動疫学会第21回学術総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 細野美奈子、井野秀一
2. 発表標題 座位で取り組む運動支援システム開発に向けた足部軽運動の効果に関する一考察
3. 学会等名 ニューロリハビリテーションシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Minako Hosono, Shuichi Ino
2. 発表標題 Physical and Psychological Effects of Light Foot Exercise: A Pilot Study for an Exercise System to Improve Performance of ADL
3. 学会等名 22nd annual Congress of the European College of Sport Science（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 細野美奈子, 井野秀一
2. 発表標題 座位で行う「ながら運動」としての足関節背屈運動が心身に及ぼす影響
3. 学会等名 第17回日本VR医学会学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 細野美奈子, 井野秀一
2. 発表標題 足部軽運動の身体的・心理的効果に関する考察 生活機能低下予防のための支援機器開発に向けて
3. 学会等名 第38回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 細野美奈子, 遠藤博史, 井野秀一
2. 発表標題 足部軽運動の支援デバイス開発に向けた基礎的検討 運動強度を調整するパラメータの選択と評価
3. 学会等名 第19回日本VR医学会学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細野美奈子, 遠藤博史, 井野秀一
2. 発表標題 足部軽運動支援デバイスの開発に向けた運動強度に関する一検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2019
4. 発表年 2019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	井野 秀一 (Ino Shuichi) (70250511)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・副研究部門長 (82626)	