

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：34444

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20130

研究課題名（和文）短時間の階段昇降運動による糖代謝機能改善効果に関する検討

研究課題名（英文）Effects of stair climbing-descending exercise for a short time on glycaemic control

研究代表者

本田 寛人（Honda, Hiroto）

四條畷学園大学・リハビリテーション学部・准教授

研究者番号：00803131

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：2型糖尿病患者において、食後に短時間（3分間）の階段昇降運動を繰り返し実施することで、食後血糖値や24時間平均血糖値、グリコアルブミン値（血糖コントロール指標）および下肢筋力（膝関節伸筋力）が改善することが示された。階段昇降運動とは、階段を1階から2階まで上がり、再び1階まで下りてくることを繰り返す運動である。本研究により、短時間の階段昇降運動による血糖コントロールへの短期効果および長期効果を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、2型糖尿病患者における高血糖の緩和に高強度運動が有効であることが報告されているが、過去の報告で示されている運動方法は、強度の高さや時間の長さ、設備や用具の必要性のため、臨床への適用が制限される。階段昇降運動は、屋内かつ特別な運動準備が不要で日常生活での実施が容易であり、また、降段時の負荷軽減により自覚的な辛さの少ない高強度運動である。本研究は、短時間の階段昇降運動による短期的かつ長期的な血糖コントロール改善効果を示した、臨床的意義の高いものである。

研究成果の概要（英文）：We found that repeated 3-minute stair climbing-descending exercise after meals improved postprandial and 24-hour mean blood glucose levels, glycoalbumin level, and lower extremity muscle strength (knee extensor strength) in individuals with type 2 diabetes. The exercise consists of repeated climbing stairs from the first floor to the second floor and back down again to the first floor. This study revealed the short-term and long-term effects of a brief stair climbing-descending exercise on glycaemic control.

研究分野：健康科学

キーワード：糖尿病 運動療法 高血糖 血糖コントロール 階段昇降 高強度運動 自覚的運動強度 骨格筋

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

運動療法は食後高血糖是正の戦略として重要な役割を担っているが、一般には、中強度の有酸素運動が推奨される。日本糖尿病学会は、50% VO_{2max} 程度の運動(ウォーキングなど)を1回15~30分、1日2回実施するよう推奨している(日本糖尿病学会編. 糖尿病治療ガイド2018-2019, 文光堂, 2018)。

近年、世界的には、運動強度を中強度に限定せずに高強度レベルに増強していくことが推奨されている。American Diabetes Association (ADA) が発表したガイドライン(2018年)では、高強度運動が血糖コントロールに重要であることが明記されている(American Diabetes Association. Diabetes Care, 41:S43-44, 2018)。さらに、高強度運動は、2型糖尿病患者における食後高血糖の緩和に有効であることが報告されてきている(Gillen JB, et al. Diabetes Obes Metab, 14:575-577, 2012; Francois ME, et al. Diabetologia, 57:1437-1445, 2014; Karstoft K, et al. J Clin Endocrinol Metab, 99:3334-3342, 2014)。

運動時に収縮する骨格筋(活動筋)では、運動強度に相関して血液中からの糖取り込みが促進され、その速度は運動開始から10分以内にほぼ最大に達する(Wahren J, et al. J Clin Invest, 50:2715, 1971)。つまり、高強度運動を適切に取り入れることによって、短時間の運動であっても、急性的な血糖降下作用が期待される。前述のADAのガイドラインは、短時間でも高強度負荷を加えることで、良好な血糖コントロールが期待できることを述べている。

研究代表者は、階段昇降運動を用いることによって、より短い時間で有意の血糖降下作用が得られると考え、2型糖尿病患者を対象に検討を行ってきた(Honda H, et al. BMJ Open Diabetes Res Care, 4:e000232, 2016)(食後180分まで観察)。階段昇降運動とは、階段を1階から2階まで上がり、再び1階まで下りてくることを繰り返す運動である。これは、屋内かつ特別な運動準備や服装の着替えが不要であるなど、日常生活の中で容易に実施可能であるのみならず、降段時に負荷が軽減されることから自覚的な辛さの少ない高強度運動である。しかし、本研究開始時点では、階段昇降運動による血糖コントロールへの短期的(~24時間)および長期的な効果は十分に明らかになっていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、2型糖尿病患者を対象に、階段昇降運動の継続的な実施が短期的(~24時間)および長期的な血糖コントロール改善効果を有することを証明することである。

3. 研究の方法

研究成果に記載した(1)(2)の研究は、四條畷学園大学および公立豊岡病院組合立豊岡病院日高医療センターの倫理審査委員会の承認を受けて実施した。

4. 研究成果

(1)階段昇降運動は24時間平均血糖値を改善する(雑誌論文: Honda H, et al. J Phys Fitness Sports Med, 10:51-56, 2021)(数値データは平均±標準偏差を示す)

最初に、短時間の階段昇降運動による24時間の血糖降下作用について検証した。進行した糖尿病合併症や運動禁忌がない経口血糖降下剤服用中の男性2型糖尿病患者7名(年齢 70.1 ± 1.3 歳, $HbA1c 7.0 \pm 0.1\%$, body mass index [BMI] $23.7 \pm 0.5 kg/m^2$)を対象とし、階段昇降運動を実施する日(運動日)と実施しない日(非運動日)を設け、それらの24時間血糖値を比較した。運動日、非運動日ともに経口血糖降下剤の服用は継続し、食事は3食とも糖尿病食(1,570 kcal/day)とした。階段昇降運動は、各対象者の自宅の階段を用いて行い、1階から2階まで(13~15段)を8~10往復する3分間の運動を1セットとし、毎食後60分と120分に2セットずつ実施するよう指示した。昇段速度は80~110steps/min、降段速度は自由とし、自覚的運動強度はBorg指数で11~13レベルを目標とした。血糖測定は、持続血糖モニタリングシステムを用いて朝食開始時から24時間連続で行った。その結果を図1に示す。

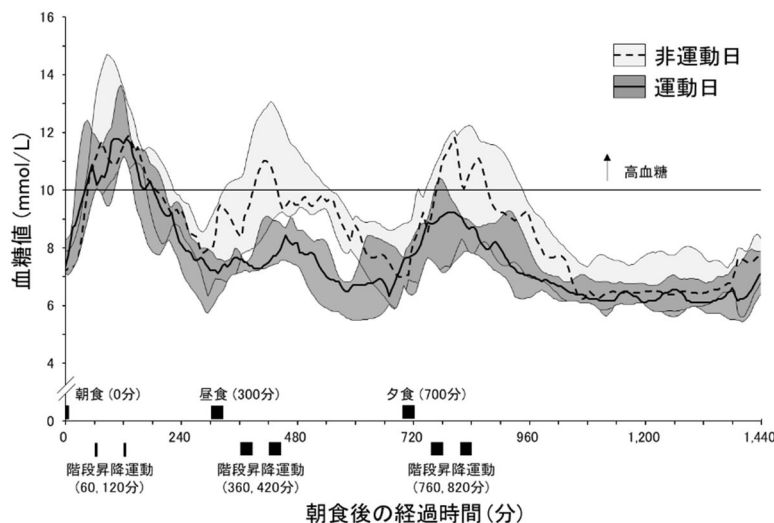


図1 階段昇降運動による24時間の血糖降下作用
中央値(25パーセントイル, 75パーセントイル). N=7.

各食前の空腹時血糖値は両日で差がなかったが、運動日の 24 時間平均血糖値および 24 時間血糖曲線下面積 (area under the curve : AUC) は非運動日に比して低値を示し、また、運動日の高血糖暴露時間 (血糖値 10mmol/L 以上の総時間数) は非運動日に比して大きく短縮した (表 1)。以上より、2 型糖尿病患者において、毎食後 60 分と 120 分に 3 分間の階段昇降運動を 2 セットずつ行うことで、24 時間にわたる血糖コントロールの改善が得られる可能性が示された。

表 1 運動日・非運動日の 24 時間の血糖値および関連指標

	運動日	非運動日
平均血糖値 (mmol/L)	7.7 (7.2, 8.1) †	9.2 (8.3, 9.3)
血糖曲線下面積 ($\times 10^3$ mmol/L*min)	11.1 (10.3, 11.6) †	13.2 (12.0, 13.4)
高血糖暴露時間 (min)	175 (130, 195) †	405 (295, 460)

中央値 (25 パーセンタイル, 75 パーセンタイル). †p<0.05 vs. 非運動日. N=7.

(2) 継続的な階段昇降運動の実施は血糖コントロールおよび下肢筋力を改善する (論文未発表) (数値データは平均 [95%信頼区間] を示す)

次に、継続的に階段昇降運動を実施することで、長期的な血糖コントロールが改善するかについて検証した。進行した糖尿病合併症や運動禁忌がない経口血糖降下剤服用中の 2 型糖尿病患者 16 名 (年齢 50~74 歳) を対象とし、定期的に階段昇降運動を行う運動群と階段昇降運動を行わない非運動群の 2 群に無作為に分け、12 週間観察した。階段昇降運動は各対象者の自宅にて行い、1 階から 2 階までを往復する 3 分間の運動を 2 セット行うことを 1 セッションとし、食後 60 分かつ / または 120 分に 1 セッションずつ実施するよう指示した。頻度は 1 週あたり 12 セッション以上かつ実施日が 3 日以上となるよう設定した。昇段速度は 80~110steps/min, 降段速度は自由とし、自覚的運動強度は Borg 指数で 11~13 を目標とした。最終的に各群 7 名ずつが研究を終了した (運動群: 女性 3 名, 年齢 71.0 [59.0, 73.0] 歳, HbA1c7.0 [6.7, 7.2]%, BMI24.4 [22.5, 26.3] kg/m², 非運動群: 女性 4 名, 年齢 69.0 [63.0, 71.0] 歳, HbA1c6.9 [6.6, 7.2]%, BMI23.8 [20.0, 27.5] kg/m²)。その結果、非運動群に比して、運動群ではグリコアルブミン値が有意に改善し、膝関節伸展筋力値 (トルク体重比) が有意に増加した (表 2)。以上より、2 型糖尿病患者において、12 週にわたり食後に短時間の階段昇降運動を行うことで、血糖コントロールおよび膝関節伸展筋力が改善することが示された。

表 2 運動群・非運動群の血糖コントロールおよび関連指標 (各時点の測定値と 12 週の変化量)

	グループ	開始時	12 週後	変化量
HbA1c (%)	運動群	7.0 (6.7, 7.2)	6.9 (6.5, 7.3)	-0.1 (-0.2, -0.1) §
	非運動群	6.9 (6.6, 7.2)	7.0 (6.6, 7.4)	0.1 (-0.1, 0.2) §
グリコアルブミン (%)	運動群	18.1 (17.2, 19.0)	17.1 (15.9, 18.4)	-1.0 (-2.0, 0.0) *
	非運動群	19.1 (17.3, 20.9)	19.5 (17.0, 22.0)	0.4 (-0.6, 1.4)
握力 (kg)	運動群	25.8 (20.7, 35.7) §	28.7 (22.9, 36.3) §	1.7 (-0.5, 3.9)
	非運動群	21.3 (15.2, 27.3) §	23.2 (17.7, 26.2) §	1.3 (-0.3, 2.8)
膝関節伸展筋力 (Nm/kg)	運動群	0.9 (0.6, 1.3)	1.1 (0.8, 1.5)	0.2 (0.1, 0.3) *
	非運動群	1.0 (0.7, 1.3)	0.9 (0.6, 1.2)	-0.1 (-0.3, 0.1)

平均 (95%信頼区間) または中央値 (25 パーセンタイル, 75 パーセンタイル) (§). *p<0.05 vs. 非運動群. N=14 (運動群 7, 非運動群 7)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4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 Honda Hiroto, Igaki Makoto, Komatsu Motoaki, Tanaka Shin-ichiro, Takaishi Tetsuo, Hayashi Tatsuya	4. 巻 10
2. 論文標題 Stair climbing-descending exercise following meals improves 24-hour glucose excursions in people with type 2 diabetes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 51-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7600/jpfsm.10.51	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 本田寛人	4. 巻 36
2. 論文標題 糖尿病患者における運動プログラムの実践	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ブラクティス	6. 最初と最後の頁 430-436
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 本田寛人, 林達也	4. 巻 38
2. 論文標題 コロナ禍で改めて見直す身体活動の重要性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 糖尿病ブラクティス	6. 最初と最後の頁 464-466
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 本田寛人, 高石鉄雄, 林達也	4. 巻 38
2. 論文標題 短時間の階段昇降運動による急性血糖降下	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 糖尿病ブラクティス	6. 最初と最後の頁 709-712
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 本田寛人
2. 発表標題 糖尿病患者における運動療法と身体活動の工夫
3. 学会等名 第8回日本糖尿病療養指導学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本田寛人
2. 発表標題 運動処方 理論と実際
3. 学会等名 第7回日本糖尿病理学療法学会症例報告学会・学術大会合同大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本田寛人
2. 発表標題 コロナ禍で見直す身体活動の重要性 自宅での運動実践
3. 学会等名 第57回日本糖尿病協会近畿地方会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本田寛人
2. 発表標題 コロナ禍における運動・身体活動支援
3. 学会等名 第52回中村区糖尿病研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本田寛人
2. 発表標題 糖尿病管理のための運動療法と身体活動支援
3. 学会等名 第12回日本腎臓リハビリテーション学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 本田寛人（分担執筆）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 南江堂	5. 総ページ数 336
3. 書名 予防と産業の理学療法（担当項：壮年期における予防理学療法の考え方）	

1. 著者名 本田寛人（分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 388
3. 書名 理学療法アクティブ・ラーニング・テキスト 内部障害理学療法学（担当項：糖尿病）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ： https://www.hhonda-lab.com/home

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
研究協力者	林 達也 (Hayashi Tatsuya) (00314211)	京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授 (14301)	
研究協力者	高石 鉄雄 (Takaishi Tetsuo) (50216610)	名古屋市立大学・大学院理学研究科・教授 (23903)	

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