

## 1. 実践研究

# 糖尿病の重症化予防に対する 新しい非監視型運動支援プログラムの考案 ～食後高血糖改善に向けた毎食後の身体活動に着目した検討～

松原建史\*

田中英幸\* 橋本寿江\*\*

抄録

本研究は、糖尿病の重症化予防に対する効果的な非監視型運動支援プログラムの考案を目指して、加速度計付き歩数計（Kenz 社製、Lifecorder、以下、LC）を活用した支援の有効性と食後の身体活動が HbA1c レベルに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

服薬がないⅡ型糖尿病患者とその予備軍 29 名（年齢：68±4 歳）を対象とした。週 1 回、計 14 回の教室では、LC を装着し、年齢推定の 50%VO<sub>2</sub>max 相当の心拍数＝138－年齢÷2（拍/分）に歩行速度を調整する練習を繰り返し行った。適正速度で歩いた際の LC が示した階級とその一つ上の階級の積算値を相対的中等強度身体活動（以下、PARM：physical activity at relative moderate intensity）時間とし、この積算時間を LC モニター上に表示するように設定した。そして、歩く際には途中で PARM 時間の変化を確認させ、時間が増えていない場合は、適宜、歩行速度の調整を行うよう指示した。

その結果、教室前に比べて教室中の PARM 時間に有意な増加と、教室後の HbA1c に有意な低下を認め、本支援の有効性が示唆されたことから、新たな非監視型支援プログラムが考案できたと考えた。

また、食事時間調査を実施した 14 名を対象に、HbA1c の変化と日常身体活動の変化との関係性では、食後 2 時間以内の PARM 時間の変化量と HbA1c の変化量との間にのみ有意な負の相関性を認め、糖尿病の重症化予防に対する食後身体活動の重要性が示唆された。

キーワード：糖尿病重症化予防，非監視型支援，HbA1c レベル，相対的中等度身体活動，食後身体活動

---

\* 株式会社健康科学研究所

\*\* 福岡県筑前町役場

## 1. はじめに

平成 26 年の時点で我が国の糖尿病患者数は 316 万 6,000 人に上り、平成 23 年時よりも 46 万人以上も増加したことが発表された<sup>1)</sup>。そして、今後も患者数は増加し続けることが懸念されており、大きな健康問題の一つとなっている。とりわけ糖尿病患者の増加は医療費の高騰に直結しやすく、これが原因で国の予算が逼迫する危険性が指摘されていることを受けて、各自治体では糖尿病の重症化予防を重点課題に位置付け、様々な事業に取り組んでいる。その一つに、教室型支援を通じた運動の習慣化により、HbA1c レベルの改善が図られているものの、教室型支援の限界に、教室日以外の日常における運動や身体活動が非監視下のため運動強度を管理できないという点がある。HbA1c レベルの改善には、運動・身体活動の強度管理が重要となってくるが<sup>2,3)</sup>、糖尿病の重症化予防を目指した教室型支援において、日常の運動・身体活動の強度を管理する有効な支援方法は確立されていない。

先行研究において、一般健常者を対象とした教室型支援で、加速度計付き歩数計 (Kenz 社製、Lifecorder、以下、LC) を用いて、個々人の全身持久力レベルに合わせた相対的な中等強度身体活動 (以下、PARM; physical activity at relative moderate intensity) 時間が増えるよう取り組んだ結果、PARM 時間が有意に増加したこと、それに伴って、有酸素性作業の最大下能力や脚伸展パワーが増加したことを報告した<sup>4)</sup>。ただし、同様の支

援の糖尿病患者に対する有効性については検証できていない。

また、HbA1c レベルの改善に向けて推奨されている食後の有酸素性運動の実施が、食後高血糖を抑制することは明らかにされているものの<sup>5,6)</sup>、食後の身体活動が HbA1c レベルに及ぼす影響については不明な点が残されている。

そこで、本研究の目的は、糖尿病の重症化予防に対する効果的な非監視型運動支援プログラムの考案を目指して、LC を使った支援の有効性について検証するとともに、食後の身体活動が HbA1c レベルに及ぼす影響について明らかにすることとした。

## 2. 方法

### (1) 対象者

対象は、町主催の血糖値改善教室に参加し、以下の 3 条件を満たした男性 13 名と女性 16 名の計 29 名 (年齢: 68.0 ± 4.0 歳) とした (表 1)。①福岡県筑前町の住民であること。②Ⅱ型糖尿病またはその予備軍であること。③服薬はしていないが医療機関を定期的に受診している

表 1. 対象者の特性

	平均値 ± 標準偏差
男性 / 女性 (名)	13 / 16
年齢 (歳)	68.0 ± 4.0
身長 (cm)	158.4 ± 8.9
体重 (kg)	57.9 ± 10.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.9 ± 2.8
腹囲 (cm)	82.6 ± 7.9
HbA1c (%)	6.9 ± 1.1

こと。なお、全ての対象者へは教室参加申し込み時に、教室の支援・測定内容と得られた測定値について研究目的で使用するを口頭で説明し、文書にて同意を得た。

## (2) 教室概要と支援内容

教室は週 1 回の頻度で計 14 回を約 4 か月間で実施した。教室ではウォーキングを中心とした運動指導に加えて、必要に応じて管理栄養士による食事・栄養指導を行った。

ウォーキング指導では、個々人の体力レベルに合わせた相対的な中等強度による歩行を習得させるために、腕時計式心拍計 (Mio 社製、mio ALPHA) を装着した上で、運動時の心拍数 (以下、HR; heart rate) が年齢から推定した  $50\% \dot{V}O_2\max$  相当の HR (以下、推定 50%HR) になるように歩行速度を調節する練習を繰り返し行った。推定 50%HR は、 $138 - \text{年齢} / 2$  (拍/分) から算出し、連続 4 分間の歩行後の HR が推定 50%HR に対して  $-5$  拍/分より低い場合は歩行速度を上げるように、 $+5$  拍/分より高い場合は歩行速度を下げるように指示した。また、教室 1 回目と 14 回目における推定 50%HR 相当の歩行速度から、有酸素性作業の最大下能力を評価した。

日常身体活動量を測定するために、教室の 2 週間前から教室終了まで、入浴時を除いた起床から就寝まで間で LC を装着させた。そして、PARM 時間については、LC には運動強度別の活動時間を計測できるように、独自のアルゴリズムで判別する運動強度階級 (以下、LC 階級) 0 ~ 9 が設定されており、取り付けられて

いるイベントボタンを押すことで、その時に LC が示すどの運動強度階級で歩いていたかが確認できる機能を備えている。そこで、歩行練習において推定 50%HR で歩けるようになったことを確認後、イベントボタンを押し、その後、データの分析を行った。仮に、推定 50%HR 相当の歩行が LC 階級の 4 であった場合、その対象者の PARM 時間を LC 階級の 4 と 5 の積算時間と定義した (図 1)。また、個人ごとに設定した PARM の積算時間を LC モニターに表示するようにして、日常で歩く際は、途中で PARM の積算時間が増えているかを確認し、仮に増えていない場合は、適正歩行速度に調整するよう指示した。これに加えて、一日当たり PARM 時間の推移をグラフ化し、定期的にフィードバックしながら、目標 PARM 時間を少しずつ上方修正していくことで、一日当たり PARM 時間が増加するよう取り組んだ。その他の身体活動量の測定として、一日当たりの歩数と 3METs 以上の身体活動 (以下、 $\geq 3\text{METs}$ ) 時間 (図 1) を計測した。

なお、LC の装着時間が一日当たり 10 時間未満の日については未装着あるいは装着不十分と判断し、分析データから除外するとともに、教室の全期間に対して装着日数が 8 割未満の者については対象から除外した。教室前のデータについては、装着を開始してから 4 日間以降の一週間分を使って分析を行った。

## (3) その他の測定項目と方法

形態指標として、手動式身長計 (ツツミ社製、HA) を用いて 0.1cm 単位で身長を、デジタル体重計 (タニタ社製、

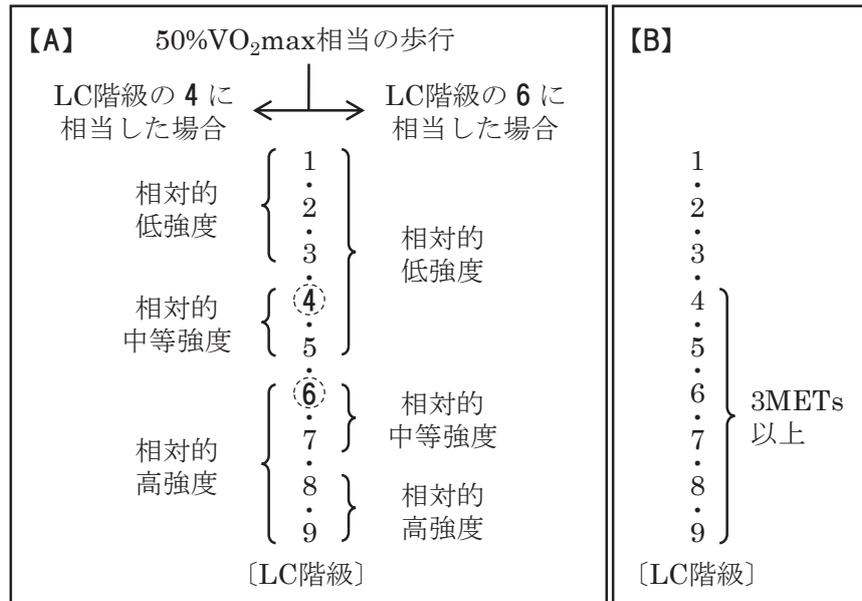


図 1. 相対的中等強度【A】と 3METs 以上【B】身体活動時間の求め方  
LC: 加速度計付き歩数計 Lifecorder

BC-510) を用いて 0.1kg 単位で体重を測定し、求めた体重 (kg) を身長 (m) の 2 乗で除することにより体格指数 (以下、BMI; body mass index) を算出した。また、腹囲 (へそ囲) をメタボリックシンドローム診断基準<sup>8)</sup>に基づき、立位、軽呼気時に臍の高さで非伸縮性の巻尺を用いて 0.1cm 単位で測定した。

筑前町では国民健康保険に加入している II 型糖尿病患者とその予備軍の者が医療機関を受診して血液検査を行うごとに、医療機関の方から町の健康課に検査結果の報告が入る仕組みになっている。そこで、対象者の教室参加前と教室終盤あるいは終了後直ぐの HbA1c を前後比較のデータとして採用した。ただし、医療機関の受診日が個々で異なるため、前後比較における日数の間隔には、対象者間で 2 週間ほどの開きがある。

また、HbA1c レベルに対する食後身体活動の影響を検討するために、教室前と

教室前半・中盤・後半の計 4 回、1 週間ずつ一日三度 (朝食・昼食・夕食) の食事時間調査を行い、各食後 2 時間以内の一日当たり  $\geq 3$  METs 時間と PARM 時間を算出した。

#### (4) 統計処理

データは平均値  $\pm$  標準偏差で示した。教室前後あるいは教室前と教室中の差の検定には対応のある t 検定を、二変数の関係性についてはピアソンの相関係数の検定を用いて分析を行った。全ての検定処理は SPSS (15.0J) を用いて行い、p 値 5%未満をもって統計学的に有意と判定した。

### 3. 結果と考察

#### (1) 本支援の有効性の検証

教室前後における体重と腹囲には有意な変化を認めなかった。日常身体活動について教室前と教室中で比較したところ、

一日当たりの歩数 ( $p=0.006$ )、 $\geq 3$ METs 時間 ( $p=0.019$ ) と PARM 時間 ( $p=0.023$ ) にそれぞれ有意な増加を認めた (表 2)。教室前後における推定 50%HR 相当の歩行速度は  $82.8 \pm 7.1$  m/分から  $88.6 \pm 7.0$  m/分へ有意に上昇し ( $p=0.003$ )、HbA1c は  $6.9 \pm 1.1\%$  から  $6.2 \pm 0.7\%$  へ有意に低下した ( $p=0.002$ )。

有酸素性運動による HbA1c レベルの改善の度合いは、運動強度の影響を受けることが明らかにされており、乳酸閾値強度や  $40\% \dot{V}O_2\max$  強度を下回るような低強度では、効果がない可能性が指摘されている<sup>9,10</sup>。そして、運動強度の管理が難しいことだけが原因ではないと考えられるが、日常身体活動に対する介入だけでは、有酸素性運動やレジスタンス運動などの具体的な運動メニューに取り組んだものに比べて、効果が弱いことがメタ解析により明らかにされている<sup>11</sup>。これに対して、本研究では、個々人の体力レベルに合わせた相対的な中等強度身体活動時間が増加したことで、日常身体活動に対する介入でも HbA1c レベルに有意な改善を認めたと考えた。以上のことから、加速度計付き歩数計を用いることで非監視下であっても日常の身体活動を

HbA1c レベルの改善に効果的な運動強度に管理できる可能性が示唆され、本支援プログラムの有効性が明らかになった。

さらに、推定 50%HR 相当の歩行速度の上昇は、有酸素性作業の最大下能力が向上したことを意味する。有酸素性作業の最大能力である単位体重当たり  $\dot{V}O_2\max$  が健康度と深い関りがあることは多くの先行研究により明らかにされている<sup>12-14</sup>。一方、年齢推定による  $50\% \dot{V}O_2\max$  や二重積屈曲点 (DPBP; double product break point) 相当の METs 等の有酸素性作業の最大下能力についても、これが高いほど健康度が高いと先行研究において報告しており<sup>15-16</sup>、本研究では推定 50%HR 相当の歩行速度が上昇していたことから、HbA1c レベルに留まらず、包括的な健康度の改善が図られたことが期待でき、この点からも本支援プログラムの有効性は高いと考えた。

## (2) 食後身体活動量と HbA1c との関係

食事時間調査ができたのは男性 6 名と女性 8 名の計 14 名 (平均年齢:  $68.5 \pm 4.4$  歳) であった。食事時間調査は、記入漏れや食事が終わって時間が経ってから記入したことなどが原因で正確性に欠け、記入上は食事時間になっているのにも関

表 2. 教室前と教室中における身体活動の比較

	教室前	教室中	p値
歩数 (歩/日)	7,330 ± 2,424	9,069 ± 2,254	0.006
一日			
$\geq 3$ METs時間 (分/日)	36.0 ± 16.2	47.5 ± 19.9	0.019
PARM時間 (分/日)	21.2 ± 17.7	32.4 ± 18.6	0.023
食後			
$\geq 3$ METs時間 (分/日)	10.2 ± 5.6	17.5 ± 8.4	0.011
PARM時間 (分/日)	6.8 ± 5.1	13.2 ± 7.9	0.018

$\geq 3$ METs : 3METs以上の身体活動、PARM : 相対的な中等強度の身体活動

わらず、同時間帯の LC 階級が、3 から 7 (2.9 から 6.1METs に相当<sup>17)</sup>) までが観察されたなどの不具合が散見されたため、これらの者は対象から除外した。そして、教室前と教室中の比較では、食後 2 時間以内の一日あたり  $\geq 3$ METs 時間 ( $p = 0.011$ ) と PARM 時間 ( $p = 0.018$ ) にそれぞれ有意な増加を認めた (表 2)。

続いて、各身体活動量と HbA1c との関係性を検討した相関分析では、食後 2 時間以内の一日あたり PARM 時間の教室中の平均値と HbA1c の教室前後の変化量との間にのみ有意な負の相関性を認め、食後 PARM 時間が多かった者ほど教室前に比べて教室後の HbA1c が低下したことが明らかになった (図 2 【A】)。その他の一日当たりの歩数・ $\geq 3$ METs 時間・PARM 時間と食後 2 時間以内の一日あたり  $\geq 3$ METs 時間と HbA1c との間には有意な相関性を認めなかった。

糖尿病の重症化予防に対しては、食後高血糖を管理・抑制することが、HbA1c

レベルを改善するのと同じくらい、あるいはそれ以上に重要である可能性を示唆するエビデンスが蓄積されてきている<sup>18)</sup>。このような背景のもと、食後 1~2 時間の運動実践が推奨されており<sup>19)</sup>、その効果としても、Oberlin et al. は、II 型糖尿病患者を対象に 60~70% 予備心拍数強度による 60 分の運動を朝食前に実施し、その後、三度の食後 4 時間における血糖値カーブ曲線を朝食前の運動をしなかった日と比較したところ、昼食後までは運動を実施した日の血糖値カーブ曲線の方が有意に小さかったことを報告している<sup>5)</sup>。また、Honda et al. も II 型糖尿病患者を対象に、Borg の主観的尺度の 11~13 に相当するきつさで 3 分間×2 回のベンチステップ運動を一日三度の毎食後に 2 週間実施させた結果、1,5-アンヒドロ-D-グルシトールが有意に向上し、高血糖状態が抑制されていたこと、さらに 2 週間の脱トレーニング後には元の状態に戻っていたことを報告している<sup>6)</sup>。本研究では、これら

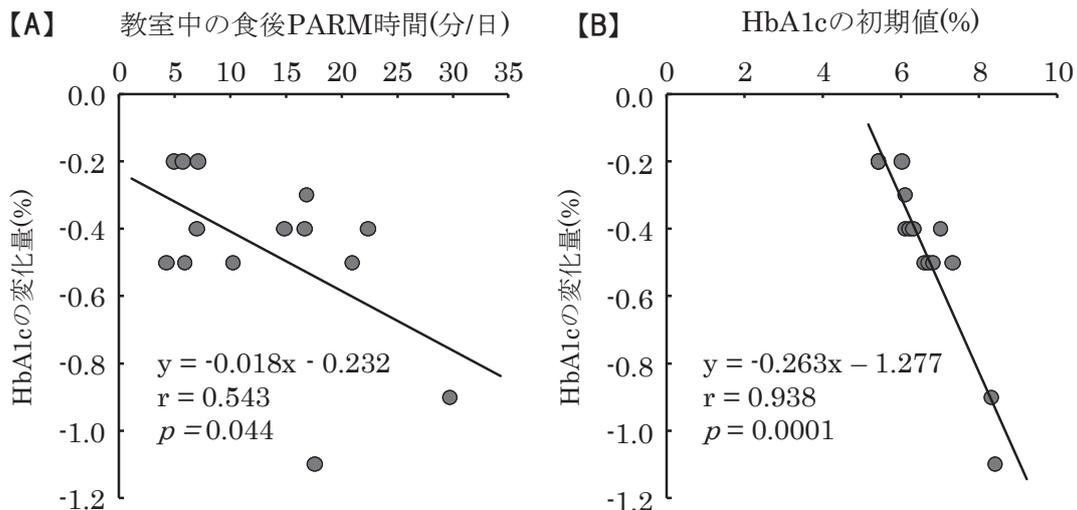


図 2. 教室前後の HbA1c 変化量と教室中の食後 PARM 時間 【A】 HbA1c 初期値 【B】 との関係 PARM ; 相対的中等強度身体活動

の先行研究を支持する結果が導かれ、食後の身体活動が HbA1c レベルの改善に効果があること、そして、3METs 以上という絶対的な中等強度身体活動ではなく、個々人の体力レベルに合わせた相対的な中等強度身体活動が有効である可能性が示唆された。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、先でも述べたが、食事時間調査に関しては、対象者に全てを任せていたこともあり、信頼性が低いことを否定することができない。第二に、HbA1c の教室前の値（初期値）と教室前後の変化量との関係について分析したところ、極めて高い相関性を認めた（**図 2【B】**）。これは、HbA1c の変化に初期値の影響が大きいことを意味する結果であるため、教室中の食後 2 時間以内の一日あたり PARM 時間と HbA1c 変化量との関係について、HbA1c 初期値を考慮した分析を行ったものの、有意な関係性を認めなかった。今後の追加分析が必要である。最後に、本研究デザインはランダム化比較試験をとっていないため、結果に関しては慎重な解釈が必要である。

#### 4. まとめ

教室で、加速度計付き歩数計を装着し、相対的な中等強度に歩行速度を調整する練習を繰り返し行った。そして、相対的な中等強度身体活動の積算時間を加速度計付き歩数計のモニター上に表示するように設定して、日常で歩く際には途中で確認しながら、適宜、歩行速度を調整するように指示し、相対的な中等強度身体活動時間

が増加するよう取り組んだ。その結果、教室前に比べて教室中の相対的な中等強度身体活動時間に有意な増加と、教室後の HbA1c に有意な低下を認め、支援の有効性が示唆されたことから、新たな非監視型支援プログラムが考案できたと考えた。

また、食後の相対的な中等強度活動時間が多かった者ほど、HbA1c が改善していたことから、食後に身体活動量を高める必要性と、それを個々人の体力レベルに合わせた強度で行うことの重要性が示唆された。

#### 5. 引用文献

- 1) 厚生労働省. 平成 26 年患者調査結果. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/dl/houdou.pdf>
- 2) Sakamoto M, Higaki Y, Nishida Y, et al. Influence of mild exercise at the lactate threshold on glucose effectiveness. *J Appl Physiol.* 87(6): 2305-2310, 1999.
- 3) Nishida Y, Higaki Y, Tokuyama K, et al. Effect of mild exercise training on glucose effectiveness in healthy men. *Diabetes Care.* 24(6): 1008-1013, 2001.
- 4) 松原建史, 柳川真美, 小池城司. 日常生活での相対的な中等強度の身体活動が体重, 体脂肪率, 最大下有酸素性作業能力と脚力の変化に及ぼす影響. *体育学研究.* 56(1): 105-113, 2001.
- 5) Oberlin DJ, Mikus CR, Kearney ML, et al. One bout of exercise

- alters free-living postprandial glycemia in type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 46(2): 232-238, 2014.
- 6) Honda H, Igaki M, Hatanaka Y, et al. Repeated 3-minute stair climbing-descending exercise after a meal over 2 weeks increases serum 1,5-anhydroglucitol levels in people with type 2 diabetes. *J Phys Ther Sci.* 29(1): 75-78, 2017.
- 7) 進藤宗洋, 田中宏暁, 田中守(編). 健康づくりトレーニングハンドブック. 東京: 朝倉書店, 337-345, 2010.
- 8) 厚生労働省健康局: 標準的な健診・保健指導プログラム(確定版). 2007.
- 9) Liubaerjijin Y, Terada T, Fletcher K, et al. Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. *Acta Diabetol.* 53(5): 769-81, 2016.
- 10) Rynders CA, Weltman JY, Jiang B, et al. Effects of exercise intensity on postprandial improvement in glucose disposal and insulin sensitivity in prediabetic adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 99(1): 220-228, 2014.
- 11) Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 305(17): 1790-1799, 2011.
- 12) Blair SN, Kohl III HW, Barlow CE, et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. *JAMA.* 273(14): 1093-1098, 1995.
- 13) Sawada SS, Muto T, Tanaka H, et al. Cardiorespiratory fitness and cancer mortality in Japanese men: A prospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 35(9): 1546-1550, 2003.
- 14) Lee DC, Sui X, Artero EG, et al. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardio-vascular disease mortality in men: the aerobics center longitudinal study. *Circulation.* 124(23): 2483-2490, 2011.
- 15) 松原建史, 小池城司, 柳川真美ほか. 年齢から推定した 50% $\dot{V}O_2$ max 相当の METs と冠動脈疾患危険因子との関係. *体力科学.* 60(1): 139-146, 2011.
- 16) 松原建史, 樋口慶亮, 峰祐子ほか. 健常女性における最大下運動時の二重積屈曲点と動脈スティフネスの関係. *体力科学.* 60(2): 249-257, 2011.
- 17) Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M, et al. The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br J Nutr.* 91: 235-243, 2004.

- 18) 世界糖尿病連合(IDF). 食後高血糖値の管理に対するガイドライン. 2007.
- 19) 日本糖尿病学会. 科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン; 運動療法. 2013.

本研究は、「健康・体力づくり事業財団健康運動指導研究助成事業」の助成金を受けて実施しています。