

原 著

短時間・低強度の運動が身体組成及び体力に与える影響； 健常若年女性におけるパイロット研究

橋田 薫^{1,2*}, 樋口 友紀¹, 宮脇 尚志³, 梶山 静夫^{4,5}, 梶山 真太郎⁴, 今井 佐恵子³

要 約

目的：2型糖尿病患者に対するパイロット研究として、若年健常女性を対象に短時間かつ低強度の食後運動の身体組成及び体力に与える影響を調べた。

方法 研究1：若年健常女性18名を対象に、朝食及び夕食30分後の運動を2か月間継続し、介入前後の身体組成、握力、5回椅子立ち上がりテストのタイムの変化を調べた。握力を鍛えるためハンドグリップトレーニングを1日朝夕2回に加え、朝食後は有酸素運動（ラジオ体操第一・第二）を週3回以上、夕食後はレジスタンス運動（スクワット、フロントランジ、サイドランジ）を週3日程度実施した。運動強度は30%HRRを目標とした。研究2：研究1に参加した18名のうち9名は休暇期間の後さらに2か月間同様の運動を実施し、再介入後の体力テスト、体組成を調べた。運動強度はハンドグリップの強度およびレジスタンス運動の回数を増やして調整した。

結果：各運動の遵守率は研究1及び2いずれも80%以上であった。介入2か月後（研究1）の5回椅子立ち上がりテストのタイムは介入前と比較して有意に改善したが、研究1, 2ともに握力に有意な変化は認められなかった。一方で、骨格筋指数は低下がみられた。

結論：有酸素運動とレジスタンス運動を組み合わせた運動の介入の結果、短時間・低強度の運動であっても下肢筋機能の向上につながることを示唆された。

キーワード：運動、短時間、低強度、握力、骨格筋量、身体組成

（受付日：2025年8月2日 採択日：2025年10月30日）

緒論

世界の糖尿病患者数は2030年までに6億4,300万人、2045年までには7億8,300万人にまで増加することが予測されている¹⁾。また、2021年における日本の糖尿病人口は1,100万人と推定されており、世界第9位の糖尿病大国である²⁾。糖尿病は世界的に患者やその家族、社会の健康と幸福、医療経済に対する重大な課題となっている。

糖尿病治療の最終目標は「糖尿病のない人と変わらない生活の質（quality of life; QOL）と寿命」を確保することで

あり、目標を達成するためには合併症だけでなく、高齢化に伴い増加するサルコペニアやフレイル、悪性腫瘍などの予防や管理が重要である。糖尿病治療の進歩により糖尿病患者が高齢化し、高齢糖尿病患者の増加が見込まれる中、今後ますます合併症やフレイル、サルコペニアの予防に取り組む必要がある。

糖尿病とサルコペニアは互いに増悪因子となることが指摘されており、なかでも、高齢の糖尿病患者ではサルコペニアの有病率が高いことが知られている。日本人高齢者を対象とした疫学調査では有病率は8~10%^{3,4)}、中国人の高齢2型糖尿病患者を対象とした調査ではサルコペニア罹患率が12~17%と高頻度であった⁵⁾。高齢の2型糖尿病患者は非糖尿病の高齢者と比較して、骨格筋量の減少や筋力の低下がより顕著であり、筋力の急速な低下は骨格筋量の減少によるものではなく、筋肉の質の低下が関連していることが報告されている^{6,7)}。また、日本人高齢者における追跡

¹ 京都女子大学大学院家政学研究科食物栄養学専攻

² 三幸会北山病院栄養管理部

³ 京都女子大学家政学部食物栄養学科

⁴ 梶山内科クリニック

⁵ 京都府立医科大学大学院医学研究科内分泌・代謝内科学

* 連絡先 橋田 薫

E-mail : kittak624@gmail.com

研究では、2型糖尿病群は正常耐糖能群と比較してサルコペニアリスクが男性で約2.6倍、女性で約2.1倍に高まり、男性では糖尿病予備軍でもサルコペニアリスクが高いことが示された⁸⁾。さらに、握力の低下（サルコペニア疑い）とインスリン抵抗性を併存する群では正常群と比較して糖尿病の発症リスクが約5倍と報告されている⁹⁾。

高齢の2型糖尿病患者が増加する現状では、適切な血糖管理に加え、QOLの低下から要介護状態に陥らないため、さらには糖尿病のない人と変わらない寿命を確保するためにフレイル、サルコペニアの予防にも焦点を当てた糖尿病治療が重要である。運動には血糖値の低下やインスリン抵抗性改善のほか、減量、筋力増強、動脈硬化性疾患の予防、認知症やうつ予防など様々な効果がある¹⁰⁾。しかし、運動療法は遵守率が低く^{11, 12)}、先行研究やガイドラインで推奨されている運動を運動習慣のない者や高齢者が日常的に継続することは難しいと考える。筆者らは、若年健常女性において10分間の短時間かつ30%HRR（Heart Rate Reserve；最大心拍予備量）の低強度の食後運動であっても食後の急激な血糖上昇を抑制することを報告した¹³⁾。このように食後運動の急性効果について検討してきたが、短時間かつ低強度の食後運動を継続することによる身体組成や体力に与える慢性効果については明らかにできていない。運動療法は遵守率が低いことが課題であるため、より短時間かつ低い強度の運動は運動習慣のない者や高齢者にとって継続性や安全性の面からもより有効であると考えられる。本研究は、若年健常女性を対象に短時間かつ低強度の食後運動を一定期間実施し、身体組成及び体力に与える影響を調べるとともに、高齢の2型糖尿病患者が安全に実施できる運動方法を検討することを目的としたパイロット研究である。

対象と方法

1. 対象者

本研究は、若年健常女性を対象に2型糖尿病患者に対するパイロット研究として実施するため、京都女子大学の学生にボランティアを募った。被験者は研究開始前に洛和会東寺南病院（京都市南区）にて血液検査を受け、医師から糖尿病でない（空腹時血糖値126 mg/dL未満かつHbA1c 6.5%未満）と診断されたのち研究1または研究2に参加した。除外基準は①1型糖尿病または2型糖尿病患者、②妊娠または妊娠の可能性のある者、③血糖値に影響を与えるステロイド剤等を服用の者、④軽度から中等度以上の運動習慣のある者、⑤その他医師が適切でないと判断した者、である。以上の条件を満たす18名が研究の対象となり、研究開始前に身長、体重及び血圧、糖尿病家族歴の有無を調べた。

本研究はヘルシンキ宣言の精神に基づき、京都女子大学臨床研究倫理審査委員会の承認をへて（2023-1）、文部科学省、厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」を遵守して実施した。また、被験者には研究開始前に研究の目的、内容、被験者に生じる負担や予測されるリスク、その負担及びリスクを最小化する対策、個人情報保護、さらにいつでも研究を辞退できることを十分に説明し、理解を得たうえで同意書に署名を得た。研究で得た個人情報は暗号化し、研究目的のためにのみ使用した。

2. 研究プロトコル

2-1. 研究1

研究1では、被験者18名が朝食後30分後にハンドグリップトレーニングと有酸素運動（ラジオ体操第一・第二）を、夕食後30分後にハンドグリップトレーニングとレジスタンス運動（スクワット、フロントランジ、サイドランジ）を2か月間実施した（図1）。この間の食事内容については、普段の食事を継続するよう指示した。

各運動の実施頻度および強度は糖尿病診療ガイドライン2024¹⁴⁾に基づいて設定した。具体的には次の通りである。ハンドグリップトレーニングは、介入時に測定した握力の約70%にあたる強度のハンドグリップ（ソフトハンドグリップ、株式会社大創産業、広島）を使用して、片手でハンドグリップが閉じるまで握り、しっかりと閉じるまで握ったらもとに戻す、という動作を繰り返した。握る回数は左右それぞれ10回を2セット、1日2回（朝食後及び夕

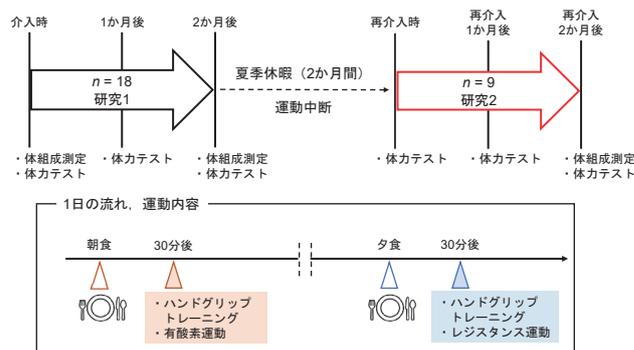


図1 研究プロトコル。研究1では被験者18名が2か月間運動を継続し、介入時及び2か月後に体組成測定を、介入時、1、2か月後に体力テストを実施した。9名がさらに2か月間運動を継続し、再介入1、2か月後に体力テストを、再介入2か月後に体組成測定を実施した（研究2）。朝食後30分後にハンドグリップトレーニングと有酸素運動（ラジオ体操第一・第二）を、夕食後30分後にハンドグリップトレーニングとレジスタンス運動（スクワット、フロントランジ、サイドランジ）を行うこととし、有酸素運動は週3日以上、レジスタンス運動は連続しない日程で週3日程度、ハンドグリップトレーニングは毎日実施とした。

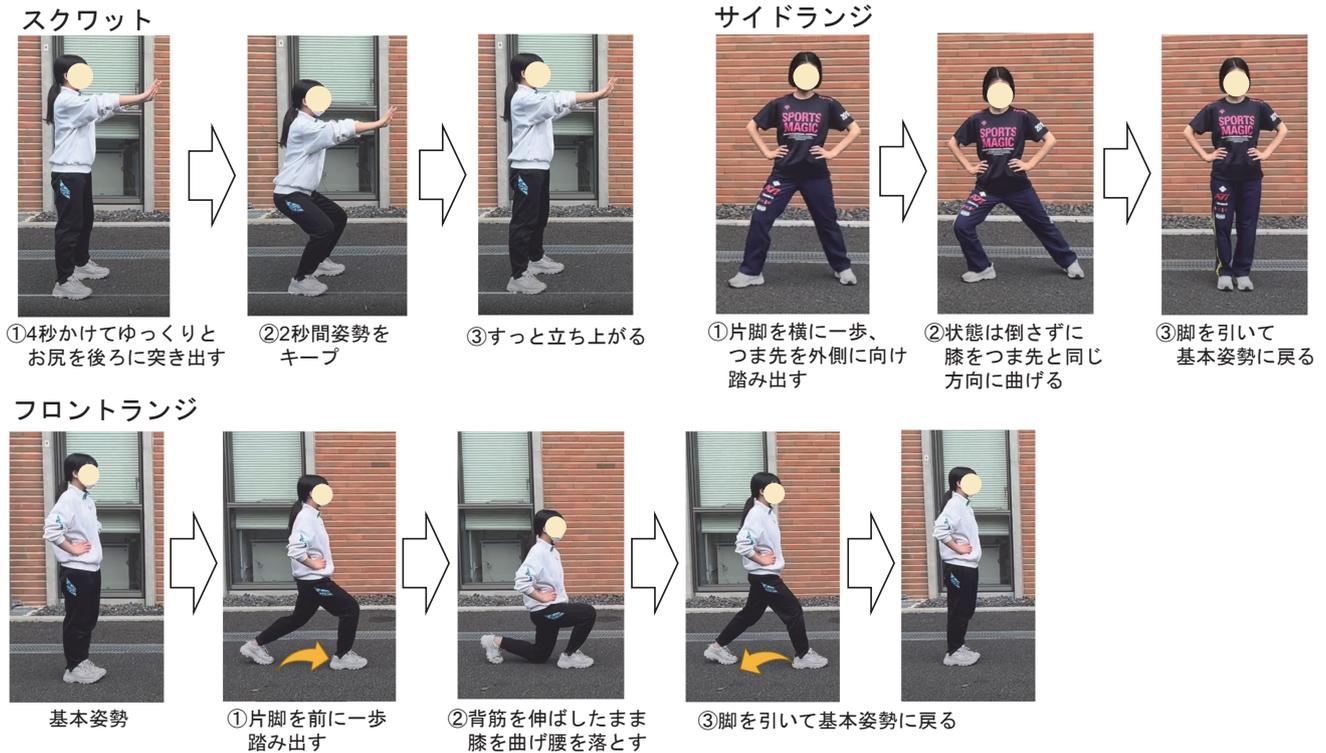


図2 スクワット（左上）、フロントランジ（下）、サイドランジ（右上）の動作。

食後)、毎日実施するように指示した。ハンドグリップは15、20、25 kgの計3種類用意し、介入時に測定した握力に合わせていずれかを提供した。朝食後30分後の有酸素運動は、動画に合わせてラジオ体操第一と第二を通して約6分間実施させた¹⁵⁾。ラジオ体操は筋肉や関節を効果的に動かすことができる運動で、ラジオ体操第一はリズムに合わせて全身の筋肉や関節を動かす4メッツ相当の運動、第二は筋力の向上を目的とする4.5メッツ相当の運動である^{16,17)}。実施頻度は、運動を行わない日が2日以上続かないように週3日以上とした。夕食後30分後のレジスタンス運動は、スクワット、フロントランジ、サイドランジの3種類の運動を実施した(図2)。スクワットは、足を肩幅程度に開き、つま先は少し外側に向けた基本姿勢から、①4秒かけてゆっくりとお尻を後ろに突き出し、②2秒間姿勢をキープ、③その後すっと立ち上がって基本姿勢に戻る、この動作を7秒間かけて行った。フロントランジは、①右脚(または左脚)を前に一步踏み出し、②背筋を伸ばしたまま膝を曲げて腰を落とす、③踏み出した脚を引いて基本姿勢に戻る、①～③を繰り返すといった動作である。サイドランジは、①右脚(または左脚)を横へ一步、つま先を外側に向けて踏み出し、②上体は倒さずに膝をつま先と同じ方向に曲げる、③踏み出した脚を引いて基本姿勢に戻る、①～③を繰り返す。スクワット10回、フロントランジ、サイドランジは片足5回ずつ計10回を連続しない日程で週3日程度実施するよう指示した。レジスタンス運動は筆者らが運動方

法の説明動画及び実践動画を作成し、YouTubeの限定公開にて被験者に提供した。各運動は、設定した頻度にてできる範囲で取り組むように呼び掛けた。

介入時及び2か月後には体組成測定を、介入時、1か月後及び2か月後には体力テスト(握力測定、5回椅子立ち上がりテスト)を実施し、身体組成及び体力の変化を調べた。

2-2. 研究2

研究1終了後、休暇期間の約2か月間の中断期間の後、研究1に参加した18名のうち9名がさらに2か月間運動を実施した(図1)。研究2において、運動の方法及び実施頻度は研究1と同様であるが、ハンドグリップトレーニング及びレジスタンス運動は回数を増やすことで運動強度を高めて実施した。具体的には、ハンドグリップトレーニングは片手連続20回ずつ、レジスタンス運動はスクワットを15回、フロントランジ、サイドランジは片足10回ずつ計20回とした。再介入時、再介入1か月後及び2か月後に体力テストを、再介入2か月後に体組成測定を実施して身体組成及び体力の変化を調べるとともに、運動の継続性に関して評価を行った。

3. 評価項目と測定方法

3-1. 体組成測定、骨格筋指数の算出

体組成はマルチ周波数体組成計(MC-780 A-N マルチ周

波数体組成計 ポータブルタイプ、株式会社タニタ、東京）を使用して、体重、BMI、体脂肪率、脂肪量、除脂肪量、筋肉量、体水分量、基礎代謝量、筋肉総合評価（体幹部、右腕、左腕、右脚及び左脚の筋肉量）を測定した。また、本研究の対象者は若年健常女性であるが、四肢の筋肉量（kg）を身長²（m²）で除した骨格筋指数（Skeletal Muscle Mass Index; SMI）を算出し、骨格筋量の低下、サルコペニアリスクの有無を調べた。本研究では生体電気インピーダンス法（bioelectrical impedance analysis ; BIA 法）にて筋肉量を計測しているため、AWGS 2019（Asian Working Group for Sarcopenia: 2019）によるサルコペニア診断基準に基づき、SMIが女性 5.7 kg/m² 未満で「低骨格筋量」と判定した¹⁸⁾。

3-2. 体力テスト

AWGS 2019 にて地域・プライマリケア現場でも測定可能な評価項目としても定められている握力測定（筋力の評価）と5回椅子立ち上がりテスト（身体機能の評価）を実施した¹⁸⁾。握力測定はデジタル握力計（グリップ-D（デジタル握力計）スメドレー式、竹井機器工業株式会社、新潟）を使用し、左右交互に2回ずつ計測し、左右それぞれの最大値の平均値を測定値として評価した。5回椅子立ち上がりテストは高さ40 cm程度の丸椅子に腕を胸の前で組み、両膝は握りこぶし1つ分開いた状態で浅く腰掛け、測定者の合図で両膝が完全に伸展するまでまっすぐに立ち上がり、できる限り速く座位姿勢に戻り、再び立つ動作を5回繰り返した。立ち上がり動作の開始から5回目に椅子に座るまでの所要時間をストップウォッチで計測し評価した。AWGS 2019によるサルコペニア診断基準に基づいて、握力が女性18 kg 未満で「低筋力」、5回椅子立ち上がりテストのタイムが12秒以上で「低身体機能」と判定した¹⁸⁾。

3-3. 運動の遵守率と運動強度

研究1、2ともに被験者に運動チェックシートを配布し、朝食後及び夕食後の運動の実施の有無を毎日記録させた。ハンドグリップトレーニングは「毎日実施できた」を100%、有酸素運動（ラジオ体操第一・第二）及びレジスタンス運動は「週3日以上実施できた」を100%として遵守率を評価した。運動強度（%HRR）は、カルボーネンの式；運動強度 = (運動終了時心拍数 - 安静時心拍数) / (最大心拍数 - 安静時心拍数)^{19, 20)} を用いて、有酸素運動及びレジスタンス運動終了後の心拍数から被験者一人ひとり個別に算出した。被験者は介入時（研究1）、再介入時（研究2）にそれぞれ1回ずつ実験室を訪れ、スマートウォッチ（HUAWEI Band 4, Huawei Technologies Co., Ltd. 2019. China）を装着し

30分間座位で安静後、安静時心拍数を測定した。その後、実験室にて有酸素運動（ラジオ体操第一・第二）、レジスタンス運動（スクワット、フロントランジ、サイドランジ）を実施し、運動終了直後の心拍数を測定した。レジスタンス運動の反復回数は各期間に指示した回数と同様に実施した。安静時心拍数及び各運動終了直後の心拍数を用いてカルボーネンの式よりそれぞれの運動強度を算出した。また、自重負荷によるレジスタンス運動の負荷量を示すため²¹⁾ ボルグスケール²²⁾ を用いてレジスタンス運動終了時の主観的強度の判定も行った。

4. 統計処理

本研究は介入時及び再介入時を基準として、ダネット検定により研究1では介入1、2か月後、研究2では再介入1、2か月後の全てのデータを解析し、介入時あるいは再介入時からの変化を調べた。数値は平均値±標準偏差または標準誤差で示した。本研究は有意水準 $p < 0.05$ で有意差があると判断した。統計ソフトはSPSS (IBM SPSS Statistics28, SPSS Japan Inc. 東京) を用いた。

結果

1. 被験者背景

研究1に参加した18名、引き続き研究2に参加した9名の被験者の背景を表1に示す。若年健常女性を対象としたため、収縮期及び拡張期血圧、空腹時血糖値、HbA1cはいずれも正常範囲であった。体組成に関する項目では、BMI 18.5 kg/m² 未満で、AWGS 2019のサルコペニア診断基準¹⁸⁾ 「低骨格筋量；SMI 5.7 kg/m² 未満」に当てはまる者が1名みられたが、「低筋力；握力18 kg 未満」及び「低身体機能；5回椅子立ち上がりテスト12秒以上」に該当する者はみられなかった。

2. 研究1

運動介入開始から1か月目（ハンドグリップトレーニング：87.5 ± 12.0%、ラジオ体操：83.3 ± 31.2%、レジスタンス運動：88.9 ± 19.0%、いずれも平均値±標準偏差）および2か月目（それぞれ84.7 ± 13.9%、80.6 ± 32.9%、84.7 ± 27.8%）の各運動の平均遵守率はいずれも80%以上と比較的良好であった。図3に平均握力（図3左）と椅子立ち上がりテストのタイム（図3右）の推移を示した。握力は介入時と比較して1か月後、2か月後ともに有意な変化はみられなかったが、椅子立ち上がりテストのタイムは2か月後に有意に改善した。また、介入から2か月後に測定した体組成の結果、右脚筋肉量に有意な減少がみられたが、体重や全身筋肉量、SMIに有意な変化はみられなかった（表

表 1 健常被験者背景

	研究 1 (n = 18)	研究 2 (n = 9)
性別 (男性/女性)	0 / 18	0 / 9
年齢 (歳)	21.4 ± 0.8	21.6 ± 1.0
身長 (cm)	158.7 ± 4.0	159.0 ± 2.6
体重 (kg)	51.0 ± 4.5	51.0 ± 5.4
BMI (kg/m ²)	20.3 ± 1.9	20.2 ± 2.2
体脂肪率 (%)	27.1 ± 3.3	26.3 ± 3.8
脂肪量 (kg)	13.9 ± 2.4	13.5 ± 2.8
除脂肪量 (kg)	37.2 ± 3.2	37.5 ± 3.8
筋肉量 (kg)	35.1 ± 2.9	35.3 ± 3.5
SMI (kg/m ²)	6.8 ± 0.6	6.8 ± 0.8
握力 (kg)	25.5 ± 4.2	26.8 ± 4.7
5 回椅子立ち上がりテスト (秒)	7.0 ± 1.5	6.7 ± 0.8
収縮期血圧 (mmHg)	101.2 ± 7.7	101.3 ± 8.2
拡張期血圧 (mmHg)	64.4 ± 6.7	62.6 ± 7.2
空腹時血糖値 (mg/dL)	88.7 ± 5.5	85.4 ± 5.5
HbA1c (%)	5.2 ± 0.2	5.2 ± 0.2
糖尿病の家族歴 (人)		
父親	0	0
母親	0	0
祖父	4	0
祖母	4	2
なし	10	7

平均値±標準偏差, または n. BMI: Body Mass Index, SMI: Skeletal Muscle mass Index.

表 2 研究 1 体組成測定の変化 (n = 18)

	ベースライン	2 か月後
体重 (kg)	51.0 ± 4.5	50.9 ± 4.5
BMI (kg/m ²)	20.3 ± 1.9	20.3 ± 1.9
体脂肪率 (%)	27.1 ± 3.3	27.1 ± 3.3
脂肪量 (kg)	13.9 ± 2.4	14.0 ± 2.6
除脂肪量 (kg)	37.2 ± 3.2	37.1 ± 2.7
筋肉量 (kg)	35.1 ± 2.9	35.0 ± 2.5
体水分量 (kg)	25.8 ± 2.5	25.7 ± 2.5
基礎代謝量 (kcal)	1154 ± 88	1148 ± 81
体幹部筋肉量 (kg)	17.9 ± 1.6	18.1 ± 1.3
右腕筋肉量 (kg)	1.6 ± 0.2	1.5 ± 0.2
左腕筋肉量 (kg)	1.5 ± 0.2	1.5 ± 0.2
右脚筋肉量 (kg)	7.1 ± 0.6	6.9 ± 0.6 *
左脚筋肉量 (kg)	7.0 ± 0.6	6.9 ± 0.5
SMI (kg/m ²)	6.8 ± 0.6	6.7 ± 0.5

平均値±標準偏差. BMI: Body Mass Index, SMI: Skeletal Muscle mass Index. 介入時 vs. 2 か月後 *p < 0.05.

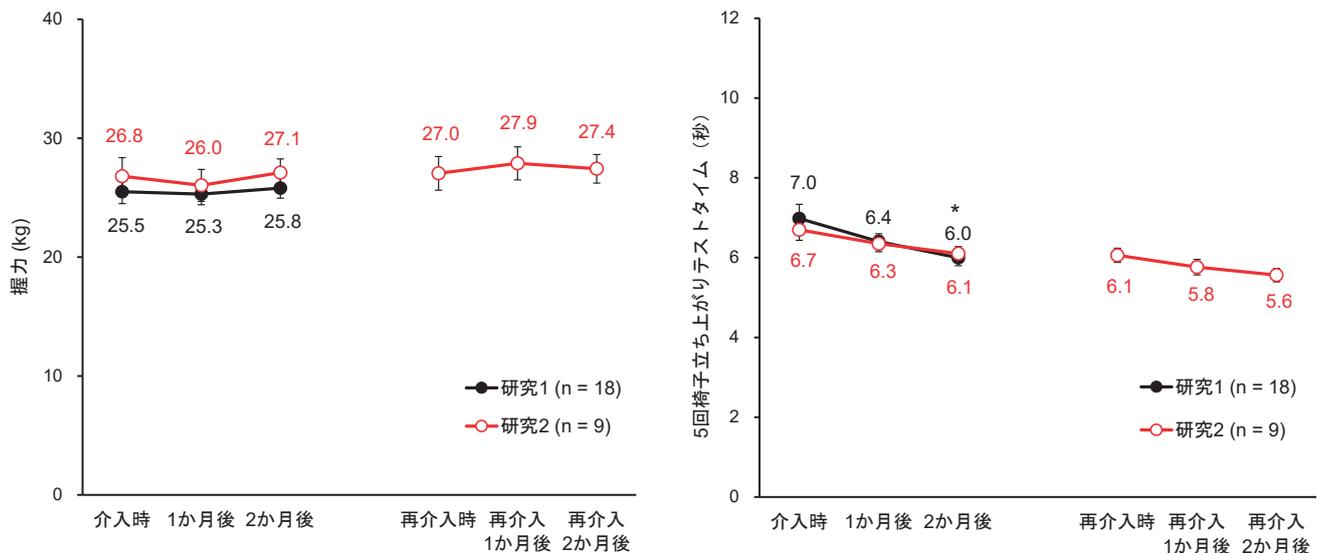


図 3 被験者の平均握力 (左) および椅子立ち上がりテストの平均タイム (右) の推移。黒線が研究 1 (n = 18) の介入時から 2 か月後までの変化を, 赤線が研究 2 (n = 9) の介入時から再介入 2 か月後までの変化を示す。研究 1 介入時 vs. 1, 2 か月後 (n = 18) *p < 0.05.

2)。介入時に研究室にて測定した各運動の平均運動強度は、ラジオ体操：21.0 ± 10.4%HRR, スクワット：21.0 ± 9.0%HRR, フロントランジ：23.2 ± 9.6%HRR, サイドランジ：22.0 ± 10.4%HRR であった。また、自重負荷によるレジスタンス運動の主観的運動強度は、スクワット：12.4 ± 2.2, フロントランジ：11.0 ± 2.1, サイドランジ：10.0 ± 1.8 であり、「楽である」と感じる強度であった。

3. 研究2

再介入後は運動強度を高めるよう指示したにも関わらず、再介入1か月目（ハンドグリップトレーニング：91.9 ± 12.7%, ラジオ体操：94.4 ± 15.7%, レジスタンス運動：97.2 ± 7.9%）、2か月目（それぞれ90.5 ± 14.3%, 91.7 ± 11.8%, 86.1 ± 17.1%）ともに各運動の遵守率は85%以上と良好であった。体力テストの結果、平均握力は初期介入時（研究1）に有意な変化は認められず、再介入1か月後に握力向上の兆しはみられたが有意な変化ではなかった（図3左）。また、椅子立ち上がりテストの平均タイムは初期介入時には有意な改善は認められなかったが、再介入時と比較して再介入2か月後に改善傾向にあった（図3右）。介入時から2か月後、再介入2か月後の体重、脂肪量に有意な変化はみられなかったが、再介入2か月後の筋肉量、SMIは介入時と比較して有意に低値を示した（表3）。再介入時のレジスタンス運動の平均運動強度は、スクワット：29.4 ± 11.3%HRR, フロントランジ：29.2 ± 8.9%HRR, サイドランジ：32.9 ± 10.5%HRR, 主観的運動強度はスクワット：12.3 ± 1.2, フロントランジ：12.2 ± 0.8, サイドランジ：11.9 ± 0.7 であった。

表3 研究2 体組成測定結果 (n=9)

	ベースライン	2か月後	再介入2か月後
体重 (kg)	51.0 ± 5.4	50.6 ± 5.5	50.5 ± 5.5
BMI (kg/m ²)	20.2 ± 2.2	20.2 ± 2.3	20.0 ± 2.3
体脂肪率 (%)	26.3 ± 3.8	26.4 ± 3.9	27.1 ± 3.7
脂肪量 (kg)	13.5 ± 2.8	13.6 ± 3.1	13.8 ± 3.1
除脂肪量 (kg)	37.5 ± 3.8	37.3 ± 3.2	36.7 ± 3.1 †
筋肉量 (kg)	35.3 ± 3.5	35.2 ± 2.9	34.6 ± 2.8 †
体水分量 (kg)	25.9 ± 3.0	26.1 ± 2.8	25.5 ± 2.7
基礎代謝量 (kcal)	1160 ± 107	1154 ± 96	1138 ± 92
体幹部筋肉量 (kg)	18.0 ± 2.0	18.6 ± 1.4	18.3 ± 1.4
右腕筋肉量 (kg)	1.6 ± 0.3	1.6 ± 0.2	1.5 ± 0.2
左腕筋肉量 (kg)	1.5 ± 0.3	1.5 ± 0.2	1.5 ± 0.2
右脚筋肉量 (kg)	7.1 ± 0.7	6.8 ± 0.7 *	6.6 ± 0.6 ††
左脚筋肉量 (kg)	7.1 ± 0.7	6.8 ± 0.6	6.6 ± 0.6 †
SMI (kg/m ²)	6.8 ± 0.8	6.6 ± 0.6	6.5 ± 0.6 ††

平均値±標準偏差。BMI: Body Mass Index, SMI: Skeletal Muscle mass Index. 介入時 vs. 2か月後 *p < 0.05, 介入時 vs. 再介入2か月後 †p < 0.05, ††p < 0.01.

考察

本研究では、若年健常女性において有酸素運動とレジスタンス運動を組み合わせた運動介入の結果、研究1において介入時と比較して介入2か月後の立ち上がりテストのタイムが有意に速くなり、短時間かつ低強度の運動であっても下肢筋機能の向上につながる可能性が示唆された。さらに、研究2においては有意な変化は認められなかったものの再介入1か月後に握力向上の兆しが見られ、再介入2か月後の立ち上がりテストのタイムは改善傾向にあった。一方で、再介入2か月後の筋肉量及びSMIは有意な低下が認められた。

筋機能は、筋力 (muscular strength) と筋パワー (muscular power) があり、加齢とともにどちらも低下するが、筋パワーにおける低下率が大きいことが分かっている^{23, 24}。下肢筋力の低下は日常生活動作 (Activities of Daily Living; ADL) の低下を招き、さらに筋パワーは歩行動作や階段昇降の動作の遂行に重要である²⁵ ほか、筋パワーは死亡率と関連することも示唆されている²⁶。このことから、本研究においてAWGS 2019サルコペニア診断基準¹⁸の身体機能評価項目である5回椅子立ち上がりテストのタイムが有意に速くなったことは注目すべき点ではあるが、立ち上がりテストによる時間指標や回数指標は下肢筋の力学的な筋機能を評価しておらず、筋パワーの指標を算出し、筋力だけでなく筋パワーも含めた評価が今後求められる²³。また、研究2において再介入2か月後の立ち上がりテストのタイムが改善傾向にあったことは、被験者が少ないことから有意傾向がみられたと考えられるため、今後、被験者数を増やしての検討が必要である。

一方、全身の筋肉量及びSMIは有意な低下がみられた。比較的ゆっくりとしたスピードで行うスロートレーニングであっても通常速度での高負荷トレーニングと同等の筋肥大が得られるとの報告もあるが²⁷、本研究において筋肉量が低下した理由は、主にレジスタンス運動の強度がやや低かったことが関係していると考えられる。レジスタンストレーニングの強度 (負荷量) を示す最大反復回数 (Repetition Maximum; RM) の60~70%程度の負荷で15~20回反復する運動により筋力増強、筋肥大が期待される。運動強度%1RMはボルグスケールによって予測できることが示唆されており、ボルグスケール「13: ややきつい」が50%1RMに、「17: かなりきつい」が70%1RMに相当した²¹。本研究のレジスタンス運動の自覚的運動強度 (ボルグスケール) は11~12であったことから、筋肥大にはつながらなかった可能性がある。また、運動強度の判定は介入時及び再介入時のそれぞれ1日ずつしか行っておらず、介入期間中も同

程度の運動強度を維持できていたかは不明である。さらに、体組成測定の前測条件が統一できていないことによる影響も考えられる。体成分分析は体水分量及び分布の変動を受けやすく、さらに室温差によってインピーダンス値そのものが変動し、体組成値も変動することが示唆されており、統一した環境下での測定が望ましい²⁸⁾。

握力は研究1の負荷では変化がみられず、研究2の負荷でも有意な向上は認められなかった。先行研究では、等尺性ハンドグリップトレーニングによって握力が増加したと報告されている²⁹⁾。等尺性ハンドグリップトレーニングは、最大随意収縮力(maximal voluntary contraction; MVC)の30%程度の負荷のグリップを、①立位で2分間握り続け、②手を開いて1分間休む、③反対の手に持ち替えて2分間握り続け、④手を開いて1分間休む、を1セットとして1日4セット、少なくとも週3日、8週間行われた。本研究では70%MVCと先行研究より高強度のグリップを使用した。握力は変化しづらかったことから、単なる反復運動で回数を増やし強度を高めるのではなく、等尺性ハンドグリップトレーニングを取り入れるなど、実施方法の再検討が必要と考える。

糖尿病における運動療法は食事療法に比べて遵守度が低いことが明らかとなっている。米国の糖尿病成人患者を対象とした調査では、米国糖尿病協会(American Diabetes Association; ADA)にて推奨される身体活動量「150分/週以上の中等度の有酸素運動を3日/週以上」を達成している患者はわずか28.2%であり¹¹⁾、Ofstedalらの研究によると約半数の人は食事療法を6~7日/週遵守しているにもかかわらず、毎日運動を行っている人は10%未満であったと報告されている¹²⁾。日本の糖尿病外来患者に対する調査においても、約30%の患者が指示された運動療法を実施しておらず、「時間が無い」「やる気が出ない」といった理由が目立った³⁰⁾。令和5年「国民健康・栄養調査」の結果によると、運動習慣のある者の割合は男性36.2%、女性32.1%といずれも健康日本21(第三次)の目標値である40%に満たない状況である³¹⁾。運動習慣改善の意思について「関心はあるが改善するつもりはない」と回答した者の割合が最も高く、運動習慣定着の妨げとなっている点として、男女ともに「仕事(家事や育児等)が忙しくて時間が無いこと」「面倒くさいこと」「年を取ったこと」が多かった³²⁾。これらのことより、日常生活の中で実践しやすいように短時間、低強度、細切れの時間ででき、かつ運動器具を必要としないなど、だれもが取り組みやすく、安全で習慣的に継続できる運動療法を提案していく必要がある。本研究はこれらの点を考慮した運動を2か月ずつ実施し、80%以上の遵守率を得ることができた。この遵守率は、設定した運動頻度

(週3回以上)にてできる範囲で取り組むよう指示したうえで得られたものであり、実際には被験者の約7割は週3回以上実施していた。しかし、2か月間は長期期間とするには短いことから、6か月、12か月と継続介入し、遵守率、身体組成及び体力に及ぼす影響を検討するべきであると考えられる。

本研究結果より、筋肉量の維持、筋力の増大、筋パワーの向上をもたらすためには、さらに長期的に運動介入を行い、被験者一人ひとりに合わせた定期的な運動強度の確認及び見直しを行う必要があると言える。運動習慣のない若年女性を対象に最大酸素摂取量の50%で1日30分、週4日、8週間にわたる運動トレーニングを実施した研究では、体組成に変化はなく、基礎代謝量はトレーニング前よりも低下し、生活活動での睡眠時間の増加や活動量の減少がみられたことから³³⁾、運動習慣のない者に継続した運動介入を行うことは困難であり、個々に合わせた継続可能な無理のない運動処方重要である。また、日本の若年者は深刻な身体活動不足であり、日本の20歳代女性の運動習慣のある者の割合はわずか14.5%である³¹⁾。若年者は高齢者よりも食事と運動の影響を受けて筋肉量と筋力が増加する可能性が高いことから³⁴⁾、早期の介入やサポートが必要と考える。

さらに、近年日本においては若年女性のやせの増加も健康問題の一つである。令和5年「国民健康・栄養調査」の結果によると、女性のやせの者(BMI<18.5 kg/m²)の割合は12.0%であり、20~30歳代では20.2%であった³¹⁾。成人女性のやせの割合が日本と同等あるいはそれ以上の割合を示す国はほとんどが発展途上国であり、欧米の先進国では1~3%であることから、日本における女性のやせの割合の高さは特異なものである³⁵⁾。低体重の者では、体脂肪の減少だけでなく筋肉量の減少も懸念されるため、中年期以降のサルコペニアやフレイル、骨粗鬆症、さらには2型糖尿病のリスク因子と考えられている³⁴⁾。また、日本の20歳代のやせ女性では同年代の標準体重の女性と比べて耐糖能異常の割合が約7倍高かったことが報告されている^{36, 37)}。さらに、妊娠前にやせであった妊婦は低出生体重児の出産リスクが高く、将来の2型糖尿病や高血圧、心血管疾患リスク増大に関連するため、女性自身の生活習慣予防の観点、さらには次世代の健康のためにも適正体重の維持に向けた運動介入によるサポートが重要である。

本研究にはいくつかの限界点がある。第一に、対照群が存在しないため、得られた結果が本研究の運動介入によるものだと断定できない点である。第二に、運動強度の算出は介入時及び3か月目の1回ずつしか行っておらず、介入期間中の実際の運動強度は不明で介入期間中に個別の

フォローアップが行えていなかった。今後は被験者にウェアラブルスマートウォッチを装着させ、被験者自身が運動時の心拍数を常にモニタリングし、運動強度の継続した確認と見直しが必要であると考え。第三に、研究2では2か月の夏季休暇のため運動介入再開が休暇後になり、継続した運動介入の結果が得られなかった。今後は休暇中であつても介入研究を継続できるように検討する必要がある。第四に、食事調査を行っておらず、エネルギーやたんぱく質の摂取量、食欲、朝食等の欠食頻度などが不明であつた。食事は運動/身体活動と同様に筋タンパク質合成と相関があることから³⁸⁾、今後は食習慣の調査も行うべきであると考え。第五に、体組成測定の見測条件を整えていないことにより測定誤差が生じている可能性がある。BIA法を採用している体組成計では、体温や体内の水分の状態、計測姿勢、さらには室温などから影響を受ける。起床後・食事後・入浴後3時間以上経過してから、同じ時間帯に測定を行うことが推奨されている。本研究では計測の時間帯を統一していなかったため、今後は計測の時間帯、タイミングといった測定条件を統一させる必要があると考える。

結論

運動習慣のない者や、高齢の2型糖尿病でも安全に継続しやすい運動療法のパイロット研究として、若年健常女性を対象に、5~10分間の短時間かつ低強度(30%HRR)の食後運動を2か月間継続し、身体組成及び体力に与える影響と継続性を検討した。その結果、若年健常女性において短時間かつ低強度の運動を2か月間継続することで、下肢筋機能の向上につながる可能性が示唆された。また、本研究で着目した運動の継続性に関して、遵守率は80%以上と良好であつた。今後は定期的な運動強度の確認及び被験者一人ひとりに合わせたフォローアップを行い、より効果的な運動の内容や運動強度の検討、及び、より長期的に運動を継続した場合の身体組成、体力に与える影響と継続性を調べる必要があると考える。

謝辞

本研究にご協力くださいました京都女子大学の学生の皆様に感謝申し上げます。

なお、本研究は京都女子大学研究経費助成の助成を受けて実施いたしました。

利益相反

本研究において利益相反に相当する事項はない。

参考文献

- 1) IDF Diabetes Atlas 10th edition, Diabetes around the world in 2021. <https://diabetesatlas.org/> (アクセス日: 2025年1月17日)
- 2) Boehringer Ingelheim HCP Portal: 最新版 IDF Diabetes Atlas に見る世界の糖尿病の現状. <https://pro.boehringer-ingelheim.com/jp/product/trazenta/current-state-of-diabetes-from-idf-diabetes-atlas> (アクセス日: 2025年1月17日)
- 3) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al.: Is osteoporosis a predictor for future sarcopenia or vice versa? Four-year observations between the second and third ROAD study surveys. *Osteoporos Int.* 2017, 28 (1) : 189-199. doi: 10.1007/s00198-016-3823-0.
- 4) Yoshida D, Suzuki T, Shimada H, et al.: Using two different algorithms to determine the prevalence of sarcopenia. *Geriatr Gerontol Int.* 2014, 14 (Suppl 1): 46-51. doi: 10.1111/ggi.12210.
- 5) Wang T, Feng X, Zhou J, et al.: Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risks of sarcopenia and pre-sarcopenia in Chinese elderly. *Sci Rep.* 2016, 6: 38937. doi: 10.1038/srep38937.
- 6) Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, et al.: Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes Care.* 2007, 30 (6) : 1507-1512. doi: 10.2337/dc06-2537.
- 7) Park SW, Goodpaster BH, Lee JS, et al.: Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2009, 32 (11) : 1993-1997. doi: 10.2337/dc09-0264.
- 8) Kaga H, Tamura Y, Someya Y, et al.: Prediabetes is an independent risk factor for sarcopenia in older men, but not in older women: the Bunkyo Health Study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2022, 13 (6) : 2835-2842. doi: 10.1002/jcsm.13074.
- 9) Tajima T, Kaga H, Someya Y, et al.: Low Handgrip Strength (Possible Sarcopenia) With Insulin Resistance Is Associated With Type 2 Diabetes Mellitus. *J Endocr Soc.* 2024, 8 (3) : bvae016. doi: 10.1210/jendso/bvae016.
- 10) Argyropoulou D, Geladas ND, Nomikos T, et al.: Exercise and Nutrition Strategies for Combating Sarcopenia and Type 2 Diabetes Mellitus in Older Adults. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2022, 7 (2) : 48. doi: 10.3390/jfkmk7020048.

- 11) Resnick HE, Foster GL, Bardsley J, et al.: Achievement of American Diabetes Association clinical practice recommendations among U.S. adults with diabetes, 1999-2002: the National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes Care*. 2006, 29 (3) : 531-537. doi: 10.2337/diacare.29.03.06.dc05-1254.
- 12) Oftedal B, Bru E, Karlsen B: Motivation for diet and exercise management among adults with type 2 diabetes. *Scand J Caring Sci*. 2011, 25 (4) : 735-744. doi: 10.1111/j.1471-6712.2011.00884.x.
- 13) 橘田薫, 樋口友紀, 梶山静夫, ほか: 若年健常女性における短時間・低強度の食後運動が血糖値に及ぼす影響；無作為化比較クロスオーバー試験. *京都女子大学食物学会誌*. 2025, 79: 1-10.
- 14) 日本糖尿病学会：糖尿病診療ガイドライン 2024, 日本糖尿病学会編, 東京, 南江堂, 2024.
- 15) 慶應スポーツ SDGs：ラジオ第一・第二, <https://youtu.be/RNIB93CuwOI?si=uNTq43b-mbK-a6bF> (アクセス日：2025年1月17日)
- 16) Kimura T, Okamura T, Iwai K, et al.: Japanese radio calisthenics prevents the reduction of skeletal muscle mass volume in people with type 2 diabetes. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2020, 8 (1) : e001027. doi: 10.1136/bmjdr-2019-001027.
- 17) 国立健康・栄養研究所：改訂版「身体活動のメッツ (METs) 表」 <https://www.nibiohn.go.jp/eiken/programs/2011mets.pdf> (アクセス日：2025年1月17日)
- 18) 荒井 秀典：サルコペニア診療ガイドライン. *日本内科学会雑誌*. 2020, 109 (10) : 2162-2167. doi.org/10.2169/naika.109.2162.
- 19) 和田正信, 松永智：勝田茂 編著, 入門運動生理学 第4版, 東京, 杏林書院, 2015, p.114-128.
- 20) 正保哲, 洲崎俊男, 出口清喜, ほか：Karvonen法による運動負荷強度における生体反応. *理学療法科学*. 2011, 26 (1) : 33-39, <https://doi.org/10.1589/rika.26.33>.
- 21) Tiggemann CL, Pietta-Dias C, Schoenell MCW, et al.: Rating of Perceived Exertion as a Method to Determine Training Loads in Strength Training in Elderly Women: A Randomized Controlled Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021, 18 (15) :7892. doi: 10.3390/ijerph18157892.
- 22) 小野寺孝一, 宮下充正：全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性. *体育学研究*. 1976, 21:191-203.
- 23) 高畑哲郎, 矢倉千昭, 岡真一郎, 曾田武史, 山本圭彦：健常若年女性における椅子立ち上がりパワー指標と等速性膝伸展力との関係. *理学療法科学*. 2012, 27 (2) : 119-122.
- 24) 長澤弘：日常生活活動と筋力. *理学療法科学*. 2003, 18 (1) : 7-13.
- 25) 木村瑞生, 山本正彦：下肢筋パワーが階段上りの心拍数に及ぼす影響. *東京工芸大学工学部紀要*. 2012, 35 (1) : 1-5.
- 26) Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit RA: Arm-cramping muscle power and arm isometric muscle strength are independent predictors of all-cause mortality in men. *J Appl Physiol* (1985) . 2004, 96 (2) : 814-821. doi: 10.1152/jappphysiol.00370.2003.
- 27) Watanabe Y, Tanimoto M, Ohgane A, Sanada K, Miyachi M, Ishii N: Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. *J Aging Phys Act*. 2013, 21 (1) : 71-84. doi: 10.1123/japa.21.1.71.
- 28) 福山由美子, 西山久美子, 浦田秀子, ほか：生体電気インピーダンス法による体脂肪測定値に対する皮膚温の影響. *長崎大学医療技術短期大学部紀要*, 1994; 7, 141-144.
- 29) Nemoto Y, Satoh T, Takahashi T, Hattori T, Konno S, Suzuki S, Sakihara S, Munakata M: Effects of Isometric Handgrip Training on Home Blood Pressure Measurements in Hypertensive Patients: A Randomized Crossover Study. *Intern Med*. 2021, 60 (14) : 2181-2188. doi: 10.2169/internalmedicine.5865-20.
- 30) Kamiya A, Ohsawa I, Fujii T, et al.: A clinical survey on the compliance of exercise therapy for diabetic outpatients. *Diabetes Res Clin Pract*. 1995, 27 (2) : 141-145. doi: 10.1016/0168-8227 (95) 01032-9.
- 31) 厚生労働省：令和5年国民健康・栄養調査, 結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001338334.pdf> (アクセス日：2025年1月17日)
- 32) 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査, 結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf> (アクセス日：2025年1月17日)
- 33) 松枝秀二, 小野章史, 松本義信, ほか：8週間の低強度有酸素運動が運動習慣のない若年女性の体組成と基礎代謝量に与える影響. *栄養学雑誌*. 2001, 59 (5) : 233-239.
- 34) Kusakabe T, Arai H, Yamamoto Y, et al.: Cross-sectional association of skeletal muscle mass and strength with dietary habits and physical activity among first-year university students in Japan: Results from the KEIJI-U study.

Nutrition. 2024, 118: 112265. doi: 10.1016/j.nut.2023.112265.

- 35) 吉池信男, 小山達也, 三好美紀: 国内外の女性のやせの動向. 肥満研究. 2018, 24 (1) : 16-21.
- 36) 長島由佳: 日本における若年女性のやせに関する諸問題—生活習慣病を中心に—. 慶應保健研究. 2023, 41 (1) : 071-076.
- 37) Sato M, Tamura Y, Nakagata T, Someya Y, Kaga H, Yamasaki N, Kiya M, Kadowaki S, Sugimoto D, Satoh H, Kawamori R, Watada H: Prevalence and Features of Impaired Glucose Tolerance in Young Underweight Japanese Women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2021, 106 (5) : e2053-e2062. doi: 10.1210/clinem/dgab052.
- 38) Breen L, Phillips SM: Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: Interventions to counteract the 'anabolic resistance' of ageing. *Nutr Metab (Lond)* . 2011, 8: 68. doi: 10.1186/1743-7075-8-68.

Effect of a postprandial-short-duration, low-intensity postprandial exercise on body composition and physical function in healthy young women

Kaoru Kitta^{1,2*}, Yuki Higuchi¹, Takashi Miyawaki³, Shizuo Kajiyama^{4,5}, Shintaro Kajiyama⁴, Saeko Imai³

¹ Department of Food and Nutrition, Graduate School of Home Economics, Kyoto Women's University, Kyoto, Japan

² Sankokai Kitayama Hospital, Kyoto, Japan

³ Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics, Kyoto Women's University, Kyoto, Japan

⁴ Kajiyama Clinic, Kyoto, Japan

⁵ Department of Endocrinology and Metabolism, Graduate School of Medical Science, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto, Japan

Abstract

Objective: As a pilot study for individuals with type 2 diabetes this study investigated the effects of short-duration, low-intensity postprandial exercise on body composition and physical fitness in healthy young women.

Methods *Study 1:* Eighteen young women performed postprandial exercise 30 minutes after breakfast and dinner for two months. Changes in body composition, handgrip strength, and the time required for a five-time sit-to-stand test were evaluated before and after the intervention. To improve grip strength, handgrip training was performed twice daily. In addition, aerobic exercise (Radio calisthenics 1 & 2) was conducted at least three times per week after breakfast, and resistance exercises were performed three times per week after dinner. Exercise intensity was set at 30% of heart rate reserve. *Study 2:* After the vacation period, 9 of the 18 participants from Study 1 continued the same exercise regimen for an additional two months, and their physical fitness and body composition were re-evaluated. In the latter half, exercise intensity was adjusted by increasing handgrip resistance and the number of repetitions for resistance training.

Results: Exercise adherence exceeded 80% in both studies. The time for the five-time sit-to-stand test significantly improved after 2 months compared to baseline in Study 1. However, no significant changes were observed in handgrip strength in both Study 1 and 2. In contrast, skeletal muscle mass index showed a decrease.

Conclusion: These findings suggest that even short-duration, low-intensity combined aerobic and resistance exercise can improve lower limb muscle function in healthy young women.

Key words: exercise, short-time, low-intensity, grip strength, Skeletal muscle mass, body composition