6ヶ月間のサーキットジムの利用が中高齢女性の筋・脂肪横断面積と筋力に及ぼす影響

田辺 解¹, 方 恩知², 桜井 祐子², 横山 典子², 千々木 祥子², 齋藤 光³,
津田 瞳美³, 齋藤 直美⁴, 久野 譜也²

The effect of 6-month use of circuit gym on muscle and fat cross-sectional area and muscle strength in middle and older-aged women

Kai Tanabe¹, Eunji Bang², Yuko Sakurai², Noriko Yokoyama², Shoko Chijiki², Hikaru Saito³,
Hitomi Tsuda³, Naomi Saito⁴ and Shinya Kuno²

¹駒沢女子大学人間健康学部健康栄養学科, 〒206-8511 東京都稲城市坂浜238 (*Faculty of Human Health Department of Health and Nutrition Sciences, Komazawa Women's University, 238 Sakahama, Inagi, Tokyo 206-8511, Japan*)

²筑波大学大学院人間総合科学研究科, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

³株式会社カーブスジャパン, 〒108-0023 東京都港区芝浦3-9-1 (*Curves Japan Co., Ltd, 3-9-1 Shibaura, Minato, Tokyo 108-0023, Japan*)

⁴株式会社つくばウェルネスリサーチ, 〒211-8519 千葉県柏市若柴178-4 (*Tsukuba Wellness Research Co., Ltd, 178-4 Wakashiba, Kashiwa, Chiba 211-8519, Japan*)

Received: March 15, 2018 / Accepted: June 20, 2018

Abstract This study examined the effects of a 6-month circuit gym workout on muscle and fat cross-sectional area (CSA) and muscle strength in middle-aged and older women. The participants were 49 women without severe metabolic disease, exercise limitation, or exercise habits. They were randomly assigned to two groups, circuit gym using group (CRT: n = 25) and walking group (WALK: n = 24). Both groups followed the exercise program for 6 months. Thigh and abdominal CSA before and after the program were measured using magnetic resonance imaging. Moreover, knee extensor/flexor and hip flexor strength were measured using a dynamometer. After completion of the exercise program, CSA of the psoas major muscle and isokinetic knee and hip flexion strength significantly increased in the CRT group compared with the WALK group (CSA: 7.1% vs 1.4% respectively; isokinetic strength: 7.5% vs -4.3% (knee), 23.6% vs 2.2% (hip), respectively). In addition, subcutaneous adipose tissue of the thigh in the CRT group significantly decreased compared with that in the WALK group (-6.5% vs -1.8%, respectively). These results imply that in middle-aged and older women, the use of circuit gym leads to a more effective increase in CSA of the psoas major muscle, decrease in thigh subcutaneous adipose tissue, and increase in knee and hip flexor strength compared with brisk walking.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 67(4): 281-290 (2018)

Keywords : circuit-based exercise, walking, randomized controlled trial

緒 言

世界に先がけて超高齢社会をむかえる我が国では、いかに多くの国民が健康寿命を伸ばし、生活の質を高めるかが重要課題として位置づけられている。運動を中心とした健康づくりは、生活習慣病予防や介護予防に効果があり、健康寿命の延伸につながるとされるが、運動を習慣化できている国民は多くないのが現状である¹⁾。運動の実行に障壁となる要因は、時間がない、激しい運動が嫌い、または運動施設へのアクセスが不便などがあげられ²⁾、これらの障壁を越えやすいプログラム、サービス

あるいは環境づくりが求められている。

高齢者の生活習慣病予防や介護予防には、有酸素性運動だけでなく抵抗性運動（筋力や筋量の維持・増加を目的に筋へ一定の負荷をかけて行う運動）やストレッチを含めた複合的な運動を習慣的に行うことが20年前から推奨されてきた³⁾。中でも筋力・筋量の維持・増加を主な目的として行う抵抗性運動トレーニングは、2型糖尿病等の代謝性疾患やサルコペニアにともなう運動器疾患リスクの減少に寄与することが明らかとなっている。しかしながら、我が国で週2回以上の抵抗性運動トレーニングを行っている者の割合は3.9%と低く、習慣化しにく

いことが課題とされている⁴⁾。

一方, 我が国では, サーキットジムの利用者がここ数年間で急増している。サーキットジムとは, サーキットトレーニングのサービスに特化したフィットネスクラブのことであり⁵⁾, 主に抵抗性運動, 有酸素性運動及びストレッチを組み合わせた複合的な運動プログラムと実践指導のサービスを利用者に提供している。大規模施設のフィットネスクラブの新規出店数が伸び悩む(2005~2012年で平均28店/年)中で, サーキットジムの新規出店数は毎年一定数増加(平均192店/年)している⁵⁾。本研究で効果検証を行う女性専用サーキットジムは, 会員も指導スタッフも女性限定とし, 30分間で終了するという運動プログラムに加え, 地域のスーパーマーケットの一角で営業するなどアクセスのしやすさも手伝って⁶⁾, 営業開始から11年間で1,760店舗となり, 会員数が79万人に達した⁷⁾。以上のことから, このようなサーキットジムは, より多くの国民が抵抗性運動を含む複合的な運動を習慣化する形態の一つとして有用であると考えられる。

本研究で効果検証を行う女性専用サーキットジム利用者の大半は, 60歳以上の中高齢女性である⁷⁾。女性は男性に比べて筋量が少なく, 体脂肪が多いこと⁸⁾及び運動器の機能低下により要介護となる者の割合が男性よりも高いこと⁹⁾から, サーキットジムの継続的な利用が, 中高齢女性のサルコペニア及び肥満の予防に効果があるかを検証することは有意義であると思われる。

ところで, このサーキットジムでは, 油圧式マシンによる抵抗性運動と有酸素性運動を交互に行うサーキット式コンバインドトレーニングプログラム^{7,10)}を全会員に提供している。これに類似した運動トレーニングの健康増進効果について高齢者を対象に検討した研究はいくつかあり, これまでに持久的体力, 筋力及び筋パワーの増加¹¹⁻¹³⁾, HDLコレステロールの増加や体脂肪の減少^{11,13)}, 認知機能の改善¹⁴⁾, あるいは日常身体活動量の増加¹⁰⁾が報告されている。このような研究の多くは実験室内で研究者の監視の下で実行した運動プログラムの効果を検証したものであるが, 実生活の中で実存するサーキットジムを利用した場合には, 必ずしも同様の効果が得られるとは限らない。なぜならば, 実験室内で行う運動に比べて実生活で行う運動は, その実行にあたり障壁が多くなるためである。このことは, 運動の実行頻度, アドヒアランス, 及び継続率の個人差を広げ, 結果として運動プログラムの効果に違いをもたらす可能性がある。実環境で実験室と同様の効果が得られた場合, その運動プログラムの公衆衛生的インパクトと普及可能性はより高まることから¹⁵⁾, 実存するサーキットジムの利用効果を検討することは意義があると思われる。また, 実際のサーキットジムの利用が筋量, 筋力及び体脂肪に及ぼす影響を検討した研究は非常に少なく¹⁰⁾, 特にMRI (magnetic

resonance imaging) で評価されるような筋・体脂肪横断面積に与える影響を検討した研究は我々の知る限りみられない。MRIは高い精度で筋や体脂肪の多少を身体部位別に評価できる測定手法であり, 目的とした部位に対して選択的に筋肥大や脂肪減少が生じているかを確認できる。したがって, MRIを用いて筋や体脂肪に対するサーキットジム利用効果を詳細に検証することは, 本研究の仮説を明らかにする上で有用な情報を得られると考えられる。

そこで, 本研究では中高齢女性を対象にして, 6か月間のサーキットジムの利用が, 筋・体脂肪横断面積及び筋力に与える影響について明らかにすることを目的とした。なお, 本研究では, ウォーキングのみ行う群を比較対照群とした。ウォーキングは有酸素性運動の代表的な運動で, 我が国の中高齢者において最も広く普及・定着している運動様式である¹⁶⁾。ウォーキングで得られる健康増進効果の大きさを基準として考え, サーキットジムで行う複合的な運動トレーニングの効果を検討することで, その有用性を確認できると考えた。本研究では, 中高齢者におけるサーキットジムの利用は, ウォーキングに比べてより大きな筋横断面積と筋力の増加や体脂肪面積の減少をもたらすと仮説を立て, この仮説を検証した。

方 法

対象者 参加者の募集は, チラシの投函により行い, 募集チラシには, 研究期間中はサーキットジムの利用料がかからないこと及び研究への協力謝金を支払うことを記した。対象者の選定条件は, ①60~85歳の女性, ②心血管系疾患やがんを患っていない者, ③重度疾患がない者, ④安静時血圧が収縮期血圧180 mmHg以上もしくは拡張期血圧110 mmHg以上でない者, ⑤医師に運動を制限されていないまたは禁止されていない者, ⑥要介護1~5の認定を受けていない者, ⑦慢性的な関節痛等で日常生活に支障を来す痛みがない者及び⑧運動習慣がない者とした。応募した147名の内, 上記の条件を満たす51名を研究対象者とした。

対象者には, 研究について紙面及び口頭により十分な説明を行った。その後, 同意書への署名による研究参加の同意を得た。本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科の研究倫理委員会の承認を受けた(課題番号第体25-28号)。

研究デザイン 対象者51名を事前評価時に調査・計測した年齢, BMI, 腹囲, 血圧, 筋力及び歩数をマッチングした上で, 無作為にサーキットジム利用群(CRT群; n=26)とウォーキング群(WALK群; n=25)の2群に分類した。介入期間は, 2013年8月~2014年2月の間の6ヶ月であり, 評価はその前後1ヶ月以内の間に実施し

た。なお、介入期間中に両群で1名ずつ辞退があったため、最終的な分析対象者はCRT群25名とWALK群24名の計49名(70.6±7.4歳, 60-85歳)とした。辞退者2名の辞退の理由は、それぞれ体調不良と長期間の旅行であり、すべて本研究の介入による影響とは関係のないものであった。

介入内容

1. サーキットジム利用(CRT)群

CRT群は、通常営業する東京都内のサーキットジム(カーブス、カーブスジャパン、東京)3店舗のうち自宅に最も近い店舗に週3日の頻度で訪問し、常駐するインストラクターの指導のもと、通常サービスとして提供されるサーキット式コンバインドトレーニングプログラムを6ヶ月間行った。トレーニング内容は、12種類の油圧式マシンによる抵抗性運動(ショルダープレス、チェストバック、バイセップトライセップ、ペックデック、レッグエクステンション、レッグカール、スクワット、ヒップアブダクター、アダクター、レッグプレス、グルート及びアブバック)、ステップボード上で足踏みをする有酸素性運動及びストレッチで構成された^{7,10)}。運動プログラムの流れは、ウォーミングアップとしてストレッチ運動を行った後、抵抗性運動と有酸素性運動をそれぞれ30秒交互に繰り返し、12種の抵抗性運動を全て行うルーティンを2セット行い、最後にクールダウンとしてストレッチ運動を行う形式であった。運動時間は、全て合わせて30分間となるようにした。運動強度は、運動中の心拍数が最大心拍数の60-80%とすることを目標とした。インストラクターは、運動中に対象者自身で手指を使って手首の脈を数えることにより心拍数を計測するよう指示し、目標心拍数の範囲内におさまるよう運動動作の強度(マシンやステップの反復回数)を対象者に調整させた。また、上記運動以外の身体活動量や食事は、介入期間中に大きく変えないよう指示した。

2. ウォーキング(WALK)群

WALK群は、加速度計内蔵歩数計(HJ-730IT, オムロンヘルスケア社製、京都)を腰部に装着し、目標歩数を1週間で達成するウォーキングを6ヶ月間行った。目標歩数は、歩数計でカウントされる4 METs以上かつ10分以上の連続歩行時の歩数(しっかり歩数)が1週間の合計で9,000歩(3,000歩/日×3日/週を目安)となるよう設定した。なお、この目標歩数は、CRT群における1週間の運動量(サーキットジム30分/日×3日/週)とおおよそ同程度になるように設定した。また、上記運動以外の身体活動量や食事は、介入期間中に大きく変えないよう指示した。さらに、WALK群の対象者は、モチベーションの維持・向上のため、月1回の頻度で指定施

設へ来場してもらい、歩行量の確認と専門家による歩行指導を実施した。

測定項目

1. 身体形態と血圧

身体形態は、身長、体重、BMI及び腹囲を測定した。身長は、身長計により0.1 cm単位で測定し、体重は体重体組成計(HBF-354 IT-2, オムロンヘルスケア社製、京都)を用いて0.1 kg単位で測定した。測定された身長と体重からBMI (body mass index [kg/m²])を算出した。腹囲は、立位で軽く息を吐いた時にメジャーを用いて肋骨最下縁と腸骨稜最上部の中間部位の周径囲を0.1 cm単位で3回測定し、それらの平均値を腹囲として採用した。

血圧は、自動電子血圧計(HEM-7250-IT, オムロンヘルスケア社製、京都)を用いて、早朝安静空腹時に3回計測した収縮期・拡張期血圧の各平均値を採用した。

2. 大腿部および腹部横断面積

MRIにより、大腿部と腹部の横断画像を1回撮影し、骨格筋、皮下脂肪、内臓脂肪及び筋間・筋内脂肪の横断面積(CSA: cross-sectional area)を計測した。MRIは、0.25 Tの永久磁石コイル型MR装置(AIRIS mate, 日立メディコ社製、東京)を用いた。MRIの計測条件は先行研究と同一にした^{17,18)}。大腿部は右脚の大転子と外側上顆の50%部位の横断画像を、腹部は腰椎4番と5番の間の椎間板を中心とした横断画像をCSA解析に用いた。大腿部と腹部のCSAの解析は、画像処理ソフトウェア(SliceOmatic, Tomovision, Montreal, Canada)を用いて、画像分析トレーニングを受けた1名の熟練者が1画像につき3回行い、その平均値をCSAとして採用した^{17,18)}。本研究の対象者49名についてCSA解析を各3回行った際の測定変動係数(CV: coefficient of variation)の平均値は大腿筋で±0.24%, 大腿部皮下脂肪で±0.45%, 筋間・筋内脂肪で±0.45%, 腹部皮下脂肪で±0.40%, そして内臓脂肪で±0.57%であった。

3. 筋力

ダイナモメーター(Biodex System 3 Pro, Biodex Medical Systems, Inc., New York, USA)により、等速性筋力と等尺性筋力を測定した。等速性筋力は、膝関節伸展・屈曲筋力(60°/秒, 180°/秒)及び股関節屈曲筋力(60°/秒)を計測した。それぞれ最大努力による筋力発揮を3回行い、出力トルクの最高値を採用した。等尺性筋力は、膝関節伸展・屈曲筋力を各1回計測し、5秒間の最大努力での筋力発揮時における出力トルクの最高値を採用した。なお、等速性及び等尺性膝関節伸展・屈曲筋力の計測は、ダイナモメーターの座席に膝関節90°かつ股関節90°で座った姿勢で行った。いずれも十分な

ウォーミングアップと動作練習を行った上で、本測定を実施した。

4. 身体活動量

身体活動量は、加速度計内蔵歩数計（HJ-730IT, オムロンヘルスケア社製, 京都）を用いて評価した^{19,20)}。CRT群とWALK群の両群に対して、睡眠や入浴時など装着ができない場合を除いた起床から就寝まで歩数計を腰部に装着させ、日常の身体活動量を計測した。なお、計測期間は、介入前の2週間と介入期間の最後の2週間とし、それぞれ介入前と介入後の日常身体活動量とした。装着期間中は、通常通りの生活を行うよう指示し、身体活動記録用紙に旅行や出張などの非日常的な活動（CRT群はサーキットジムのプログラム以外の非日常的な活動）を行った日付、時間及び活動内容を記入させた。身体活動量の評価には、歩数計を装着した2週間のうち、非日常的な活動日を除外した7日分のデータを用いた。身体活動量の評価指標は、1日当たりの歩数、1日当たりのしっかり歩数（4 METs以上かつ10分以上の連続歩行時の歩数）及び1週間の3 METs以上の身体活動量〔METs・時〕とした。なお、CRT群に対しては、サーキットジム利用時には歩数計を装着しないよう指示したため、計測された身体活動量はサーキットジム利用時の身体活動量を除外したものとみなした。

5. CRT群の運動トレーニング参加・実行状況

CRT群が提出したサーキットジム利用日の記録から、運動トレーニングの参加率を算出した。また、運動強度を把握するため、インストラクターが12種類の油圧式マシンの反復回数と運動実施時に対象者自身で手指を使って手首の脈を数えて測った心拍数を月1回の頻度で計測・記録した。

6. 基本属性、食習慣及び飲酒習慣の調査

対象者の年齢、食習慣及び飲酒習慣を自記式アンケートにより調査した。食習慣は、「食事を摂る時間帯は決まっているか」、「食事の量は腹八分目にしているか」、「食事のカロリーや量が多い場合、残すことをしているか」、「朝食は摂っているか」、「普段間食（夜食を含む）をすることがあるか」、「普段外食をすることがあるか」、「外食するときや食品を購入するときにカロリー表示や栄養成分表示を参考にしているか」及び「脂分の多い食べ物を食べるか」の8項目について4件法で回答を得た²⁰⁾。これらの回答について、最も好ましい回答肢を1点、最も好ましくない回答肢を4点とし数値化した。飲酒習慣は、「お酒を飲む頻度」を「ほとんど飲まない（1点）」～「毎日飲む（6点）」の6件法で回答を得た²⁰⁾。

統計解析 基本統計量は、平均値および標準偏差とした。CRT群とWALK群の2群間の対比較には対応のないt検定を用いた。介入前後における各変数の変動が2群間で異なるかを検討するため、二元配置反復測定分散分析（Two-way Repeated Measures ANOVA）を実施した。この分析で群×時間の交互作用に有意性が認められた場合には、Bonferroni法により単純主効果の検定を行った。ただし、食習慣スコアと飲酒習慣スコアについては、介入前後の比較にWilcoxonの符号付き順位検定を用いた。有意水準は5%とし、統計処理には統計解析ソフトウェア（IBM SPSS Statistics 20, 日本IBM社製, 東京）を用いた。

結 果

対象者の特徴とCRT群におけるトレーニングの参加・実行状況 全体及び群別にみた対象者の特徴をTable 1に示した。両群の年齢、身長、体重、BMI、腹囲及び血圧に有意差はなかった。

CRT群のトレーニング参加率は、25名中23名が100%（72日）の参加率であった。なお、100%に至らなかった2名の対象者の参加率は、99%（71日）と94%（68日）であった。

CRT群における12種目の油圧式マシンの反復回数は、全種目で1ヶ月毎に漸増し、介入開始月に比べて介入最終月に25-53%増加した。また、介入期間中における運動実施時の心拍数は、104-116拍/分（最大心拍数の70-78%）の範囲であり、目標（最大心拍数の60-80%）の範囲内であった。

筋横断面積の変化 Table 2に介入前後の体重、BMI及び筋横断面積を示した。体重とBMIについてはそれぞれ交互作用に有意性はなく、時間のみ有意な主効果がみられ、いずれも約1%とわずかであるが、介入前に比べて介入後で有意に減少した。大腿筋CSAについては有意な交互作用が認められず、時間と群の両要因ともに有意性はなかった。この結果は、大腿伸筋群と屈筋群に分けた場合にも同様であった。一方、大腰筋CSAについては有意な交互作用がみられ、時間に関する単純主効果の検定によりCRT群では介入前の値に比べて介入後で有意な増加が認められ（+7.1%； $p<0.05$ ）、WALK群では介入前後の値に有意な増加が認められなかった（+1.4%； $p=0.39$ ）。

体脂肪横断面積の変化 Table 3に介入前後の体脂肪CSAを示した。大腿部の筋間・筋内脂肪、腹部の皮下脂肪及び内臓脂肪のCSAについては交互作用に有意性はなく、時間の主効果のみ有意性が認められ、いずれの変数も介入前に比べて介入後で有意に減少した。一方、大

Table 1. Characteristics of subjects at baseline

Characteristics	All subjects (n=49)	CRT group (n=25)	WALK group (n=24)	P value (t-test)
Age (years)	70.6 ± 7.4	70.7 ± 7.5	70.4 ± 7.4	0.902
Height (cm)	152.5 ± 5.4	153.4 ± 5.3	151.5 ± 5.4	0.229
Weight (kg)	57.0 ± 9.0	57.9 ± 8.6	56.0 ± 9.4	0.467
BMI (kg/m ²)	24.5 ± 3.5	24.6 ± 3.6	24.3 ± 3.5	0.761
Waist circumference (cm)	91.0 ± 9.1	91.5 ± 8.9	90.4 ± 9.5	0.656
SBP (mmHg)	134.6 ± 17.0	135.4 ± 16.4	133.8 ± 17.9	0.734
DBP (mmHg)	82.5 ± 10.9	83.1 ± 12.4	82.0 ± 9.4	0.740

Values are means ± SD, CRT: circuit gym using group, WALK: walking group, BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure.

腿部の皮下脂肪CSAについては有意な交互作用が認められ、単純主効果の検定ではCRT群のみ介入前に比べて介入後で有意に減少した (-6.5% ; $p<0.05$ vs WALK群 -1.8% ; $p=0.26$).

筋力の変化 Table 4には、介入前後の筋力を示した。等速性膝関節伸展筋力 (60° , 180° /秒) 及び等尺性膝関節伸展・屈曲筋力については、いずれも交互作用に有意性はなかったが、時間の主効果にのみ有意性が認められ、介入前に比べて介入後で有意に増加した。等速性膝関節屈曲筋力 (180° /秒) については有意な交互作用は認められず、時間と群の主効果にも有意性はなかった。一方、等速性膝関節屈曲筋力 (60° /秒) と等速性股関節屈曲筋力 (60° /秒) については、有意な交互作用が認められた。これらの変数について時間に関する単純主効果の検定を行ったところ、等速性膝関節屈曲筋力はCRT群のみ介入前に比べて介入後で増加する傾向がみられ ($+7.5\%$; $p=0.05$ vs WALK群 -4.3% ; $p=0.25$)、等速性股関節屈曲筋力はCRT群のみ介入前に比べて介入後で有意に増加した ($+23.6\%$; $p<0.05$ vs WALK群 $+2.2\%$; $p=0.62$)。

身体活動量の変化とWALK群の運動実行状況 Table 5には、介入前後の身体活動量を示した。歩数については交互作用に有意性が認められず、時間の主効果のみ有意性がみられた。一方、しっかり歩数及び身体活動量については有意な交互作用が認められ、いずれの変数もWALK群のみ介入前に比べて介入後に有意に増加した (それぞれ $+1,290$ 歩/日; $p<0.05$, $+8.8$ METs・時/週; $p<0.05$)。

食習慣と飲酒習慣の変化 食習慣と飲酒習慣に関する設問のスコアについては、両群ともに全ての項目で介入前

後に有意な差はなかった。なお、介入前後における各スコアの中央値の変化は次の通りである。「食事を摂る時間帯は決まっているか」: CRT群 $2.0 \rightarrow 1.0$ 点, WALK群 $2.0 \rightarrow 1.5$ 点, 「食事の量は腹八分目にしているか」: CRT群 $2.0 \rightarrow 2.0$ 点, WALK群 $2.0 \rightarrow 2.0$ 点, 「食事のカロリーや量が多い場合、残すことをしているか」: CRT群 $2.0 \rightarrow 2.0$ 点, WALK群 $2.0 \rightarrow 2.0$ 点, 「朝食は摂っているか」: CRT群 $1.0 \rightarrow 1.0$ 点, WALK群 $1.0 \rightarrow 1.0$ 点, 「普段間食（夜食を含む）をすることがあるか」: CRT群 $3.0 \rightarrow 3.0$ 点, WALK群 $2.0 \rightarrow 2.0$ 点, 「普段外食をすることがあるか」: CRT群 $1.0 \rightarrow 1.0$ 点, WALK群 $1.0 \rightarrow 1.0$ 点, 「外食するときや食品を購入するときにカロリー表示や栄養成分表示を参考にしているか」: CRT群 $2.0 \rightarrow 2.0$ 点, WALK群 $3.0 \rightarrow 2.0$ 点及び「脂分の多い食べ物を食べるか」: CRT群 $3.0 \rightarrow 3.0$ 点, WALK群 $3.0 \rightarrow 3.0$ 点, 「お酒を飲む頻度」: CRT群 $2.0 \rightarrow 1.0$ 点, WALK群 $1.0 \rightarrow 1.0$ 点。

考 察

本研究は、中高齢女性における6か月間のサーキットジムの利用が、筋・脂肪横断面積及び筋力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。その結果、中高齢女性における6か月間のサーキットジムの利用は、ウォーキングと比較してより大きな大腰筋横断面積の増加、等速性膝関節・股関節屈曲筋力の増加及び大腿部皮下脂肪の減少をもたらすことが示唆された。

近年、サーキットジムの店舗数と利用者数が大幅に増えているが⁵⁻⁷⁾、継続的な利用が筋横断面積に及ぼす効果は明らかになっていない。本研究では、6ヶ月間のサーキットジム利用後に中高齢女性の大腰筋CSAが7.1%増加した。自体重とゴムチューブ負荷による抵抗性運動トレーニングを6ヶ月間にわたり70歳代の高齢者に行わせた先行研究では、大腰筋CSAが10.9%有意に増加したことを報告している²¹⁾。本研究では、先行研究ほどではな

Table 2. Weight, body mass index (BMI), and muscle cross-sectional areas (CSA) before (PRE) and after (POST) 6-month intervention

	CRT group (n=25)			WALK group (n=24)			P value (two-way ANOVA)		
	PRE	POST	Δ (%Δ)	PRE	POST	Δ (%Δ)	group	time	group×time
Weight (kg)	57.9 ± 8.6	57.1 ± 8.0	-0.8 (-1.4%)	56.0 ± 9.4	55.7 ± 9.3	-0.4 (-0.7%)	0.507	0.003	0.268
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 3.6	24.3 ± 3.4	-0.3 (-1.2%)	24.3 ± 3.5	24.2 ± 3.4	-0.2 (-0.8%)	0.817	0.004	0.336
Thigh muscle CSA (cm ²)	89.5 ± 15.8	91.1 ± 15.7	1.6 (1.8%)	88.8 ± 18.0	89.0 ± 17.3	0.2 (0.2%)	0.778	0.077	0.181
Knee extensor muscle CSA (cm ²)	45.2 ± 8.0	45.3 ± 8.2	0.1 (0.2%)	43.7 ± 9.5	43.2 ± 9.0	-0.5 (-1.1%)	0.461	0.562	0.445
Knee flexor muscle CSA (cm ²)	38.5 ± 6.9	38.5 ± 7.2	0.0 (0.0%)	39.2 ± 8.3	39.1 ± 8.0	-0.1 (-0.3%)	0.757	0.886	0.879
Psoas major muscle CSA (cm ²)	14.1 ± 3.3	15.1 ± 3.8 *	1.0 (7.1%)	14.5 ± 2.6	14.7 ± 2.7	0.2 (1.4%)	0.950	0.007	<0.001

Values are means ± SD, *p<0.05 vs PRE (Bonferroni correction). CRT: circuit gym using group, WALK: walking group, ANOVA: analysis of variance.

Table 3. Adipose tissue cross-sectional areas (CSA) before (PRE) and after (POST) 6-month intervention

	CRT group (n=25)			WALK group (n=24)			P value (two-way ANOVA)		
	PRE	POST	Δ (%Δ)	PRE	POST	Δ (%Δ)	group	time	group×time
TSAT (cm ²)	73.0 ± 32.7	68.3 ± 28.9 *	-4.7 (-6.5%)	69.5 ± 21.8	68.3 ± 22.0	-1.2 (-1.8%)	0.818	<0.001	0.025
IMAT (cm ²)	7.4 ± 3.9	5.6 ± 2.7	-1.7 (-11.2%)	6.6 ± 3.8	4.7 ± 2.9	-1.8 (-24.4%)	0.339	<0.001	0.891
ASAT (cm ²)	208.1 ± 72.0	187.1 ± 65.3	-21.0 (-10.1%)	204.4 ± 74.7	191.1 ± 77.6	-13.4 (-6.5%)	0.980	<0.001	0.652
VAT (cm ²)	83.2 ± 39.3	62.2 ± 32.1	-21.0 (-25.2%)	80.0 ± 43.2	67.6 ± 43.0	-12.4 (-15.5%)	0.919	<0.001	0.075

Values are means ± SD, *p<0.05 vs PRE (Bonferroni correction). CRT: circuit gym using group, WALK: walking group, ANOVA: analysis of variance, TSAT: thigh subcutaneous adipose tissue, IMAT: intermuscular adipose tissue, ASAT: abdominal subcutaneous adipose tissue, VAT: visceral adipose tissue.

Table 4. Muscle strength before (PRE) and after (POST) 6-month intervention

	CRT group (n=25)			WALK group (n=24)			P value (two-way ANOVA)		
	PRE	POST	Δ (% Δ)	PRE	POST	Δ (% Δ)	group	time	group $\times$ time
KE60°/s (Nm)	74.0 $\pm$ 24.2	84.3 $\pm$ 16.6	10.3 (13.9%)	70.5 $\pm$ 17.6	78.0 $\pm$ 21.9	7.6 (10.8%)	0.373	<0.001	0.518
KE180°/s (Nm)	48.5 $\pm$ 14.7	54.6 $\pm$ 11.9	6.1 (12.6%)	44.8 $\pm$ 13.2	49.0 $\pm$ 14.6	4.1 (9.2%)	0.209	<0.001	0.435
KF60°/s (Nm)	38.7 $\pm$ 11.3	41.6 $\pm$ 9.3 [#]	2.9 (7.5%)	39.3 $\pm$ 11.3	37.6 $\pm$ 10.0	-1.7 (-4.3%)	0.562	0.578	0.031
KF180°/s (Nm)	32.2 $\pm$ 11.4	32.2 $\pm$ 7.6	0.0 (0.0%)	30.2 $\pm$ 11.1	28.1 $\pm$ 8.0	-2.0 (-6.6%)	0.229	0.404	0.396
IMKE (Nm)	92.7 $\pm$ 26.9	106.4 $\pm$ 27.9	13.7 (14.8%)	83.1 $\pm$ 29.9	91.5 $\pm$ 29.1	8.3 (10.0%)	0.124	<0.001	0.280
IMKF (Nm)	34.9 $\pm$ 12.7	37.9 $\pm$ 11.0	3.0 (8.6%)	32.4 $\pm$ 11.2	34.8 $\pm$ 11.0	2.4 (7.4%)	0.361	0.046	0.817
HF60°/s (Nm)	47.4 $\pm$ 13.1	58.6 $\pm$ 11.9 [*]	11.2 (23.6%)	49.7 $\pm$ 15.1	50.8 $\pm$ 14.2	1.1 (2.2%)	0.442	<0.001	0.002

Values are means $\pm$ SD, *p<0.05 vs PRE, [#]p<0.1 vs PRE (Bonferroni correction), CRT: circuit gym using group, WALK: walking group, ANOVA: analysis of variance, KE: isokinetic knee extension strength, KF: isokinetic knee flexion strength, IMKE: isometric knee extension strength, IMKF: isometric knee flexion strength, HF: isokinetic hip flexion strength.

Table 5. Physical activity before (PRE) and after (POST) 6-month intervention

	CRT group (n=25)			WALK group (n=24)			P value (two-way ANOVA)		
	PRE	POST	Δ (% Δ)	PRE	POST	Δ (% Δ)	group	time	group $\times$ time
Step counts (steps/day)	5921 $\pm$ 2339	6140 $\pm$ 2344	219 (3.7%)	5841 $\pm$ 2408	7170 $\pm$ 1811	1329 (22.7%)	0.402	0.015	0.077
Aerobic steps counts (steps/day)	457 $\pm$ 778	730 $\pm$ 966	273 (59.7%)	225 $\pm$ 385	1515 $\pm$ 909 [*]	1290 (573.3%)	0.129	<0.001	0.001
Physical activity (METs $\cdot$ hour/week)	8.4 $\pm$ 5.2	10.8 $\pm$ 7.2	2.5 (29.9%)	8.2 $\pm$ 4.7	17.0 $\pm$ 6.3 [*]	8.8 (107.5%)	0.051	<0.001	0.006

Values are means $\pm$ SD, *p<0.05 vs PRE (Bonferroni correction), CRT: circuit gym using group, WALK: walking group, ANOVA: analysis of variance.

いがそれに近い大腰筋CSA増加効果が得られた。先行研究の増加率に至らなかったのは、抵抗性運動の種類、強度、または実行頻度の違いが影響していると考えられる。高齢女性における大腰筋CSAは年間約0.8%の割合で減少すること²¹⁾や高齢者の大腰筋CSAの増減は歩行能力の高低と関係すること²²⁾を考え合わせると、本研究でみられた大腰筋CSAの7.1%の増加は実質的にも有意義であると考えられ、サルコペニア予防や介護予防にも一部寄与すると推察される。

Davisら(2011)は、平均年齢15.8歳の過体重/肥満者を対象にサーキット式コンバインドトレーニングを16週間行わせたところ、DXA(Dual X-ray Absorptiometry)で計測した全身除脂肪軟組織量は介入前後で有意に変化しなかったとしている²³⁾。サーキット式でない中～高強度のコンバインドトレーニングを中年女性に21週間行わせた研究では、DXAで計測した腕の除脂肪軟組織量は介入後に増加し、有酸素性運動トレーニングのみ実施した群と比較してもより大きな除脂肪軟組織量増加を認めている²⁴⁾。ただし、この先行研究では、全身と下肢の除脂肪軟組織量増加に関して、有酸素性運動トレーニングを上回る効果を認めていない²⁴⁾。本研究で大腿部CSAに有意な変化を認めなかったように、コンバインドトレーニングが筋量に及ぼす効果はその内容、強度、または部位によって大きく異なる可能性がある。その詳細を明らかにするためには、今後より多くの研究が必要となる。

これまでサーキットジムの利用が体脂肪に及ぼす影響を検討した研究はないが、本研究と類似した運動プログラムの継続的な実行は体脂肪の減少をもたらす可能性が示されている¹¹⁾。一方、中年者を対象としたサーキット形式でないコンバインドトレーニングを行った研究では、DXAで評価した全身体脂肪量が介入後に4.8%有意に減少したものの、有酸素性運動トレーニング単独群(-5.9%)、筋力トレーニング単独群(-2.2%)及び対照群(-1.0%)との比較で群×時間の交互作用を認めていない²⁴⁾。本研究では、どちらの群も、大腿部筋間・筋内脂肪、腹部皮下脂肪及び腹部内臓脂肪が介入後に有意に減少した。また、大腿部皮下脂肪CSAは、WALK群(-1.8%)に比してサーキットジム利用後に有意に減少(-6.5%)する効果が認められた。これらのことから、サーキットジムの利用は体脂肪の減少をもたらすこと、中でも大腿部皮下脂肪に対してウォーキングを上回る減少効果があることが示唆された。しかし、CRT群の大腿部皮下脂肪CSAがWALK群よりも減少した理由は不明であり、この点については、今後さらなる検討が必要である。

本研究は、サーキットジム利用が筋間・筋内脂肪に及ぼす影響を初めて検討した。筋間・筋内脂肪の蓄積は、身体不活動²⁵⁾、糖尿病^{26,27)}、脳卒中²⁸⁾及びメタボリック

シンдрーム^{17,29)}と関連する可能性が報告されている。また、筋間・筋内脂肪は、有酸素性運動や抵抗性運動トレーニングによって減少することも報告されている³⁰⁻³²⁾。一方で、抵抗性運動トレーニングにより高齢女性の下肢筋間・筋内脂肪は減少したものの、有酸素性運動トレーニングでは減少しなかったという報告もある³²⁾。本研究ではCRTとWALKの両群で筋間・筋内脂肪の有意な減少が認められた。これらのことから、本研究で行ったサーキット式コンバインドトレーニングとウォーキングは中高齢女性の筋間・筋内脂肪を減少させる効果があることが示唆された。他部位の脂肪と比べて、筋間・筋内脂肪に対する運動トレーニングの効果を検討した研究は少ない。したがって、運動トレーニングの種類、期間、強度、及び頻度などによって筋間・筋内脂肪に対する影響が異なるかを検討する余地がある。

本研究における6ヶ月間のサーキットジム利用では、等速性膝関節屈曲筋力が7.5%増加する傾向がみられ、等速性股関節屈曲筋力は23.6%有意に増加した。先行研究では、本研究に類似したサーキット式コンバインドトレーニングを3ヶ月行った結果、高齢者の膝関節伸展筋力が9.3%そして膝関節屈曲筋力が14.4%有意に増加したことを報告している¹¹⁾。本研究はウォーキングを比較対照としたため、ウォーキングでは強化されにくい部位の筋肉に関して統計的に有意な効果が認められた可能性がある。本研究におけるサーキットジムの運動プログラムには、股関節周辺と体幹の筋群を強化する抵抗性運動が7種目含まれ、さらに有酸素性運動として大腿を腰の位置まで引き上げるステップ運動が含まれていた。大腰筋CSAの増加が認められたことから、サーキットジムの利用は特に股関節周辺筋群の増強に有効となる可能性が示された。一方、サーキットジムの運動プログラムには膝関節伸展筋群を強化する抵抗性運動が4種目あったものの、膝関節伸展筋力はウォーキングを上回る増強効果がみられなかった。大腿伸筋CSAに有意な変化がなかったことも考え合わせると、股関節周辺筋群に比べて膝関節伸展筋群に対する負荷が十分でなかったことが考えられる。より大きな膝関節伸展筋群の増強を期待するためには、この筋群を強化する油圧式マシンの反復回数を増やす、反復速度を速めるなど運動負荷を増加する対策が必要となる。

本研究はいくつかの限界がある。まず、本研究の対象者は、60-85歳の中高齢女性を対象としているため、本研究で得られた結果が、男性や60歳未満や86歳以上の女性に適用されるとは限らない。また、本研究の介入期間は6ヶ月間であり、それ以上の期間の介入効果、さらには将来的なサルコペニアの発生や要介護状態の発生を抑制あるいは遅延できるか否かは検証できていない。最後に、本研究では比較対照をウォーキング群としたが、

運動を実施しない群を設定していない。そのため、本研究で認められたサーキットジム利用効果の解釈には制限がある。これらの点については今後の検討が必要である。

結 論

中高齢女性における6ヶ月間のサーキットジムの利用は、ウォーキングと比較してより大きな大腰筋横断面積の増加、等速性膝関節屈曲・股関節屈曲筋力の増加及び大腿部皮下脂肪の減少をもたらす効果があることが示唆された。

利益相反

本研究は、株式会社カーブスジャパンより研究費の助成を受け実施された（平成25年度受託研究：カーブス運動プログラムが高齢女性の筋量、筋力、及び歩行能力に及ぼす影響に関する研究）。本研究には、株式会社カーブスジャパン社員の齋藤光と津田瞳美が共著者となっており、彼らは対象者の募集、サーキットジム利用時に取得するデータの管理、及び介入前後における測定場所への対象者の送迎を担当した。

謝 辞

本研究は、株式会社カーブスジャパンとの共同研究により行ったものである。本研究にご協力いただいた対象者及び株式会社カーブスジャパンのスタッフの皆様には感謝申し上げます。

文 献

- 厚生労働省. 健康日本21最終評価, 51-55, 2011. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001r5gc-att/2r9852000001r5np.pdf>.
- Dishman RK, Sallis JF, Orenstein DR. The determinants of physical activity and exercise. *Public Health Rep* 100: 158-171, 1985.
- American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 30: 992-1008, 1998. doi: 10.1097/00005768-199806000-00033.
- 原田和弘, 柴田 愛, 李 恩兒, 岡 浩一郎, 中村好男: 日本人高齢者における筋力トレーニングの健康効果と阻害要因の認知と筋力トレーニング行動の変容ステージとの関連 - Journal of Physical Activity and Healthに掲載された英語論文の日本語による二次出版, *運動疫学研究*, 19: 62-74, 2017.
- 藤田美幸: 産業構造分析における勝敗マトリクスの有用性について - フィットネスクラブ産業への適用 -, *現代社会文化研究*, 60: 67-84, 2015.
- 加藤清孝: 女性専用フィットネスクラブ選択へ影響を及ぼす要因の質的研究, *スポーツマネジメント研究*, 1: 5-18, 2009. doi: 10.5225/jjsm.1.5.
- 株式会社カーブスジャパン: <http://www.curves.co.jp/> (2018年2月19日アクセス可能).
- Janssen I, Heymsfield SB, Wang Z, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol* 89: 81-88, 2000. doi: 10.1152/jappl.2000.89.1.81.
- 内閣府. 平成27年版高齢社会白書. 2016. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/pdf/1s2s_3_2.pdf.
- 大瀧修一, 河合 恒, 光武誠吾, 安齋紗保理, 猪股寛裕, 齋藤 光, 津田瞳美, 中島友晴: 高齢者に対するサーキット式コンバインドトレーニングの日常活動量への効果, *体力科学*, 64: 305-314, 2015. doi: 10.7600/jspfsm.64.305.
- Takeshima N, Rogers ME, Islam MM, Yamauchi T, Watanabe E, Okada A. Effect of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults. *Eur J Appl Physiol* 93: 173-182, 2004. doi: 10.1007/s00421-004-1193-3.
- 山内知子, 山田忠樹, MOHAMMOD MONIRUL ISLAM, 岡田暁宜, 高橋龍尚, 竹島伸生: 高齢有疾患者の総合的体力に対するwell-rounded exercise programの有効性, *体力科学*, 52: 513-523, 2003. doi: 10.7600/jspfsm1949.52.513.
- Lee S, Islam MM, Rogers ME, Kusunoki M, Okada A, Takeshima N. Effects of hydraulic-resistance exercise on strength and power in untrained healthy older adults. *J Strength Cond Res* 25: 1089-1097, 2011. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c69eal.
- Nouchi R, Taki Y, Takeuchi H, Sekiguchi A, Hashizume H, Nozawa T, Nouchi H, Kawashima R. Four weeks of combination exercise training improved executive functions, episodic memory, and processing speed in healthy elderly people: evidence from a randomized controlled trial. *Age (Dordr)* 36: 787-799, 2014. doi: 10.1007/s11357-013-9588-x.
- Glasgow RE, Vogt TM, Boles SM. Evaluating the public health impact of health promotion interventions: The RE-AIM framework. *Am J Public Health* 89: 1322-1327, 1999. doi: 10.2105/AJPH.89.9.1322.
- 笹川スポーツ財団. スポーツライフ・データ2016, スポーツライフに関する調査報告書, 2016.
- Bang E, Tanabe K, Yokoyama N, Chijiki S, Kuno S. Relationship between thigh intermuscular adipose tissue accumulation and number of metabolic syndrome risk factors in middle-aged and older Japanese adults. *Exp Gerontol* 79: 26-30, 2016. doi: 10.1016/j.exger.2016.03.010.
- Bang E, Tanabe K, Yokoyama N, Chijiki S, Tsuruzono T, Kuno S. Effects of daily walking on intermuscular adipose tissue accumulation with age: a 5-year follow-up of participants in a lifestyle-based daily walking program. *Eur J Appl Physiol* 118: 785-793, 2018. doi: 10.1007/s00421-018-3812-4.
- Kim J, Tanabe K, Yokoyama N, Zempo H, Kuno S. Association between physical activity and metabolic syndrome in middle-aged Japanese: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 11: 624, 2011. doi: 10.1186/1471-2458-11-624.
- Kim J, Tanabe K, Yoshizawa Y, Yokoyama N, Suga Y, Kuno S. Lifestyle-based physical activity intervention

- for one year improves metabolic syndrome in overweight male employees. *Tohoku J Exp Med* 229: 11-17, 2013. doi: 10.1620/tjem.229.11.
- 21) 高橋康輝, 久野譜也: 筋の萎縮とトレーニング 高齢期における筋萎縮とトレーニング, *体育の科学*, 55: 608-613, 2005.
- 22) 金 俊東, 久野譜也, 相馬りか, 増田和実, 足立和隆, 西嶋尚彦, 石津政雄, 岡田守彦: 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響, *体力科学*, 49: 589-596, 2000. doi: 10.7600/jspfsml1949.49.589.
- 23) Davis JN, Gyllenhammer LE, Vanni AA, Meija M, Tung A, Schroeder ET, Spruijt-Metz D, Goran MI. Startup circuit training program reduces metabolic risk in Latino adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 43: 2195-2203, 2011. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821f5d4e.
- 24) Sillanpää E, Laaksonen DE, Häkkinen A, Karavirta L, Jensen B, Kraemer WJ, Nyman K, Häkkinen K. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur J Appl Physiol* 106: 285-296, 2009. doi: 10.1007/s00421-009-1013-x.
- 25) Manini TM, Clark BC, Nalls MA, Goodpaster BH, Ploutz-snyder LL, Harris TB. Reduced physical activity increases intermuscular adipose tissue in healthy young adults. *Am J Clin Nutr* 85: 377-384, 2007. doi: 10.1093/ajcn/85.2.377.
- 26) Goodpaster BH, Thaete FL, Kelley DE. Thigh adipose tissue distribution is associated with insulin resistance in obesity and in type 2 diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 71: 885-892, 2000. doi: 10.1093/ajcn/71.4.885.
- 27) Gallagher D, Kelley DE, Yim JE, Spence N, Albu J, Boxt L, Pi-Sunyer FX, Heshka S; MRI Ancillary Study Group of the Look AHEAD Research Group. Adipose tissue distribution is different in type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 89: 807-814, 2009. doi: 10.3945/ajcn.2008.26955.
- 28) Ryan AS, Dobrovolsky CL, Smith GV, Silver KH, Macko RF. Hemiparetic muscle atrophy and increased intramuscular fat in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 83: 1703-1707, 2002. doi: 10.1053/apmr.2002.36399.
- 29) Therakelsen KE, Pedley A, Spiliotes EK, Massaro JM, Murabito J, Hoffmann U, Fox CS. Intramuscular fat and associations with metabolic risk factors in the framingham heart study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 33: 863-870, 2013. doi: 10.1161/ATVBAHA.112.301009.
- 30) Janssen I, Fortier A, Hudson R, Ross R. Effects of an energy-restrictive diet with or without exercise on abdominal fat, intermuscular fat, and metabolic risk factors in obese women. *Diabetes Care* 25: 431-438, 2002. doi: 10.2337/diacare.25.3.431.
- 31) Nicklas BJ, Chmelo E, Delbono O, Carr JJ, Lyles MF, Marsh AP. Effects of resistance training with and without caloric restriction on physical function and mobility in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 101: 911-919, 2015.
- 32) Sipilä S, Suominen H. Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J Appl Physiol* 78: 334-340, 1995.