

中高年女性における長期サーキット式コンバインドトレーニングの 身体機能、臨床検査値、医療費に対する効果

¹⁾ 鳥取大学医学部医学科 医学教育講座 健康運動科学分野

²⁾ 大山町役場健康対策課

³⁾ (株)カーブスジャパン

加藤敏明¹⁾, 西村正広¹⁾, 山下宏呂子¹⁾, 岸本良子²⁾, 齋藤 光³⁾

Effectiveness of long-term combined aerobic and resistance training circuits on physical function, medical examination, and cost of medical care among middle-aged women

Toshiaki KATO¹⁾, Masahiro NISHIMURA¹⁾, Hiroko YAMASHITA¹⁾,
Yoshiko KISHIMOTO²⁾, Hikaru SAITOH³⁾

¹⁾ *Division of Medical Science in Sports and Exercise, Department of Medical Education, Faculty of
Medicine, Tottori University, Yonago, 683-8503, Japan*

²⁾ *Daisen Town Hall, Mikuria467, Daisen-cho, Saihakugunn, 689-3211, Japan*

³⁾ *Curves Japan, 3-9-1 Sibaura, Minato-ku, Tokyo, 108-0023, Japan*

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effectiveness of four years of combined aerobic and resistance training circuits on daily lifestyle habits, body composition, physical function, medical examination, and the cost of medical care among middle-aged women residing in Daisen Town. Of 162 subjects recruited from the local community, 80 subjects met the inclusion criteria. The subjects were asked to participate in 30 minutes of combined aerobic and resistance training circuits more than once a week at Curves Daisen health center. The intervention duration was four years and this study was an uncontrolled trial. Subjects daily lifestyle habit, body composition, physical capacity, medical examination, and cost of medical care were examined closely each year. In the subjects, the physical function improved from training after a year and they maintained a high-level result from training for four years. The improved control of hypertension, hyperlipidemia and hyperglycemia were also observed. The cost of medical care of the subjects decreased an average of 11% over the four years period. We conclude that long-term combined aerobic and resistance training circuits are an effective way of improving physical function; helping with lifestyle-related diseases; and for slashing health care costs of community-dwelling middle-aged women.

(Accepted on June 12, 2020)

Key words : combined aerobic and resistance training circuit, middle-aged women, physical function, cost of medical care, Daisen Town

はじめに

WHOは、現在世界的に運動不足が蔓延し、それはパンデミック状態にあると報告している¹⁾。具体的な状況としては、全世界の成人の約14億人(約3人に1人)が深刻な運動不足状態にあり、2型糖尿病や心血管疾患などのNCD(非感染性疾患)のリスクを高め、かつその状況は2001年以降全く改善の兆しをみせていないと指摘している²⁾。当然のことながら我が国においても、運動不足の問題は他の先進国と同様な状況であり、Gutholdら³⁾は日本における成人の運動不足状態にある割合は、米国の40.0%、英国の35.95%と同様な35.5%と報告している。さらにBaumanら⁴⁾は20か国の座位時間をIPAQ(国際標準化身体活動質問票)によって調査し、日本は20か国中最も長い360分/日であったことを示している。

運動不足はどのような健康被害をもたらすのか。Ikedaら⁵⁾は全死亡における生活習慣の改善などによって避けられる危険因子別死亡者数を解析し、運動不足は喫煙、高血圧について第3位に挙がることを示し、Leeら⁶⁾は運動不足によって死亡率が高まる疾患について、冠動脈性心疾患が10.0%、2型糖尿病は12.3%、乳がんは16.1%、結腸がんは17.8%であったことを報告した。またInoueら⁷⁾も、がん、心疾患及び脳血管疾患において身体活動量の多さが死亡のリスクを下げることを報告している。

慢性的運動不足状態を改善する対策として、Levine⁸⁾はNEAT: Non-exercise activity thermogenesisという概念を挙げ、従来の運動やスポーツ活動ではない日常生活活動に注目することに解決の糸口があるとした。またWHOは、2018年にGlobal Action Plan on Physical Activity 2018-2030⁹⁾を立ち上げ、運動やスポーツをめぐる環境を改善し、日常生活活動からレクリエーション活動、運動プログラムなどを促進する政策を提案した。我が国でも厚労省において「健康づくりのための身体活動指針(アクティブガイド)¹⁰⁾」が策定され、生活活動と運動の両局面から身体活動量を増やす施策が進められている。本研究の対象とし

た自治体である鳥取県大山町においても、2型糖尿病や高血圧及び脂質異常の患者数の増加、心疾患や脳血管疾患・糖尿病合併症などの生活習慣病関連疾患での死亡比の上昇という健康問題¹¹⁾があり、対策を講ずる必要性に迫られていた。そこで町の施策として「大山町民総健康づくり運動」が始まり、その施策の一つとして、運動実践者の拡大をめざした(株)カーブスジャパンと連携事業「カーブス大山町健康センター(以下、健康センターと記す)」活動が始まるに至った。

健康センターで行うトレーニングは、サーキット式コンパインドトレーニング(以下、本トレーニングと記す)と呼ばれる運動で、筋力運動12種類と有酸素運動を30秒間ずつ交互に行い、24分間で2周し、最後にストレッチ体操を行って30分で終了という運動プログラムである。本トレーニングは筋力と有酸素能力を同時にトレーニングすることから、中高年女性の筋力低下予防や生活習慣病への予防効果¹²⁾¹³⁾、高齢者の認知機能の改善効果¹⁴⁾が報告されている。また本トレーニングは複数名が同時に実施することから「参加者同士の励まし合い」といった運動の継続に係るソーシャルサポートを得やすい¹⁵⁾という利点もある。加えて大淵ら¹⁶⁾は、本トレーニングの継続実施者は日常活動量も増えたと報告している。

そこで、本研究は健康センターで行われた本トレーニングを実践した町民において、特に長期に亘って継続実践した場合の身体機能の増進や臨床検査値の改善、医療費適正化の効果が認められるかについて検証することを目的とした。

対象および方法

1. 対象

本研究の対象者の条件は、大山町に在住する40~74歳の女性であり、週1回以上は健康センターに通って本トレーニングを行うことができる者とした。2015年10月に本研究の対象者を募る説明会を開き、研究に対する詳細な説明を実施した後、研究参加の同意を得た。説明会後に同意が得られた者162名(平均60.3歳、標準偏差11.6歳)で研究を開始した(図1)。

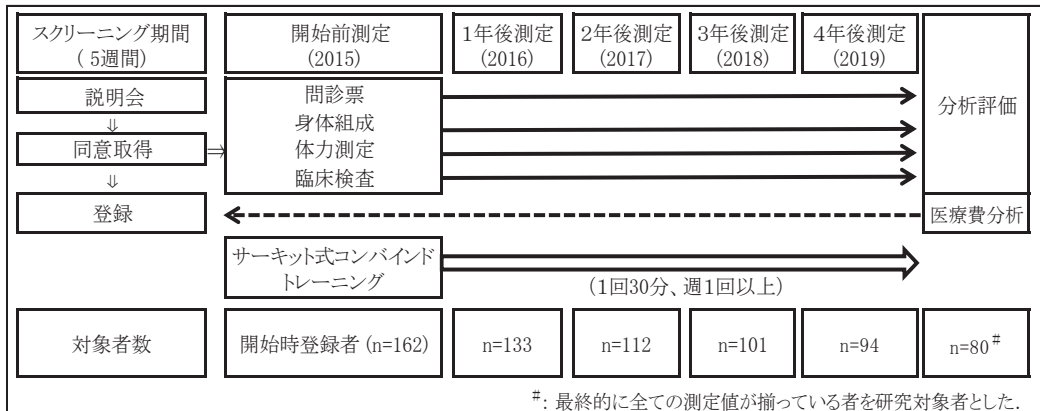


図1 本研究の手順

介入期間は4年間に及び、その間に研究対象者を辞退したいという申し出が49名あり、また測定会の欠席者が33名存在した。介入終了時に全ての資料が揃っている者が80名(開始時年齢平均60.6歳、標準偏差8.7歳)であったので、これを本研究の分析対象者とした。辞退者については、辞退理由を可能な限り聞きとりした。最も多い理由が「仕事の都合(35%)」であり、次いで「身体の痛みや不調(25%)」「親の介護(14%)」「自分の病気(10%)」が挙げられた。特に痛みや不調について本トレーニングへの参加が原因とされる訴えは無かった。分析対象者(80名)と途中辞退者(49名)との間に、開始前測定結果において問診結果、体力測定、臨床検査値において差異が無いことを表1が示している。これによって、長期に亘って本トレーニングを継続できた分析対象者が特別な資質を持った集団ではないことを確認した。

2. 評価指標

本トレーニングの成果を検証するために設けた評価指標は、まず問診による生活状況の調査である。その内容は、日常の運動習慣の実施状況調査、岡¹⁷⁾の考案した運動に対する自己効力感調査、ヘルスアセスメントマニュアル¹⁸⁾を参考に作成した食生活調査、出村ら¹⁹⁾の考案した生活満足度調査、基本チェックリストによる要介護リスク調査及びVASスケールを用いた疼痛調査である。身体組成測定では、身長計(KDSデジタル身長計DSN-70)と体組成計(タニタデュアル周波数体組成計DC-430A)を用いてBMI(kg/m²)・体脂肪率(%)・筋肉量率(%)を求めた。

体力測定では、握力(竹井機器 グリップDを用

いて左右計測し良い方の値(kg)を採用)、脚伸展力(トーヨーフィジカル デジタル筋力測定装置TP-776を用いて左右どちらかの脚の伸展力(kg)を測定し体重(kg)で除した値(%)で評価)、開眼片足立ち(120秒を上限として、左右どちらかの足で立っていられる時間)、長座位前屈(竹井機器 長座位前屈計によって長座位の最大体前屈(cm)を測定)、ファンクショナルリーチ(竹井機器のファンクショナルリーチ計測器を用いて測定)、5m最大歩行速度(5m間の歩行速度をストップウォッチにて計測)、タイムアップ&ゴートテスト(座位状態から立ち上がって5m先のマーカーを回り戻って来て座るまでの所要時間(秒)をストップウォッチにて計測)を測定し、これを基にした加藤²⁰⁾の考案した体力年齢推定を行った。

臨床検査値については、血圧は上腕式自動血圧計(オムロンHEM-1011)によって測定し、血糖値(空腹時血糖・HbA1c)と血液脂質(HDLコレステロール・LDLコレステロール・中性脂肪)は健康診査により資料を得たが、未受診者については、町内の医療機関によって採血し資料を得た。

医療費については、分析対象者が確定した介入終了時点で、鳥取県国民健康保険団体連合会と全国健康保険協会鳥取支部により、分析対象者個々の医療費を総額医療費、内分泌・栄養及び代謝疾患関連医療費、循環器系疾患関係医療費、筋骨格系及び結合組織の疾患関係医療費を算出すると共に、町全体の医療費総額、分析対象者と同性同年代(40~74歳の女性)の医療費総額を算出した。

3. 介入方法

研究対象者には、2015年10月より健康センター

表1 分析対象者と辞退者との開始前測定結果の比較

項目	分析対象者 (n=80)	辞退者 (n=49)	p値
年齢 (歳)	60.6 ± 8.7	59.4 ± 9.3	0.433
運動習慣 (点)	10.2 ± 3.8	9.5 ± 3.5	0.269
自己効力感 (点)	14.6 ± 3.3	13.9 ± 3.2	0.135
食生活 (点)	10.6 ± 2.7	9.6 ± 2.9	0.063
生活満足度 (点)	42.9 ± 6.7	41.5 ± 7.1	0.239
腰・膝の痛み (VAS mm)	28.6 ± 18.2	19.8 ± 19.5	0.239
運動器の介護リスク (点)	1.3 ± 1.0	1.6 ± 1.1	0.267
BMI (kg/m ²)	23.7 ± 3.5	24.8 ± 3.8	0.680
体脂肪率 (%)	33.4 ± 5.4	35.4 ± 6.2	0.023*
筋肉量率 (%)	62.9 ± 5.2	62.5 ± 5.6	0.363
握力 (kg)	28.8 ± 4.5	27.8 ± 4.3	0.181
脚伸展力 (%)	50.9 ± 13.5	48.6 ± 12.7	0.317
開眼片足立ち (秒)	89.5 ± 39.4	78.8 ± 42.4	0.156
ファンクショナルリーチ (cm)	38.8 ± 4.2	39.3 ± 4.0	0.611
長座体前屈 (cm)	36.9 ± 7.7	38.0 ± 7.2	0.427
最大歩行速度 (秒)	1.8 ± 0.3	1.8 ± 0.2	0.906
タイムアップ&ゴー (秒)	4.5 ± 0.6	4.5 ± 0.5	0.824
体力年齢 (歳)	58.6 ± 7.3	59.8 ± 7.0	0.389
収縮期血圧 (mmHg)	145 ± 22	142 ± 21	0.429
拡張期血圧 (mmHg)	80 ± 11	79 ± 12	0.549
空腹時血糖 (mg/dL)	97 ± 14	100 ± 27	0.383
HbA1c (%)	5.7 ± 0.4	5.8 ± 1.1	0.302
HDLコレステロール (mg/dL)	67 ± 16	70 ± 17	0.331
LDLコレステロール (mg/dL)	132 ± 26	136 ± 29	0.499
中性脂肪 (mg/dL)	100 ± 67	123 ± 97	0.113

年齢は開始時の満年齢を示す。
数値は平均±標準偏差を示す。

*: p<0.05

にて、初回参加時にインストラクターより本トレーニングの方法の指導を受けた後、週1回以上の頻度で行うよう要請した。本トレーニングは12種類の油圧式の筋力トレーニングマシン (①チェスト/バック, ②スクワット, ③ショルダープレス/ラットプル, ④レッグプレス, ⑤ベックデック, ⑥ヒップアブダクター/アダクター, ⑦バイセップ/トライセップ, ⑧グルート, ⑨オプリーク, ⑩レッグエクステンション/レッグカール, ⑪アブ/バック, ⑫ラテラルリフト) を各30秒間ずつ行い、次のマシンに移る間にステップ運動 (その場足踏み) を30秒間行う運動を2セット行った後にストレッチ運動を6分間行う。健康センターにはインストラクター2名が常駐し、研究対象者が正しい姿勢で適切に運動できるようになるまで丁寧に指導した。また油圧式マシンは、重錘式マシンと

異なり錘を入れ替える必要はないが、運動負荷は実施者の行う運動速度に依存する特性がある。研究対象者にはこの特性を説明して、自分に合った運動速度 (自分にとって「ややきつい」と感じられる負荷強度) を心掛けるように指導した。

4. 統計処理

分析対象者の開始前測定値に対する経年的変化を、量的尺度については対応のあるt検定を用い、質的変数については χ^2 検定を用いて解析した。また群間の変数比較については対応のないt検定を用いた。変数間の相関関係についてはピアソン相関分析を用いた。すべての統計解析は、SPSS Ver.21.0で行い、有意水準は5%とした。

5. 倫理的配慮

本研究は、鳥取大学医学部倫理審査委員会の承認 (番号1508B016: 2015年10月5日) を得て実施し

表2 4年間のトレーニング期間における検査値の経年変化

項目	2015	2016	2017	2018	2019	
問診 (n=80)	運動習慣 (点)	10.2 ± 3.8	12.1 ± 3.3 **	12.4 ± 3.8 **	12.4 ± 3.4 **	12.2 ± 3.6 **
	運動に対する自己効力感(点)	14.6 ± 3.3	15.5 ± 3.4 **	15.1 ± 3.6	15.0 ± 3.6	14.9 ± 3.8
	食生活 (点)	10.6 ± 2.7	11.1 ± 2.3 **	11.3 ± 2.4 **	11.7 ± 2.4 **	11.5 ± 2.4 **
	生活満足度 (点)	42.9 ± 6.7	43.5 ± 5.6	44.3 ± 6.3 **	42.8 ± 7.6	42.9 ± 6.0
	運動器の介護リスク (点)	1.3 ± 1.0	1.0 ± 0.9 *	0.9 ± 0.8 **	1.0 ± 0.9 *	0.9 ± 1.1 *
	腰の痛み (VASmm)	22.9 ± 18.7	12.2 ± 13.1 *	6.6 ± 11.0 *	5.6 ± 13.4 **	5.8 ± 10.7 **
腰の痛み (VASmm)	32.1 ± 17.9	19.4 ± 22.6 **	12.2 ± 17.0 **	12.5 ± 18.3 **	10.9 ± 16.6 **	
身体組成	BMI (kg/m ²) (≥25.0, n=46)	27.9 ± 2.9	27.5 ± 2.9 **	27.6 ± 2.9 *	27.1 ± 2.4 *	26.9 ± 2.7 **
	体脂肪率 (%) (≥30.0%, n=64)	36.3 ± 4.2	35.5 ± 4.4 **	35.9 ± 3.9 **	35.9 ± 3.9	35.8 ± 4.1
	筋肉量率 (%) (n=80)	62.9 ± 5.2	63.5 ± 5.5 **	63.3 ± 5.1 *	63.8 ± 8.7 *	62.8 ± 5.0
体力測定 (n=80)	握力 (kg)	28.8 ± 4.5	29.4 ± 4.2 **	30.0 ± 4.0 **	29.5 ± 4.2 **	29.8 ± 4.2 **
	脚伸展力 (%)	50.9 ± 13.5	55.6 ± 12.3 **	55.5 ± 14.1 **	56.2 ± 14.7 **	56.3 ± 14.1 **
	開眼片足立ち (秒)	89.5 ± 39.4	99.3 ± 35.5 **	93.6 ± 39.6 ##	94.5 ± 36.9 *	99.6 ± 36.5 **
	長座体前屈 (cm)	36.9 ± 7.7	41.3 ± 6.9 **	41.9 ± 6.4 **	42.7 ± 6.8 **	44.8 ± 7.2 **
	ファンクショナルリーチ (cm)	38.8 ± 4.2	40.5 ± 4.2 **	42.3 ± 4.7 **	42.0 ± 4.2 **	40.1 ± 5.1 ##
	5m最大歩行速度 (秒)	1.84 ± 0.25	1.63 ± 0.21 **	1.53 ± 0.21 **	1.58 ± 0.20 **	1.56 ± 0.22 **
	タイムアップ&ゴーテスト (秒)	4.52 ± 0.56	3.95 ± 0.49 **	3.86 ± 0.53 **	3.77 ± 0.51 **	3.76 ± 0.53 **
	体力年齢 (歳)	58.6 ± 7.3	55.4 ± 6.1 **	55.8 ± 6.9 **	55.9 ± 6.7 **	55.9 ± 6.5 **
臨床検査	収縮期血圧 (mmHg) (≥130mmHg, n=55)	153 ± 15	149 ± 16 *	146 ± 15 **	147 ± 16 **	145 ± 15 **
	拡張期血圧 (mmHg) (≥85mmHg, n=23)	94 ± 6	88 ± 7 **	89 ± 10 *	87 ± 6 **	85 ± 7 **
	空腹時血糖 (mg/dL) (≥110mg/dL, n=12)	122 ± 13	108 ± 13 *	110 ± 14 **	113 ± 14 *	112 ± 14 *
	HbA1c (%) (≥5.6%, n=39)	5.9 ± 0.4	5.8 ± 0.3 *	5.8 ± 0.3 *	5.8 ± 0.4 *	5.8 ± 0.4 *
	HDLコレステロール (mg/dL) (n=80)	67 ± 16	64 ± 14	68 ± 15 #	70 ± 17 #	72 ± 18 **
	LDLコレステロール (mg/dL) (≥140mg/dL, n=32)	157 ± 16	145 ± 28 *	137 ± 29 **	138 ± 28 **	140 ± 26 **
	中性脂肪 (mg/dL) (≥150mg/dL, n=10)	194 ± 33	144 ± 81 *	152 ± 78	145 ± 73 *	149 ± 41 *

数値は平均±標準偏差を示す。

開始前測定 (2015) に対しての有意な変化を***: p<0.01, *: p<0.05で示す。

2年後測定 (2017) 以降で前年に対して有意な変化を##: p<0.01, #: p<0.05で示す。

た。説明会では、研究の主旨と方法を説明した後、研究への参加は任意であり、研究に協力しないことによる不利益は生じないこと、プライバシーへの配慮、研究データの保管・破棄方法、個人を特定することのないように匿名加工すること及びいつでも辞退できることを文章で説明し、書面にて研究への同意を得た。

結 果

1. 分析対象者の本トレーニング実践状況

研究対象者には、週1回以上の頻度で本トレーニングを続けていただくことを依頼した。その実施状況について健康センターの記録で調査し、4年間の分析対象者の実施状況を集計した。その結果は平均2.09回/週、標準偏差0.57回/週であり、80名中76名 (95%) は要求されていた週1回以上を実践

表3 医療費における4年間の経年変化

内 容		2015	2016	2017	2018	2019
医療費 (n=55 †)	医療費総額 (千円)	133 ± 129	153 ± 140	127 ± 218	149 ± 212	118 ± 122
	内分泌、栄養及び代謝疾患 関連医療費 (千円)	22 ± 65	24 ± 66	23 ± 57	23 ± 63	23 ± 67
	循環器系疾患関連医療費 (千円)	37 ± 64	37 ± 64	33 ± 67	27 ± 57	29 ± 68
	筋骨格系及び結合組織疾患 関連医療費 (千円)	10 ± 21	4 ± 9	7 ± 16	14 ± 36	11 ± 27
医療費 (参考値 † †)	大山町民全体の医療費総額 (千円)	248 (n=10147)	274 (n=10015)	265 (n=9819)	270 (n=9622)	289 (n=9437)
	大山町同性同世代医療費総額 (千円)	283 (n=3233)	320 (n=3206)	294 (n=3153)	290 (n=3122)	320 (n=3069)

医療費については数値は全て当該年度一人当たりの額を示す。

† 分析対象者の中で国民健康保険の被保険者 (n=35) と全国健康保険協会の被保険者 (n=20) のレセプトから算出した。

† † 比較対象として同町の国民健康保険と全国健康保険協会の被保険者について総額と被保険者数から平均値を算出した。

できていた。週2回以上の者も51名 (64%) 存在した。

2. 分析対象者における経年変化

表2は、分析対象者 (80名) について、開始前 (2015年) 測定から介入終了時 (2019年) 測定までの毎年の問診調査・身体組成測定・体力測定・臨床検査の結果を平均±標準偏差で示している。開始前測定に対して統計的に有意な変化を示した値には**: $p<0.01$, *: $p<0.05$ を記した。また2年後 (2017) 測定以降で前年度に対して有意な変化を示した値には##: $p<0.01$, #: $p<0.05$ を記した。

問診調査については、運動習慣では開始前に対して1年後に2.0点の有意な増加 (改善) がみられ、それが4年間維持された。運動に対する自己効力感は1年後のみ0.9点の有意な増加 (改善) がみられた。食生活調査では開始前に対して4年間0.5~1.1点の有意な増加 (改善) がみられた。生活満足度は2年後のみ開始前に対して1.4点の有意な増加 (改善) を示した。基本チェックリストによる介護リスク調査では、運動器のリスク (No.6~No.10の合計点) について比較し、その結果4年間において0.3~0.4点の有意な減少 (改善) がみられた。VASスケールによる疼痛調査では、膝痛や腰痛が開始前に対して有意に減少 (改善) していることが示された。

身体組成測定では、肥満傾向者のBMIが開始前に比べて0.3~1.0の有意な減少が4年間に亘り認められた。体脂肪率については、肥満傾向者において2年後~3年後にかけて0.3~0.8%の有意な減少が認められた。筋肉量率については1年後~3年後

にかけて0.4~0.9%の有意な増加が認められた。

体力測定では、開眼片足立ち時間を除くすべての評価指標で開始前に対して有意な向上が認められた。開眼片足立ち時間では、2年後に前年度に対する減少がみられたが、それ以外は開始前に対して有意な向上が認められた。体力年齢については、2.7~3.2歳の有意な減少 (改善) が4年間に亘り認められた。

臨床検査値では、高血圧傾向 (収縮期血圧 ≥ 130 mmHg, 拡張期血圧 ≥ 85 mmHg) の者において4年間に亘り開始前に対して、収縮期で4~8mmHg, 拡張期で5~9mmHgの有意な低下が認められた。高血糖 (空腹時血糖 ≥ 110 mg/dL, HbA1c $\geq 5.6\%$) の者については、空腹時血糖で9~14mg/dL, HbA1cで0.1の有意な減少が認められた。HDLコレステロールでは脂質異常基準値 (HDLコレステロール < 40 mg/dL) に該当するものが無く、全員についてみたが2年後より1~5mg/dLの有意な増加 (改善) が示された。脂質異常 (LDLコレステロール ≥ 140 mg/dL, 中性脂肪 ≥ 150 mg/dL) の者では、LDLコレステロールで12~20mg/dL, 中性脂肪で42~50mg/dLの有意な減少が4年間に亘り認められた。

3. 医療費への影響

表3は、介入前と介入期間の各年度の一人当たりの医療費について、分析対象者では総額 (医科+調剤)、内分泌・栄養及び代謝疾患関連医療費、循環器系疾患医療費、筋骨格系及び結合組織疾患関連医療費の経年変化を、また比較対象として大山町民全体の総額と分析対象者と同性同年代の総額

の経年変化を表している。ただし、調査は国民健康保険団体連合会と全国健康保険協会の被保険者についてのみに可能であったためにサンプル数は、分析対象者が55名、大山町民全体が約10,000名、同性同年代が約3,200名であった。

分析対象者では、平均値においては経年的に減少傾向がみられるが、開始前年に対しての有意な減少は認められなかった。大山町民全体総額と同性同年代総額については、参考値として平均値のみが提出されたので、統計的な有意差判定はできなかったが、平均値の経年変化をみると上昇傾向が観察された。

考 察

1. 日常生活行動の変化

大淵ら¹⁶⁾は、本トレーニングと同様な運動を3ヶ月間行った介入群で日常生活歩数が860歩/日増えたことを報告し、トレーニング以外の日常身体活動の向上に寄与するとしている。この点を本研究の分析対象者についてみると、運動習慣得点が2点4年間に亘り有意に増加していることがこれに相当し、これは問診票の設問にある「外出の際、努めて歩くようになった」や「エレベーターやエスカレーターより階段を使うようになった」という変化を表していると考えられる。

運動介入によりQOLや生活満足度が高まるという報告は多い。Inabaら²¹⁾は、高齢者を対象とした筋力トレーニングにより健康関連QOLが高まったことを報告している。加藤ら²²⁾も脳血管障害の高齢者への運動介入でQOLが高まったことを示している。しかしながら、本研究では4年間の中で生活満足度に変化はみられなかった。その原因については断定できないが、一つの要因として分析対象者は開始前から生活満足度が高い状態であったことが考えられる。

膝痛や腰痛を訴える中高年女性は多い。分析対象者においても、80名中31名(39%)がどちらかの疼痛を挙げていた。それが4年間の介入によって発件件数が23%に減り、痛みの程度がVASスケール調査でおおよそ1/3~1/4に減少した。Matsumotoら²³⁾も、高齢期になって膝や腰の障害を長く持つと転倒頻度や骨密度低下、サルコペニアにつながることを指摘しており、本トレーニングでそれが改善されたことは今後の生活行動に恩恵を与えたと推察される。

2. 身体組成及び体力への効果

分析対象者において肥満傾向者(BMI \geq 25.0)は46名(58%)であり、減量を希望する者も多かった。しかしながら、4年後にBMIで1.0の減少、体脂肪率(\geq 30%, 64名)においては0.5%の減少に終わった。また筋肉量率をみても4年後には変化はみられなかった。谷本ら¹²⁾は、本トレーニングと同様なトレーニングを同年代の女性に16週間行い体脂肪率1.4%の減少を報告している。方ら¹³⁾も同様なトレーニングを6ヶ月間実施し、大腿部皮下脂肪面積が6.5%減少し、大腰筋横断面積が7.1%増加したことを報告している。本研究との違いは何かを考えると、本研究は4年間に亘る長期介入であるが、実施頻度は平均週2回であったのに対して、上記の先行研究では週3回の実施頻度であった。この実施頻度の差が効果の違いに影響したと推察される。

体力測定結果においては、本研究では握力で3.5%、脚伸展力で10.6%、開眼片足立ちで11.3%、長座体前屈で21.4%、ファンクショナルリーチで3.4%、5m最大歩行速度で15.2%、タイムアップ&ゴーで16.8%のすべてで有意な改善がみられた。これについては他の先行研究と評価指標が異なるため直接比較はできないが、概ね同等の効果がみられたと考える。ただし、4年間の長期介入が経年的に効果を大きくしたという見方は難しく、1年後に現れた効果を、トレーニングを継続実施したことで維持することができたこととみられる。このことは体力の総合評価として捉えている体力年齢が1年後に3.2歳若返った後にその後は概ね変化がない点でも示唆されている。

体力年齢は1年後に若返り、それ以降は維持されたことが示されたが、実際には暦年齢は経年的に1歳ずつ更新される。したがって、開始前には暦年齢と体力年齢の差が2.0歳(体力年齢<暦年齢)であったのが、4年後にはその差が8.7歳(体力年齢<暦年齢)にまで広がったことが分かる。

また、この体力年齢の若返り効果を、トレーニングの実施頻度で比較したのが図2である。トレーニングの実施頻度が高いほうが体力年齢の若返り傾向が大きいことが示唆された。先の減量や筋増量効果で示されたように週3回程度の実施の方が体力の向上には効果があると考えられる。

3. 生活習慣病のリスク削減効果

Sawadaら²⁴⁾は、本トレーニングと同様なトレ

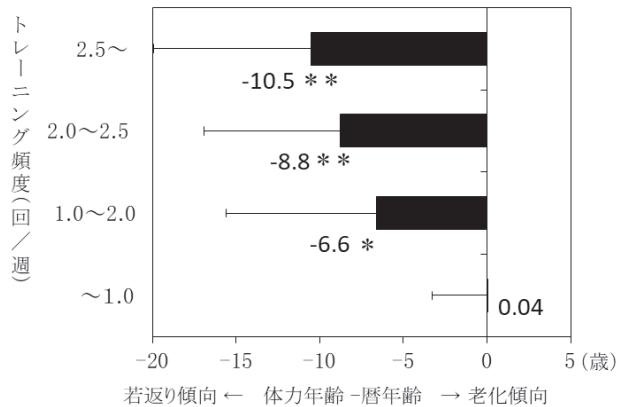


図2 4年間の平均トレーニング頻度における体力年齢の若返り傾向
週1回未満群に対する有意差を*: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$ で示した。

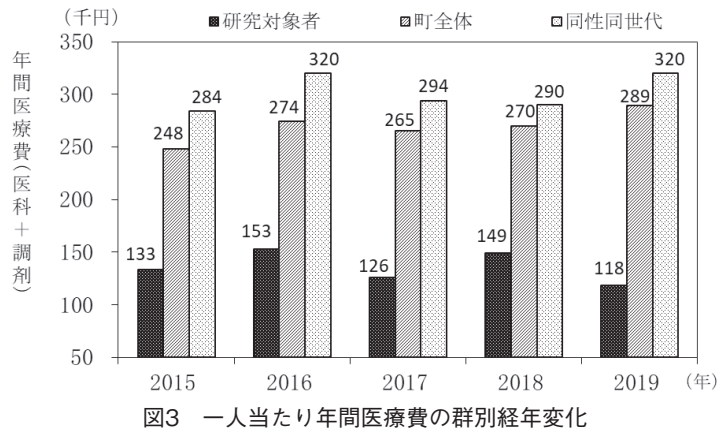


図3 一人当たり年間医療費の群別経年変化

ニングを週1~3回実施し、20歳以上の女性10,680名について2型糖尿病の発症率を比較した。その結果週1回程度の実施者の発症率を1.00とすると、週2~3回実施でハザード比が0.69に、週3回以上の実施ではハザード比が0.61に下がることを報告した。谷本ら¹²⁾も、同様のトレーニングを週3日16週間行うことで、収縮期血圧が4mmHg低下し、空腹時血糖が6mg/dL減少したことを報告した。本研究においても、収縮期血圧で8mmHgの低下、空腹時血糖で10mg/dLの減少、LDLコレステロールで17mg/dLの減少、中性脂肪で45mg/dLの減少が示された。これらは高血圧、高血糖、脂質異常のリスクを下げたことの証となる。したがって、本トレーニングを長期に亘り実践することは、生活習慣病のリスクを削減する効果があると言えよう。

4. 医療費への影響

運動習慣を維持することは、医療費を削減または上昇抑制に対して効果があるという報告は散見される^{25) 26)}。反対に健康増進活動で一時的な抑制効果は出ても、生涯医療費という観点からすれば削減できるという科学的根拠は無いとする意見²⁷⁾もある。図3は、一人当たりの年間医療費総額を、分析対象者とその同性同年代者及び町民全体について、開始前から介入終了時までの経年変化と比較している。分析対象者群は他の2群に比べて介入前から医療費が少ないこと分かる。研究対象者として本研究に応募した時点で、重篤な疾病や手術の必要性などが無かったということの意味していると推察される。また統計的な有意差をみるには至らなかったが、平均値としての傾向として、町全体や同性同年代者群では医療費は経年的に維持

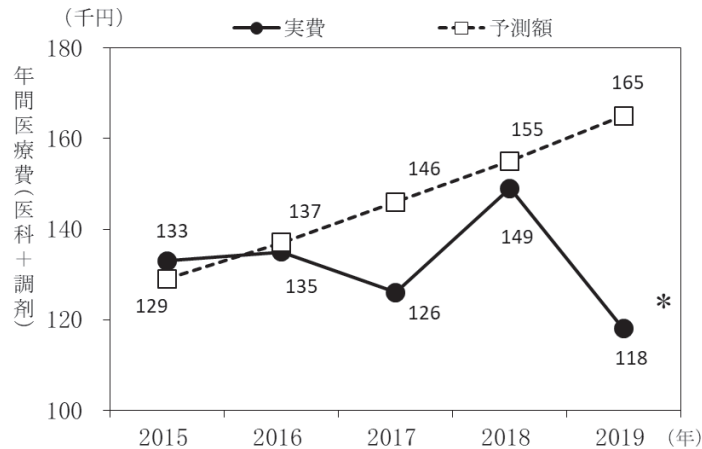


図4 一人当たり年間医療費の実費と予測額の経年変化にみる差異

予測額 (円) 推定式 予測額=285X²-27576X+721038 (X:年齢)

*: 実費と予測額の間でp<0.05で統計的な有意差があったことを示す。

～増加傾向を示しているのに対して、分析対象者群では増加傾向はみられない。

さらに、分析対象者に対して介入前年の医療費について年齢との相関関係を求めたところ、年齢をXとする医療費予測額を推算する次のような二次回帰式が得られた。

年齢による医療費予測額 (円) : $Y=285X^2-27576X+721038$ (n=55, r=0.409, p<0.01)

統計的に有意相関が認められたので、この式を用いて分析対象者の介入期間の医療費を予測し、それと医療費実費との比較をしたのが図4である。介入最終年では、予測額と実費との間に有意差がみられた。今後さらに追跡して調査する必要があるが、この時点では本トレーニングの介入によって医療費の予測額を実費が下回っていることが示唆された。

結 語

本研究は、大山町が2015年度より誘致した「サーキット式コンバインドトレーニング (本トレーニング) 施設」を町民の多くが利用して、健康増進活動を推進していくことが、利用者の身体機能の増進や臨床検査値の改善のみならず、町全体の医療費適正化につながることを検証することを研究目的として行われた。その結果として以下のような結論を得ることができた。

1) 問診調査によって、研究対象者は本トレーニ

ングを始めたことにより運動習慣と食生活において開始時よりも統計的に有意な改善がみられ、その改善が維持されたことが示された。また要介護リスクを示す基本チェックリストからは、65歳以上の分析対象者において運動器機能のリスクが有意に軽減されたことが示された。運動器機能のリスク軽減に関係すると考えられる運動器の慢性的な疼痛についての調査においても、腰や膝の疼痛が軽減していることが示唆された。

- 2) 体組成の変化については、肥満傾向者においてBMIで1.1の有意な減少が示された。
- 3) 体力測定では、すべての評価指標において有意な向上が示された。すなわち握力において0.9kg (3%) の増加、脚伸展力では5.4% (10.6%) の増加、開眼片足立ちについては12.3秒 (14.1%) の増加、ファンクショナルリーチでは1.2cm (3.1%) の増加、長座体前屈では7.9cm (21.4%) の増加を示した。5m最大歩行速度では0.28秒 (17.9%) の短縮、タイムアップ&ゴーでは0.76秒 (4.8%) の短縮を示した。総合的評価指標としての体力年齢は、開始時は暦年齢に対して-2.0歳であったのが4年後には-8.7歳に若返ることが示された。
- 4) 臨床検査値では高血圧、高血糖、脂質異常のリスク保有者について検討し、収縮期血圧

については8mmHgの減少，拡張期血圧では9mmHgの減少，空腹時血糖では10mg/dLの減少，LDLコレステロールでは17mg/dLの減少，中性脂肪では45mg/dLの有意な減少が認められた。

- 5) 本トレーニングの実施頻度と効果の関係を検討すると，体力年齢の若返り度の大きさは，週1回未満では効果が薄く，週2.5回以上行うような実施頻度の高さが効果に大きく影響することが示唆された。
- 6) 医療費については，本トレーニングによる直接的な医療費の削減効果は証明されなかったが，研究対象者の年齢構成からみて増加が予測される予測額に対する抑制効果は果たしていることが示唆された。

以上の結果から，カーブス運動を長期に亘って実施することは，生活習慣の改善や体力の維持向上，生活習慣病予防や介護予防及び医療費抑制に効果が認められたと考えられる。

本研究に協力いただいた研究対象者，大山町職員，(株)カーブスジャパンのスタッフ，鳥取大学医学部職員，運動インストラクターそれぞれの皆様に厚く御礼申し上げます。

本研究は，鳥取県大山町と(株)カーブスジャパンと鳥取大学の共同研究（2015年～2020年受託研究：サーキット式コンバインドトレーニング施設の誘致が利用者の健康関連体力の向上や医療費適正化に及ぼす効果）として行われた。申告すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Kohl HW 3rd, Craig CL, Lambert EV, Inoue S, Alkandari JR, Leetongin G, Kahlmeier S; Lancet Physical Activity Series Working Group. The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *Lancet*2012; **380**: 294-305.
- 2) WHO. Globally, 1.4billion adults at risk of disease from not doing enough physical activity. Public Release 2018; 4-Sep.
- 3) Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health* 2018; **6** (10) : e1077-e1086.
- 4) Bauman A, Ainsworth BE, Sallis JF, Hagstromer M, Craig CL, Bull FC, Pratt M, Venugopal K, Chau J, Sjostrom M; IPS Group. The descriptive epidemiology of sitting. A 20-country comparison using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) . *Am J Prev Med* 2011; **41** (2) : 228-35.
- 5) Ikeda N, Inoue M, Iso H, Ikeda S, Satoh T, Noda M, Mizoue T, Imano H, Saito E, Katanoda K, Sobue T, Tsugane S, Naghavi M, Ezzati M, Shibuya K Adult. Mortality attributable to preventable risk factors for non-communicable diseases and injuries in Japan: a comparative risk assessment. *PLoS medicine* 2012; **9** (1) : e1001160.
- 6) Lee M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT; Lancet Physical Activity Series Working Group. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* 2012; **380** (9838) : 219-29.
- 7) Inoue M, Iso H, Yamamoto S, Kurahashi N, Iwasaki M, Sasazuki S, Tsugane S; Japan Public Health Center-Based Prospective Study Group. *Ann Epidemiol* 2008; **18** (7) : 522-30.
- 8) Levine JA. Non-exercise activity thermogenesis. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2002; **16** (4) : 679-702.
- 9) WHO. Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world. WHO 2018. p.1-104.
- 10) 厚労省. 健康づくりのための身体活動指針(アクティブガイド) 2013. [https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html]
- 11) 大山町健康対策課「まったなし！健康づくり大山町健診ガイド」2019年度版。
- 12) 谷本道哉，真田樹義，山元健太，丸藤祐子，田畑泉，橘勝博，宮地元彦：中高年女性を対象とした「サーキット式コンバインドトレーニング」の身体諸機能に与える影響。第63回日本体力医学会抄録集，体力科学2008; **57**(6):

- 823.
- 13) 方恩知, 田辺解, 王シンチン, 津田瞳美, 齋藤光, 齋藤直美, 久野譜也: 短期間のサーキット運動が中高年女性の筋量, 筋力, 歩行能力に及ぼす影響. 第69回日本体力医学会抄録集, 体力科学2014; **63** (6): 671.
 - 14) Nouchi R, Taki Y, Takeuchi H, Sekiguchi A, Hashizume H, Nozawa T, Nouchi H. Four weeks of combination exercise training improved executive function, episodic memory, and processing speed in healthy elderly people: evidence from a randomized controlled trial. *Age (Dordr)* 2014; **36** (2): 787-99.
 - 15) Sallis JF, Owen N. *Physical activity and behavioral medicine*. Sage, Beverly Hills 1999. p.116-127.
 - 16) 大淵修一, 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 2015; **64** (3): 305-3014.
 - 17) 岡浩一郎「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」日公衛誌2003; **50** (3): 208-215.
 - 18) ヘルスアセスメント検討委員会. ヘルスアセスメントマニュアル. 厚生科学研究所. 2002. p. 29-79.
 - 19) 出村慎一, 野田政弘, 南雅樹, 長澤吉則, 多田信彦, 松沢甚三郎. 在宅高齢者における生活満足度に関する要因. 日本公衛誌 2001; **48** (5): 356-66.
 - 20) 加藤敏明. 第10章「ご当地体操」による健康寿命の延伸. 高橋元, 光多長温 (監修). 超高齢社会. 中央経済社. 2012. p.164-180.
 - 21) Inaba Y, Obuchi S, Arai T, Satake K, Takahira N. The long-term effects of progressive resistance training on health-related Quality of Life in older adults. *J Physiol Anthropol* 2008; **27**: 57-61.
 - 22) 加藤敏明, 西村正広, 山下宏呂子, 黒沢洋一, 加藤朋子, 平家由紀美, 木下実津代. 脳血管障害患者に対する水中運動を利用した運動療法の効果. 米子医学雑誌 2005; **56** (6): 202-10.
 - 23) Matsumoto H, Tanimura C, Tanishima S, Osaki M, Noma H, Hagino H. Sarcopenia is a risk factor for falling in independently living Japanese older adults: Two-year prospective cohort study of the GAINA study. *Geriatr Gerontol Int* 2017; **17** (11): 2124-2130.
 - 24) Sawada SS, Gando Y, Kawakami R, Blair SN, Lee IM, Tamura Y, Tsuda H, Saito H, Miyachi M: Combined aerobic and resistance training, and incidence of diabetes: A retrospective cohort study in Japanese older Women. *J diabetes Investig* 2018; **10** (4): 997-1003.
 - 25) Tsuji I, Takahashi K, Nishino Y, Ohkubo T, Kuriyama S, Watanabe Y, Anzai Y, Tsubono Y, Hisamichi S. Impact of walking upon medical care expenditure in Japan: Ohsaki Cohort Study. *International Journal of Epidemiology* 2003; **32**: 809-814.
 - 26) 神山吉輝, 川口毅, 神田晃, 久野譜也, 西嶋尚彦. 高齢者の筋力系トレーニングによる医療費抑制効果. 体力科学 2004; **53**: 205-210.
 - 27) 三木立「健康寿命延伸で医療・介護は抑制されるか『平成26年版厚生労働白書』を読む」日本医事新報 2014; **4712**: 16-17.