

表 高筋力群と低筋力群における年齢別の生活習慣病危険因子

測定項目	若年群		中年群		高齢群	
	高筋力群	低筋力群	高筋力群	低筋力群	高筋力群	低筋力群
体重: kg	63.0±1.8	59.7±1.3 †	58.0±1.0	56.8±0.9 †	58.9±1.0	55.7±0.9 †
BMI	22.9±0.5	21.6±0.4	22.7±0.4	22.8±0.3	22.6±0.3	22.8±2.6
%FM: %	19.1±0.8	20.0±0.7	25.2±0.7	28.3±0.7 †	24.6±0.9	26.6±0.6 †
LBM: kg	51.0±1.6	47.8±1.1 †	43.0±0.6	40.4±0.6 †	44.6±1.1 †	40.8±0.8 †
体幹%FM: %	16.5±0.9	17.0±0.7	23.2±1.0	27.4±0.7 †	25.0±1.0	26.9±0.7 †
全身骨密度: g/cm ³	1.21±0.01	1.14±0.01 †	1.10±0.01	1.09±0.01	1.04±0.01	0.99±0.01 †
血糖値: mg/dl	89±1	89±1	92±1	97±2	99±2	103±3
HbA1c: %	4.82±0.03	4.82±0.05	4.99±0.04	5.16±0.08 †	5.16±0.07	5.45±0.08 †
HOMA-R	1.19±0.12	1.25±0.10	1.29±0.11	1.72±0.12 †	1.26±0.09	1.67±0.11 †
総コレステロール: mg/dl	186±5	178±5	189±6	189±6	212±4	186±6
HDLコレステロール: mg/dl	68±2	67±1	73±2	65±2 †	66±1	62±1 †
中性脂肪: mg/dl	74±6	67±4	84±7	128±8 †	100±6	132±6 †
収縮期血圧: mmHg	114±2	109±1 †	116±2	120±1 †	126±2	135±2 †
拡張期血圧: mmHg	66±1	63±1	70±1	72±1	76±1	77±1
脈圧: mmHg	48±1	47±1	46±1	49±1 †	51±1	59±1 †
脈波速度: cm/秒	1162±18	1100±15 †	1208±15	1282±15 †	1485±31	1622±29 †

%FM=体脂肪率、HOMA-R=血糖値×インスリン濃度/405、† p<0.05 vs 高筋力群

中高年女性の身体組成に対するウォーキングと食品成分の併用効果

主任研究者 田畑 泉 （独）国立健康・栄養研究所 健康増進研究部
協力研究者 石見佳子 同 食品表示分析・規格研究部

閉経後 5 年以内の健常女性 128 名を対象に、ウォーキングと大豆イソフラボン摂取の併用が身体組成に及ぼす影響を検討した。週 3 回のウォーキング（1 回 45 分、時速 6km/h）により、全身および体幹部の脂肪重量は 3 ヶ月目より、四肢の脂肪重量は 6 ヶ月より非運動群に比べて有意に低値を示し、骨密度は 1 年目に大腿骨頸部および WARD' S 三角部の骨密度の低下が非運動群に比べて有意に抑制された。一方、1 年間のイソフラボン摂取により大腿骨 WARD' S 三角部の骨密度の低下が対照群に比べて有意に抑制された。これらの身体組成の変化は運動とイソフラボン摂取の併用群で最も顕著であったが、両因子に交互作用は認められなかった。6 ヶ月のウォーキングにより握力には変化は認められなかったが、脚伸展力は増加傾向を示した。以上の結果より、1 年間の速歩と大豆イソフラボンの介入は閉経後女性の身体組成および脚力を改善する可能性が示唆された。

A. 研究目的

閉経後女性ではエストロゲン欠乏に起因する骨代謝および脂質代謝の異常が認められる。これらの疾病を予防するには運動の実施と食生活の改善が有効である可能性が示唆されている。そこで本研究では、閉経後女性を対象に運動生理学および栄養学的視点から生活習慣病の発症の予防に有効な方法の確立を目指す。平成 17 年度はウォーキングと食品成分の身体組成、脚力および握力に対する併用効果を評価した。

B. 研究方法

閉経後 5 年以内の健常女性 128 名を対象に、運動と食品成分の併用が身体組成及び脚力と握力に及ぼす影響を評価した。運動

は中高年女性にとって負担の少ないウォーキング種目を選択し、週 3 回（45 分/ 回）実施した。食品成分は骨に対して弱い女性ホルモン様作用を示す大豆イソフラボン（配糖体 75mg/日）を選択した。群分けは無作為割付とし、イソフラボンに関しては二重盲検法を採用した。群分けは 1. 対照群、2. イソフラボン摂取群、3. 運動群、4. イソフラボン摂取+運動群とし、試験は 6 ヶ月間実施した。身体組成は二重エネルギー吸収法（DXA）を用いた。統計学的解析は二元配置分散分析法を用いた。

本研究の遂行に当っては、本研究所所定の「人を対象とする実験・調査等に関する倫理指針」に基づくことはもちろんのこと、関連法規を厳守して被験者の人権と安全性

を最大限に尊重して実施した。

C. 研究結果

1. 被験者の閉経後年数は各群とも 3-4 年であった。試験開始時の身長、体重、BMI、全身体脂肪率、全身、腰椎および大腿骨頸部の骨密度に、有意な差は認められなかった。
2. 対照群の全身体脂肪量は、試験開始から 6 ヶ月では変化は認められなかったが、脚および腕の脂肪重量は増加した(図 1)。
3. 週 3 回のウオーキング(1 回 45 分)により、全身、体幹部の脂肪重量は 3 ヶ月目より、四肢の脂肪重量は 6 ヶ月目より非運動群に比べて有意に低値を示した(図 1)。
4. 1 年間のイソフラボン摂取により、体幹部の脂肪重量が対照群に比べて有意に低下した(図 1B)。
5. 脚伸展力は試験開始時には群間で有意な差はなかったが、6 ヶ月後では運動群が非運動群に比べて高値傾向を示した($p = 0.08$)(図 2)。脚伸展力は併用群でもっとも高かった。なお、左右握力には群間で有意な差は認められなかった。
6. 大腿骨頸部骨密度は併用群で最も高値を示した(図 3)。

D. 考察

閉経後女性において、1 年間のウオーキングは全身および四肢の脂肪重量を低下させ、大腿骨近位部の骨密度の低下を抑制することが明らかになった。さらにウオーキングにより脚伸展力が増加することが明らかになった。握力には変化がなかったことから、この変化はウオーキングが直接脚力

を増加させたことが示唆される。ウオーキング群の 1 年間の 1 日当りの平均歩数は約 8,500 歩であり、対照群では約 6,000 歩であったことから、1 日平均 2,500 歩の早足ウオーキングを実施することにより、脚伸展力の強化とともに身体組成が改善されることが明らかになった。

一方、今回の試験ではイソフラボンとウオーキングの併用群の脚伸展力の変化率ももっとも高かったことから、両者の併用は骨および脂肪ばかりでなく、筋に対しても有効である可能性が示唆された。

E. 結論

閉経期の女性では体脂肪率の上昇と大腿骨頸部骨密度の低下が認められたが、週 3 回のウオーキングを 1 年間継続することにより、これらの変化が有意に抑制された。1 日あたり 75mg のイソフラボン配糖体を 1 年間摂取することにより、大腿骨 WARD' S 三角部の骨密度の低下が軽微であるが抑制された。運動とイソフラボン摂取の併用効果には交互作用は認められなかったが、両者の併用により閉経後女性の脂質代謝および骨代謝が効率良く改善される可能性が示唆された。

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

Wu J, Oka J, Higuchi M, Tabata I, Toda T, Fujioka M, Fuku N, Teramoto T, Okuhira T, Ueno T, Uchiyama S, Urata K, Yamada K, Ishimi Y. Cooperative effects of

isoflavone and exercise on bone and lipid metabolism in postmenopausal Japanese women. Metabolism 55:423-433, 2006.

2. 学会発表

- ①石見佳子：生活習慣病予防のための運動と食事の効果、第35回滋賀県公衆衛生学会特別講演 2.17.2005
- ②石見佳子、岡純、田畑泉、福典之、戸田登志也、内山成人、山田和彦、呉堅、閉経後女性の骨代謝および脂質代謝に対する大豆イソフラボン摂取と運動の併用効果：第23回日本骨代謝学会 7.23.2005

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

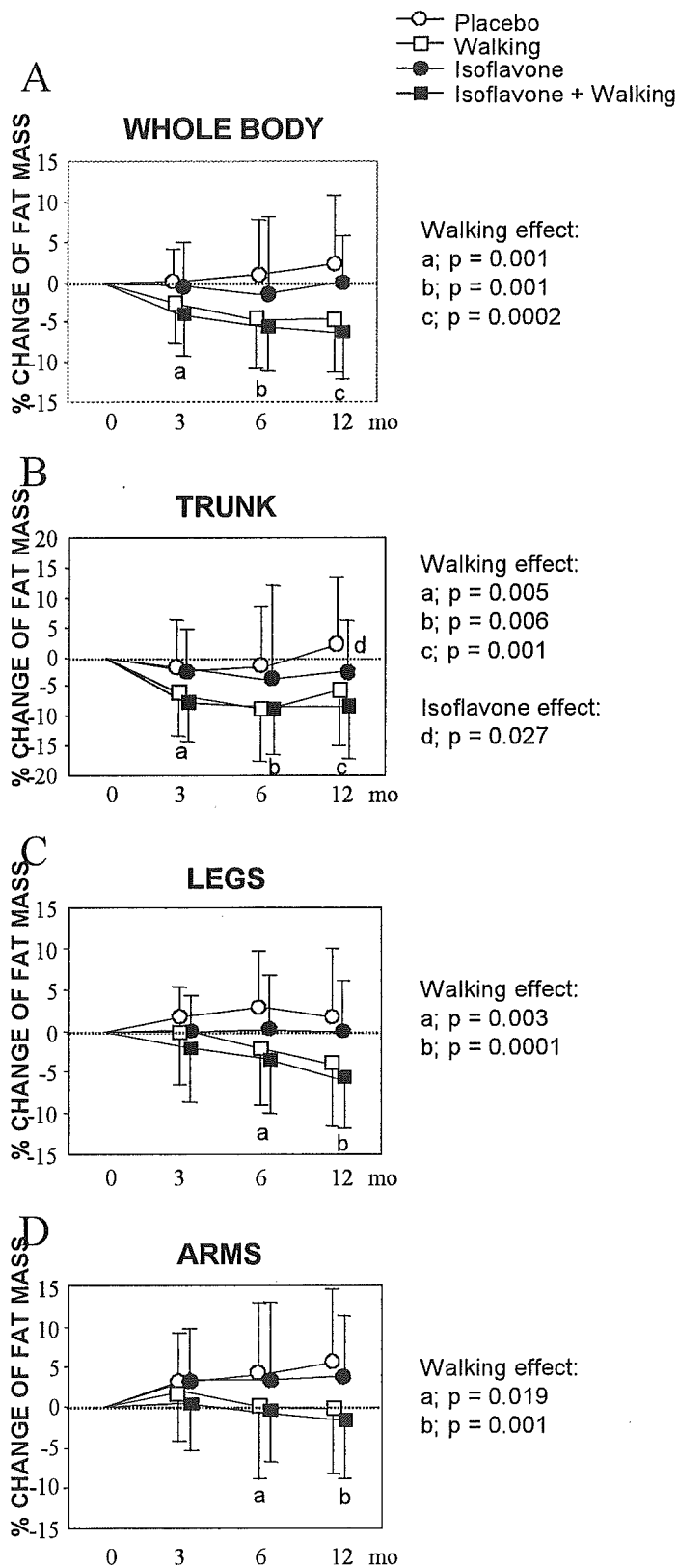


図1. ウォーキングと大豆イソフラボンの併用が体脂肪量におよぼす影響

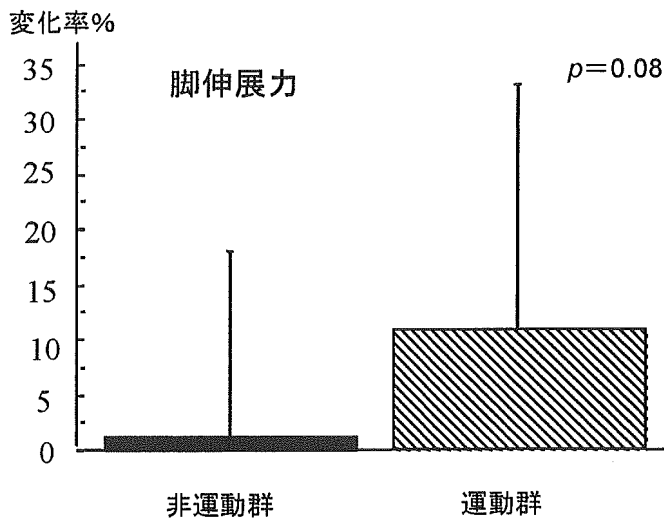


図 2. 6ヶ月間のウォーキング介入による脚伸展力の変化率

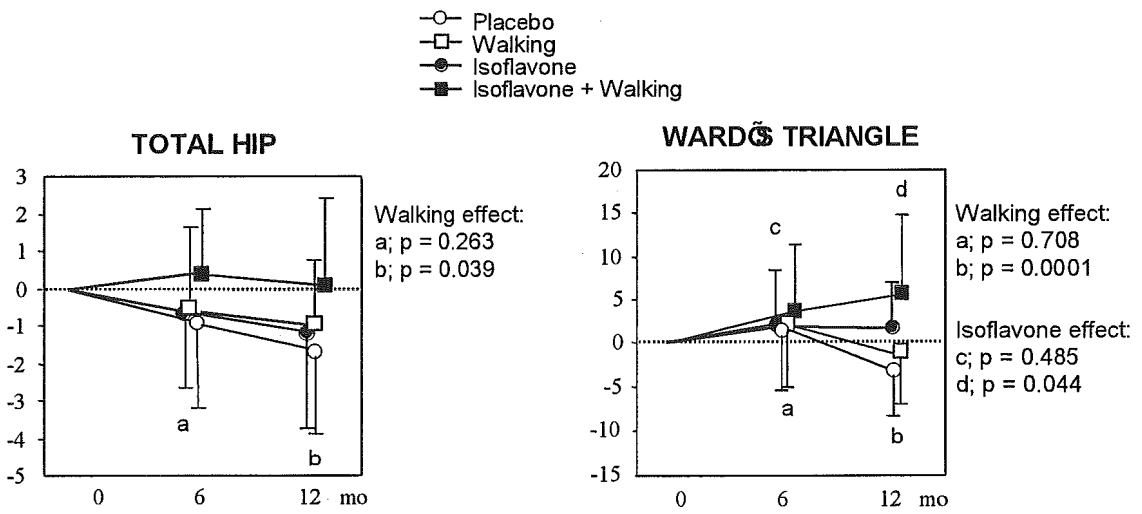


図 3. 1年間のウォーキングと大豆イソフラボンの併用が大腿骨骨密度におよぼす影響

運動が骨代謝に及ぼす影響に関する研究

分担研究者：戸山 芳昭 慶應義塾大学医学部整形外科 教授

走行運動が骨梁連結性の増加、骨梁形状の rod 様から plate 様構造への変化などを誘導することによって、正常ラットおよび OVX ラット大腿骨の骨梁構造を改善したことを明らかにした。

A. 研究目的

骨粗鬆症治療の評価は、主に DXA 法による骨密度によって行われてきたが、骨梁構造の力学的負荷に対する適応機構など骨の量に反映されない質的な部分の関与が想定される。本研究の目的はマイクロ CT によりラットにおいて運動による骨梁構造の変化を 3 次元的に評価することである。

B. 研究方法

4 週齢の Wistar 系雌性ラット 32 匹を 0.5%Ca 含有食で 23 週齢まで飼育し、平均体重を一致させた卵巣摘除群（0 群）、卵巣摘除+運動群（OE 群）、偽手術群（S 群）、偽手術+運動群（SE 群）の 4 群に分けた。運動群では手術翌日より小動物用トレッドミル装置を用いた走行運動を 12 週間負荷した。屠殺後、大腿骨の骨幹部（皮質骨）、遠位骨端部（海綿骨）の骨微細構造と骨強度について検討した。

（倫理面への配慮）

マウスを用いる実験に関しては、慶應義塾大学の実験動物に関する規則に則って計画し、遂行した。

C. 研究結果

12 週間の走行運動は S 群、0 群の BV/TV をそれぞれ 4%、6%増加させ、Tb. Th を 6%、11%増加させた。また、12 週間の走行運動は S 群、0 群の TBPf を 31%、7.6%減少させ、SMI を 13%、9%減少させた。すなわち、走行運動が Tb. Th の増加、骨梁連結性の増加、骨梁形状の rod 様から plate 様構造への変化などを誘導することによって、正常ラットおよび OVX ラット大腿骨の骨梁構造を改善したことを示唆している。

D. 考察

骨強度に関連するさまざまな要素のうち、高い相関が認められているのは、骨の量である。これは 2 次元的指標ながら DXA 法に臨床応用され広く普及している。ただし BMD だけでは骨強度のすべてを説明できないことは基礎的、臨床的研究で明らかである。骨粗鬆症の治療効果を骨折予防の点から評価するために、微細構造に関するパラメーターが臨床応用されることが期待される。

E. 結論

本研究では、骨密度の増加効果は部位によりことなり、その効果は骨幹部と遠位部で強いことが明らかとなった。マイクロCTを用いることにより、走行運動が骨微細構造に及ぼす変化を明らかにした。

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

現在、投稿準備中である。

2. 学会発表

- ① 中道憲明, 市村正一, 岩本潤, 戸山芳昭.
自然発症型糖尿病ラットにおける走行運動、活性型ビタミン D、副甲状腺ホルモンが骨代謝に及ぼす影響. 日本骨形態計測学会 2005
- ② Effects of Treadmill Exercise, Alfacalcidol and Parathyroid Hormone (1-34) on Bone Mass and Bone Metabolism in Spontaneously Diabetic Male Rats. British Orthopaedic Research 2005

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

中高年のローイング及び水泳運動が糖代謝、組成、基礎代謝量に及ぼす影響

分担研究者 樋口 満 早稲田大学スポーツ科学学術院 教授

習慣的にローイング（ボート漕ぎ）を行っている中高年男女とも糖代謝の指標（血糖値、HbA1C）は正常であり、早朝空腹時のインスリン濃度は正常範囲内の低い水準であった。ローイングを愛好している中高年女性（RW）は同年齢層の運動習慣のない女性（UW）やスイミングを愛好している女性（SW）よりも体重、体脂肪率が低くなっていたが、全身、及び体幹部、腕部及び脚部の除脂肪量（LBM）には3群間で差が認められなかった。50歳以上のスイミング愛好者をトレーニングが高頻度（WT：2回以上/週）と低頻度（LT：1回以下/週）に分けて比較すると、WT群のFMがLT群よりも少なくなっていたが、LBMには顕著な差がみられず、基礎代謝量（BMR）にも差が認められなかった。

A. 研究目的

これまでの多くの研究を踏まえて、糖尿病などの生活習慣病の予防には日常規則的な有酸素運動が推奨されている。一方、最近では、中高年者にあっては、加齢に伴う筋肉や骨の減少を予防するためにレジスタンス運動を生活に組み入れることが、「生活の質」（QOL）を高く保持するために重要であるとの指摘がなされるようになってきた。

ウォーキングやジョギング・ランニング、そしてスイミングは有酸素運動として世界的に広く行われている運動・スポーツである。一方、ローイング（ボート漕ぎ）は有酸素運動としての健康効果が明らかになってきた運動・スポーツであるが、その運動様式から考えて、レジスタンス運動としての効果も期待される。しかし、中高年者を対象としたローイングの生活習慣病予防、

QOL向上に関する研究はまだ、端緒に終わったばかりである。

そこで、まず我々は中高年男女を対象として、ローイング運動が身体組成（体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量、筋肉量、骨量など）と糖代謝に関連する血液諸指標に及ぼす影響を検討した。さらに、中高年女性のスイミングが身体組成（全身及び身体各部）と基礎代謝量に及ぼす影響についても検討したので報告する。

B. 研究方法

1. 中高年男女ローイング愛好者の身体組成と糖代謝マーカー

ローイングクラブに所属する中高年の男性（RM, N=22）と女性（RW, N=9）を対象とした。ローイング・クラブメンバーは、日常のトレーニング状況から週に1回以上のローイング・トレーニングを行っている

人々であった。各被験者に対して身体組成（体脂肪率、体脂肪量、除脂肪量）をDEXAによって測定した。早朝空腹状態にて採血を行い、血液中の糖代謝マーカー（血糖値、インスリン濃度、フルクトサミン、ヘモグロビン A1C）、SRL（株）に委託して分析した。

2. 中高年女性ローイング/スイミング愛好者の身体組成と脚伸展パワー

60歳以上でローイングを愛好している女性（RW, N=10）とスイミングを愛好している女性（SW, N=14）、及び同年齢層の運動習慣のない女性（UW, N=15）を対象として、身体組成（DEXA法）と脚伸展パワーを測定し、比較検討した。

3. 中高年女性スイマーの身体組成と基礎代謝量

閉経後の中高年女性スイミング愛好者で日常のスイミング・トレーニング頻度が異なるグループ（高頻度群（HT）、N=28、低頻度群（LT）、N=24）を対象として、身体組成（DEXA法）と基礎代謝量（BMR）を測定し評価した。

（倫理面への配慮）

すべての研究は独立行政法人国立健康・栄養研究所の倫理委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り行った。各被験者には研究の趣旨と方法、起こりうる危険性などを説明し理解を得て、インフォームド・コンセントを得て実施した。

C. 研究結果

1. 中高年男女ローイング愛好者の身体組成と糖代謝マーカー

日常規則的にローイング運動を行っている中高年者では、男性（年齢 67 ± 2 歳、体脂肪率 $20 \pm 4\%$ ）、女性（ 67 ± 2 歳、 $25 \pm 4\%$ ）いずれも、体脂肪率がこれまでに報告した同年齢層のウォーキング愛好者（男性：22%）やスイミング愛好者（女性：29%）よりも低い水準であった。

中高年ローイング愛好者の男女とも、血糖値（男性： 94 ± 7 mg/dl, 女性： 93 ± 3 mg/dl）、ヘモグロビン A1c（男性： $5.0 \pm 0.2\%$, 女性： $4.9 \pm 0.2\%$ ）が正常範囲であり、フルクトサミン（男性： 264 ± 16 μ mol/l, 女性： 267 ± 15 μ mol/l）も正常範囲をやや超える男女それぞれ2人を除いた全員が正常範囲にあった。血漿インスリン濃度（男性： 4.6 ± 2.3 μ U/ml, 女性： 4.2 ± 1.5 μ U/ml）はすべての対象者が正常範囲内の低いレベルであった。

2. 中高年女性ローイング/スイミング愛好者の身体組成と脚伸展パワー

ローイングを愛好している中高年女性（RW：年齢 67 ± 3 歳、BMI 21 ± 1 kg/m²）は同年齢層の運動習慣のない女性（UW： 67 ± 4 歳、 23 ± 2 kg/m²）やスイミングを愛好している女性（SW： 66 ± 5 歳、 23 ± 2 kg/m²）よりも体重（RW： 51 ± 4 vs. SW： 54 ± 5 vs. UW： 55 ± 5 kg）、体脂肪率（RW： 24 ± 5 vs. SW： 29 ± 4 vs. UW： $31 \pm 5\%$ ）が低くなっていたが、全身の除脂肪量（LBM）には差がみられなかった（RW： 39 ± 2 vs. SW： 38 ± 3 vs. UW： 38 ± 3 kg）。また、体幹部、腕部及び脚部の LBM は3群間で差が認められなかったが、脂肪量（FM）はいずれの部位でも、RW群がSW群、UT群よりも有意に低かった。脚伸展力（Watts, Watts/kg

LBM))はRW群 (736 ± 106 W, 19.3 ± 2.7 W/kg LBM), SW群 (812 ± 157 W, 21.3 ± 4.2 W/kg LBM)がUW群 (629 ± 93 W, 16.5 ± 2.7 W/kg LBM)よりも有意に高くなっていた。

3. 中高年女性スイマーの身体組成と基礎代謝量

50歳以上のスイミング愛好者をトレーニングが高頻度 (WT: 年齢 61 ± 6 歳、BMI 23 ± 2 kg/m²) と低頻度 (LT: 63 ± 6 歳、 24 ± 2 kg/m²) に分けて比較すると、WT群がLT群よりもFMについては有意に少なくなっていたが、LBMでは顕著な差がみられなかった (FM: 15.6 vs. 18.0 kg, $P < 0.05$ 、LBM: 38.6 vs. 38.5 kg, NS)。また、両群間の基礎代謝量 (BMR) にも差が認められなかった (1087 ± 94 vs. 1082 ± 101 kcal/day, 20.3 ± 2.2 vs. 19.2 ± 1.7 kcal/kg BW, 28.3 ± 2.3 vs. 28.1 ± 2.3 kcal/kg LBM)。

D. 考察

ローイング (ボート漕ぎ) は全身の70%以上の筋肉を動員する運動・スポーツであり、有酸素的な機能とともにレジスタンス的な機能を有することが知られている。ヨーロッパや北米を中心として、毎年、中高年ボート愛好者が参加する世界マスターズ・ボート選手権大会が開催されており、最近では、我が国からも世界マスターズ大会に参加する中高年者が増加しつつある。

本プロジェクトはそのようなボート愛好者とともに、健康増進・生活習慣病予防のための有酸素運動として推奨されており、すでに我が国で広く愛好されているスポーツであるウォーキングやスイミングなどを

行っている中高年者を研究対象として、各種運動・スポーツによる身体活動量の増加が、中高年者の身体組成と生活習慣病の諸指標、さらに基礎代謝量に及ぼす影響を検討するために行われている。

本年度に行われた横断的研究は、中高年の男性と女性のいずれにとっても、ローイングは加齢に伴う除脂肪量の減少と体脂肪量の増加を抑制する効果があることを示唆した。さらに、中高年男女において、日常的に行われるローイング運動が、血中糖代謝諸指標を正常に保持する可能性があることも示唆された。

また、スイミングやローイングを愛好している中高年女性では、脚伸展力が運動習慣のない同年齢層の女性よりも高いことが明らかになった。全身、及び脚部など身体各部のLBMには3群間に顕著な差がみられなかったにもかかわらず、脚伸展力に顕著な差がみられた利用としては、日常のスイミングやローイングのトレーニングが脚部の筋・神経系の機能を高めている可能性があると考えられた。

さらに、スイミング・トレーニングを週に2回程度の頻度で行っている中高年女性では、2週間に1回程度である同年齢層の女性と比べて、明らかに脂肪量は少なくなっていたが、内臓、筋肉、骨を含むLBMに差がみられず、基礎代謝量もほぼ同レベルであったことから、週2回程度のスイミングでは、スイミングによるエネルギー消費量を高め、脂肪燃焼が促されるものの、安静時におけるエネルギー代謝量を高めるほどの効果は期待できないといえるだろう。

E. 結論

ローイングを日常的に行っている中高年

男女の体脂肪率は運動習慣のない同年齢層の人々よりも低く、ほとんどのローイング愛好者の糖代謝マーカーは正常範囲内であったことから、ローイングの健康増進・生活習慣病予防効果の一端が明らかとなった。

トレーニング頻度が高いスイミング愛好中高年女性も、低頻度の人々に比べて体脂肪率が低くなっていたが、除脂肪体重には差がなく、基礎代謝量もほぼ同レベルであった。

F. 研究発表

1. 論文発表

- ①小清水孝子、柳沢香絵、樋口満：スポーツ選手の推定エネルギー必要量. *Journal of Training Science for Exercise and Sport* 17(4): 245-250, 2005.
- ②宮地元彦、樋口満：スポーツ用サプリメントの有効性と有害性. *成人病と生活習慣病* 35(9): 1015-1019, 2005.
- ③Higuchi M, Yoshiga C, Oka J, Yashiro K: Effects of rowing on health promotion in older people. *Exercise, Nutrition, and Environmental Stress, Volume 4, International Sports Science Network Forum Nagano, 2004*, pp.275-291, Cooper Publishing Group, LLC, 2005.
- ④木村典代、樋口満：運動・加齢と活性酸素の問題. *臨床スポーツ医学* 23(1):33-39, 2006.
- ⑤樋口満、薄井澄誉子：中・高齢者の運動・スポーツと栄養・食事. *臨床栄養* 108(2):150-154, 2006.

2. 学会発表

- ①Usui C, Miyachi M, Tabata I, Higuchi

M: Body composition in Japanese middle-aged elderly female swimmers. *American College of Sports Medicine 52nd Annual Meeting, Nashville, U.S.A., June 2, 2005.*

- ②Sonou T, Terada S, Higuchi M: Effects of different period of swimming-trained on glycogen supercompensation in rat skeletal muscle. *American College of Sports Medicine 52nd Annual Meeting, Nashville, U.S.A., June 3, 2005.*
- ③Nakatani A, Minamioka H, Mizumoto D, Hashimoto M, Tabata I, Higuchi M: Effect of high fat diet on FABP and mitochondrial enzymes in rat skeletal muscle. *American College of Sports Medicine 52nd Annual Meeting, Nashville, U.S.A., June 3, 2005.*
- ④Kimura M, Umegaki K, Endo K, Terada S, Oie C, Higuchi M: Effects of low-protein diet and exercise training on serum and liver ferritin concentration in rat. *American College of Sports Medicine 52nd Annual Meeting, Nashville, U.S.A., June 4, 2005.*
- ⑤Yashiro K, Usui C, Tabata I, Higuchi M: Swimming prevents the weakness of leg extensor muscle in women after menopause. 第13回日本運動生理学会、東京、7月31日、2005.
- ⑥新村優、呉泰雄、薄井澄誉子、金子香織、樋口満：ローイングによる高強度・間欠的トレーニングがパフォーマンスに及ぼす影響. 第60回日本体力医学会大会、倉敷、9月23日、2005.

- ⑦河野寛、宮地元彦、樋口満、小野寺昇：一過性の有酸素性運動およびレジスタンス運動後の頸動脈コンプライアンスの変化。第60回日本体力医学会大会、倉敷、9月24日、2005.
- ⑧宮谷昌枝、宮地元彦、樋口満、薄井澄誉子、河野寛、岡島真由美、田畑泉：年齢別全身持久力ならびに筋力水準と介護予防関連因子との関係。第60回日本体力医学会大会、倉敷、9月24日、2005.
- ⑨藤本恵理、町田修一、樋口満、田畑泉：ラットを対象とした5日間の高強度間欠的水泳運動トレーニングの運動セット回数が滑車筋のGLUT4濃度に及ぼす影響。第60回日本体力医学会大会、倉敷、9月25日、2005.
- ⑩薄井澄誉子、呉泰雄、金子香織、宮谷昌枝、宮地元彦、田畑泉、樋口満：中高年女性の基礎代謝量に及ぼす身体各部の組成の影響。第60回日本体力医学会大会、倉敷、9月25日、2005.
- ⑪宮地元彦、宮谷昌枝、樋口満、薄井澄誉子、河野寛、岡島真由美、田畑泉：年齢別の全身持久力ならびに筋力水準と動脈硬化との関係。第60回日本体力医学会大会、倉敷、9月25日、2005.
- ⑫柳沢香絵、小清水孝子、田畑泉、樋口満：スポーツ選手のエネルギー摂取目安量の算出方法の検討。第52回日本栄養改善学会学術総会、徳島、9月28日、2005.
- ⑬岡村浩嗣、横田由香里、小清水孝子、柳沢香絵、樋口満：スポーツ選手のたんぱく質摂取目安量の算出方法の検討。第52回日本栄養改善学会学術総会、徳島、9月28日、2005.
- ⑭金子香織、石井多樹、亀井明子、石田裕美、樋口満：パーソナル食事管理システムを使用したアスリートに対する栄養食事指導の有効性について。第52回日本栄養改善学会学術総会、徳島、9月28日、2005.
- ⑮金子香織、樋口満：聴覚障害者スポーツ選手に対する栄養指導とコミュニケーション手法。第132回日本体力医学会関東地方会、横須賀、12月4日、2005.
- ⑯薄井澄誉子、樋口満：ボディコンポジションと代謝研究会

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

生活習慣病予備群に対する在宅型ステップ運動プログラムの有効性

分担研究者 田中宏暁¹
研究協力者 武友麻衣², 中村有佐¹, 熊原秀晃¹, 清永明¹, 進藤宗洋¹,
山本英彦³, 名取省一³, 深町晶子³, 阿部紀代美³, 吉田るみ子³,
萱嶋誠³, 橋口照人⁴, 丸山征郎⁴

1 福岡大学スポーツ科学部, 2 福岡大学大学院スポーツ健康科学研究科
3 飯塚病院健康管理センター, 4 鹿児島大学大学院医歯学総合研究科

メタボリックシンドロームの概念が提唱され、生活習慣を改善することが健康増進の重要課題であると考えられている。そこで我々は、某病院の従業員健診でチェックされ、生活習慣病予備群と診断された中年労働者 32 名（年齢:45±11 才、BMI:27.8±3.1kg/m²）を対象とし、トレーニング群(N=16)とコントロール群(N=16)の2群に分け、主として在宅で行う8週間のステップ運動(踏み台昇降運動)トレーニングプログラムの有効性を検証した。トレーニングは、踏み台を用い、乳酸閾値の強度に相当する台高と昇降頻度で行われた。本トレーニングの結果、有酸素性作業能(5.4±1.3→6.1±1.1 METs, p<0.01)、脚伸展パワー(879.6±466.1→974.0±474.0Watts, p<0.05)、ウエスト周囲径(96.4±9.0→94.5±8.0cm, p<0.05)、動脈硬化指数(3.1±0.6→2.9±0.7, p<0.05)が有意に改善した。一方、コントロール群ではいずれの項目でも改善は認められなかった。ステップ運動は、あらかじめ運動負荷テストで乳酸閾値に相当する台高と昇降頻度さえ決定しておけば、非監視下の在宅でも個人毎の運動処方箋に基づく至適な運動負荷でトレーニングを実施できるので、運動習慣を形成しやすいトレーニング法といえる。本法を主体としたトレーニングプログラムは、有酸素性作業能を著しく向上させ、それに伴うメタボリックシンドローム危険因子の改善効果が期待できるので、循環器疾患をはじめとした生活習慣病に対する早期の予防治療に有効であると考えられる。

A. 研究目的

内臓脂肪の蓄積に起因してインスリン抵抗性が高まり、糖、脂質代謝異常や高血圧といった危険因子を合併すると、重篤な心血管病の罹患が高まることが明らかになり、これら危険因子を合併する病態はメタボリックシンドロームと呼ばれる。本邦におい

ても当該疾患の罹患者は増加し続けており、その予防法の確立は公衆衛生上の重要課題である。縦断的研究において、メタボリックシンドローム患者における死亡率は、有酸素性作業能に密接に関連し、有酸素能が高いほど死亡率が低いことが報告されている (Church TS et al., 2001 & 2004)。また、

最近の研究で、糖尿病患者や糖尿病の家族歴を有する正常者の骨格筋における脂肪酸の β 酸化や酸化的リン酸化に関与する遺伝子発現は、呼応するように著しく抑制されていることが明らかになり(Mootha VK et al., 2003; Patti ME et al., 2003)、インスリン抵抗性は、骨格筋の代謝異常に起因している可能性が示唆されている。

運動療法は、メタボリックシンドロームの予防治療法としてエネルギー消費量を増すことによる内臓脂肪の減少に加え、有酸素能の改善で示唆されるように骨格筋内の代謝機能の正常化をもたらす可能性がある。一方、血管疾患の因子として血管内皮機能と一酸化窒素の関連が注目されている。血管内皮機能は血管拡張や抗血栓作用の働きをもつ。内皮細胞が障害されると一酸化窒素の産生が低下し、血管拡張の悪化や血小板凝固の亢進が生じ、動脈硬化の発症を招き、さらには他の血管疾患の発症リスクも高まる。先行研究において、3ヶ月の有酸素運動が一酸化窒素の産生を増加させ、血管内皮機能を改善したと報告されている(後藤力 他, 2002)。

筆者たちは、既に、自転車エルゴメータを用いた乳酸閾値運動強度の監視下トレーニングで降圧(Kiyonaga A et al., 1985)、糖・脂質代謝の改善(Sasaki J et al., 1989; Nishida Y et al., 2004)と脂肪酸の β 酸化や酸化的リン酸化に関与する遺伝子発現高めること(田中宏暁 他., 2005)を明らかにしてきた。

本研究は、生活習慣病予備群を対象に、臨床応用が可能な主として在宅で行うステップ運動プログラムの有効性を検討した。

B. 研究方法

対象者は、福岡県飯塚市 I 病院の従業員検診において BMI $\geq 24.3 \text{ kg/m}^2$ に加え、①収縮期血圧 $\geq 135 \text{ mmHg}$ かつ/または 拡張期血圧 $\geq 85 \text{ mmHg}$ 、②総コレステロール $\geq 220 \text{ mg/dl}$ かつ/または中性脂肪 $\geq 150 \text{ mg/dl}$ かつ/または HDL コレステロール $< 39 \text{ mg/dl}$ 、の診断基準の内 1 項目以上を有する「生活習慣病予備群」と診断された者 60 名の内、研究参加の同意が得られた 32 名(男性 19 名、女性 13 名)であった。

この 32 名を年齢、性、BMI、総コレステロール値を層別化因子としてトレーニング群とコントロール群の 2 群に分け、以下の検討を行った。研究参加期間は 8 週間とし、トレーニング介入前及び 8 週間後に、運動能力測定、医学的検査、身体組成項目、血管内皮機能検査、頸動脈エコーを実施した。本研究プロトコルは、福岡大学研究所倫理委員会に承認されており、対象者には研究の目的、方法、意義について説明し、同意書に署名を得た。

<測定項目>

各測定は、昼食後 5 時間以上の後に行った。

1) 身体組成：身長、体重、腹囲周径(臍位周囲)、

2) 医学的検査：総コレステロール、HDL コレステロール、トリグリセライド、血中グルコース、HbA1c、肝機能項目、血圧(安静座位の状態です 2 回測定を行い、平常時に近い値を採用した)

3) 血管内皮機能検査：動脈硬化の指標として血管内皮機能検査を行った。反応充血法として、Endo-PAT2000 (itamar 社製 Israel) (Kuvin JT et al., 2003; Piero O et al., 2004) を用い、上腕駆血解放後の血管拡張反

応を指先の動脈拍動から血流量の変化を軽打信号応答より測定し、製造社独自のアルゴリズムを介して血管内皮機能として数値化し評価した。測定方法は、全 15 分間の測定で安静 5 分間、駆血 5 分間(血圧測定用カフを膨張させ、動脈血流を遮断)、その後カフを解き、安静 5 分間(上腕駆血解放後の血管拡張反応を動脈拍動から、血流量の変化を測定)を測定した。血管内皮機能を示す基準値は 1.67 であり、それ以下が異常値と規定される(本基準値は、先行研究の報告 Piero O et al., 2004)をベースに開発された)。

4) 下肢筋力：脚伸展パワーは Anaero Press(コンビ社製)を用いた。

5) 有酸素性作業能：ステップテストを用いた乳酸性作業閾値運動強度の判定を行った。テストは、高さ 20cm の踏み台を用いた踏み台昇降運動による漸増式多段階運動負荷試験を行った。昇降頻度は、音楽(メトロノーム様にリズムが一定である)によりコントロールされ、初期負荷 10 回/分(40 歩/分)より各ステージ 5 回/分(10 歩/分)ずつ漸増した。1 ステージの運動継続時間は、4 分とし、各ステージ間に 2 分の休息を設けた。安静時に心拍数(Polar Accurrex Plus、Polar Electro 社製、Finland)、血中乳酸濃度(ラクテートプロ、Arkray 社製)、各ステージ 30 秒前に心拍数、各ステージ終了後に血中乳酸濃度と主観的強度(RPE)を測定した。血中乳酸濃度の測定に際しては、耳朶より 5 μ l の抹消血を採集し、血中乳酸濃度を測定した。なお、負荷試験は、血中乳酸濃度が 2mmol/l を超えるまで、あるいは、規定の昇降頻度に合わせられなくなるまで継続した。乳酸閾値強度(LT)は、Ayabe ら

(2003)の方法より算出し、LT に相当する MET s 値(Mets@LT; METs は Metabolic equivalent の略語で、運動強度の相対的指標である。安静時のエネルギー消費量の何倍かを示し、安静時を 1METs とする)をアメリカスポーツ医学会より報告されている次式により算出した。

$$\text{MET s} = \{ (0.2 \times \text{昇降回数}) + (1.33 \times 1.8 \times \text{高さ} \times \text{昇降数}) + 3.5 \} / 3.5$$

[昇降数; 昇降回数/分、高さ; m]

<トレーニング方法>

8 週間の運動トレーニングは、台高 20cm の踏み台を用いた踏み台昇降運動(ステップ運動)で行い、週 1 回の健康運動教室(監視型トレーニング)と自主的に自宅で実施する非監視型トレーニングを実施した。トレーニング強度は、ステップテストより測定された LT 強度に相当する高さとし、昇降頻度を個人毎に設定して行った。健康運動教室での昇降頻度は 100bpm とし、台の高さの調節により、各人の LT 運動強度に合わせた。自宅では個人の LT 強度に相当する運動強度になるよう、昇降頻度を 60-120bpm の間で台高を決定した。健康運動教室では 1 回のトレーニングで 10 分間のステップ運動を 3 回、計 30 分間の運動を行った。自宅では厚生労働省から推奨されている健康づくりのための運動所要量に基づき週当たり 180 分間以上を目標とした。また、トレーニング日誌にトレーニング時間を記載してもらい、その日誌に基づき週当たり総運動時間を算出した。

C. 研究結果

対象者特性は表 1 の通りである。運動群と非運動群の身体的特性に有意な差はなか

った。プログラム期間中の運動群の平均ステップ運動時間は 107.5 ± 80.4 分/週 (0~280 分/週) であり、目標時間を達成した者は 16 名中 3 名であった。全対象者トレーニング介入前後のパラメータの平均値を表 2 に示した。本トレーニングの結果、腹囲周径、METs@LT、脚伸展パワー、動脈硬化指数に有意な改善が認められた。しかし他のパラメータはいずれも有意な変化がなかった。コントロール群はすべてのパラメータに有意な変化がなかった。また、体重の変化に関して、運動時間との間に負の相関関係が認められ ($R=-0.718$, $p<0.01$)、運動時間が長くなるほど体重がより低下し、減量効果を得る為には運動時間を十分に確保する必要があることが示唆された (図 1)。目標運動時間を達成している者に関しては、全員が初期の体重より減量した。

D. 考察

本研究で実施した主として在宅で行うステップ運動トレーニングは、目標とした週当たり 180 分のステップ運動を確保できたものは 16 名中 3 名であった。今回のトレーニング期間は、10 月から 12 月に設定され、夜の会合が多い (食生活等の生活習慣が不規則になりがちである) 時期であったこと、また週一回の運動教室は就業時間終了後に設定されていたが、残業等で参加ができなかった場合があったこと等の悪条件が重なったことが、目標時間に至らなかった原因と考えられた。しかし、それにも関わらず先行研究と同様に有酸素性作業能と脚伸展パワーの向上効果が認められた。さらに注目すべきこととして、メタボリックシンドロームの診断項目であるウエスト周囲径 (男

性; $94.1 \pm 6.5 \rightarrow 92.2 \pm 5.9$ cm、女性; $99.4 \pm 11.4 \rightarrow 97.5 \pm 9.8$ cm) と動脈硬化指数 ($3.1 \pm 0.6 \rightarrow 2.9 \pm 0.7$) が有意に改善した。血管内皮機能は、有意な改善は認められなかったが、初期値が低い者ほど改善する傾向が認められた (図 2: e. g. $1.33 \rightarrow 1.65$, $1.52 \rightarrow 2.19$, $1.75 \rightarrow 2.46$, $1.77 \rightarrow 2.43$, $1.87 \rightarrow 3.11$)。

田畑らは、身体活動量・運動と冠状動脈疾患や糖尿病の罹患率の関係を見た大規模な縦断的研究についてシステマティックレビューを行った結果、生活習慣病の発症リスクが低くなる運動量の値は約 2Met・時/週から 10 Met・時/週であることを報告している (私的コミュニケーション)。本研究のトレーニング群が行った総運動量を Met・時/週で表すと 11.0 ± 7.4 Met・時/週となり、平均運動時間がシステマティックレビューで示された上限の運動量であった。すなわち本研究結果は、上記 10 Met・時/週を獲得することが内臓脂肪減少効果をもたらすメタボリックシンドロームの予防・治療に有効な運動療法になる可能性を示唆している。

ここで採用したステップ運動トレーニングは有酸素能を著しく改善させ、それに伴うメタボリックシンドローム改善効果を併せ持つ可能性が示唆されている。ステップ運動は、あらかじめ運動負荷テストで乳酸閾値に相当する台高と昇降頻度さえ決定しておけば、非監視下の在宅でも個人毎の運動処方箋に基づく至適運動負荷でトレーニングを実施できることが利点の一つである。

E. 結論

ステップ運動を主体としたトレーニングプログラムは、中年労働者の有酸素性作業能の向上に加え、メタボリックシンドロ

ム危険因子の改善効果が期待でき、メタボリックシンドローム及び生活習慣病に対する早期の予防治療に有効であると考えられる。今後、さらに対象者を増やし、アディポサイトカイン等との関連性を含めて検討する必要がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表 1. 対象者特性

		全体 (n=32)	トレーニング群 (n=16)	コントロール群 (n=16)
年齢	(才)	44.9 ± 11.4	44.7 ± 12.7	45.1 ± 10.4
身長	(cm)	165.6 ± 9.5	164.2 ± 10.2	166.9 ± 8.9
体重	(kg)	76.2 ± 9.0	76.1 ± 10.1	76.3 ± 8.0
BMI	(kg/m ²)	27.8 ± 3.1	28.2 ± 3.1	27.5 ± 3.3
腹囲周径	(cm)	96.5 ± 7.9	96.4 ± 9.0	96.5 ± 6.9

平均値±標準偏差

表 2. 対象者のトレーニング介入前後の各パラメータ

項目	トレーニング群		コントロール群	
	前	後	前	後
体重 (kg)	76.1 ± 10.1	76.4 ± 10.2	76.3 ± 8.0	76.9 ± 8.0
Body mass index (kg/m ²)	28.2 ± 3.1	28.2 ± 2.9	27.5 ± 3.3	27.6 ± 3.3
腹囲周径 (cm)	96.4 ± 9.0	94.5 ± 8.0 *	95.5 ± 8.9	96.1 ± 6.9
METs@LT (METs)	5.4 ± 1.3	6.1 ± 1.1 **	5.5 ± 1.4	5.4 ± 1.4
脚伸展パワー (watt)	879.6 ± 466.1	974 ± 474.9 *	1070.9 ± 451.1	1087.3 ± 462.3
収縮期血圧 (mmHg)	135.4 ± 18.0	138.8 ± 18.7	135.8 ± 10.1	138.9 ± 10.1
拡張期血圧 (mmHg)	82.1 ± 11.2	83.6 ± 9.8	85.6 ± 7.0	86.8 ± 7.0
血中グルコース (mg/dl)	96.8 ± 17.8	95.2 ± 14.2	93.1 ± 12.6	93.3 ± 9.7
総コレステロール (mg/dl)	220.2 ± 24.7	214.4 ± 25.4	216.8 ± 32.8	219.5 ± 32.8
トリグリセライド (mg/dl)	198.3 ± 92.1	200.7 ± 97.6	198.6 ± 158.4	239.9 ± 158.4
HDL-コレステロール (mg/dl)	54.9 ± 8.8	57.3 ± 11.6	61.6 ± 13.1	63.1 ± 13.1
動脈硬化指数	3.1 ± 0.6	2.9 ± 0.7 *	2.6 ± 0.9	2.6 ± 0.8
血管内皮機能検査	2.19 ± 0.64	2.39 ± 0.39	1.89 ± 0.46	1.9 ± 0.58

平均値±標準偏差 *; p<0.05, **; p<0.01

N=16(ただし、血管内皮機能検査値は、測定機器の不具合や被検者の測定コンディションの理由により、4例の測定値が除かれたため、12例の平均値を示した)

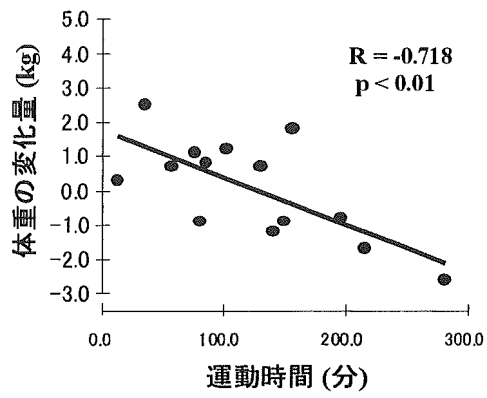


図1. ステップ運動時間と体重の変化量の関係 (n=14)

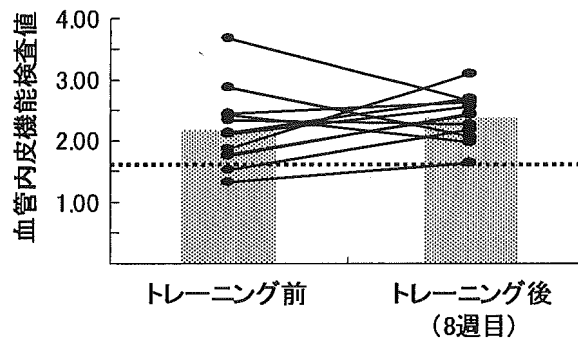


図2. 運動介入前後の血管内皮機能の変化 (n=12)
 プロットは各個人の変化を示し、棒グラフは全体の
 平均値を表す。点線は、基準値1.67のレベルを示す。