Health and Behavior Sciences 16 (1), 2017, 1-7

原著論文

砂浜および林間での 40 日間のウォーキングエクササイズによる健康増進効果

藤原勝夫[1)]・外山　寛[1)]・清田岳臣[2)]・清田直恵[3)]・矢口智恵[3)]・
伊禮まり子[4)]・前川真姫[5)]・佐藤文亮[6)]

Health promotion effects of walking exercise on a sandy beach and in a forest for 40 days

Katsuo Fujiwara[1)], Hiroshi Toyama[1)], Takeo Kiyota[2)], Naoe Kiyota[3)], Chie Yaguchi[3)],
Mariko Irei[4)], Maki Maekawa[5)], Fumiaki Sato[6)]

ABSTRACT

We investigated health promotion effects of walking exercise on a sandy beach and in a forest for 40 days for healthy adults aged 53-69 years. At first, 10 subjects walked sandy beach, forest road, and concrete road (control), each 300-m long, and calorie consumptions were measured to determine the characteristics of each walking course. In walking exercise, 18 subjects walked about 2.3-km course, which consisted of a sandy beach and a forest road, for 30 minutes per a day. Before and after the walking exercise for 40 days, various physiological parameters were measured. Calorie consumption in the 300-m walk was significantly higher for sandy beach (18.9 ± 3.6 kcal) and forest road (19.5 ± 4.0 kcal) than concrete road (15.3 ± 3.3 kcal). Calorie consumption in a walking exercise was about 120 kcal. After the 40-days exercise, the following significant changes were found: decrease in body fat ratio, restoration of resting systolic blood pressure to a safe range, increase in muscle strength of plantar flexor and knee extensor, and improvement of equilibrium function and aerobic work capacity. These results evidenced health promotion effects of walking exercise on a sandy beach and in a forest.

Key Words: health promotion, walking exercise, sandy beach and forest courses, heart rate, calorie consumption, balance

Ⅰ　緒言

ウォーキングは、ヒトの基本的ロコモーション様式であり、日常生活において頻繁に行われる運動である（Perry, 1992; 富田と真家, 1994; Götz-Newmann, 2003）。歩行能力は、中・高年者の健康維持に関係する最も重要な運動機能であり、その能力の維持・向上に向けた取り組みの重要性が指摘されている（大渕, 2009）。ウォーキングは、代謝面から捉えると有酸素性運動であり、全身の多くの筋が活動する運動であり、長時間にわたって持続することで脂肪代謝を促進することが可能である（Fox, 1984）。この様な運動特性を有するウォーキングは、健康維持・増進によく用いられている（Korshøj et al., 2017）。

このことから、生活の中で恒常的にウォーキングができる環境設定が重要になると考えられる。その他に、精神衛生やリフレッシュ効果をもたらすような、風光明媚な海辺や山間といった環境が望まれる。一方、中高年では長期にわたるウォーキングエクササイズによって膝関節痛が発症することが報告されている（Farrokhi et al., 2017）。その原因となるような踵接地時の膝への衝撃を小さくできるコースを設定することも重要であろう。これらの条件を満たすような環境（砂浜や林間）の中に、

1）金沢学院大学人間健康学部スポーツ健康学科　〒920-1392　金沢市末町 10；Department of Sports and Health, Kanazawa Gakuin University, 10 Sue-machi, Kanazawa 920-1302, Japan, Tel & FAX: 076-229-8888, E-mail: fujikatu@kanazawa-gu.ac.jp
2）札幌国際大学スポーツ人間学部スポーツ指導学科　〒004-8602　北海道札幌市清田区清田 4 条 1 丁目 4－1；Department of Sports Instruction, Faculty of Sports and Human, Sapporo International University, Sapporo 004-8602, Japan
3）日本医療大学保健医療学部リハビリテーション学科　〒061-1373　北海道恵庭市恵み野西 6 丁目 17-3；Department of Rehabilitation, Japan Health Care College, 6-17-3 Megumino-nishi, Eniwa 061-1373, Japan
4）大阪保健医療大学保健医療学部リハビリテーション学科　〒530-0043　大阪市北区天満 1-9-27；Department of Rehabilitation Science, Osaka Health Science University, 1-9-27 Temma, Kita-ku, Osaka 530-0043, Japan
5）環太平洋大学体育学部体育学科　〒709-0863　岡山市東区瀬戸町観音寺 721；Department of Physical Education, Faculty of Physical Education, International Pacific University, 721 Kannonji, Seto-cho, Higashi-ku, Okayama 709-0863, Japan
6）金沢大学大学院医薬保健学総合研究科　〒920-8640 金沢市宝町 13-1；Graduate School of Medical Sciences, Kanazawa University, 13-1 Takara-machi, Kanazawa 920-8640, Japan
受理日：2017 年 8 月 8 日

宿泊施設（ホテル）を有する保養地に長期滞在し、ウォーキングエクササイズができることが望まれる。そのような砂浜や林間でのウォーキングにおいては、推進力・制動、およびバランスに関与する下腿および大腿などの筋が活発に活動し（Perry, 1992）、それらの筋力の増強や側方バランスの向上が期待される（Foster et al., 2012; Hopkins et al., 2012）。

そのようなコースでのウォーキングエクササイズを比較的長期間実施した場合には、大きな健康増進効果が得られるものと期待される。そこで、ビーチホテルの近くでの砂浜と林間にウォーキングコースを設け、次の2つのことについて検討することにした。

（1）そのコースのウォーキングのバイオメカニカル特性と生理学的特性について検討する。その他のウォーキングコースの運動特性についても検討する。

（2）40 日間そのコースでのウォーキングエクササイズを実施し、その健康増進効果について検討する。

Ⅱ　方法

1．被験者

被験者の選択にあたって、はじめに、23 名を対象に自転車エルゴメーターを用いた漸増負荷法にて（池上, 1990）、運動時の心拍数、酸素摂取量、二酸化炭素排泄量を測定した。それらのデータをもとに、無酸素性作業閾値（AT）における心拍数と 50%心拍予備における酸素摂取量を推定した。その酸素摂取量が、23 名の平均値 ±1 標準偏差に入る 18 名を被験者とした。

被験者は、石川県珠洲市に住む 53～69 歳までの健常者 18 名（男子 7 名、女子 11 名、平均年齢 59.6 ± 4.5 歳）であった。彼らの身長、体重、AT における心拍数は、それぞれ 159.7 ± 11.1 cm、60.7 ± 14.5 kg、131.3 ± 14.2 拍/分（平均値 ± 標準偏差）であった。被験者の健康状態を面談および質問紙によって評価し、認知症や脳血管疾患のような神経学的疾患の既往歴のない者、および、筋骨格系ないし循環器系の疾患による日常生活活動の制限がない者を採用した。全ての被験者は、実験手順についての説明を受け、同意を得たうえで測定に参加した。実験計画は、金沢大学医学倫理委員会によって承認された（No. 1488）。

2．ウォーキングエクササイズ

ウォーキングの実施期間は、2013 年 10 月 14 日～11 月 22 日の 40 日間とした。実施日数は、24.2 ± 5.6 日であった。ウォーキングエクササイズは、砂浜（図 1 の（1）、（2））および林間（図 1 の（3）、（4））の約 2.3 km コースを約 30 分間で歩く内容とした。砂浜は、平坦ではあるが、乾燥しており、接地した足がわずかに沈むコースであった。林間は、穏やかな起伏があり、路面は枯れ葉や雑草で覆われているコースであった。ウォーキングの実施頻度は、週に 3 回以上とした。ウォーキングの開始時刻は、午前 6 時 30 分から 7 時 30 分とした。図 1 の A 区間（砂浜）、B 区間（林間）および C 区間（コンクリート舗装）は、ウォーキングにおける消費カロリーの算出（後述）に用いた。

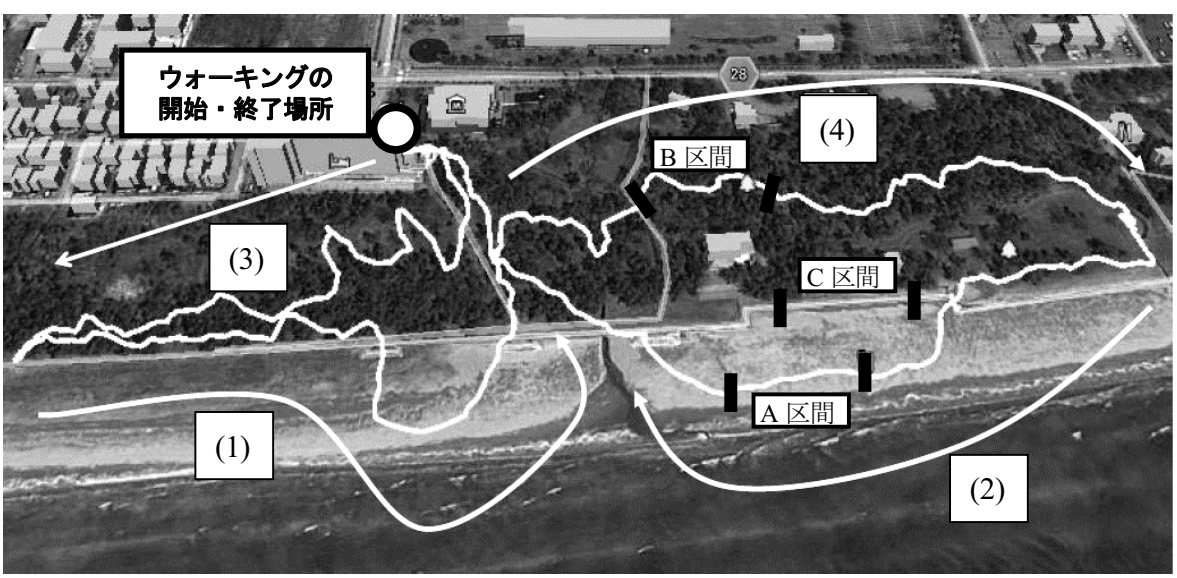

Figure 1 Walking course. (1) and (2) were on a sandy beach, and (3) and (4) were in a forest. Calorie consumption during 300-m walk was calculated in A, B, and C sections.

ウォーキングエクササイズは、簡易心拍計（HEM-6130, OMRON, Japan）を装着して実施した。ウォーキングコース全行程での消費カロリーは、3 名を被験者にして、3 分毎に心拍数を測定し、酸素摂取量との対応関係から算出した。

３．測定項目

３－１．有酸素的作業能の測定および心拍数と酸素摂取量の回帰式の算出

有酸素的作業能を評価するために、自転車エルゴメーター（Ergomedic 818, Monark, Sweden）を用いた運動負荷テストを行い、運動時の心拍数、酸素摂取量、二酸化炭素排泄量および換気量を測定した（図２）。この測定には、呼吸代謝モニタシステム（AE-300S, Minato, Japan）を用いた。ペダリングの頻度は、電子メトロノーム（DB66, Boss Corp., Japan）の音を用いて、毎分 50 回に設定した。運動負荷の設定には、漸増負荷法（池上, 1990）を用い、最初の負荷強度は、体力に応じて 0.25 kp、0.5 kp、あるいは 1.0 kp のいずれかを設定し、3 分間継続した。それに続いて、負荷強度を 2 分毎に 0.25 kp あるいは 0.5 kp ずつ増加した。運動時間は最大で 15 分とし、次の 4 項目のなかの 2 項目を満たした時点で測定を終了した。１）呼吸商が 1.0 を超える。２）運動時の心拍数が被験者の年齢で推定した最高心拍数（220 - 年齢）を超える。３）酸素摂取量が負荷の増加に伴って変化しない。４）換気量が負荷の増加に伴って変化しない。有酸素的作業能は、50%心拍予備における酸素摂取量と運動負荷強度で評価した。心拍数をもとにウォーキングによる消費カロリーを推定するために、運動負荷テストにおける心拍数と酸素摂取量の回帰式を算出した。消費カロリーの算出では、酸素摂取量 1ℓ あたり 5 kcal とした。

ウォーキングコースの特徴を消費カロリーから把握するために、18 名中 10 名の被験者を対象に、図 1 に示す砂浜コースの A 区間、林間コースの B 区間、および対照条件としての平坦で起伏が殆ど無いコンクリート舗装路の C 区間でのウォーキング時の所要時間と心拍数の測定を行った。心拍数の測定には、無線式心拍計（Heart Rate Monitor A1, Polar, Japan）を用いた。いずれのコースも片道が 100 m であり、コースの中央からスタートして、300 m を 3 – 4 分かけて歩行した。各測定において 3 回の方向転換が含まれていた。

３－２．身体計測

マルチン人体計測器を用いて、頭部を耳眼水平位に保持して身長を測定した。体重は、体重計（D717-1, Kamosita, Japan）を用いて測定した。

右側の上腕部背面と肩甲骨下端の皮下脂肪厚を、栄研式皮下脂肪計（PAT 376843, Japan）を用いて計測した。それらの皮下脂肪厚の合計値を鈴木-長嶺の式（長嶺, 1972）に代入し、身体密度を求めた。体脂肪率は、Brozek の式（Brozek et al., 1963）に身体密度を代入して算出した。

３－３．安静時血圧

水銀血圧計（No. 153, Crown, Japan）を用い、心臓の高さに合わせた被験者の右上腕部にカフを装着して、聴診法にて安静椅座位での収縮期血圧と拡張期血圧を測定した。

３－４．脚筋力

椅坐位において、等尺性最大随意収縮による右足の底屈力と背屈力、右膝の伸展力と屈曲力を測定した（図３）。

Figure 2 Cardiopulmonary exercise testing with bicycle ergometer

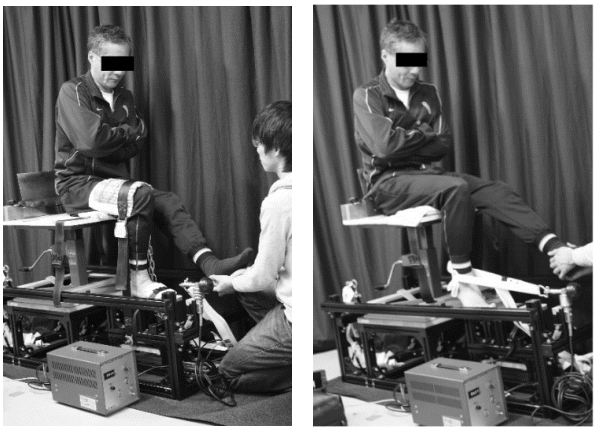

Figure 3 Measurement of muscle strength. (Left: ankle plantar flexion; Right: knee flexion)

その測定には、Fujiwara et al.（2011）によって開発された筋力測定器を用いた。測定においては、膝関節および足関節を 90 度とした。底屈力の測定では、膝の上部をベルトで固定し、第一中足骨骨頭部の押圧力を筋力値に変換した。背屈力の測定では、第一中足骨骨頭部よりも近位部をベルトで固定し、牽引力を筋力値に変換した。膝の伸展力と屈曲力の測定では、膝関節および股関節を 90 度とした。膝の上部は、ベルトで固定した。伸展力の測定では、内果の直上にベルトをあてがい、脚の後方に配置したロードセルに対する牽引力を筋力値に変換した。屈曲力の測定では、内果の直上にベルトをあてがい、脚の前方に配置したロードセルに対する牽引力を筋力値に変換した。これらの筋力測定時には、身体の他の部位の反動動作による測定値への影響をなくすために、左脚を床から離し、筋力発揮時に骨盤と体幹の回旋運動を伴わないようにした。さらに、血圧の上昇を防ぐために、呼気を行いながら筋力を発揮させた。いずれの筋力も、測定は 2 回行い、高い値を採用した。

３－５．平衡機能（閉眼片足立ち）

床反力計（FPA34, Electro-design, Japan）の上での閉眼片足立ちテストを行った（図４）。被験者には、腹部の前で両手を組ませ、閉眼にて、左脚と右脚それぞれでの片足立ち時の足圧中心（CoP）動揺速度の平均値（平均動揺速度）を求めた。非支持脚は、足背部を支持脚の膝後面に接触させた。支持時間は、被験者がバランスを崩し、非支持脚の足背部が支持脚の膝後面から離れるまでの時間とし、最大の測定時間を 10 秒とした。測定は、左脚と右脚それぞれの支持脚で 2 回ずつ行い、支持時間が長い試行を分析対象とした。2 回の測定が 10 秒であった場合は、CoP 動揺速度が遅い試行を採用した。平均動揺速度は、床反力の前後方向と左右方向の出力信号を、12-bit の A/D 変換器（PIO9045, I/O data, Japan）を介してオンラインでコンピュータ（PC9801BX, NEC, Japan）に 20 Hz のサンプリング周波数で取り込み、重みづけのある 5 点移動平均法を用いて算出した。

４．統計解析

各測定項目におけるウォーキングエクササイズの影響を検討するために、対応のある *t*-test を用いた。さらに、ウォーキングエクササイズ前の安静時収縮期血圧とウォーキングエクササイズ後の安静時収縮期血圧の変化との関係について、Pearson の相関を用いて検討した。生理学的指標における A 区間、B 区間および C 区間の違いを検討するために、一因子反復測定分散分析を用いた。有意な主効果が認められた場合には、Tukey 法による多重比較検定を用いて検討した。

有意水準は 5%とした。すべての統計計算は、IBM SPSS Statistics 19（IBM Japan, Japan）を用いて行った。

Ⅲ　結果

１．ウォーキングにおける消費カロリー

300 m のウォーキングに要した時間は、コンクリート舗装路（207 ± 17 秒）に比べて、砂浜（219 ± 15 秒）および林間（222 ± 20 秒）で有意に長かった（$F_{2,18} = 14.39$, $ps < 0.001$）。

ウォーキングにおける心拍数は、コンクリート舗装路（107.5 ±19.6 拍/分）に比べて、砂浜（117.2 ± 21.7 拍/分）および林間（118.8 ± 21.1 拍/分）で有意に高かった（$F_{2,18} = 45.75$, $ps < 0.001$）。これらの心拍数は、AT 時点（124.7 ± 12.5 拍/分）よりも低かった。心拍数から推定した 300 m のウォーキングにおける消費カロリーは、コ

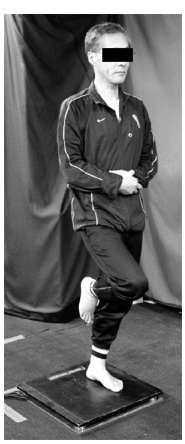

Figure 4 Measurement of single-leg stance with eyes closed

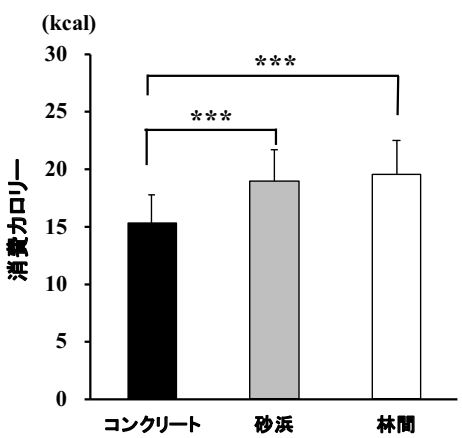

Figure 5 Calorie consumption during 300-m walk

ンクリート舗装路（15.3 ± 3.3 kcal）に比べて、砂浜（18.9 ± 3.6 kcal）および林間（19.5 ± 4.0 kcal）で有意に高かった（図５）（$F_{2,18} = 97.57, ps < 0.001$）。

ウォーキングコース全行程で計測した心拍数から、ウォーキングによる総消費カロリーを推定した。ウォーキングの所要時間と心拍数の平均値は、それぞれ 28.5 分と 122.8 拍/分であった。これを基にして計算した総消費カロリーは 122.6 kcal であった。

２．身体計測

ウォーキングエクササイズの前後における体重と体脂肪率の変化を、図６に示す。体重には、有意な変化が認められなかった。体脂肪率は、エクササイズ後に有意に減少した（エクササイズ前：20.6 ± 4.1%、エクササイズ後：20.3 ± 4.1%、$t_{17} = 2.28, p < 0.05$）。身長には、有意な変化が認められなかった。

３．安静時血圧

安静時収縮期血圧には、ウォーキングエクササイズ前後で有意な変化が認められなかった（エクササイズ前：129.1 ± 15.8 mmHg、エクササイズ後：122.9 ± 15.0 mmHg）。しかし、エクササイズ前の安静時収縮期血圧とエクササイズ後の安静時収縮期血圧の変化には、有意な負の相関が認められた（図７）（$r = -0.588, p < 0.05$）。すなわち、収縮期血圧がエクササイズ前に高い人はエクササイズ後に低くなり、エクササイズ前に低い人はエクササイズ後に高くなる傾向が示された。

安静時の拡張期血圧には、ウォーキングエクササイズ前後で有意な変化が認められなかった。

４．脚筋力

ウォーキングエクササイズの前後における筋力値を、図８に示す。底屈力と膝伸展力は、いずれもエクササイズ後に有意に増加し（底屈力；エクササイズ前：83.9 ± 17.8 kg、エクササイズ後：94.5 ± 22.4 kg、$t_{17} = 4.27, p < 0.01$、膝伸展力；エクササイズ前：32.4 ± 15.5 kg、エクササイズ後：36.5 ± 15.9 kg、$t_{17} = 3.01, p < 0.01$）、それぞれの増加率は 12.6%と 12.7%であった。背屈力と膝屈曲力には、有意な変化が認められなかった。

５．平衡機能（閉眼片足立ち）

ウォーキングエクササイズの前後における閉眼片足立ちの CoP の平均動揺速度を、図９に示す。平均動揺速度は、いずれの支持脚においても、エクササイズ後に有意に減少した（$t_{17} > 2.20, p < 0.05$）。

６．有酸素的作業能

ウォーキングエクササイズの前後における 50%心拍予備での酸素摂取量と運動負荷強度を、図 10 に示す。50%心拍予備時点の酸素摂取量は、エクササイズ前が 1067.8 ± 347.5 ml/min であった。エクササイズ後には 1166.4 ± 477.1 ml/min となり、有意に増加した（$t_{17} = 2.16, p < 0.05$）。50%心拍予備での運動負荷強度は、エクササイズ前が 327.1 ± 161.1 kpm であった。エクササイズ後には 384.8 ± 212.5 kpm となり、有意に増加した（$t_{17} = 2.56, p < 0.05$）。

Ⅳ　考察

300 m のウォーキングに要した時間は、いずれのコースも 3 分を超えていた。一定強度の有酸素性運動を持続する場合、概ね 3 分までに酸素不足が消失し、酸素需要量と酸素摂取量が一致する定常状態となる（加賀谷, 1983）。このことから、すべてのコースでのウォーキン

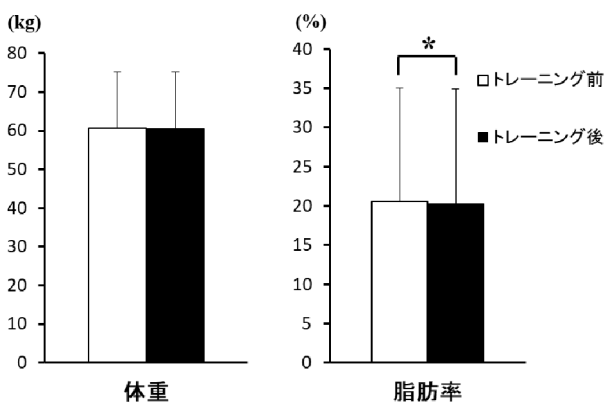

Figure 6 Changes in body weight and body fat ratio by walking exercise

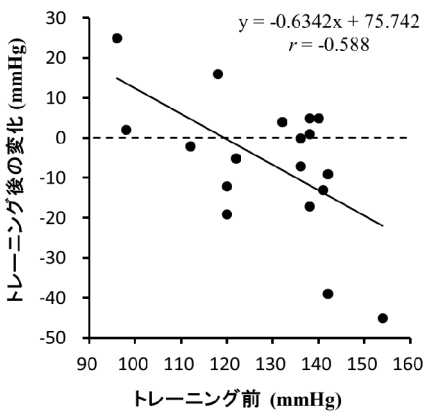

Figure 7 Relationship between resting systolic blood pressure before walking exercise and its change by the exercise

グは、これに要する消費カロリーを測定するのに適していたと考えられる。砂浜コースと林間コースそれぞれを300 m ウォーキングした場合の消費カロリーは、コンクリート舗装路コースに比べて有意に高かった。このことは、砂浜コースと林間コースの運動効率の低さを示している。

砂浜、林間およびコンクリート舗装路の各コースの運動学的特性を検討した報告（藤原ら, 2015）では、砂浜コースでのウォーキングにおける膝への衝撃が最も小さいことが確認されている。したがって、砂浜を利用したウォーキングは、膝への負担を軽減しつつ有酸素運動の強度を高められる特徴があると考えられる。

ウォーキングエクササイズの移動距離は約 2.3 km、運動時間は約30分、消費カロリーは約120 kcal であった。運動強度は、AT 以下の心拍数で実施するように指導した。この運動の強度および時間は、脂質代謝の亢進が期待できる有酸素性運動であったことを示している。実際、体脂肪率はウォーキングエクササイズ後に有意に減少した。ただし、身長および体重には有意な変化は認められなかった。

安静時の収縮期血圧は、ウォーキングエクササイズ前の値が高い被験者では低下し、ウォーキングエクササイズ前の値が低い被験者では上昇した。すなわち、安静時の収縮期血圧は、ウォーキングエクササイズによって正常値に向かって集束することが示された。

ウォーキングエクササイズ後には、底屈力と膝伸展力が有意に増加した。これらの筋は歩行の推進力に関係する下肢の筋である。本ウォーキングエクササイズによって、これらの筋が強化されることが明らかにされた。

閉眼片足立ちの CoP の平均動揺速度は、左右いずれの脚の場合にも、ウォーキングエクササイズ後に有意に減少した。砂浜コースでは立脚終期に足が砂に埋もれることや、林間コースでは起伏のある路面が枯れ葉や雑草で覆われていることにより、ウォーキングにおいて高い平衡機能が要求されると推察される。このようなコースでのウォーキングエクササイズを継続することが、バランス機能を向上させるトレーニングになったものと推察される。

50%心拍予備での酸素摂取量と運動負荷強度の推定値は、ウォーキングエクササイズ後に有意に増大した。これらは全身持久力に関係する循環器系の機能が向上したことを意味する。砂浜コースと林間コースの消費カロリーを把握するために行った 300 m ウォーキングにおける心拍数からは、いずれのコースのウォーキングエクササイズも、運動強度は AT よりも幾分低く有酸素性の運動であったことが示唆される。約 30 分のそのような運動を 40 日間継続したことによるトレーニング効果であると考えられる。

V　結論

40 日間の砂浜および林間でのウォーキングエクササ

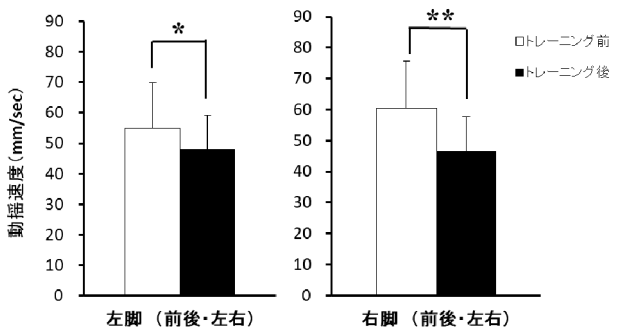

Figure 9 Changes in mean speeds of CoP fluctuation during single-leg stance with eyes closed by walking exercise

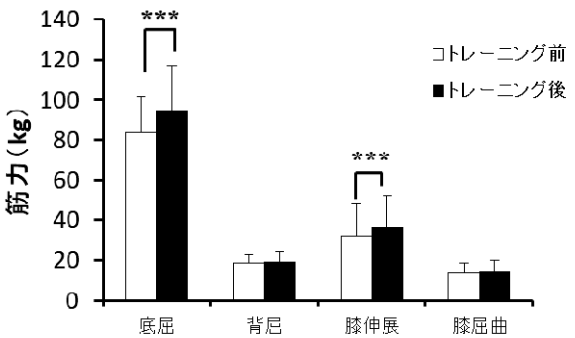

Figure 8 Changes in strength of leg muscles by walking exercise

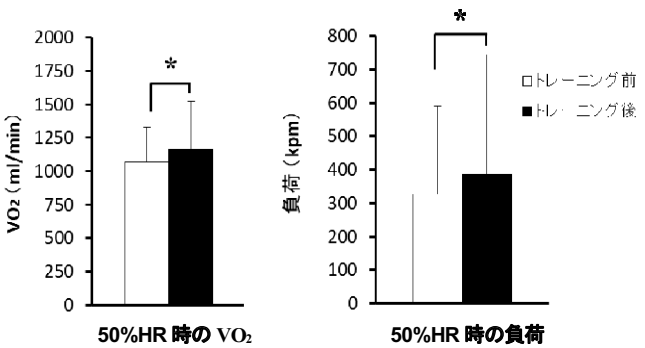

Figure 10 Changes in oxygen consumption and load at 50% heart rate (HR) reserve by walking exercise

イズを実施した。それによって認められた生理的変化は、体脂肪率の減少、安静時収縮期血圧の正常値への集束、底屈力と膝伸展力の増加、平衡機能の向上および有酸素的作業能の向上であった。以上の結果は、砂浜および林間でのウォーキングエクササイズの健康増進効果を示している。

参考文献

Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A (1963) Densitometric analysis of body composition. Revision of some quantitative assumptions. Ann N Y Acad Sci 110: 113-140

Farrokhi S, Jayabalan P, Gustafson JA, Klarr BA, Sowa GA, Piva SR (2017) The influence of continuous versus interval walking exercise on knee joint loading and pain in patients with knee osteoarthritis. Gait Posture 56: 129-133

Foster A, Blanchette MG, Chou YC, Powers CM (2012) The influence of heel height on frontal plane ankle biomechanics: implications for lateral ankle sprains. Foot Ankle Int 33(1): 64-69

Fox EL (1984) Sports physiology (2nd ed.). CBS College Publishing, Halt

Fujiwara K, Toyama H, Asai H, Yaguchi C, Irei M, Naka M, Kaida C (2011) Effects of regular heel-raise training aimed at the soleus muscle on dynamic balance associated with arm movement in elderly women. J Strength Cond Res 25(9): 2605-2615

藤原勝夫，佐藤文亮，外山　寛，清田直恵，伊禮まり子，前川真姫，矢口智恵 (2015) 砂浜および林間でのウォーキングエクササイズの運動学的および生理学的特性．Health Behav Sci 13(2): 29-36

Götz-Neumann K（2003）Gehen verstehen – Ganganalyse in der Physio-therapie. Stuttgart: Thieme

Hopkins JT, Coglianese M, Glasgow P, Reese S, Seeley MK (2012) Alterations in evertor/invertor muscle activation and center of pressure trajectory in participants with functional ankle instability. J Electromyogr Kinesiol 22(2): 280-285

池上晴夫 (1990) 新版・運動処方—理論と実際—．朝倉書店：東京, pp.204-208

加賀谷淳彦 (1983) 酸素摂取能力（新訂・運動生理学概論，宮下充正，石井喜八編著）．大修館書店：東京，pp. 124-142

Korshøj M, Birk Jørgensen M, Lidegaard M, Mortensen OS, Krustrup P, Holtermann A, Søgaard K (2017) Decrease in musculoskeletal pain after 4 and 12 months of an aerobic exercise intervention: a worksite RCT among cleaners. Scand J Public Health Jul 1: 1403494817717833. DOI 10.1177/1403494817717833

長嶺晋吉 : 皮下脂肪厚からの肥満の判定 (1972) 日本医師会雑誌 68(9): 919

大渕修一（代表） (2009) 運動器の機能向上マニュアル（改訂版）．厚生労働省

Perry J, Burnfield JM（2010）Gait Analysis: Normal and Pathological Function (2nd ed.). Slack Incorporated, California.

富田守, 真家和生（1994）生理人類学. 朝倉書店, 東京