

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 7 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500860

研究課題名(和文) 高齢化社会における中高年者の健康維持増進と疾病予防に対する高地トレーニングの効果

研究課題名(英文) The Effects Prescription at High Altitude Training on Health and Disease in Middle-aged Elderly Men in Aging Society

研究代表者

寺尾 保 (Terao, Tamotsu)

東海大学・スポーツ医科学研究所・教授

研究者番号：50183489

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円、(間接経費) 570,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、短期集中型高地トレーニングに焦点を絞って、末梢血液循環の動態、動脈硬化度に及ぼす効果について明らかにするとともに、自律神経系(交感神経及び副交感神経のバランス)の変化からも検討した。その結果、中高年者に対する標高1500m前後に相当する低圧低酸素環境下における2日間の歩行運動は、運動終了後の翌朝において、自律神経活動の適切な反応(健常型)がみられ、末梢血液循環を一時的に改善することが示唆された。週末を利用した「高地ウォーキング」は、定期的に継続すると安静時の自律神経系及び末梢循環を比較的早期に改善することが期待できると示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study suggest that walking exercise in a hypobaric hypoxic environment (1500m) for 2 days may be a useful method for stimulatiating the activity of the autonomic nervous system and improvement of peripheral circulation in middle aged and elderly men.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、応用健康科学

キーワード：高齢化社会 高地トレーニング 歩行運動 健康増進 疾病予防 自律神経 体位変換テスト 末梢血液循環

1. 研究開始当初の背景

近年、日本人の平均寿命が急速に伸び、男女とも世界有数の長寿国となっている。これに伴い、中高年者の健康維持・増進に対する要求は強く、また、ライフスタイルなども徐々に変化してきており、余暇時間をいかに有効に過ごすかが重要な課題となってきている。この選択肢の一つとして、運動・スポーツによる生き甲斐、楽しみなどを求めるとともに健康維持・増進や疾病予防を得ようとする中高年者が増えてきている。

一方では、とくに女性や中高年者が日常生活のレクリエーションにおいて登山やハイキング、トレッキングで高地の環境に触れ合う機会も増加してきている。スポーツ・トレーニング分野では、高地でのトレーニングが平地におけるパフォーマンス向上の手段として、数多くのアスリートに用いられている。近年では、高地トレーニングが一部のエリートスポーツ選手の競技力向上のみならず、幅広い年齢層のヒトに対しても、健康増進及び体力向上、肥満の改善、疾病の予防などに貢献する可能性のあることが指摘されている。

事実、これまでの筆者の研究では、人工的高地環境システム（低圧室）を用い、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下の歩行運動は、身体的に安全で、平地だけの歩行運動に比較して、運動能力を向上させ、安静時代謝の亢進及び脂質代謝の改善や末梢循環の改善が行われ、効果的な減量ができることを示唆している。したがって、中高年者が週末を利用して登山や高地トレッキング（1000m～2000m）をすることは、肥満の予防及び健康増進、さらには、疾病予防などの観点から推奨することができると考えている。

本研究で得られる結果は、国内外問わず中高年者の疾病予防、健康維持・増進、肥満者の運動療法やスポーツ選手の減量など、健康・スポーツ科学における応用健康科学の総合領域分野で重要な位置づけをすると考えている。

2. 研究の目的

21世紀の健康づくりは、健康を増進し、発病を予防する一次予防に重点が置かれている。日本人の死亡原因の6割が生活習慣病である。その中でも循環器疾患（心臓病、脳卒中）は、高血圧や血液の流れが悪化して引き起こされる病気である。この予防は、動脈硬化度や末梢まで酸素や栄養素を運ぶ血液循環の動態が重要な要因であり、この良否を知り、生活習慣を改善することにある。本研究では、中高年者の健康と疾病に対する自然環境及び人工的環境の高地トレーニング処方の有効性を検討する目的で、個人の高地環境に対する適応能力及び運動能力の基準設定を基に、短期集中型高地トレーニングに焦点を絞って、末梢血液循環動態、動脈の狭窄と硬化度に及ぼす効果について明らかにする

とともに、自律神経系（交感神経及び副交感神経のバランス）の変化からも検討した。

本研究は、主に中高年者を対象に、人工的高地トレーニングシステムを利用した2日間の短期集中型高地トレーニングが運動終了後の自律神経系（交感神経および副交感神経）の変化、動脈スティフネス（脈波伝播速度；baPWV）及び末梢循環の動態（加速度脈波）にどのような影響を及ぼすかを検討した（実験1）。さらに、短期集中型高地トレーニングの基礎資料を得るため、上記の企画の中で自然環境を利用した高地における2日間の歩行運動が、運動前、運動中及び運動終了後（翌朝）の自律神経系の応答、末梢血液循環の動態にどのような影響を及ぼすかについて検討した（実験2）。

3. 研究の方法

本研究は、すべての検査項目が簡便で、被験者の生体に負担の少ない非侵襲的な検査であった。なお、被験者には、研究の目的、内容を十分に説明し、自主的な参加の同意を書面にて得た。なお、本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施した。

（1）実験1 対象者は、成人の男子6名（平均年齢：49歳）を被験者として、常圧常酸素環境（NE）と低圧低酸素環境（HE）（標高：1500m）に分け、それぞれに歩行運動を行わせた。NE及びHE（標高：1500m）は、低圧室を使用した。予備実験では、HEを基準として、トレッドミルを用い、目標心拍数を120～130拍/分、動脈血酸素飽和度を90～94%及び自覚的運動強度RPEを11～13の3つの指標からそれぞれの示してある範囲内になるよう歩行速度を求めた。なお、NEの運動強度は、HEの歩行速度を用いた。各環境条件下での歩行運動は、それぞれ45～60分間とした。実験では、NE及びHEにおける運動中の動脈血酸素飽和度、心拍数及び心拍変動（自律神経活動；交感神経および副交感神経）を測定するとともに、2日間の運動終了後の翌朝（AM9:30）に、常圧常酸素環境下（室温22℃に調整）で自律神経活動（交感神経と副交感神経の働きやバランス、反応力など）、末梢血液循環（加速度脈波加齢指数SDPTG Aging Index:SDPTGAI）及び動脈スティフネス（脈波伝播速度：baPWV）の動態を測定した。運動中の自覚的運動強度（RPE）を測定するため、Borgのスケールを用い、各環境下での歩行運動終了直後に、被験者に対して口答で求めた。自律神経活動の評価は、心拍変動（R-R間隔）データを解析した。周波数解析によって求められる心拍変動の低周波帯域（LF:0.04～0.15Hz）は、交感神経活動と副交感神経活動の双方を反映し、高周波帯域（HF:0.15～0.40Hz）については副交感神経活動を反映することが定義されている。そこで、HF normalized unit（以下HFnu=HF/(LF+HF)×100）は、LFに対するHFの大きさを計算する

ことで自律神経活動における副交感神経活動の指標に、LF/HF を交感神経活動の指標とした。2つの指標から活動のバランスを推定した。なお、心拍変動には呼吸の影響が大きいことから、運動中はウォーキングリズムに合わせて呼吸を行うように、安静時にはメトロノームを使用し呼吸のリズムを一定の4秒周期（1分間に15回の呼吸数）に保持するように指示した。体位変換テストは、自律神経活動の大きさ、バランス（LF/HF）、反応、切替、回復の観点から五角形の表示により総合的に評価した。運動中の心拍変動の解析は、ハートレートモニターRS800CXN（Polar社）を用いて心拍RR間隔を記録し、データをPolar ProTrainer 5.3を用いて高速フーリエ解析を行った。動脈血酸素飽和度は、パルスオキシメータ（PULSOX-3i、コニカミノルタ）を用いて測定した。安静時における体位変換時の心拍変動は、リアルタイム自律神経機能検査装置・きりつ名人（株式会社クロスウェル）を用いて解析した。

（2）実験2 高地ウォーキング「嬌恋村を歩こう」には、45名の参加者があり、この中から成人の男子5名（年齢；42.6歳）を被験者として、2日間の低圧低酸素環境（標高；1260～1650m）下で歩行運動を行わせた。第1日目は、14:00～15:20 講演会：「高地ウォーキングの有効性について」、15:30～17:00 ウォーキング体験会：東海大学嬌恋高原研修センター（標高；1400m）パラギ湖（標高；1260m）をウォーキングした。第2日目は、8:40 研修センター出発、9:00 パルコールスキー場（標高；1500m）集合・説明・測定、9:20 野地平（ヤチダイラ）へ出発、10:10 野地平（標高；1650m）到着・休憩、10:20～11:20 野地平周遊（1.7km）、11:20 パルコールスキー場へ出発、11:45 パルコール到着・説明・解散、12:00 研修センターに到着した。スタート地点、標高；1600m 地点、野地平及びゴール地点で動脈血酸素飽和度（SpO₂）や脈拍数を測定した。とくに、ウォーキング中は、SpO₂が90～93%の範囲内になるようにウォーキングの速度を調整した。本研究では、運動中の動脈血酸素飽和度、心拍数及び心拍変動（自律神経活動；交感神経と副交感神経のバランス）を測定するとともに、2日間の運動終了後の翌朝（AM9:30）に、常圧常酸素環境下（室温22℃に調整）で自律神経活動（交感神経と副交感神経の働きやバランス）、末梢血液循環（加速度脈波加齢指数SDPTG Aging Index；SDPTGAI）の動態を測定した。歩行運動前後の加速度脈波の測定は、常圧常酸素環境下（気圧760mmHg、室温22℃、相対湿度55%）で、前日の夕食後12時間以上の絶食状態で午前8時30分～9時に測定を行った。なお、加速度脈波の測定は、歩行運動終了後の翌朝に行った。被験者は、座位姿勢で、測定部位の右手第2指の指尖部を心臓レベルに保持して測定を行った。

4. 研究成果

（1）実験1

歩行運動中のSpO₂は、HEがNEに比較して、有意に低値を示した（ $p < 0.01$ ）。

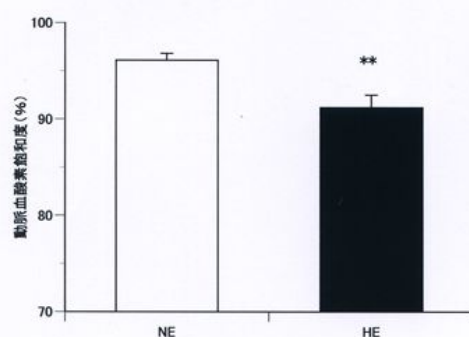


図1 歩行運動中における動脈血酸素飽和度の変化

歩行運動中のRPEは、HEがNEに比較して、有意な高値を示した（ $p < 0.05$ ）。

歩行運動中の心拍数は、HEがNEに比較して、有意に高値を示した（ $p < 0.01$ ）。

歩行運動中のHFnuは、HEがNEに比較して、有意に低値を示した（ $p < 0.05$ ）。

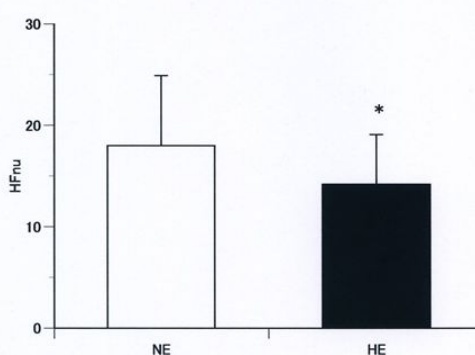


図2 歩行運動中におけるHFnuの変化

歩行運動後（翌朝）の安静時HFnu及びL/Hは、HEとNEで有意差が認められなかった。しかし、6名中4名においてHFnuがNE（平均；46.76）に比較して、HE（平均；59.88）で高値、L/HがNE（平均；1.04）に比較して、HE（平均；0.72）で低値の傾向を示した。

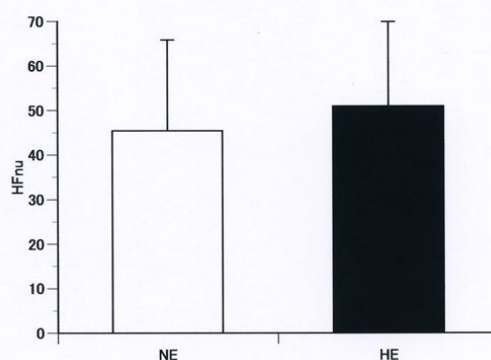


図3 2日間の歩行運動後（翌朝）におけるHFnuの変化

歩行運動後（翌朝）の SDPTGAI は、HE が NE に比較して、有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

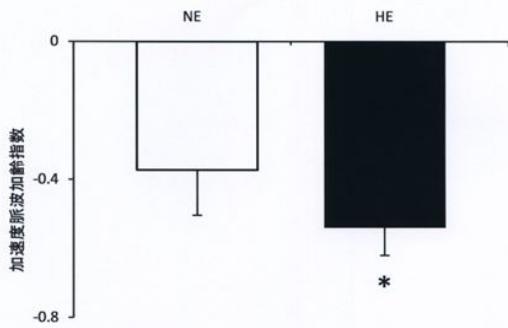


図 4 2 日間の歩行運動後(翌朝)における加速度脈波加齢指数の変化

歩行運動終了後（翌朝）の baPWV は、HE と NE で有意差が認められなかった。

歩行運動後（翌朝）の体位変換テスト時の自律神経活動は、6 名中 2 名について、HE 及び NE のいずれも安静（座位）から起立・立位まで適切に反応していた（HE; 健常型、NE; 健常型）。その他の 4 名は、HE において安静（座位）から起立・立位まで適切に反応していたが、NE では立位時に自律神経活動の反応が遅れていた例（HE; 健常型、NE; 安静時健常・立位時自律神経活動低下型）や、起立・立位で過剰に反応を示した例（HE; 健常型、NE; 安静時健常・切替力過剰型）がみられた。

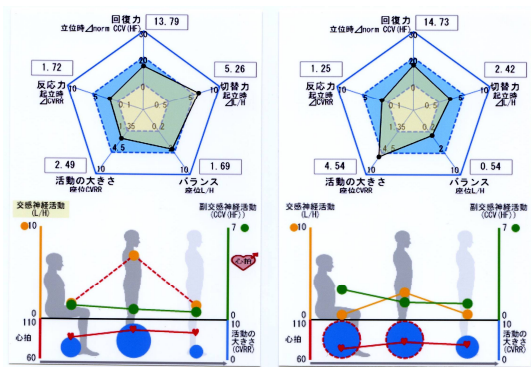


図 5 2 日間の歩行運動後(翌朝)の体位変換テスト時の自律神経活動の変化(被験者: K.Y.) 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境

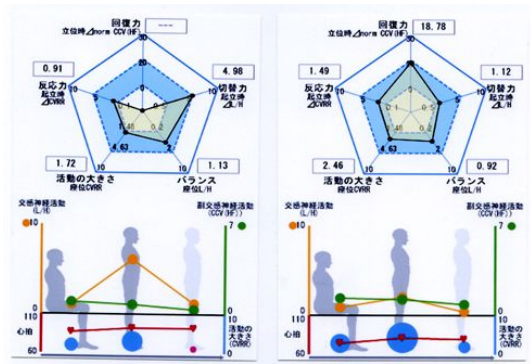


図 6 2 日間の歩行運動後(翌朝)の体位変換テスト時の

自律神経活動の変化(被験者: H.U.) 左: 常圧常酸素環境、右: 低圧低酸素環境

歩行運動後（翌朝）における自律神経機能の総合評価（10 点法）は、合計点（6 名）が NE において 48.0 点、HE で 51.5 点、平均点では HE が 8.6 点、NE が 8.0 点となった。

(2) 実験 2

歩行運動中が心拍数; 平均 115 拍/分、HFnu; 平均 12.38 を示した。

歩行運動前後における加速度脈波波高比 (b/a) および SDPTGAI 値は、歩行運動前後で、有意の差がみられなかった。しかし、SDPTGAI 値は、とくに、中高年者（3 名）において歩行運動前（平均; -0.10）より歩行運動後（平均; -0.36）に明らかに低値を示した。

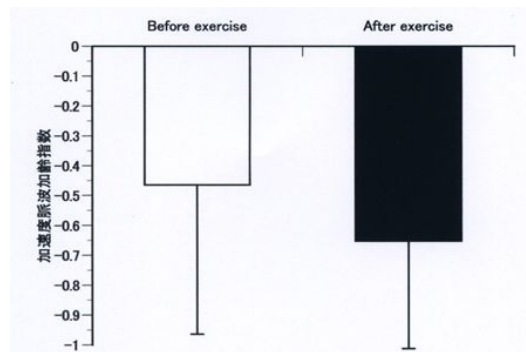


図 7 2 日間の歩行運動後(翌朝)における加速度脈波加齢指数の変化

歩行運動後における加速度脈波波高比 (d/a) は、歩行運動前に比較して、有意な増加を示した ($p < 0.05$)。

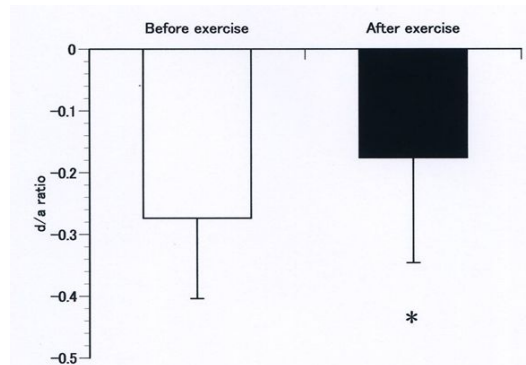


図 8 2 日間の歩行運動後(翌朝)における加速度脈波波高比の変化

歩行運動前後の体位変換テスト時の自律神経活動は、とくに、2 名において、歩行運動前が安静（座位）で健常型、起立・立位で交感神経反応過剰型であったのに対して、歩行運動終了後では安静から起立・立位まで自律神経活動が適切に反応していた（いずれも健常型）。自律神経機能の総合評価（4 名）では、歩行運動終了後（平均 8.6 点）が歩行運動前（平均 7.6 点）よりも高値を示した。

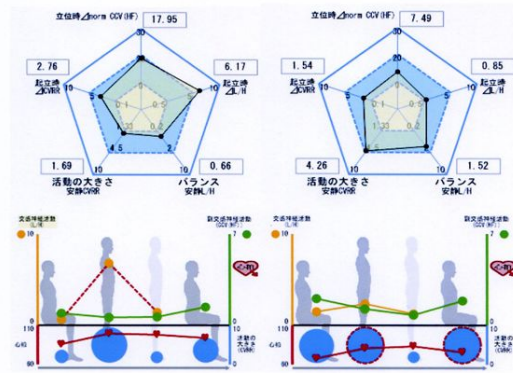


図9 2日間の歩行運動前後における体位変換テスト時の自律神経活動の変化(被験者:T.T.) 左:運動前、右:運動後

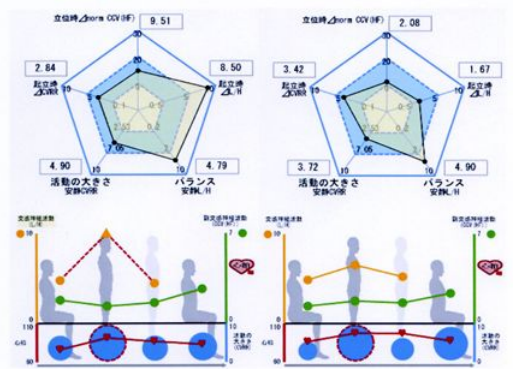


図10 2日間の歩行運動前後における体位変換テスト時の自律神経活動の変化(被験者:S.H.) 左:運動前、右:運動後

以上、本研究(実験1及び2)の成績から、とくに、中高年者において標高1500m前後に相当する低圧低酸素環境下における2日間の歩行運動は、運動終了後の翌朝においても、自律神経活動の適切な反応(健常型)がみられ、末梢血液循環を一時的に改善することが示唆された。週末を利用した「高地ウォーキング」は、定期的に継続すると安静時の自律神経系及び末梢循環を比較的早期に改善することなどが期待できると示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3件)

寺尾保、両角速(以下6名、1番目)高地ウォーキング「嬬恋村を歩こう」における自律神経系および末梢血液循環に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、査読有、第26号、69-78、2014年

寺尾保、両角速(以下6名、1番目)中高年者に対する低圧低酸素環境下における歩行運動が運動中および運動終了後の自律神経系に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、査読有、第25号、69-77、2013年

寺尾保、栗田太作(以下5名、1番目)中高年者に対する低圧低酸素環境下における歩行運動が運動終了後の自律神経系、末梢血液循環および動脈機能に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、査読有、第24号、57-57、2012年

6. 研究組織

(1)研究代表者

寺尾 保 (TERAO, Tamotsu)

東海大学・スポーツ医科学研究所・教授

研究者番号: 50183489

(2)研究分担者

(3)連携研究者