



高地ウォーキング「孺恋村を歩こう」 における自律神経系 および末梢血液循環に及ぼす影響

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 両角 速 (体育学部競技スポーツ学科)
栗田太作 (情報教育センター) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)
瀧澤俊也 (医学部内科学系神経内科学) 灰田宗孝 (健康推進センター)
内田晴久 (教養学部人間環境学科) 内田裕久 (工学部原子力工学科)

The Effects of Walking Exercise in a Hypobaric Hypoxic Environment
(Tsumagoi Village) on the Autonomic Nervous System
and Peripheral Blood Circulation in Male Adults

Tamotsu TERAO, Hayashi MOROZUMI, Daisaku KURITA, Hideki OZAWA, Shunya TAKIZAWA,
Munetaka HAIDA, Haruhisa UCHIDA and Hirohisa UCHIDA



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise in a hypobaric hypoxic environment (Baragi highland in Tsumagoi Village) on the autonomic nervous system and peripheral blood circulation. Five male adults (42.6 ± 16.7 years) volunteered for this study. The following parameters were measured before and during exercise, and next morning post exercise for 2 days : heart rate, arterial oxygen saturation (SpO_2), the autonomic nervous system (HF normalized unit : HFnu, Coefficient of Variation of R-R intervals : CVRR). The autonomic reflex orthostatic tolerance test was measured before exercise and the morning after exercise for 2 days. The ratio of d/a with accelerated plethysmogram (APG) after walking for 2 days was significantly higher than before walking. APG-aging index (APG-AI) after walking for 2 days showed a tendency to be lower than before walking in middle and elderly persons. The CVRR and CCVHF after walking showed a tendency to be higher than before walking in middle and elderly persons. These results suggest that walking exercise in a hypobaric hypoxic environment (Baragi highland in Tsumagoi Village) for 2 days may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system and improvement of peripheral circulation in middle and elderly persons.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 26, 69-78, 2014)

I. 緒言

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、楽しみなどを得るとともに、健康維持・増進や疾病予防を求める中高年者が増えてきている。

スポーツに対するトレーニングの分野では、高地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きている。一方では、登山やハイキング、トレッキングといった日常生活のレクリエーションにおいても高地の環境に触れ合う機会も増加している。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、健康増進および体力向上に貢献する可能性のあること¹⁾が指摘されている。高地トレーニングには、従来から行われている自然環境を利用した高地トレーニングと、最近、著しく普及をみせている人工的環境を利用した高地トレーニング（低圧室、低酸素室）とがある。

私たちは、人工的高地環境システムの低圧室を用い、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における血中乳酸濃度を指標とした持続的トレーニングに対する負荷強度の方法と運動能力に関する研究を基に、ウエイトコントロールを必要とするスポーツ選手、肥満者および中高年者を対象に身体組成、エネルギー代謝、末梢血液循環動態、動脈硬化度および自律神経活動に関する研究について検討を行っている。これらの結果、長期間にわたって運動を継続することで安静時代謝の亢進および脂質代謝の改善が行われ、より効果的な減量ができる可能性のあること^{2~9)}、一過性の運動終了後、末梢血管の拡張、血流量の増加等から、

末梢循環や動脈スティフネスを一時的に改善すること^{10~15)}、定期的な歩行運動が安静時の末梢循環や動脈スティフネスを比較的早期に改善すること^{15, 16)}、2日間の歩行運動が運動終了後の翌朝においても、自律神経活動のバランスとして副交感神経活動が優位な状態がみられ、末梢循環を一時的に改善すること^{17, 18)}などを報告している。

東海大学では、愛媛県西条市と教育・研究交流事業を2006年2月18日に締結している。西条市は、この交流事業の1つに地域資源である石鎚山系を活用した「石鎚山系高地トレーニング事業」によりスポーツ選手の競技力向上や一般市民の健康増進を図る構想である。現在、これまでに得られた低圧室を用いた「肥満者の運動療法、一般人の健康維持増進」に関する高地環境での適切なトレーニング方法やトレーニングの成果等を基に、市民を対象（肥満の所見がある人）に高地運動教室が開催されている¹⁶⁾。

2013年4月に学校法人東海大学と群馬県嬭恋村との間で締結した「包括的連携協力に関する協定」による連携事業の一つとして、東海大学嬭恋高原研修センター（標高：1400m）を提供し、嬭恋村主催（学校法人東海大学協力）で2013年9月28日（土）・29日（日）の2日間にわたり高地ウォーキング「嬭恋村を歩こう」が初めて実施された。

本研究は、従来の研究の一環として、これまでの成績を踏まえ、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、運動中および運動終了後（翌朝）の自律神経系の応答および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。

II. 研究方法

1. 対象者

高地ウォーキング「嬭恋村を歩こう」には、45名の参加者があった。今回の実験対象者は、参加



写真1 高地ウォーキング「孀恋村を歩こう」の様子（バラギ高原）

Photo 1 Exercise in a hypobaric hypoxic environment (Baragi highland in Tsumagoi Village)

者の中から成人の男子5名(年齢: 42.6 ± 16.7 歳、身長: 174.8 ± 6.3 cm、体重: 69.6 ± 9.3 kg、BMI: $22.7 \pm 1.8\%$)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。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。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。

2. 高地ウォーキング「孀恋村を歩こう」の日程・内容

2013年9月28日(土)は、14:00~15:20 講演会:「高地ウォーキングの有効性について」スポーツ医科学研究所長 寺尾保、15:30~17:00 ウォーキング体験会:東海大学孀恋高原研修センター(標高: 1400m) ⇄バラギ湖(標高: 1260m)をウォーキングした。9月29日(日)は、8:40 研修センター出発、9:00 パルコーススキー場(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 パルコーススキー場へ出発、11:45 パルコース到着・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、野地平およびゴール地点で動脈血酸素飽和度(SpO_2)や脈拍数を測定した。とくに、ウォーキング中は、 SpO_2 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、心拍数および心拍変動(自律神経活動; 交感神経および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(AM 9:30)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 APG Aging Index; APG-AI)の動態を測定した。

3. 自律神経機能の測定

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^{20,21)}が定義されている。そこで、HF normalized unit(以下 HFnu = $HF/(LF+HF) \times 100$)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²²⁾とした。なお、心拍変動には呼吸の影響が大きいこと²³⁾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)に保持するよう指示した。体位変換テストは、自律神経活動の大きさ(CVRR; 自律神経活動指標、CCVHF; 副交感神経指標)、バランス(LF/HF)、反応力、切替力、回復力の観点から五角形の表示により総合的に評価した。

4. 加速度脈波の測定

運動前および終了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、運動前および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。

5. 測定方法

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。末梢血液循環機能は、加速度脈波を加速度脈波計ダイナパルス (SDP-100、フクダ電子株式会社) 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。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。

6. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表し、統計学的分析には2日間の歩行運動前後における有意差の検定に paired t-test を用いた。統計的有意水準は、すべての検定において5%未満とした。

Ⅲ. 研究結果

1. 歩行運動中における心拍数および HFnu の変化

歩行運動中における心拍数および HFnu の値を図1に示した。心拍数は平均115拍/分、HFnu が平均12.38をそれぞれ示した。

2. 歩行運動前および終了後(翌朝)における加速度脈波波高比 (b/a) の変化

図2に歩行運動前後における加速度脈波波高比 (b/a) の変化を示した。b/a 値は、歩行運動前後で、有意の差がみられなかった。

3. 歩行運動前および終了後(翌朝)における加速度脈波波高比 (d/a) の変化

図3に歩行運動前後における加速度脈波波高比 (d/a) の変化を示した。歩行運動後の d/a 値は、歩行運動前に比較して、有意な増加を示した

($p < 0.05$)。

4. 歩行運動前および終了後(翌朝)における加速度脈波加齢指数 (APG-AI) の変化

歩行運動前後における APG-AI の変化を図4に示した。APG-AI 値は、歩行運動前後で、有意の差がみられなかった。しかし、中高年者(3名)では、歩行運動前(平均-0.10)より歩行運動後(平均-0.36)が明らかに低値を示した。

4. 歩行運動前および歩行運動終了後における体位変換テスト時の自律神経活動の評価

歩行運動前および歩行運動終了後における体位変換テスト時の自律神経活動の評価を図5、6、7に示した(典型的の3例)。T.Tについては、歩行運動前の評価が安静(座位)および立位で健常型、起立で交感神経反応過剰型であったのに対して、2日間の歩行運動終了後の評価では安静から起立・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)。H.Hは、歩行運動前および歩行終了後のいずれも安静(座位)および起立で健常型、立位で立位時自律神経活動低下型であった。S.Hについては、歩行運動前の評価が安静(座位)および立位で健常型、起立で交感神経反応過剰型であったのに対して、歩行運動終了後の評価では安静から起立・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)。

5. 自律神経機能の総合評価

歩行運動前および歩行運動終了後における自律神経機能の総合評価(10点法)は、平均点が歩行運動前;7.6、歩行運動終了後;8.6となった。

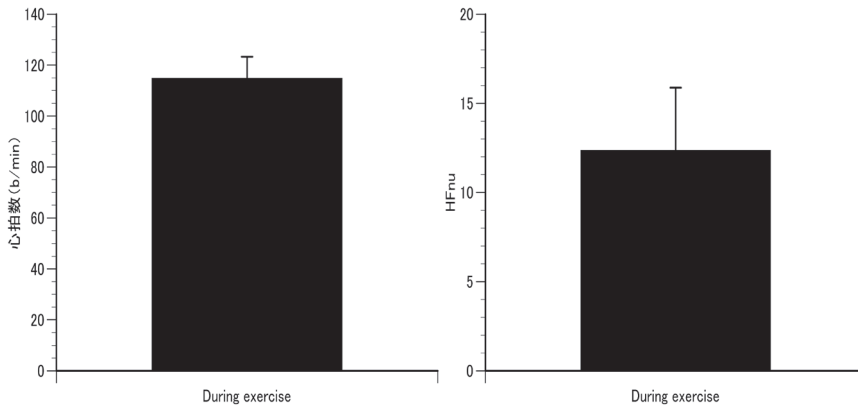


図1 歩行運動中における心拍数および HFnu の変化
Fig 1 Changes in heart rate and HFnu during exercise. Values are expressed as means ± SD.

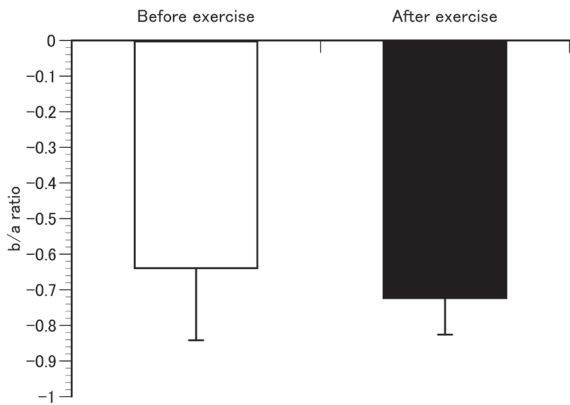


図2 歩行運動前後における加速度脈波高比 (b/a) の変化
Fig 2 Changes in parameter (ratio of b/a) of APG before and after the walking exercise. Values are expressed as means ± SD.

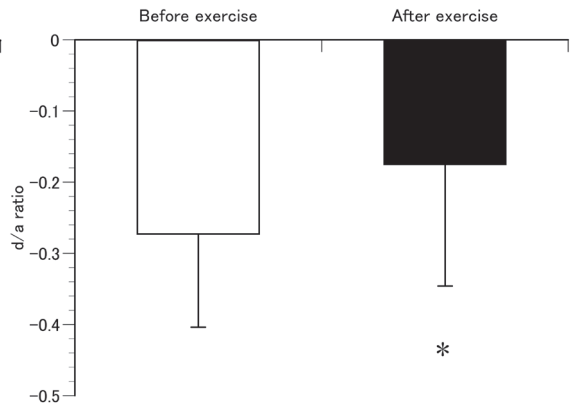


図3 歩行運動前後における加速度脈波高比 (d/a) の変化
Fig 3 Changes in parameter (ratio of d/a) of APG before and after the walking exercise. Values are expressed as means ± SD.

* p<0.05 : significantly different from before value.

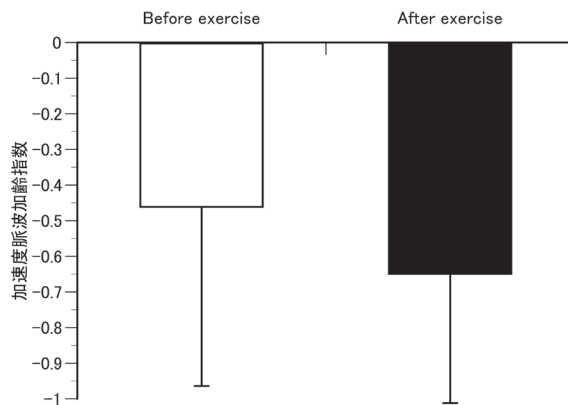


図4 歩行運動前後における加速度脈波加齢指数 (APG-AI) の変化

Fig 4 Changes in APG-aging index before and after the walking exercise. Values are expressed as means ± SD.

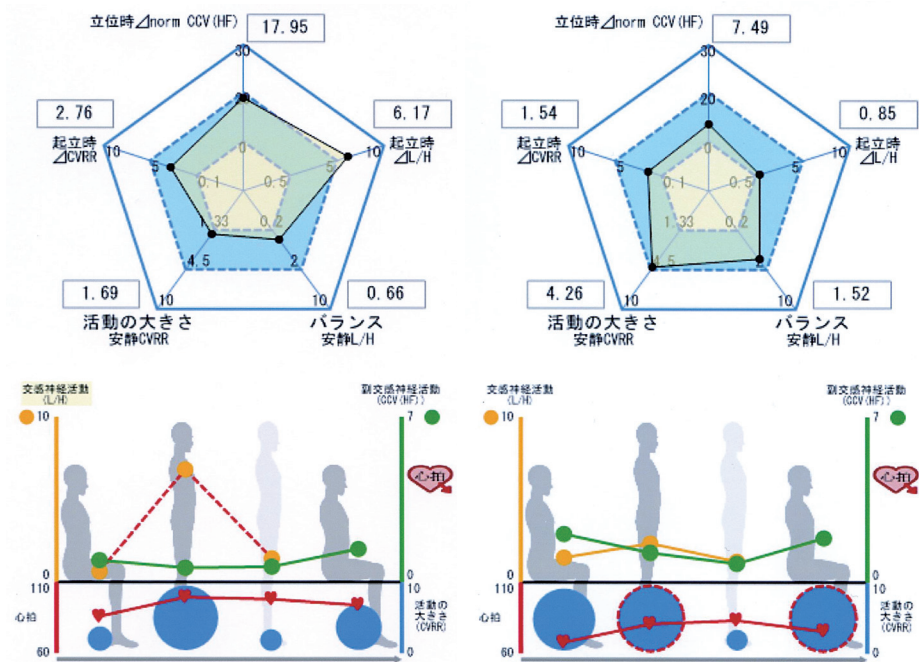


図5 歩行運動前後における体位変換テスト時の自律神経活動の変化 (被験者; T.T)

左: 運動前、右: 運動後

Fig 5 Changes of autonomic nervous activity in autonomic reflex orthostatic tolerance test before and after the walking exercise. (subject ; T.T).

Left : Before exercise, Right : After exercise

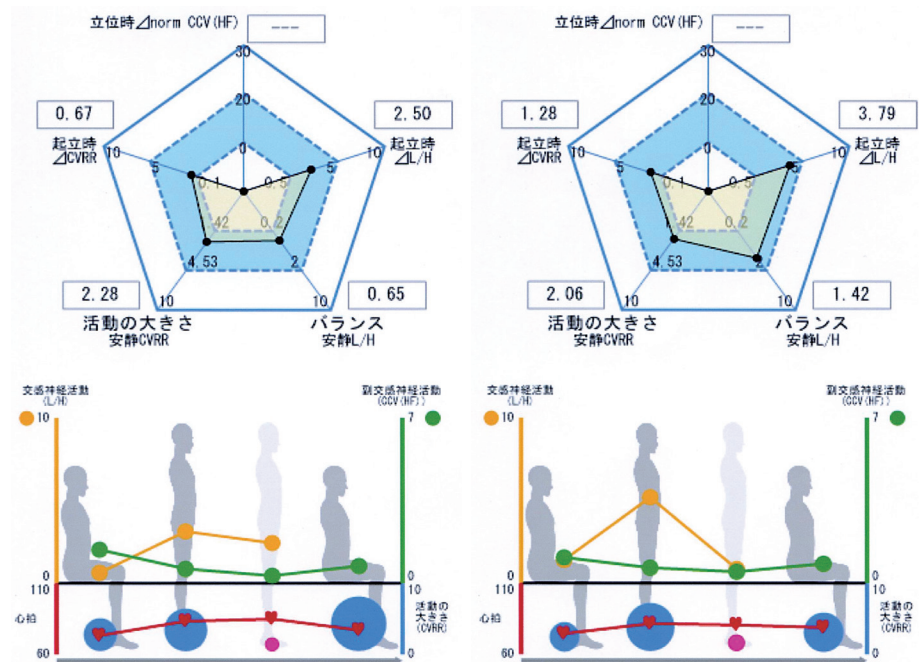


図6 歩行運動前後における体位変換テスト時の自律神経活動の変化 (被験者; H.U)

左: 運動前、右: 運動後

Fig 6 Changes of autonomic nervous activity in autonomic reflex orthostatic tolerance test before and after the walking exercise. (subject ; T.T).

Left : Before exercise, Right : After exercise

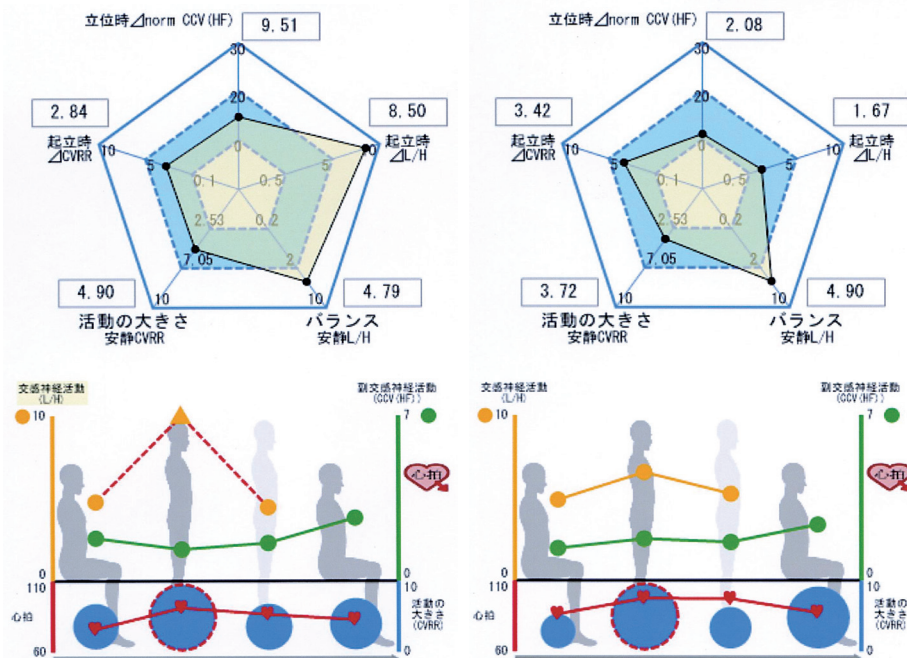


図7 歩行運動前後における体位変換テスト時の自律神経活動の変化 (被験者; S.H)

左: 運動前, 右: 運動後

Fig 7 Changes of autonomic nervous activity in autonomic reflex orthostatic tolerance test before and after the walking exercise. (subject ; S.H).

Left : Before exercise, Right : After exercise

IV. 考察

本研究では、これまでの成績 (中高年者に対する標高1500mにおける歩行運動の有用性) を踏まえ、自然環境を利用した高地 (低圧低酸素環境下) における2日間の歩行運動を行った場合、運動前、運動中および運動終了後 (翌朝) の自律神経系の応答および末梢血液循環の動態にどのような影響を及ぼすかを検討した。

歩行運動中の心拍数は平均115拍/分、HFnuが平均12.38をそれぞれ示した。先行研究では、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における歩行運動は、平地に比較して、心拍数が高く、HFnuが低い値になること^{17, 18)}を報告した。本研究でも、とくにHFnuが先行研究とほぼ同等の値で低くなることを示した。運動時は、安静状態に比較して、呼吸・循環器系などの生理機能がより活発に働くことが要求される。通常、運動強度に

対応した適切な酸素供給を維持するために、交感神経と副交感神経のバランスを変化させ、呼吸循環の応答を制御している²⁴⁾。これらの身体諸機能の変化を起こすために、自律神経系では交感神経の活動が優位になり、逆に副交感神経の活動が抑制されると考えられる。さらに、運動中の自律神経活動の変動は、標高の違いによって影響を受けることが考えられる。先行研究および本研究の結果から推察すると、標高1500m程度における歩行運動中は、自律神経活動のバランスとして、平地よりも副交感神経活動が低下し交感神経活動が優位な状態にシフトし、心拍数を増加したことが示唆された。

次に、歩行運動前および歩行運動終了後における加速度脈波の波高比は、歩行運動終了後が歩行運動前に比較して、d/a値の有意な上昇を示した。b/a値および総合的指標であるAPG-AIは、歩行運動前後で、有意の差がみられなかった。加速度脈波のb/a値は、血管の伸展性 (血管の柔

らかさ)を示すもので、 d/a 値は機能的血管壁の緊張や動脈硬化による器質的硬化を反映する^{25~27)}と考えられ、これらの波高比は、加齢とともに b/a 値の上昇、 d/a 値の低下がみられること²⁸⁾が報告されている。また、虚血性心疾患の患者を対象に末梢血管収縮剤の投与による昇圧時には b/a 値が増大し、 d/a 値は減少するのに対して、末梢血管拡張剤の投与による降圧時には b/a 値が減少し、 d/a 値は上昇すること^{25, 26)}が認められている。本研究では、血管拡張に伴う加速度脈波の変化として、とくに、顕著に現れたのが d/a の変化である。APG-AIに関しては、先行研究¹²⁾から推察すると、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下で一定強度の運動を一定時間負荷すると、適度な低圧低酸素刺激と運動刺激の相乗作用が運動終了後に、速やかに副交感神経活動が亢進し、末梢血管の拡張、血流量の増加等から末梢循環を一時的に改善したことを報告している。しかし、本研究では、APG-AI値が歩行運動前後で有意な差が得られなかった。本研究では、有意な変化が認められなかった理由の一つとして、被験者に若年者2名(26歳)が含まれていたことや、APG-AI値(いずれも加齢に伴って上昇)をみると、歩行運動前で平均-1.00程度もあり、中高年者の-0.10よりも明らかに低く、末梢循環は若年者の方が中高年者に比べて、はるかに良好であったことなどが高地による運動の効果を不明確にした可能性が考えられる。中高年者3名では、歩行運動終了後に明らかに低値(平均-0.36)を示した。これらの効果は、私たちが現在までに報告してきている先行研究^{10~13)}と一致している。これらの研究成果から、とくに、中高年者に対する高地の歩行運動が一時的に末梢血液循環の改善をすることができ、循環器疾患の予防や改善に対してもより有効であることが考えられる。

歩行運動終了後は、自律神経系も標高の違いや行った運動の強度等に比例して交感神経優位を維持した後、安静状態になるとともに副交感神経優位となろう。そこで、歩行運動前および歩行運動終了後における体位変換テスト時の自律神経活動

の評価では、とくに、T.TおよびS.Hについては、歩行運動前が安静(座位)および立位で健常型、起立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)。H.Hは、歩行運動前および歩行終了後のいずれも安静(座位)および起立で健常型、立位で立位時自律神経活動低下型であった。その結果、自律神経機能の総合評価では、歩行運動終了後(平均8.6点)が歩行運動前(平均7.6点)よりも高い得点になった。標高1500m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、適度な低圧低酸素刺激と運動刺激の相乗作用が運動終了後の体位変換時において自律神経のバランスや反応力を好ましい方向に変えることができると考えられた。

以上、本研究の成績から、とくに、中高年者において標高1500m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およ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。

V. まとめ

本研究では、これまでの成績(中高年者に対する標高1500mにおける歩行運動の有用性)を踏まえ、高地(低圧低酸素環境下)における2日間の歩行運動を行った場合、運動前、運動中および運動終了後(翌朝)の自律神経系の応答および末梢血液循環の動態にどのような影響を及ぼすかを検討した。

これらの成績を示すと次のごとくである。

1. 歩行運動中における心拍数およびHFnuは、心拍数;平均115拍/分、HFnu;平均12.38をそれぞれ示した。

2. 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。

3. 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 ($p<0.05$)。

4. 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は、とくに、2名において、歩行運動前が安静 (座位) および立位で健常型、起立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) よりも高い得点になった。

以上、本研究の成績から、とくに、中高年者において標高 1500m 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およ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。

本研究の一部は JSPS 科研費 23500860 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 浅野勝己：高所トレーニングの生理的意義と最近の動向、臨床スポーツ医学、16(5)：505-516、1999
- 2) 寺尾保、恩田哲也、中村豊、有賀誠司：低圧環境下における持久的トレーニングがスポーツ選手の形態、身体組成および脂質代謝に及ぼす効果、体力科学、46(6)：916、1997
- 3) 寺尾保、中村豊、松前光紀、山下泰裕、張楠、三田信孝、新居利広、岩垣丞恒、佐藤宣踐、齋藤勝：低圧環

境下における血中乳酸濃度 4mM レベルを指標とした持久的トレーニング負荷強度についての検討、東海大学スポーツ医科学雑誌、8：65-72、1996

- 4) 寺尾保、恩田哲也、中村豊、有賀誠司、松前光紀、田辺晃久、山下泰裕、岩垣丞恒、佐藤宣踐、齋藤勝：低圧環境下における持久的運動負荷時に気圧変動をさせた場合の血中乳酸濃度および心拍応答に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、9：28-33、1997
- 5) 寺尾保、木村季由、湯浅康弘、袋館龍太郎、恩田哲也、有賀誠司、中澤一成、山並義孝、中村豊、齋藤勝：スポーツ選手の減量に対する低圧環境下の歩行運動が身体組成およびエネルギー代謝に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、11：22-29、1999
- 6) 寺尾保、木村季由、恩田哲也、有賀誠司、中村豊、サンドゥー・アダルシュ、山並義孝、齋藤勝：肥満者およびスポーツ選手の減量に対する低圧環境下における歩行運動の有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、13：15-23、2001
- 7) 寺尾保、桑平一郎、恩田哲也、有賀誠司、中村豊、サンドゥー・アダルシュ、宮川千秋、山並義孝、齋藤勝：肥満者に対する低圧環境下の歩行運動が運動終了後のエネルギー消費量に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、14：14-22、2002
- 8) 寺尾保、桑平一郎、宮川千秋、恩田哲也、中村豊、三田信孝、山並義孝、齋藤勝：肥満者の減量に対する低圧環境下および常圧環境下における歩行運動の有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、15：32-38、2003
- 9) Terao, T., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M.: The effects of walking exercise in hypobaric and normbaric environments on resting metabolic rate and body composition in obese adults. *Osterreichisches Journal fur Sportmedizin*, 33(2)：26-31, 2003
- 10) 寺尾保、小澤秀樹、桑平一郎、三田信孝、恩田哲也、中村豊、山並義孝、堀江繁：肥満者に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が運動終了後の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、16：61-68、2004
- 11) 寺尾保、伊藤栄治、小澤秀樹、桑平一郎、三田信孝、山並義孝、堀江繁：中高年者に対する低圧低酸素環境下の歩行運動が末梢循環に及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、17：16-22、2005

- 12) 寺尾保、小澤秀樹、桑平一郎、三田信孝、山並義孝、伊藤栄治：肥満者に対する低圧低酸素環境下における安静時および歩行運動終了後の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、18：54-61、2006
- 13) 寺尾保、小澤秀樹、桑平一郎、三田信孝、伊藤栄治、山並義孝：高齢化社会における中高年者の健康と疾病に対する高地トレーニング処方への有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、19：39-46、2007
- 14) 寺尾保、小澤秀樹、三田信孝、桑平一郎、内田裕久：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、21：43-50、2009
- 15) 寺尾保：高齢化社会における中高年者の疾病予防と健康増進に対する高地トレーニングの有効性、科学研究費補助金研究成果報告書、1-4、2009
- 16) 寺尾保、小澤秀樹、三田信孝、内田裕久、坂根浩弥、山崎由紀、竹内照定：中高年者の減量に対する石鎚山系を利用した高地環境における歩行運動の有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、20：69-78、2008
- 17) 寺尾保、栗田太作、小澤秀樹、瀧澤俊也、灰田宗孝、内田晴久、内田裕久：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、24：57-64、2012
- 18) 寺尾保、両角速、栗田太作、小澤秀樹、瀧澤俊也、灰田宗孝、内田晴久、内田裕久：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、25：69-77、2013
- 19) 寺尾保、小澤秀樹、三田信孝、内田裕久、坂根浩弥、山崎由紀、竹内照定：中高年者の減量に対する石鎚山系を利用した高地環境における歩行運動の有効性、東海大学スポーツ医科学雑誌、20：69-78、2008
- 20) 早野順一郎：臨床医のための循環器自律神経機能検査法、51-61、メディカルレビュー社、1997
- 21) 日本自律神経学会：自律神経機能検査、第4版、文光堂、2007
- 22) 飯塚太郎：心拍数・心拍変動、II. コンディショニングの評価とその活用—具体的な評価手法とその応用—、臨床スポーツ医学、28：166-171、2011
- 23) 中尾陸宏、熊野宏昭、久保富房、末松弘行、安士光男、高島香代子：呼吸回数と心拍変動に与える影響について、心身医学、35(6)：455-462、1995
- 24) 麻野井英次：循環器疾患と自律神経機能、第2版、自律神経系による循環調節、19-43、医学書院、2001
- 25) 高沢謙二、伊吹山千春：加速度脈波、現代医療、20：948-955、1988
- 26) 高沢謙二、伊吹山千春：加速度脈波の有効性、臨床検査、33：858-862、1989
- 27) 鈴木明裕、山川和樹、藤沼秀光、須藤秀明、小川研一：弾性動脈の伸展度 (Distensibility) と、加速度脈波との関係についての検討、日本臨床生理学雑誌、20：113-123、1990
- 28) 高沢謙二：加速度脈波について、フクダ電子株式会社、3-25、1998