



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

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 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 on the Autonomic Nervous System, Peripheral Blood Circulation and Arterial Stiffness of Post-exercise in Middle-aged and Elderly Persons

Tamotsu TERAOKA, 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 on the autonomic nervous system, peripheral blood circulation and arterial stiffness in middle-aged and elderly persons. Four male adults aged 47 to 61 years volunteered for this study. The subjects walked for 45-60 minutes on a treadmill in two environments; normobaric normoxic environment (NE) at sea level; and hypobaric hypoxic environment at 1500m (HE) simulated altitude. The following parameters were measured during exercise and next morning post exercise in NE and HE for 2 days; heart rate, RPE, arterial oxygen saturation (SpO_2), the autonomic nervous system (HF normalized unit; HFnu), SDPTG aging index (SDPTGAI) with accelerated plethysmogram, and arterial stiffness index (baPWV). Our results showed (1) the heart rate during exercise in HE was significantly higher than that in NE ($p < 0.05$); (2) the HFnu during exercise in HE was significantly lower than that in NE ($p < 0.05$); (3) the SpO_2 during exercise in HE was significantly lower than that in NE ($p < 0.01$); (4) the RPE during exercise in HE was significantly higher than that in NE ($p < 0.05$); (5) the HFnu of post-exercise in HE was significantly higher than that in NE ($p < 0.05$); (6) the SDPTGAI of post-exercise in HE was significantly lower than that in NE ($p < 0.05$). These results suggest that walking exercise in a hypobaric hypoxic environment at 1500 m for 2 days altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system and improvement of peripheral blood circulation in middle and elderly persons.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 24, 57-64, 2012)

I. 緒 言

従来、生活習慣病と環境条件との関連から、標高1000～3000mの高地住民には、冠心疾患や高血圧症などの発生率が低く、また、長寿者の多いこと¹⁾や、生活習慣病、とくに虚血性心疾患および脳血管疾患などの循環器系疾患に対する身体運動の有効性も多く報告されている。

私たちは、高地（低圧低酸素環境）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、スポーツ選手の減量や幅広い年齢層の人々に対する肥満の予防・改善および健康増進に貢献する可能性のあること^{2, 3)}を報告している。さらに、私たちの先行研究では、人工的高地環境システムの低圧室を用い、標高1500mに相当する低圧環境下での歩行運動は、身体的にも安全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⁴⁾、また、低圧低酸素環境下と常圧常酸素環境下（平地）の併用による歩行運動は、単に、常圧常酸素環境下の歩行運動に比較して、長期間にわたって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^{5, 6)}等も報告している。

循環器系疾患に関する評価法としては、心電図および血圧の検査とともに血液循環動態の良否を判断するものとして、指尖容積脈波を二次微分した加速度脈波は、非観血的な末梢循環動態の一つの指標になること⁷⁻⁹⁾が報告されている。さらに、身体運動と加速度脈波からみた末梢の血液循環動態とに密接な関係があること^{10, 11)}も報告されている。

私たちの中高年者を対象とした低圧低酸素環境と運動に関する先行研究では、加速度脈波および皮膚温度からみた末梢循環の動態から、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における一過性の歩行運動は、運動終了後、末梢循環が一時的に改善されること^{12, 13)}、さらに、定期的な歩行運動が安静時の末梢循環を比較的早期に改善する

こと¹⁴⁾等が認められている。

この循環器系疾患の原因の一つには、動脈ステイフネスの増加による動脈硬化¹⁵⁾があげられる。高地環境と運動に関する先行研究では、中高年者を対象にして、標高1500mに相当する低圧低酸素環境下における一過性の歩行運動は前述の加速度脈波と同様に運動終了後、動脈ステイフネスが一時的に改善されることや、比較的短期間の歩行運動でも安静時の動脈ステイフネスを低下させること¹⁶⁻¹⁹⁾を報告している。さらに、若年アスリートでは、末梢血液循環および動脈ステイフネスの著明な変化がみられなかったこと²⁰⁾も報告している。

本研究では、その研究の一環として、これまでの成績（中高年者を対象とした標高1500mにおける歩行運動の有用性）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、中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における2日間の歩行運動終了後の自律神経系の応答、動脈ステイフネス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。

II. 実験方法

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。

1. 対象者

実験対象は、成人の男子4名（年齢； 54.8 ± 6.1 歳、身長； 173.0 ± 7.5 cm、体重； 71.4 ± 13.6 kg、BMI； $23.7 \pm 3.6\%$ ）を被験者として、常圧常酸素環境と低圧低酸素環境（標高；1500m）に分け、それぞれに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。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。

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

2. 環境条件

常圧常酸素（NE）および低圧低酸素環境（標高1500m；HE）下の実験は、東海大学スポーツ医科学研究所に設置されている低圧（高地トレーニング）室を使用した。

本研究では、NE（気圧、760mmHg）、HE（標高1500mに相当する気圧、634mmHg）にそれぞれ調整して行った（室温を22℃、相対湿度50%）。

3. 運動強度の判定

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%および自覚的運動強度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。

4. 歩行運動実験

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およびHEにおける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）を測定した。さらに、運動中の主観的運動強度（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。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）および動脈スティフネス（脈波伝播速度；baPWV）の動態を測定した。

5. 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交感神経・副交感神経活動のバランスを推定した²¹⁾。なお、心拍変動には呼吸の影響が大きいこと²²⁾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。

6. 加速度脈波（SDPTGAI）の測定

加速度脈波の測定は、被験者を座位姿勢で、測定部位の左手第2指の指尖部を心臓レベルに保持して測定を行った。加速度脈波加齢指数は、SDPTGAI=(b-c-d-e)/aにより求めた。この指数は、5拍の脈波の平均値をその代表値とした。

7. 動脈スティフネスの指標である脈波伝播速度（baPWV）の測定

baPWVの測定は、被験者を仰臥位にて安静状態に保持させた後、両足首および両腕に血圧脈波検査装置のカフを装着し、上腕収縮期血圧、拡張期血圧、脈圧および上腕動脈から足首動脈間のbaPWVの測定を行った。

8. 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。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。末梢血液循環機能は、加速度脈波加齢指数を加速度脈波計ダイナパルス（SDP-100、フクダ電子株式会社）およびbaPWVが血圧脈波検査装置（form PWV/ABI、日本コーリンメディカル社）等をそれぞれ用いて測定した。

9. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表した。2つの環境条件間（NE および HE）における有意差の検定には、paired t-testを用いた。RPE については、Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。統計処理には、統計解析（Dr.SPSSII for Windows）を用いて、有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 実験結果

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 の変化を図1、2に示した。心拍数は、HE がNE に比

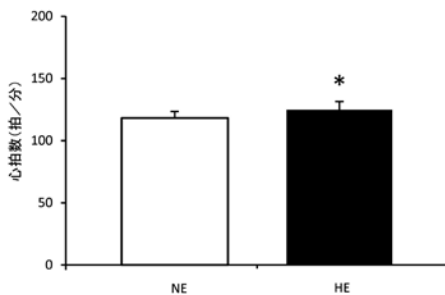


図1 歩行運動中における心拍数の変化
Fig. 1 Changes in heart rate during exercise in two environments.
Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude.
*p<0.05

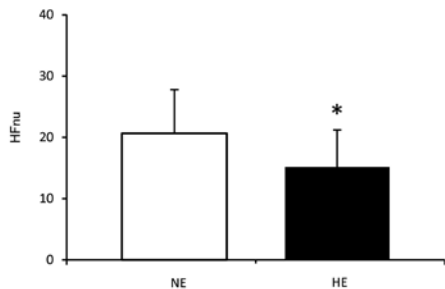


図2 歩行運動中における心拍変動（HFnu）の変化
Fig. 2 Changes in HFnu during exercise in two environments.
Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude.
*p<0.05

較して、有意に高値を示した（p<0.05）。HFnu は、HE がNE に比較して、有意に低値を示した（p<0.05）。

2. 歩行運動中における SpO₂および RPE の変化

図3、4に歩行運動中における SpO₂および RPE の変化を示した。SpO₂は、HE がNE に比較して、有意に低値を示した（p<0.01）。RPE は、HE がNE に比較して、有意に高値を示した（p<0.05）。

3. 歩行運動終了後（翌朝）における HFnu の変化

図5に2日間の歩行運動終了後（翌朝）における HFnu の変化を示した。HFnu は、HE がNE

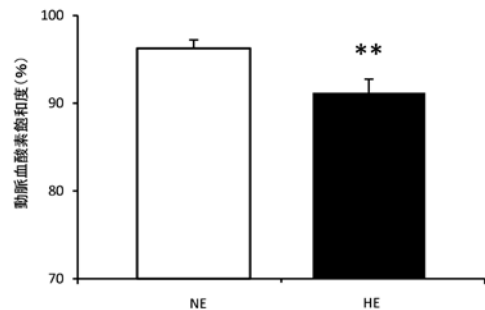


図3 歩行運動中における動脈血酸素飽和度の変化
Fig. 3 Changes in arterial oxygen saturation (SpO₂) during exercise in two environments.
Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude.
**p<0.01

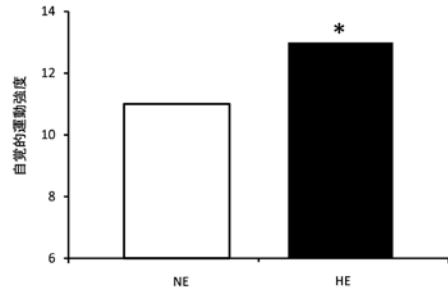


図4 歩行運動中における自覚的運動強度（RPE）の変化
Fig. 4 Changes in RPE during exercise in two environments.
Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude.
*p<0.05

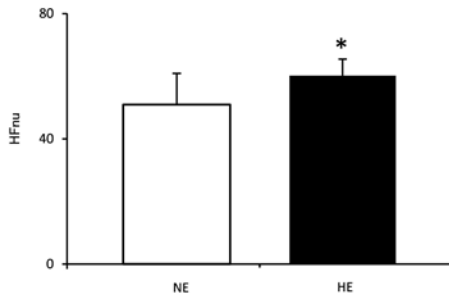


図5 2日間の歩行運動後（翌朝）における心拍変動（HFnu）の変化

Fig. 5 Changes in HFnu at next morning post exercise in two environments for 2 days. Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude. * $p<0.05$

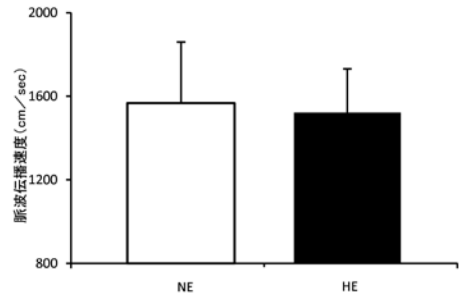


図7 2日間の歩行運動後（翌朝）における脈波伝播速度の変化
Fig. 7 Changes in baPWV at next morning post exercise in two environments for 2 days.

Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude.

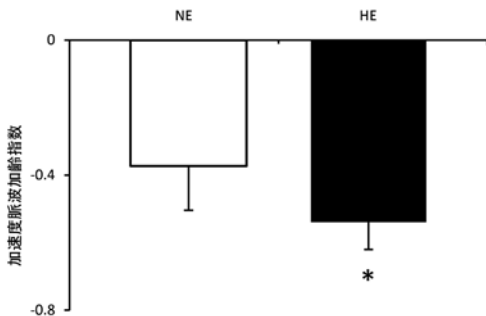


図6 2日間の歩行運動後（翌朝）における加速度脈波加齢指数の変化

Fig. 6 Changes in SDPTG Aging index at next morning post exercise in two environments for 2 days. Values are expressed as means±SD. NE (sea level); normobaric normoxic environment, HE; hypobaric hypoxic environment at 1500m simulated altitude. * $p<0.05$

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、中高年者を対象に、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、運動終了後（翌朝）の自律神経系の応答、末梢血液循環および動脈機能（動脈スティフネス）の動態にどのような影響を及ぼすかを検討した。

その結果、歩行運動中の心拍数は、HEがNEに比較して、高値を示した。HFnuは、HEがNEに比較して、低値を示した。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。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。たとえ、その運動が定常状態に入りえたとしても、交感神経優位の平衡を保った状態が持続される²³⁾と考えなければならない。運動中の心拍変動は、環境（標高）の違いによっても影響を受けることが考えられる。本研究の結果から推察すると、標高1500mにおける歩行運動中は、平地の歩行運動よりも自律神経活動のバランスとして、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ていたことが示唆された。

運動中のSpO₂は、NEでは96.25%を示したが、

に比較して、有意に高値を示した（ $p<0.05$ ）。

4. 歩行運動終了後（翌朝）における加速度脈波加齢指数の変化

2日間の運動終了後における加速度脈波加齢指数を図6に示した。この指数は、HEがNEに比較して、有意に低値示した（ $p<0.05$ ）。

5. 歩行運動終了後（翌朝）における動脈スティフネスの変化

図7に2日間の歩行運動終了後におけるbaPWVの変化を示した。baPWVは、HEとNEの間で、有意の差がみられなかった。

HEでは平均91.75% (90~93%)と大きく低値を示した。逆に、RPEでは、HE (平均13)がNE (平均11)に比較して、高値を示した。これまでの中高年者を対象とした低圧低酸素環境と運動に関する先行研究¹⁸⁾でも同様な結果が得られている。さらに、歩行運動中のSpO₂は、標高に応じて平地、標高1500m、標高2000mの順で低値を示し、逆に、RPEは、標高に応じて平地、標高1500m、標高2000mの順で高値を示したことを報告している。これらの標高の違いは、歩行運動中のSpO₂の応答とRPEの変化に関連していた。高地における運動の生理的応答 (被験者個々の生理的負担度と自覚的運動強度)は、標高、運動強度および被験者の特性 (年齢、鍛錬度、高地経験度等)によって異なる。とくに中高年者を対象とした高地での運動は、安全性を考慮するなら、過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度が大きく、RPEも高くなることを避けるべきである。したがって、本研究のSpO₂の応答およびRPEの変化から推察すると、標高1500mにおける歩行運動時には、生体に適度な低酸素負荷がかかっていたと考えられる。

さらに、標高の違いによる歩行運動時の自律神経活動のバランス、SpO₂の応答は、2日間の運動終了後 (翌朝)の自律神経系および末梢循環の機能に影響を及ぼしていた。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、2日間の歩行運動終了後 (翌朝)におけるHFnuの変化は、HEがNEに比較して、高値を示した。先行研究では、一過性の運動終了後の自律神経系の生体情報を知るために、瞳孔の対光反応を数値化することで初期瞳孔径を測定した (交感神経と副交感神経の優位のバランス)。その結果、回復時の運動終了30分後には、副交感神経活動が優位な状態にあること²⁴⁾を示していた。一般的に、安静時には副交感神経が亢進し、瞳孔が縮小することが報告²⁰⁾されている。したがって、先行研究および本研究の結果から、副交感神経優位

の状態は、2日間の運動終了後の翌朝まで継続することが示唆された。

加速度脈波加齢指数は、HEがNEに比較して、低値を示した。この値は、加齢に伴って上昇する。標高1500m程度の低圧低酸素環境下における運動は、平地での運動よりも、運動終了30分後、皮膚温度の上昇 (胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大)からも末梢循環動態に速やかに応答し、さらに、効果がより長く維持すること¹³⁾を報告している。これらの結果は、標高1500m程度の低圧低酸素環境が末梢の血流増加の効果にも大きく関与することが示唆される。そこで、前述のHFnuの結果を含めて推察すると、中高年者に対する標高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することが考えられる。これらの効果は、2日間の運動終了後の翌朝まで継続することが示唆された。

次に、baPWVについては、近年、動脈ステイフネスの指標として、動脈硬化度の評価に広く利用されている。動脈ステイフネスは、加齢とともに増加するが日常生活の改善、特に有酸素運動の習慣化 (運動様式、とくに運動強度、持続時間、運動頻度に影響を及ぼす)によって予防・改善^{15, 25)}が期待できること^{17, 21, 22)}が報告されている。高地環境と運動に関する先行研究では、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、比較的短期間でもbaPWVを低下させること^{18, 19)}を報告している。一過性の運動に対する動脈ステイフネスに及ぼす影響については、有酸素性運動後に動脈ステイフネスは一時的に低下するが、運動終了1時間後には運動開始前の水準に回復すること²⁶⁾が報告されている。標高1500mにおける歩行運動終了30分後にはbaPWVが低下したこと¹⁹⁾を報告している。しかし、本研究では、運動終了後、翌朝のbaPWV値は、運動開始前の水準に戻り、NEとHEの両環境間で有意な差が得られな

かった。慢性的に動脈スティフネスを改善させるためには、一定強度の運動を一定以上の頻度で一定以上の期間にわたって継続する必要があることが示唆された。

以上、本研究の成績から、中高年者に対する標高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、末梢血液循環を一時的に改善することが示唆された。したがって、近年、女性や中高年者が週末を利用してトレッキングなどでの高地登山（標高1000m～2000m）の増加は、運動能力の改善は基より、登山後の長時間にわたるエネルギー代謝の亢進とともに、疾病予防と健康増進の観点から推奨されるであろうと考えられる。

V. まとめ

本研究では、中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）で2日間の歩行運動を行った場合、運動終了後の翌朝における自律神経系の応答、動脈スティフネス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。

そ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は、HEがNEに比較して、有意に高値を示した ($p<0.05$)。
- 2) 歩行運動中におけるHFnuは、HEがNEに比較して、有意に低値を示した ($p<0.05$)。
- 3) 歩行運動中における SpO_2 は、HEがNEに比較して、有意に低値を示した ($p<0.05$)。
- 4) 歩行運動中におけるRPEは、HEがNEに比較して、有意な高値を示した ($p<0.05$)。
- 5) 歩行運動終了後（翌朝）におけるHFnuは、HEがNEに比較して、有意に高値を示した ($p<0.05$)。
- 6) 歩行運動終了後（翌朝）におけるSDPTGAIは、HEがNEに比較して、有意に低値を示した ($p<0.05$)。

- 7) 歩行運動終了後（翌朝）におけるbaPWVは、HEとNEの間で、有意の差がみられなかった。

以上、本研究の成績から、中高年者に対する標高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、末梢血液循環を一時的に改善することが示唆された。

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，桑平一郎，恩田哲也，有賀誠司，中村豊，サンドウー・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。
- 3) 寺尾保，木村季由，湯浅康弘，袋籠龍太郎，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。
- 4) 寺尾保，木村季由，恩田哲也，有賀誠司，中村豊，サンドウー・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。
- 5) 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。
- 6) Terao, T., Miyakawa, C., Yamanami, Y., Saito, M. : The effects of walking exercise in hypobaric and normobaric environments on resting metabolic rate and body composition in obese adults. *Osterreichisches Journal für Sportmedizin*, 33（2）: 26-31，2003。
- 7) 高沢謙二，伊吹山千春，加速度脈波，現代医療，

- 20 : 948-955, 1988.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺剛, 西田明子, 小山内博, 加速度脈波による血液循環の評価とその応用 (第2報) —波形の定量化の試み—, 体力研究, 68 : 17-25, 1988.
- 11) 佐野裕司, 片岡幸雄, 小山内博, 身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響 (その2) —長期トレーニングの影響—, 千葉体育学研究, 16 : 47-53, 1993.
- 12) 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: 肥満者の減量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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 松田光生 : 4. 脈波速度の臨床治療への応用非薬物治療: 運動, 食事, 食塩制限, 禁煙など, 脈波速度, 小澤利男, 増田善昭編集, メジカルビュー社, 128-135, 2002.
- 16) 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の有効性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 19 : 39-46, 2007.
- 17) 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.
- 18) 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有効性, 科学研究費補助金研究成果報告書, 1-4, 2009.
- 19) 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.
- 20) 寺尾保, 栗田太作, 小澤秀樹, 瀧澤俊也, 積山和明, 三田信孝, 灰田宗孝, 内田裕久: 若年アスリートに対する低圧低酸素環境下における歩行運動が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, 22 : 65-72, 2010.
- 21) 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.
- 22) 中尾睦宏, 熊野宏昭, 久保富房, 末松弘行, 安士光男, 高島香代子: 呼吸回数が心拍変動に与える影響について, 心身医学, 35 (6) : 455-462, 1995.
- 23) 中野昭一, 堀居昭, 寺尾保, 解剖と生理, 261-264, じほう, 2000.
- 24) 後藤由夫, 本郷道夫: 自律神経の基礎と臨床, 改訂版, 医学ジャーナル社, 122-127, 2006.
- 25) 三浦哉, 青木さくら: 低強度のサーキットトレーニングが成人女性の動脈スティフネスに及ぼす影響, 体力科学, 54 (3) : 205-210, 2005.
- 26) 大槻毅: 運動プログラムの効果と実際動脈硬化予防のための運動プログラム, 臨床スポーツ医学, 28 (12) : 1361-1364, 2011.