



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

寺尾 保 (スポーツ医科学研究所) 小澤秀樹 (医学部内科学系総合内科学)
三田信孝 (体育学部生涯スポーツ学科) 桑平一郎 (医学部内科学系呼吸器内科学)
内田裕久 (工学部エネルギー工学科)

The Effects of Walking Exercise in Hypobaric Hypoxic Environments
on the Autonomic Nervous System and the Arterial Stiffness of Post-exercise
in Middle-aged and Elderly Persons

Tamotsu TERAOKA, Hideki OZAWA, Nobutaka MITA, Ichiro KUWAHARA and Hirohisa UCHIDA



Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of walking exercise in hypobaric hypoxic environments on the autonomic nervous system and artery stiffness in middle-aged and elderly persons. Seven male adults volunteered for this study. The subjects walked for 45-60 minutes on a treadmill in three environments ; normobaric normoxic environment (NE) at sea level ; hypobaric hypoxic environments at 1500m (HE1) ; and 2000m (HE2) simulated altitude. The following parameters were measured during exercise and 30 minutes post exercise in NE, HE1 and HE2 ; arterial oxygen saturation (SpO_2), the autonomic nervous system by determining the subjects relative pupil radius, and arterial stiffness index (baPWV). Our results were as follows : (1) The SpO_2 during exercise in HE2 was significantly lower than that in NE and HE1 ($p < 0.01$). (2) The relative pupil radius after 30 minutes post-exercise in HE1 was significantly lower than that in NE and HE2 ($p < 0.05$). (3) The baPWV after 30 minutes post-exercise in HE1 was significantly lower than that in NE ($p < 0.05$). (4) HE2 showed a tendency higher than that in the other two environments. The baPWV can be temporarily improved by acute walking exercise in HE1. These results suggest that walking exercise in hypobaric hypoxic environment at 1500 m altitude may be a useful method for stimulating the activity of the autonomic nervous system and improvement of arterial stiffness in middle and elderly persons.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 21, 43-50, 2009)

I. 緒 言

以前より、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^{1,2,3)}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^{7,8,9)}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^{10,11,12)}も報告されている。私たちの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1500 m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^{13,14)}、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¹⁵⁾等が認められている。

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¹⁶⁾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。循環器系疾

患の原因の一つに動脈スティフネスの増加による動脈硬化¹⁷⁾があげられる。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。

本研究では、その研究の一環として、これまでの成績（標高1500mにおける歩行運動の有用性）を踏まえ、主に中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における一過性の歩行運動を行った場合、標高の違いが運動中の動脈血酸素飽和度の応答、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、さらには動脈機能（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。

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7名（年齢 47.0 ± 13.9歳、身長170.5 ± 8.8cm、体重77.8 ± 21.5kg、BMI 26.3 ± 4.9）を被験者とした。被験者は、常圧常酸素環境と低圧低酸素環境（標高1500mおよび2000m）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。

2. 環境条件

常圧常酸素（NE）および低圧低酸素環境（標高1500m；HE1、標高2000m；HE2）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）、HE1（標高1500mに相当する気圧634mmHg）HE2（標高2000mに相当する気圧596mmHg）にそれぞれ調

整して行った（室温20℃、相対湿度50%）。

3. 運動強度の判定

予備実験では、HE1を基準として、トレッドミルを用い、目標心拍数（ $(220 - \text{年齢}) \times 0.75$ ）、動脈血酸素飽和度（90～94%）および自覚的運動強度 RPE（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に歩行速度とトレッドミル傾斜角を求めた。なお、NE および HE2 の運動強度は、HE1の歩行速度と傾斜角を用いた。

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、HE1およびHE2の運動中の動脈血酸素飽和度、運動終了30分後の自律神経系（初期瞳孔径；虹彩の瞳孔反応で交感神経と副交感神経の働きやバランスを推測）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。運動中の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。

5. 初期瞳孔径および脈波伝播速度（baPWV）の測定

実験手順は、運動終了30分後に常圧環境下（気圧760mmHg、室温25℃、相対湿度55%）で、瞳孔反応測定器を用いて、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。その後、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。

6. 測定方法

初期瞳孔径の測定は、ストレスメーターDM-2010（アイリテック）を使用した。

baPWVは、血圧脈波検査装置（form PWV/ABI、日本コーリンメディカル社）を用いて測定した。動脈血酸素飽和度は、パルスオキシメータ

（PULSOX-3i、ミノルタ）、心拍数がハートレートモニター（RS800、ポラール）をそれぞれ用いて測定した。

7. 統計解析

結果は、平均値±標準偏差で表した。3つの環境条件間（NE、HE1およびHE2）における各測定項目の比較には、対応のある一元配置分散分析を行った。有意差が認められた場合に、Bonferroni法による多重比較を行った。RPEについては、Friedman検定において有意差が認められた後、多重比較検定（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.SPSS II for Windows）を用いて、有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 実験結果

1. 一過性の歩行運動中におけるSpO₂の変化

常圧常酸素環境下における安静時のSpO₂は、97%であった。一過性の歩行運動中におけるSpO₂の変化を図1に示した。SpO₂は、NE、

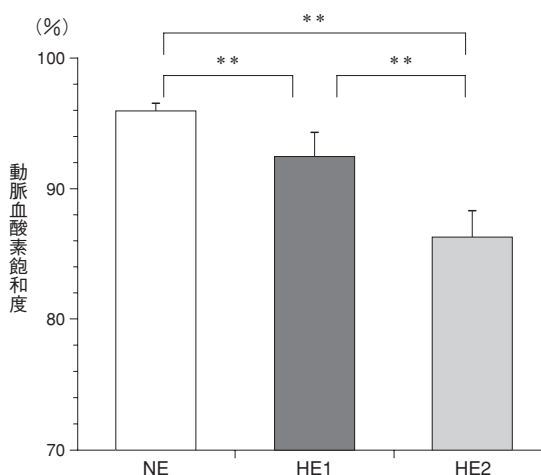


図1 一過性の歩行運動中における動脈血酸素飽和度の変化
Fig. 1 Changes in arterial oxygen saturation (SpO₂) during exercise in three environments.

Values are expressed as means ± SD. NE (sea level) ; normobaric normoxic environment, HE1 ; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2 ; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. ** p < 0.01

HE1、HE2の順で有意に低値を示した（いずれも $p < 0.01$ ）。

2. 一過性の歩行運動中における RPE の変化

図2に一過性の歩行運動終了直後における RPE の変化を示した。RPE は、NE、HE1、HE2 の順で有意に高値を示した（いずれも $p < 0.05$ ）。

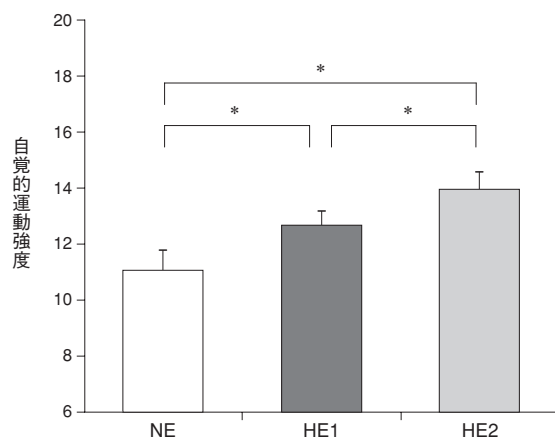


図2 一過性の歩行運動中における自覚的運動強度 (RPE) の変化

Fig. 2 Changes in RPE during exercise in three environments. Values are expressed as means $\pm$ SD. NE (sea level) ; normobaric normoxic environment, HE1 ; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2 ; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. * $p < 0.05$

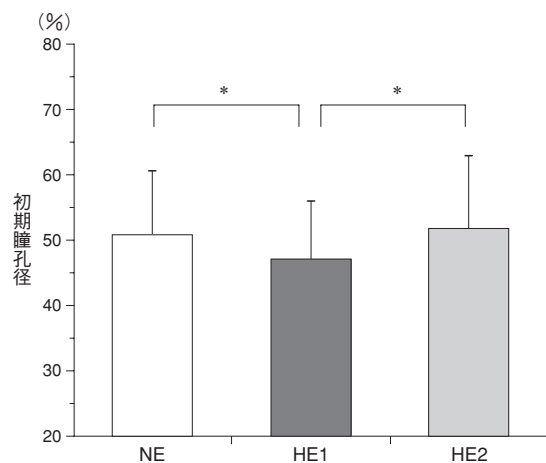


図3 一過性の歩行運動後における初期瞳孔径の変化

Fig. 3 Changes in relative pupil radius after 30 minutes post-exercise in three environments. Values are expressed as means $\pm$ SD. NE (sea level) ; normobaric normoxic environment, HE1 ; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2 ; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. * $p < 0.05$

3. 一過性の歩行運動後における自律神経の変化

図3に一過性の歩行運動終了30分後における初期瞳孔径の変化を示した。初期瞳孔径は、HE1がNE および HE2に比較して、有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

4. 一過性の歩行運動後における動脈スティフネスの変化

図4に一過性の歩行運動終了30分後における baPWV の変化を示した。baPWV は、HE1がNE に比較して、有意な低値を示した（それぞれ $p < 0.05$ ）。HE2については、個人差はあるが高値傾向を示した。

IV. 考 察

本研究では、これまでの成績（標高1500m における歩行運動の有用性）を踏まえ、主に中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における一過性の歩行運動を行った場合、標高の違いが運動中の動脈血酸素飽和度の応答、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、

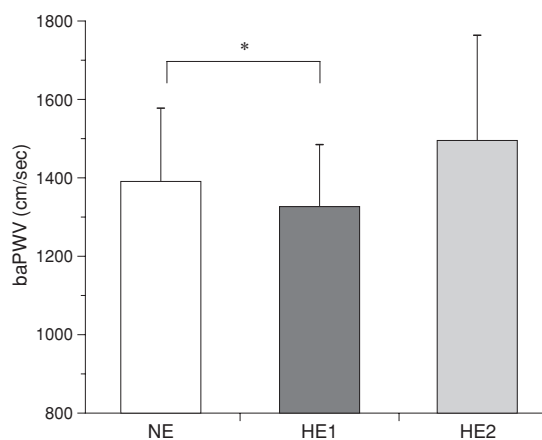


図4 一過性の歩行運動後における動脈スティフネスの変化

Fig. 4 Changes in baPWV after 30 minutes post-exercise in three environments. Values are expressed as means $\pm$ SD. NE (sea level) ; normobaric normoxic environment, HE1 ; hypobaric hypoxic environment at 1500 m simulated altitude, HE2 ; hypobaric hypoxic environment at 2000 m simulated altitude. * $p < 0.05$

さらには動脈硬化度（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 SpO_2 は、標高に応じて NE、HE1、HE2 の順で有意に低値を示した。逆に、RPE は、標高に応じて NE、HE1、HE2 の順で有意に高値を示した。高地環境における運動による生理的応答（被験者個々の生理的負担度と自覚的運動強度）は、標高、運動強度および運動を行う者の特性（年齢、鍛錬度、経験度等）によって異なる。 SpO_2 の低下の程度は、NE では安静時とほぼ同じ値を示したが、HE1 では平均 92.4%（91～95%）、さらに、HE2 では平均 86.3%（83～89%）と大きく低値を示した。また、HE2 では、HE1 に比較して、 SpO_2 の低下の度合いには個人差が大きくなる傾向を示した。したがって、とくに中高年者を対象とした高地環境下での運動は、安全性を考慮する場合、HE2 が HE1 に比べて、過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度が大きく、RPE も高くなることが示唆された。さらに、標高の違いによる歩行運動時の SpO_2 の応答は、次の運動終了後の自律神経系および動脈機能に影響を及ぼしていた。

一般的に運動時は、自律神経系が交感神経優位の平衡を保った状態が維持されると考えられる。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緊張を維持した後、安静状態になるとともに副交感神経優位となる。そこで、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。瞳孔は、普段は直径 3～4 mm であるが、大きさは交感神経と副交感神経の緊張のバランスで決まり、安静時、すなわち、副交感神経緊張が増加したとき（交感神経緊張減少）に縮小し、興奮時、すなわち、交感神経緊張が増加したとき（副交感神経緊張減少）に散大する。そこで、歩行運動終了 30 分後の初期瞳孔径は、HE1 が NE および NE2 に比較して、有意な低値を示した。つまり、初期瞳孔径は、標高 1500m における歩行運動終了後が他の環境よりも有意に縮小した。このことは、安静時には副交

感神経が亢進し、瞳孔が縮小するという報告²⁰⁾と同様に、本研究においても回復時の運動終了 30 分後には、同様な結果が得られ、他の環境条件よりも副交感神経活動が亢進状態にあることを示していた。すなわち、前述の SpO_2 で示したように、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り、運動終了後には速やかに副交感神経活動の亢進（交感交換神経活動の抑制）がみられ、リラククス効果も得られたと考えられる。この副交感神経活動の亢進は、末梢血管の拡張、内臓活動の亢進、さらには運動で消耗した状態の回復に適している状態にあると考えられる。これらの効果は、私たちがすでに報告している低圧低酸素環境と加速度脈波および皮膚温度による末梢循環に関する研究^{13, 14)}と密接に関連づけることができる。標高 1500m 程度の低圧低酸素環境下における運動の方が平地での運動よりも、運動終了後、加速度脈波および皮膚温度の変化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を報告している。すなわち、運動終了後の皮膚温度は、HE1 が NE に比較して、30 分後から皮膚温度の上昇がみられ、胸部、腹部、背部および手掌部などに高温のエリアが拡大され、60 分経過した後もなお高温の状態を維持していた。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。したがって、先行研究および本研究の結果から推察すると、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することが考えられる。しかし、標高 2000m 程度の歩行運動では、中高年者にとって個人差も大きく、とくに、初期の運動環境としては過度の低圧低酸素負荷がかかり、生体負担度も大きく、運動終了後も交感神経が緩和され、副交感神経の働きが優位になるまである程度の時間を要することが示唆された。

次に、baPWVについては、近年、動脈スティ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。動脈スティフネスは、加齢とともに増加するが日常生活の改善、とくに有酸素運動の習慣化（運動様式、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・改善が期待できること^{17, 21, 22)}が報告されている。一方、高強度のレジスタンストレーニングは、動脈スティフネスを上昇させること²³⁾も報告されている。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循環器系に及ぼす影響については、有酸素性運動後に動脈スティフネスは一時的に低下するのに対し、レジスタンス運動後では動脈スティフネスが30～60分間増加すること²⁴⁾が報告されている。これには、運動中の血圧や血流の動態の違いが関係していると考えられる。歩行運動終了30分後のbaPWVは、HE1がNEに比較して、有意な低値を示した。HE2については、個人差はあるが高値傾向を示した。本研究では、高地環境における生理応答が標高の違いによっても出現時期が異なっていたことも推察される。baPWVの低下には、動脈壁の機能的変化と器質的变化が関与していること^{17, 21, 22)}が考えられる。そこで、本研究のような運動環境、運動負荷条件および運動時間で得られた一過性の影響については、動脈壁の機能的変化によるものであり、おそらく血管平滑筋の緊張度などを介するものが主体であると考えられる。すなわち、血管平滑筋の緊張度は、血管内皮細胞由来の血管作動物質や自律神経系に影響される。本研究の結果では、標高1500m程度の歩行運動終了30分後により生じる交感神経活動の低下および副交感神経活動の亢進が血管平滑筋の緊張度を低下させ、その効果がbaPWVの低下に寄与した一つであると考えられる。その他、一過性の運動による循環血流量の増加が血管壁への力学的刺激（Shear stress）となって血管内皮細胞から血管弛緩物質である一酸化窒素（NO）の放出を高める

こと¹⁷⁾も報告されている。標高2000m程度の歩行運動では、中高年者にとって個人差も大きく、身体的ストレスも過剰になり、他の環境条件に比べて、運動終了30分後も交感神経活動の亢進が持続され、血管平滑筋の緊張度も緩和されず、baPWVが高値傾向を示していたと考えられる。

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歩行運動は、運動終了後、速やかに副交感神経活動の亢進がみられ、動脈スティフネスを一時的に改善することが示唆された。

V. まとめ

本研究では、これまでの成績（標高1500mにおける歩行運動の有用性）を踏まえ、主に中高年者を対象に、高地（低圧低酸素環境下）における一過性の歩行運動を行った場合、標高の違いが運動中の動脈血酸素飽和度の応答、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、さらには動脈硬化度（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。

その成績を示すと次のとおりである。

- 1) 一過性の歩行運動中におけるSpO₂は、NE、HE1、HE2の順で有意に低値を示した（いずれも $p < 0.05$ ）。
- 2) 一過性の歩行運動中におけるRPEは、NE、HE1、HE2の順に有意な高値を示した（いずれも $p < 0.05$ ）。
- 3) 一過性の歩行運動後における初期瞳孔径は、HE1がNEおよびHE2に比較して、有意な低値を示した（ $p < 0.05$ ）。
- 4) 一過性の歩行運動後におけるbaPWVは、HE1がNEに比較して、有意な低値を示した（それぞれ $p < 0.05$ ）。HE2については、個人差はあるが高値傾向を示した。

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歩行運動は、運動終了後、速やかに副交感神経活

動の亢進がみられ、動脈スティフネスを一時的に改善することが示唆された。

参考文献

- 1) 寺尾保, 恩田哲也, 中村豊, 有賀誠司: 低圧環境下における持続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
- 2) 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
- 3) 寺尾保, 木村季由, 恩田哲也, 有賀誠司, 中村豊, サンドゥー・アグルシュ, 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
- 4) Terao,T., Onda,T., Aruga,S., Yamanami,Y.: Effects of walking exercise in a hypobaric environment on the body composition and energy metabolism of obese subjects. *Adv.Exerc.Sports Physiol.*, 4 (4) :161, 1999
- 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 fur 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, 労働科学, 61 (3) : 129-143, 1985
- 11) 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
- 12) 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
- 13) 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
- 14) 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
- 15) 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
- 16) 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
- 17) 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
- 18) 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
- 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) 後藤由夫, 本郷道夫: 自律神経の基礎と臨床, 改訂 3 版, 医学ジャーナル社, 東京, 122-127, 2006
- 21) Maeda,S., Miyauchi,T., Kakiyama,T., Sugawara,J., Iemitsu,M., Irukayama-Tomobe,Y., Murakami,H., Kumagai,Y., Kuno,S., Matsuda,M. : Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium derived factors, endothelin-1 and nitrite/nitrate, in healthy young humans. Life Sci., 69:1005-1016, 2001.
- 22) 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
- 23) Miyachi,M., Kawano,H., Sugawara,J., Takahashi, K., Hayashi,K., Yazaki,K., Tabata,I. and Tanaka,H. : Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance a randomized intervention study. Circ., 110 : 2858-2863, 2004
- 24) 宮地元彦: 循環系応答から見たレジスタンストレーニング —エビデンスを基に効果と安全を考える— (シンポジウム 2 : 呼吸循環系応答からより良い運動の方法を考える), 体力科学, Vol.55 (No.1), 35, 2006