

水分摂取量の違いが高血圧中高年登山者の 登山時の血圧に及ぼす影響

九州大学 齊藤篤司
健康科学センター
(共同研究者) 同 大柿哲朗

Effects of Different Amount of Water Intake on Blood Pressure in Elderly Hypertensive Trekkers during Mountaineering

by

Atsushi Saito, Tetsuro Ogaki
Institute of Health Science, Kyushu University

ABSTRACT

Hydration is recommended in order to decrease the overload on the cardiovascular system during endurance exercise. The amount of water that an individual may consume is often restricted during mountaineering. Fifteen hypertensive (resting systolic blood pressure, SBP ≥ 140 mmHg and/or diastolic blood pressure, DBP ≥ 90 mmHg) and 8 normotensive (NT) volunteers, aged 64.0 ± 4.2 yr, participated in mountain hiking (elevation 935.9 m) to determine whether or not a sufficient amount of water was normally consumed in order to prevent the effects of dehydration. The hypertensive subjects were divided into two groups at random. One group took water freely (8 hypertensive group: HT), while the other group were told to consume 4000ml of water (7 hypertensive supplied water group: HT-W) while hiking. The NT group consumed water freely. All subjects were members of an alpine club and thus had some experience in mountaineering. The SBP and DBP, body weight, and specific gravity of the urine were all measured before and after hiking. In addition, the subjects recorded their blood pressure (BP) at 10 measurement points designated along the climbing route. The heart rate (HR) was recorded every minute continuously during mountaineering. The total climb took

about 7 hours, there were no differences in the time between three groups. The amount of water which subjects drank were HT-W 4000ml, NT 1138 ± 366ml, HT 1450 ± 832ml, respectively. The average change in body weight from before hiking was -1.0 ± 0.7kg in NT, -1.1 ± 0.4kg in HT, and -0.1 ± 0.7kg in HT-W after hiking, respectively. There was a significant difference between the HT-W and the other groups ($p < 0.05$). Repeated measures ANOVA exhibited a main effect among the groups regarding the HR responses (HT > HT-W > NT). Repeated measures ANOVA exhibited a main effect among the groups and the BP responses (HT-W > HT > NT). Our findings suggested that dehydration during mountaineering in hypertensive trekkers may thus result in an inability to maintain cardiac output due to a reduced blood volume when only consuming water freely. In conclusion, it is important for hypertensive elderly trekkers to maintain their hydration levels by sufficient fluid replacement during mountaineering.

要 旨

登山前に高血圧を示した15名 (SBP ≥ 140mmHg もしくは DBP ≥ 90mmHg) を無作為に8名の飲料水提供群 (HT-W群) と7名の飲料水自由摂取群 (HT群) に分け、正常血圧者 (NT群) 8名を対照に登山中の血圧について検討した。登山に要した時間は約7時間で各群に差はなかった。飲水量はHT-W群4000ml, NT群1138 ± 366ml, HT群1450 ± 832mlであった。登山後の体重は、NT群-1.0 ± 0.7kg, HT群-1.1 ± 0.4kg, HT-W群-0.1 ± 0.7kgとHT-W群は他の2群に対し、低値を示した ($p < 0.05$)。反復測定分散分析の結果、登山中の心拍数は群間に有意な主効果が認められ ($p < 0.05$)、HT群 > HT-W群 > NT群の順に高い心拍数で行動していることが認められた。登山中の血圧はSBP, DBPともに、群間と時間要因に有意な主効果認め ($p < 0.05$)、HT-W群 > HT群 > NT群の順に高い血圧で行動していた。したがって、登山中、自由摂取されている程度の水分摂取量では循環血液量の低下とこれに伴う心拍出量の低下から、血圧の低下と心拍数の上昇をもたらす可能性が示唆された。

緒 言

登山人口に占める中高年の割合は急増し、成人登山人口の65%を占めるともいわれている。しかし、登山での遭難者数に占める中高年者の割合は75%を超え、死者・行方不明者では90%に達するという現状もある¹⁾。また、登山での遭難の原因が転倒や滑落といった事故に加え、病気が原因となる場合が増加している。

血圧は午前中最も高く、午後から漸減し、翌未明に最低値を示す²⁾ という日周変動を示す。一過性の低中程度の高地暴露 (1200 ~ 1700 m) においても同様の日周変動が認められており、平地に比べ、早朝から夕方にかけては高地の方が高くなるという報告がある^{3,4)}。特に軽症高血圧者では、血圧の日内リズムが午後から早朝までは低地と同様の値で変動するが、早朝から午前中にかけて低地よりも高いことが特徴として報告されている³⁾。

中高年者の場合、60歳以上では降圧剤を服用していない高血圧者だけで50%を越えると報告されている⁵⁾。実際、われわれの中高年登山者を対象に行った先行研究においても、登山前安静時

血圧において被検者45名のうち19名(42.2%)に高血圧が認められた⁶⁾。これに対し登山終了後、帰着時の安静時血圧において高血圧を示した者は7名(15.6%)に低下した。この要因として、運動による末梢血管の拡張、脱水にともなう循環血液量の低下、血圧の日内変動など複数の要因が考えられた。登山の場合、飲料水を携行しなければならないため、摂取可能な水分量が制限される可能性がある。特に血圧の低下が循環血液量の減少による場合は安全性に問題が生じる。

そこで本研究では、脱水による影響を除くために登山中に運動時の水分摂取ガイドライン⁷⁾に沿った量の飲料水を提供し、血圧の変動について検討した。

1. 方法

1.1 被検者

被検者は本研究の目的と内容についての説明を受け、福岡県勤労者山岳連盟主催の登山に参加した中高年男性23名を対象とした。参加者はすべて山岳会に所属しており、登山の経験を有していた。被検者は登山当日の出発前の安静時血圧から、正常血圧群 (normotensive; NT群) 8名〔収縮期血圧 (Systolic blood pressure; SBP) < 140mmHg, 拡張期血圧 (Diastolic blood pressure; DBP) < 90mmHg〕と高血圧群15名 (SBP ≥ 140mmHg もしくは DBP ≥ 90mmHg) に分けた。さらに、高血圧群は無作為に8名の飲料水提供群 (hypertensive-water; HT-W群) と7名の飲料水自由摂取群 (hypertensive; HT群) に分けた。NT群の水摂取は自由とした。各群の被検者の身体的特性を表1に示した。

1.2 測定手順

被検者は当日午前7時30分に福岡県太宰府市の登山口に集合した後、体重および血圧測定と心拍数測定記録装置 (POLAR社製S610i) の装着を行った。図1に登山の標高と移動距離を示した。当日の行程は、午前9時30分に同登山口 (A点: 標高170m) を出発し、宝満山山頂 (B点: 829.6m) を経由、三郡山山頂 (C点: 935.9m) で昼食後、再び同ルートを下山し、登山口に帰着するというもので、平均6時間58分 ± 31分を要した。登山口帰着後に再び体重および血圧測定と採尿を行った。登山は各自のペースで行われ、登山中の飲食や排尿は制限しなかった。

1.3 給水

HT-W群への給水は、往路が図1の①③④⑤および復路が⑦⑧⑨⑩地点で、ミネラル・ウォーター500ml (Na: 0.88mg, Ca: 1.21mg, Mg: 0.52mg, K:

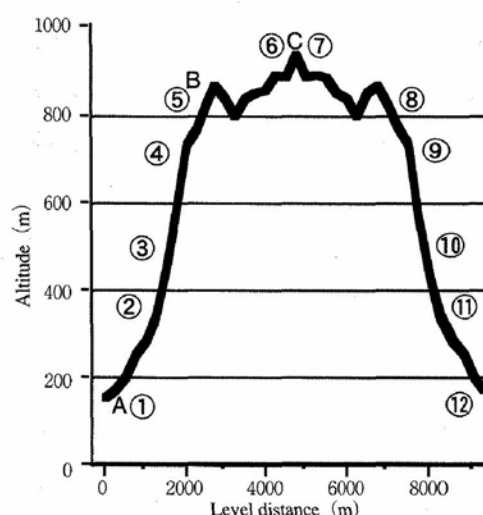


図1 Altitude and level distance of measurement points of blood pressure.

①⑫: 170m, ②⑪: 370m, ③⑩: 490m, ④⑨: 710m, ⑤⑧: 830m, ⑥⑦: 935m

表1 Subject characteristics. Values are means ± SD

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)
NT (n=8)	63.3 ± 4.7	164.6 ± 5.9	65.7 ± 6.8	24.2 ± 1.5	126.0 ± 9.8	74.4 ± 6.0
HT (n=7)	67.0 ± 3.6	164.7 ± 3.6	64.5 ± 4.9	23.7 ± 1.7	162.4 ± 25.5	94.6 ± 9.9
HT-W (n=8)	62.0 ± 2.9 ²	169.1 ± 3.3	72.6 ± 4.5 ^{1,2}	24.9 ± 0.7	167.1 ± 19.5	96.0 ± 8.3

¹p<0.05 vs NT, ²p<0.05 vs HT, BMI; body mass index (kg/m²)

0.49mg/100ml中)を配布した。給水の間隔はおおよそ1時間で、被検者には次の給水地点までにすべて飲むよう指示した。水は登山当日の朝まで6℃で保管していたものを保冷バッグに入れて運搬し、提供した。

1. 4 測定項目

登山前後の血圧は血圧監視装置(日本コーリン社製, BP-203i)を用い、座位にて行った。登山中の血圧は途中5カ所に定点を設け(図1)、検者を配備し、登山中往復計10箇所において血圧測定〔テルモ社製, ES-P2000A(リバロッチ・コロトコフ法)]を行った。

また、採取した尿を用い、尿比重の測定(アタゴ社製屈折計 SPR-T2)を行った。登山前後の体重は同一の着衣状態のまま50g単位で測定した。

1. 5 統計処理

同一被検者の登山前後の測定値の差は対応のあるt検定を用いた。また、3群間の差の分析には分散分析を用い、登山中の心拍数および血圧の変化は反復測定分散分析を用いた。要因に差が認められた場合にはScheffe法を用いて多重比較検定を行った。いずれの分析結果も危険率5%未満を有意とした。結果はすべて平均値±標準偏差で示した。

2. 結果

2. 1 登山時間

登山に要した時間は、NT群7.0±0.5時間、HT-W群6.7±0.7時間、HT群7.2±0.1時間と群間に差は認められなかった。

2. 2 飲水量

HT-W群は500mlのミネラル・ウォーターを往路4カ所、帰路4カ所において計8本、4000mlを提供した。1名が50ml残しただけで、他の7名は

すべて飲んだ。飲水量はNT群が1138±366ml、HT群が1450±832mlであった。HT-W群は他の2群に対し、高値を示した($p<0.05$)。NT群とHT群の間に差は認められなかった。

2. 3 体重の変化

登山前後の体重の変化量は、NT群-1.0±0.7kg、HT-W群-1.1±0.4kg、HT群-0.1±0.7kgと群間に有意な差が認められた。HT-W群は他の2群に対し、低値を示した($p<0.05$)。NT群とHT群の間に差は認められなかった。

2. 4 登山中の心拍数

反復測定分散分析の結果、群間にのみ有意な主効果が認められ($p<0.05$)、時間要因および交互作用は認められなかった(図2)。したがって、登山中の心拍数は3群とも同様の動態を示すが、3群間の心拍数の高さが異なることになる。多重比較検定では有意な差を認めるにはいたらなかったが、往路の心拍数はNT群とHT-W群が同様の動態を示したのに対し、HT群は他の2群より高い傾向を示した。また、昼食後の復路ではNT群、HT-W群、HT群の順に高い心拍数で行動しているという傾向が認められた。

2. 5 登山中の血圧

反復測定分散分析の結果、SBP、DBPともに登山中、群間と時間要因に有意な主効果認め、変化した($p<0.05$) (図3)。交互作用は認められなかったことから、3群の血圧は登山中、同様の変動を示すが、異なる高さで変動していることが示された。多重比較検定を行った結果、SBP、DBPともにNT群とHT-W群間に有意な差が認められた($p<0.05$)。

2. 6 尿比重

登山前の尿比重はNT群、HT群、HT-W群で

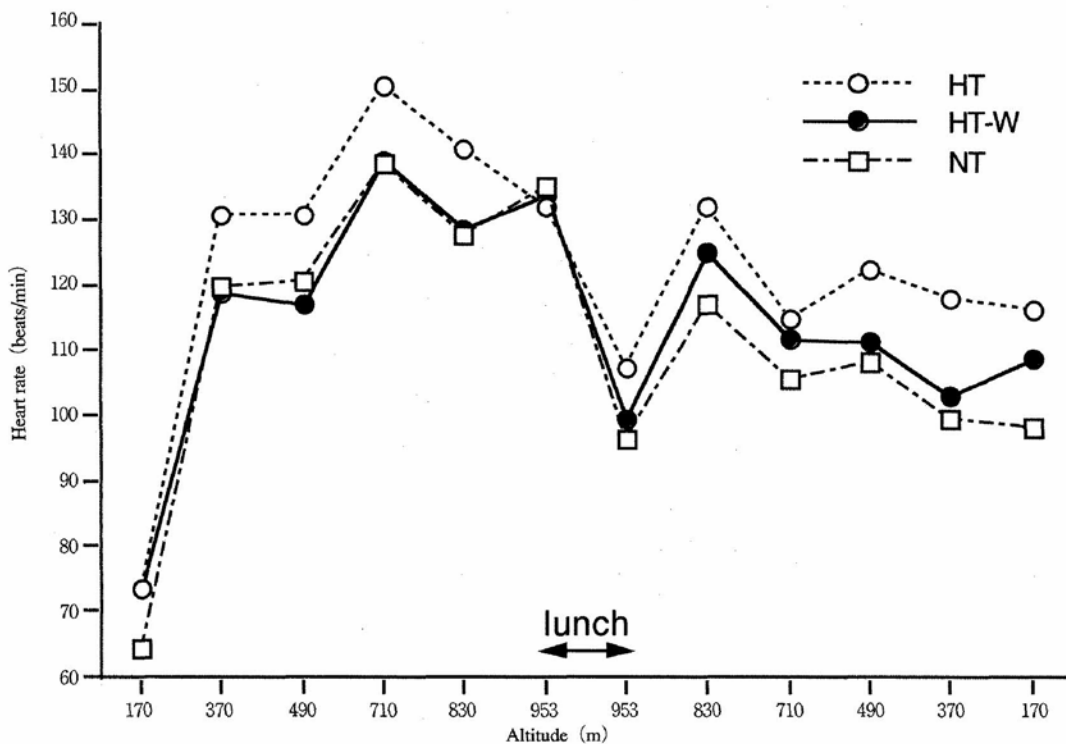


図2 Time course of changes in heart rate (HR) in hypertensive (HT), hypertensive supplied water (HT-W) and normotensive (NT) subjects before, during and after mountaineering. Values are means

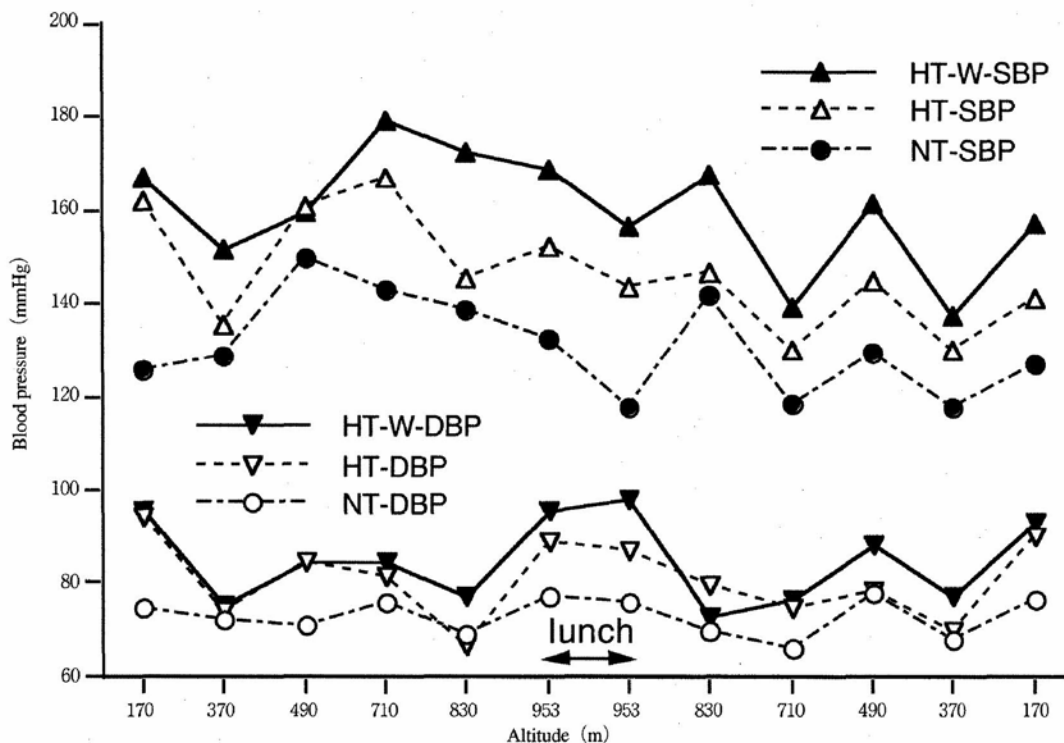


図3 Time course of changes in systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) in hypertensive (HT), hypertensive supplied water (HT-W) and normotensive (NT) subjects before, during and after mountaineering. Values are means

それぞれ 1.022 ± 0.008 , 1.019 ± 0.009 , 1.017 ± 0.006 と群間に差は認められなかった。登山後は

NT群, HT群, HT-W群でそれぞれ 1.024 ± 0.003 , 1.026 ± 0.005 , 1.008 ± 0.008 とNT群, HT群では

上昇する傾向を示したが差は認められなかった。これに対し、HT-W群では有意な低下を示し、他の2群に対しても有意な差を認めた ($p<0.05$)。

3. 考 察

登山中の1時間あたりの水分摂取量は自由摂取としたNT群で 163.7 ± 54.8 ml/時、HT群で 202.5 ± 118.4 ml/時であった。一般に3時間以上にわたる運動での水分摂取の推奨量は500-1000 ml/時である⁷⁾ ことからすると、やはり登山では携行する水の量が制限されることから摂取量も少ないものと思われる。HT-W群では 600.7 ± 75.6 ml/時と全員が推奨量を超えていた。また、飲水量の違いは登山後の体重の変化に影響を及ぼし、水自由摂取の2群が双方とも平均で約1kg (1.5%) の減少を示したのに対し、HT-W群は平均で0.1kg (0.1%) 弱の減少にとどまった。本研究とほぼ同時間 (6時間)、13分間の運動と2分間の休憩という間歇的な中強度の自転車運動を行った研究において⁸⁾、体重減少量は約4.5kgであった。ただし、水分摂取を行わなかった群では1名を除き、4-5時間で心拍数あるいは直腸温の過度の上昇、もしくは疲労により、途中で実験が中止された。本研究では水分摂取以外にも行動食や昼食を摂取していることから、NT群およびHT群の体重減少量は実際の脱水量を低く見積もっている可能性がある。

このような長時間の運動時の体重減少量と1回拍出量および心拍出量との間には負の相関があり、体重が1.5%減少しても1回拍出量や心拍出量の低下することが報告されている⁹⁾。したがって、高血圧群においては体重減少の小さいHT-W群の方が低い心拍数で登山を遂行した傾向が認められることから、水分摂取が循環血流量に影響を及ぼし¹⁰⁾、心拍数の違いを生じたと考えられる。また、水分摂取により循環血流量が維持された場合、皮膚血流量が高く維持され、深部からの熱の移動

を促すことにより体温の上昇を抑えたとされている¹¹⁾。運動時の体温の上昇も心拍数増加の要因の1つであることから¹²⁾、HT-W群では体温の上昇も抑制されている可能性が示唆された。

一般に一定強度の長時間の運動では一回拍出量および平均動脈圧の漸減と心拍数の漸増により心拍出量が保たれる。平均動脈圧の減少は末梢血管の拡張による血管抵抗の減少によるとされ、このような心血管系の変化はドリフト (cardiovascular drift) として知られている¹³⁾。ドリフトは運動中の脱水の程度に関係し、水分摂取により軽減することが知られている^{10, 14)}。逆に、暑熱環境下での脱水時では深部温が上昇するにもかかわらず、皮膚や前腕の血流量の低下と血管抵抗の増大が認められている。その結果、一回拍出量の低下と平均血圧の低下に対し、心拍数が増加するにもかかわらず心拍出量も低下することが報告されている^{15, 16)}。また、その際、仰臥位での運動やblood volume expanderの静注により中心血流量が維持された場合は心拍出量が維持されることが報告されている。したがって、長時間の運動では循環血流量を一定に保つことが重要と考えられる。

登山中は一定強度での歩行は不可能であり、HT-W群以外の水分摂取は自由であることから行動中の脱水の影響を見ることは難しい。しかし、HT-W群では登山中HT群に比べ高い血圧を示す傾向が認められ、登山後のSBPはHT群では有意な差を認め、登山前値に対し低値を示した。その結果、登山中の血圧は3群とも同様の動態を示したが、SBP、DBPともに群間に有意な差を認め、NT群<HT群<HT-W群の順に高い血圧で変動していることが認められた。多重比較検定の結果、HT-W群はNT群に対し高い値で変動した。HT群とHT-W群間には有意な差を認めるにはいかなかったが、心拍数の動態とは逆転し、HT-W群の方が高い血圧で行動していたことは興味深い。つまり、高血圧群のHT群では水分摂取量の不足

による脱水によりドリフトを生じ、HT-Wに比べ高い心拍数と低い血圧を示したと思われる。したがって、先行研究においてわれわれが示した高血圧登山者の登山に伴う血圧の低下は脱水によるドリフトが要因の1つである可能性が示唆された。

また、高血圧者と正常血圧者を対象に暑熱環境下で低中度強度1時間の自転車運動を行わせた研究において、正常血圧者では水摂取の有無による心拍数、SBP、DBPの違いを認めなかった。これに対し、高血圧者では水摂取を行った場合の方が高い心拍数とSBPを示したことを報告している¹⁷⁾。したがって、本研究において、登山前後のSBPにおいて有意な差を示したのはHT群のみであったことは、高血圧者では長時間運動中の脱水によるドリフトがより生じやすい可能性を示唆している。

また、水分摂取自体が昇圧応答をもたらすという報告がある¹⁸⁾。480mlの水分摂取後およそ1時間、血漿量に変化が無く、血漿バソプレッシンやレニン活性が変化しないにもかかわらず血圧の上昇が認められ、交感神経系の活性化が示唆されている。このような応答は若年者には認められず、中高年者にのみ認められ、上昇した血漿ノルアドレナリンの濃度は、タバコ2本の喫煙もしくは250mgのカフェイン摂取に相当するとされている¹⁹⁾。水の摂取量が半分の場合、血圧の上昇も小さくなることが示されている。本研究におけるHT-W群の1時間当たりの水摂取量もほぼ同量であり、HT群に比べ高い血圧をもたらした要因の1つであると推察される。

本研究における1時間当たり600mlの水分摂取は低い尿比重をもたらした。昼食も含め登山中の飲食については制限しなかったことから、摂取する水は市販のミネラル・ウォーターとした。しかし、実際には飲水量が多すぎて途中の行動食や昼食が十分摂取できなかったという被検者からの報告もあり、低ナトリウム血漿による水中毒も懸念
デサントスポーツ科学 Vol. 27

されたが、中毒に該当する症状を訴えたものはなかった。本研究で用いた水が真水ではなく、ミネラル・ウォーターであったことも影響しているかもしれない。尿量に関しては自由排尿としたため測定していないが、被検者から排尿回数が多かったという報告があった。6時間の中強度の自転車運動中、水分の損失と同量の水分補給を行い、平均約7Lの水分摂取を行った研究では、胃の充満感を訴えた被検者はいたが、低ナトリウム血漿は認められなかったという報告がある⁸⁾。この研究では同量の生理食塩水の摂取も行っているが、水摂取との間に血漿量、血漿ナトリウム濃度やアルドステロン濃度に差がなく6時間以内の持続的な運動では特にナトリウム摂取の必要がないとしている。

以上の結果、登山では携行する水の量に制限があるが、自由摂取による飲水量ではドリフトによる心拍出量の低下と心拍数の上昇が推察され、中高年高血圧者の場合、その傾向が顕著になる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究に協力していただいた福岡県勤労者山岳連盟と所属する山岳会の方々および助成いただいた石本記念デサントスポーツ科学振興財団に心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) <http://www.npa.go.jp/safetylife/chiiki12/h16sangaku.pdf>
- 2) Millar-Craig MW, Mann S, Bala Subramanian V, Altman, D. G., Raftery, E.B. Circadian rhythms in hypertension. *Scott. Med. J.*, 26, 309-314 (1981)
- 3) Palatini, P., Businaro, R., Berton, G., Mormino, P., Rossi, GP., Racioppa, A., Pessina, A. C., Dal Palu, C. Effects of low altitude exposure on 24-hour blood pressure and adrenergic activity. *Am. J. Cardiol.*, 64, 1379-1382 (1989)
- 4) Schobersberger, W., Schmid, P., Lechleitner, M.,

- von Duvillard, S. P., Hortnagl, H., Gunga, H. C., Klingler, A., Fries, D., Kirsch, K., Spiesberger, R., Pokan, R., Hofmann, P., Hoppichler, F., Riedmann, G., Baumgartner, H., Humpeler, E. Austrian Moderate Altitude Study 2000 (AMAS 2000). The effects of moderate altitude (1,700m) on cardiovascular and metabolic variables in patients with metabolic syndrome. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 88, 506-514 (2003)
- 5) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状（平成14年度厚生労働省国民栄養調査結果）。第一出版，東京，116-117（2004）
- 6) 斉藤篤司，大柿哲朗。中高年登山者の低山登山時の血圧動態。登山医学，25，101-107（2005）
- 7) Gisolfi, C.V., Duchman, S.M. Guidelines for optimal replacement beverage for different athletic events. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 679-687 (1992)
- 8) Barr, S.I., Costill, D.L., Fink, W. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, 811-817 (1991)
- 9) Montain, S.J., Coyle, E.F. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 73, 1340-1350 (1992)
- 10) Hamilton, M.T., Gonzalez-Alonso, J., Montain, S.J., Coyle, E.F. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J. Appl. Physiol.*, 71, 871-877 (1991)
- 11) Scott, J.M., Colyu, E.F. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J. Appl. Physiol.*, 73, 903-910 (1992)
- 12) Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P.R., Colye, E.F. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 82, 1229-1236 (1997)
- 13) Rowell, L. B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol. Rev.*, 54, 75-159 (1974)
- 14) Scott, J.M., Colyu, E.F. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 73, 1340-1350 (1992)
- 15) Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P.R., Colye, E.F. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 79, 1487-1496 (1995)
- 16) Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Colye, E.F. Supine exercise restores arterial blood pressure and skin blood flow despite dehydration and hyperthermia. *Am. J. Physiol.*, 277, H576-H583 (1999)
- 17) Ribeiro, G.A., Rodrigues, L.O.C., Moreira, M.C.V., Silami-Garcia, E., Pascoa, M.R.S., Camargos, F.F.O. Thermoregulation in hypertensive men exercising in the heat with water ingestion. *Brazilian J. Med. Biol. Res.*, 37, 409-417 (2004)
- 18) Jodan, J., Shanon, J.R., Grogan, E., Biaggioni, I., Robertson, D. A potent pressore response elicited by drinking water. *The Lancet*, 353, 723 (1999)
- 19) Jodan, J., Shanon, J.R., Grogan, E., Black, B.K., Ali, Y., Ferley, M., Fernando, C., Diedrich, A., Robertson, R.M., Biaggioni, I., Robertson, D. The pressore response to water drinking in humans. A sympathetic reflex? *Circulation*, 101, 504-509 (2000)