

短 報

大山夏山登山における水分摂取量の違いが生体に及ぼす影響

野瀬由佳^{*1} 山口英峰^{*2} 白 優覧^{*2} 天岡 寛^{*2}
小坂多恵子^{*1} 西村正広^{*3} 小野寺 昇^{*3}

要 約

本研究は、安全な大山夏山登山活動に寄与する知見を得るために、水分摂取量の違いが生体に及ぼす影響について検討した。被験者は、腎疾患や心疾患などの既往歴がない健康な成人男女12名とした。770mから登山を行い、2合目(990m)・4合目(1158m)・6合目(1367m)・8合目(1583m)・頂上(1710m)で水分摂取を行った。100cc群と400cc群に分け、被験者は各地点でそれぞれ100ccと400ccの水を摂取した。100cc群は頂上までに体重の $0.8 \pm 0.1\%$ の水を摂取し、400cc群は頂上までに体重の $3.1 \pm 0.4\%$ の水を摂取した。100cc群では、頂上で0.9kgの体重減少がみられた。心拍数は、4合目の休息地点以後100cc群は400cc群より多い傾向にあった。登山前と頂上で測定した尿中電解質は、100cc群のK濃度に有意な上昇がみられた。これらのことより100cc群では明らかに十分な水分が補充されていなかったと考える。

はじめに

夏山登山では、暑熱環境下のため水分と電解質の損失は高くなり、血液濃縮や疲労感など様々な悪影響を及ぼすことが知られる。また、大量の発汗は、水分や電解質の損失が大きく体内の恒常性の乱れや神経調節機能の低下を招くとされる。和久¹⁾は、水分を摂取する事で疲労の出現が遅延することを報告した。

一般に、夏山登山は平地のスポーツとは異なり、気温、湿度、気圧、風速などの環境条件や登山経験の有無も関わってくる。大山は1710mであり、高所障害の危険性のある2000mを超えていないが、中国地方の独立峰であり、死亡事故もある危険な山と考えられる。安全に登山を行うために、水分と電解質の損失に十分な注意を払わなければならないと考えられる。

本研究では安全な大山夏山登山活動に寄与する知見を得るために、大山夏山登山中の水分摂取量の違いが生体に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

研究方法

a) 対象

被験者は、腎疾患や心疾患などの既往歴がない健康な成人男女12名とした。被験者の年齢は 24 ± 3 歳、

身長は 167.3 ± 6.8 cm、体重は 62.5 ± 6.6 kgであった。被験者は、すべて2～4回登山経験を有していた。各被験者には事前に研究の目的、実験内容などについて十分な説明を行い、研究に参加の同意を得た。

b) 測定方法及び手順

平成14年8月5日に大山夏山登山口(777m)から出発し、2合目(990m)、4合目(1,158m)、6合目(1,367m)、8合目(1,583m)でそれぞれ休息をとり、頂上(1,710m)まで登山を行った。登山口の天候は晴れ、登山中の気温と湿度は、それぞれ 28.2 ± 2.2 と $71.5 \pm 6.0\%$ であった。水分摂取量の違いから100cc群と400cc群に分けた。100cc群は、各休息地点で100ccの水を摂取し、400cc群は、各休息地点で400ccの水を摂取した。100cc群は、頂上までに体重の $0.8 \pm 0.1\%$ の水分を摂取し、400cc群は、頂上までに体重の $3.1 \pm 0.4\%$ の水を摂取した。被験者の身体特性を表1に示した。年齢、身長、体重において100cc群、400cc群に有意な差はみられなかった。飲料水は市販の水とした。水以外のものは一切摂取しなかった。飲料水はクーラーバックで保冷した。飲料水の水温は、 18.6 ± 1.7 であった。心拍数はパルスウォッチ(2B100E,日本光電)を用いて全行程で記録した。RPEは、Borgの指標に基づき到着直後に被験者が口頭で申告した。尿は登山開始30分前に排尿し、登山直前に採尿した。体重は、登山直前に測定した。頂上では体重を測定した後、尿を採取した。尿は、メスシリンダー

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(連絡先)野瀬由佳 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

で量を確認した後、冷蔵してそれぞれの測定に適した処置を行い、すべて当日測定した。尿中電解質の測定項目は、Na, Cl, K(電極法)とした。登山中の隊列は1班, 2班に分かれ、それぞれ100cc 群3名, 400cc 群3名の6名とした。各休憩地点の休息時間は約20分とした。休息時間を含めた登山所有時間は、1班が3時間5分, 2班が3時間8分であった。

表1 被験者の身体特性
100cc vs 400cc : NS

群(n)	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
100cc (6)	24 ± 3	167.6 ± 8.2	62.8 ± 8.9
400cc (6)	24 ± 3	166.9 ± 5.9	62.3 ± 6.6

mean ± SD

c) データ処理

各測定値は、平均値 ± 標準偏差で表した。全てのパラメーターに対しては、対応ありのt検定を用いた。有意水準はいずれも5%未満とした。

結果と考察

図1に登山前と頂上で測定した体重変化を示した。

100cc群は -0.9 ± 0.4 kg, 400cc群は $+0.5 \pm 0.3$ kgであり、それぞれ登山前と頂上で測定した体重に有意な差がみられた ($p < 0.05$)。体重の2%の水分損失によって、のどの渇きや血液濃縮などの症状があらわれる。100cc群の0.9kgの体重減少は、体重の約1.4%の水分を損失したことを示す。このことから頂上までに体重の1%以下の水分を摂取した100cc群では、発汗による水分損失を十分に補充出来ていなかったと考えられる。

図2に心拍数の変化を示した。400cc群の心拍数は2名のデータが欠損したため4名の結果とした。運動時には、心拍出量の増加と血流の再配分により、活動筋への血流量の増加がもたらされる。このことにより、活動筋で生成された熱を運び、活動筋の温度は一定以下に保たれる。しかし、利尿剤を用いて等張性に体液量を減少させたヒトでは、一回心拍出量の減少と心拍数の増加がみられた。その結果、活動筋への血流の供給と体温調節反応である皮膚血流量の維持が拮抗し、皮膚血流量が低下することが認められた^{2,3)}。また、心拍数の増加は運動時に生じた水分負債量に比例する⁴⁾ことが知られている。本研究では4合目の休憩地点以後、登山中の100cc群の心拍数は400cc群に比べ多い傾向にあった。また6合目の休憩地点では

被験者	100cc群		400cc群		
	登山前(kg)	頂上(kg)	登山前(kg)	頂上(kg)	
A	52.5	51.9	G	62.0	62.3
B	57.4	56.9	H	57.4	58.0
C	67.4	66.6	I	71.3	71.3
D	79.0	77.5	J	76.0	76.4
E	58.3	57.7	K	61.2	62.0
F	69.8	68.4	L	58.1	58.9

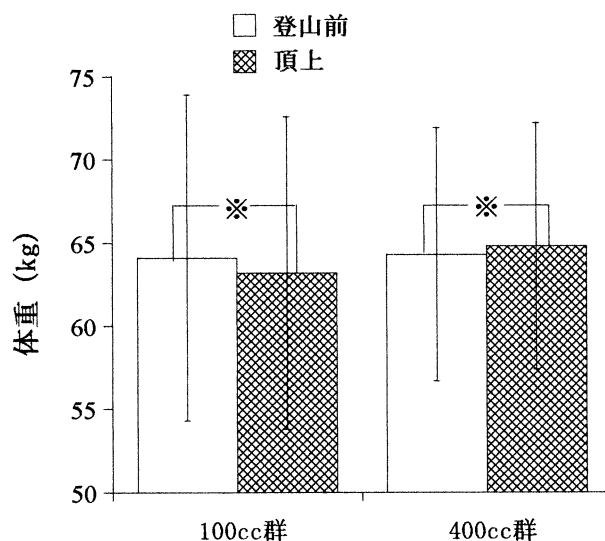


図1 登山前と頂上で測定した体重変化は、100cc群と400cc群それぞれの登山前と頂上で測定した体重の差を示している。($p < 0.05$)

400cc 群が90拍/分 (bpm) 以下まで回復したのに対して100cc 群では, 100拍/分 (bpm) 前後までしか回復しなかった。このことから, 100cc 群では, 発汗により血漿量が減少したために心拍出量が減少し, 心拍数が増加したと考えられる。体重減少と心拍数の増加から, 体重の1%以下の水分摂取量では, 水分補給としては不十分であることが明らかになった。

図3に各休息地点到着直後のRPE変化を示した。RPEは, 2合目で100cc群が14.5±1.4, 400cc群が13.8±1.5, 4合目で100cc群が15.7±1.8, 400cc群が14.7±1.0, 6合目で100cc群が16.2±1.7, 400cc群が15.2±0.8, 8合目で100cc群が17.0±1.5, 400cc群が15.8±0.8, 頂上で100cc群が15.3±1.9, 400cc群が14.0±1.4であった。日本語表示では100cc群, 400cc群ともに「ややきつい」から「かなりきつい」の範囲で推移した。頂上で測定した尿量は, 100cc群が73.9±10.8ml,

400cc群が209.1±180.2mlであった。両群に有意な差はみられなかった。

図4に登山前と頂上で測定した各尿中のNa, Cl, K濃度を示した。Na濃度は100cc群が登山前136±25mEq/l, 頂上122±35mEq/l, 400cc群が登山前146±65mEq/l, 頂上103±62mEq/lであった。Cl濃度は100cc群が登山前196±54mEq/l, 頂上221±49mEq/l, 400cc群が登山前169±61mEq/l, 頂上143±99mEq/lであった。K濃度は100cc群が登山前58±7mEq/l, 頂上115±27mEq/l, 400cc群が登山前59±30mEq/l, 頂上67±40mEq/lであった。Na濃度とCl濃度は100cc群と400cc群ともに有意な差はみられなかったが, 100cc群のK濃度に有意な上昇がみられた。このことから, 体液量が減少したためにアルドステロンの分泌が起こり, Kの排泄が促進されたと考えられる。体重の1%以下の水分摂取しか行わなかった100cc

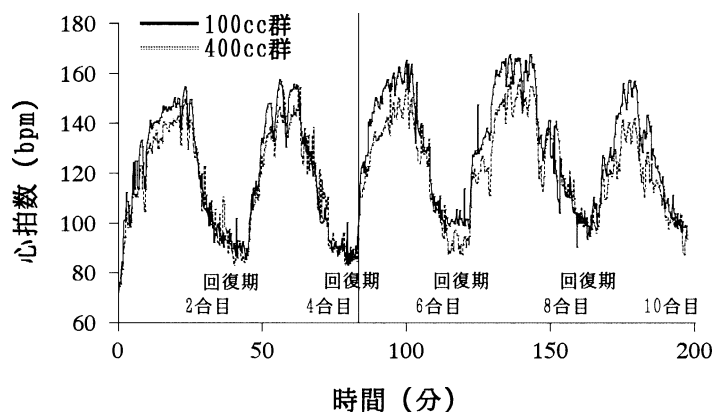


図2 登山中の心拍数変化の比較

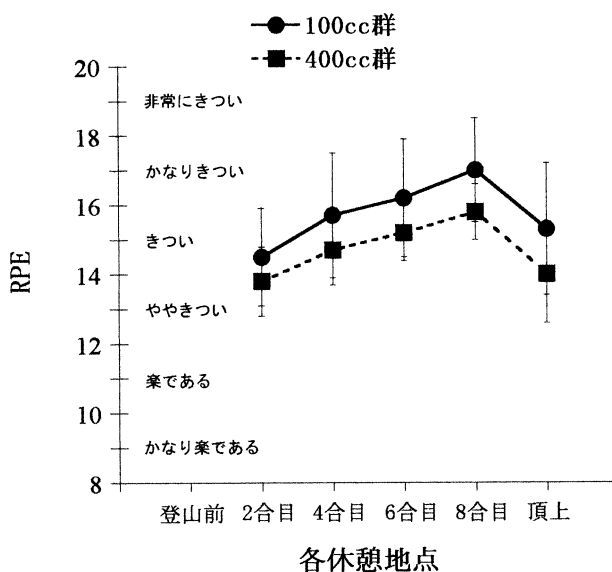


図3 各休息地点での到着直後のRPE変化

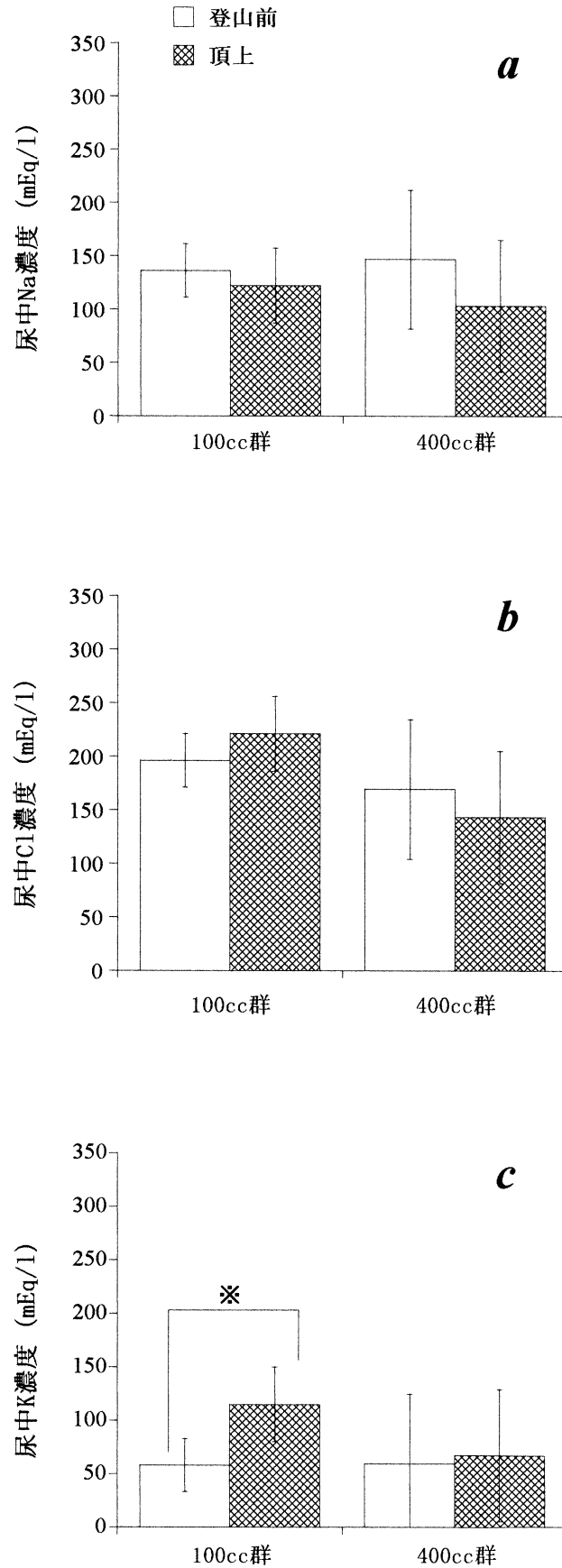


図4 登山前と頂上で測定した尿中電解質の濃度
 a: 尿中Na量 b: 尿中Cl量 c: 尿中K量
 ※は、登山前と頂上で測定した尿中電解質の差を示している。(p<0.05)

群では、体重が減少したことから脱水症状の初期の段階であったと考えられる。本研究では尿の測定項目がNa, Cl, K濃度のみであったため水分摂取量の違いが尿に及ぼす影響を著明にみる事が出来なかった。脱水が進むと汗中および尿中電解質濃度は低下する^{5,6)}。また、脱水が進めば、体液量の減少により細胞外液浸透圧が上昇し、細胞内から水分が移動する。細胞内では、Naイオンが1 mEq移動することによってClイオン1 mEqと7 mlの水が細胞外に移動する。鈴木⁷⁾は、 1.38 ± 0.04 (l)の発汗により $60.5 \text{ m} \pm 6.8 \text{ mEq}$ のNaイオンの損失が伴うことを報告した。体重の2%以上の発汗では、電解質の損失も大きく、それを補うために電解質を含む飲料水が必要になってくると考えられる⁷⁾。その場合、水のみを与えても脱水が回復する以前に飲水の停止が生じる^{8,9,10)}。本研究では、100cc群は頂上までに500ccの水を摂取し、400cc群は2000ccの水を摂取した。飲料水の量と体重減少の値から、100cc群は約1.4kg、400cc群は約1.5kgの発汗を伴っていたと推定される。これらの発汗量は、それぞれ体重の約2.2%と約2.4%であり、2.0%を超える発汗であった。頂上までに体重の3%以上の水を摂取していた400cc群では必要な水分は十分に補充出来ていたが、このまま水のみでの摂取で登山を続けた場合、血漿浸透圧はさらに低下し、自発性脱水がおこる可能性が示唆される。大山夏山登山では、水分の量だけでなく、電解質を考慮した水の質についても検討していく必要がある。

今後は、尿浸透圧や尿pHなどの項目を加えて検討していくことが安全な大山夏山登山活動に寄与する水分摂取量の目安作りになると考える。

ま と め

安全な大山夏山登山活動に寄与する知見を得るために、大山夏山登山中の水分摂取量の違いが生体に及ぼす影響を体重変化や心拍数や尿量、尿中電解質を指標として考察した。

- 1) 100cc群と400cc群ともに登山前と頂上で測定した体重の間に有意な差がみられ、100cc群に大幅な体重減少がみられた。
- 2) 心拍数においては、100cc群は、400cc群よりも、休息地点での回復が遅く、登山中も多い傾向にあった。
- 3) 尿中電解質は、100cc群と400cc群のNa濃度、Cl濃度の変化に有意な差はみられなかったが、100cc群のK濃度に有意な上昇がみられた。
- 4) 発汗量は、100cc群は1.4(l)、400ccは1.5(l)であり、体重の2%を超える発汗であった。

これらのことから、体重の1%以下の水分摂取量では、登山を行うのに必要な水分量が補充出来なかったと考えられた。体重の3%以上の水分摂取量では、必要な水分は十分に補充出来ていたが、このまま水のみでの摂取で登山を続けた場合、血漿浸透圧は低下し、自発性脱水がおこる可能性が示唆された。今後、電解質を考慮した水の質についても検討していく必要がある。

本研究にご協力いただきました安保真一氏(岡山ふれあい公社)、林貢一郎氏(筑波大学大学院)、大林優子氏(鳥取大学)に感謝いたします。また、川崎医療福祉大学の古閑洋介さん、西村一樹さん、中西洋平さん、折田真弓さん、長山友子さん、横山七重さん、関和俊さん、滋野正洋さんに深く感謝いたします。

文 献

- 1) 和久貴洋：生理的疲労のメカニズムと回復 水・電解質の収支からみた疲労。臨床スポーツ医学，17(7)，795-799，2000
- 2) Nadel ER, SM Fortney and CB Wenger: Effect of hydration state on circulatory and thermal regulation. *J Appl Physiol*, 49, 715-721, 1980
- 3) Mac GW, H NOSE and Nadel ER: Role of cardiopulmonary baroreflexes during dynamic exercise. *J Appl Physiol*, 65, 1827-1832, 1988
- 4) Montein S J Et al: The influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol*, 73(4), 1340-1350, 1992
- 5) 飯野靖彦：ナトリウム濃度異常。腎と透析，51(3)，274-282，2001
- 6) 鈴木政登，清水桃子，河辺典子，町田勝彦，木村真規，塩田正俊：暑熱環境下における持久走運動時水分摂取の影響—糖・脂質および水・電解質代謝におよぼす糖・電解質含有溶液摂取の影響—。体力科学，47，427-442，1998
- 7) 鈴木政登：夏のスポーツにおける水分補給と電解質。JIM，10(8)，648-651，2000
- 8) 鷹股亨：スポーツと水分摂取。保健の科学，42(5)，332-339，2000
- 9) Rothstein A, EF Adolph and JH Willis: Voluntary dehydration. EF Adolph, *Physiology of man in the*

Dessert, Interscience, New York, 254-270, 1947

- 10) 寄本明, 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利: 野外における暑熱環境下運動時の飲水行動と体温変動の関係. 体力科学, 44, 357-364, 1995

(平成14年11月25日受理)

Effects of Water Intake on Physiological Function during the Ascent of Mt. Daisen in Summer

Yuka NOSE, Hidetaka YAMAGUCHI, Uran BEKU, Hiroshi AMAOKA,
Taeko KOSAKA, Masahiro NISHIMURA and Sho ONODERA

(Accepted Nov. 25, 2002)

Key words : WATER INTAKE, ELECTROLYTE, URINE VOLUME, BODY WEIGHT

Abstract

The purpose of the present study was to investigate the effects of water intake volume on physiological function during an ascent of Mt. Daisen in summer. Twelve males and females volunteered to participate in the experiment. They were provided with either 100cc or 400cc of water which was consumed at four designated resting points during the climb. The 100cc group lost as much as 0.9kg of body weight during the ascent, which was significantly more than that of the 400cc group. Urinary potassium taken before and after the ascent also showed a significant difference. These results suggest that 100cc was insufficient to compensate for sweat loss during a three hour ascent of Mt. Daisen in the heat of summer.

Correspondence to : Yuka NOSE

Master's Program in Health and Sports Sciences, Graduate School
of Medical Professions, Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.12, No.2, 2002 407-412)