415 km ウルトラマウンテンランニングレース参加者の形態, 身体組成 の特性およびレース前後における皮下脂肪厚の変化

高山 史徳^{1),2)} 森 寿仁^{1),3)} 安藤真由子^{1),4)} 山本 正嘉⁵⁾

Fuminori Takayama^{1,2)}, Hisashi Mori^{1,3)}, Mayuko Ando^{1,4)} and Masayoshi Yamamoto⁵⁾: Anthropometric characteristics and changes in skinfold thickness in 415-km ultramountain runners. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 60: 773-782, December, 2015

Abstract : The main purpose of this study was to investigate anthropometry and body composition in 26 male ultramountain runners who participated in Trans Japan Alps Race 2014, a multi-stage ultramountain running race over 415 km to be covered within 5-8 days. The second purpose was to investigate the changes in skinfold thickness during the race. Before the race, all participants were examined in terms of body weight, BMI, skinfold thickness at 8 sites and estimated percentage body fat. In addition, the finishers (n=14) were re-examined in the post-race period. The main findings are summarized below.

1. The participants had a mean ($\pm$ SD) body weight of 62.3 ± 5.1 kg, a BMI of 21.5 ± 1.4 kg/m², a sum of 8 skinfold thickness of 57.7 ± 15.5 mm, and an estimated percentage body fat of $12.0 \pm 2.4\%$. There were no significant differences in any parameters between the finishers and the non-finishers.
2. The sum of 8 skinfold thickness in the finishers was significantly reduced by 11.3% after the race (Pre : 55.0 ± 13.6 mm, Post : 48.8 ± 12.1 mm), representing a dramatic response in comparison with a previous study that investigated ultramarathon runners in a 100-km ultramarathon race (0.9%).

Key words : body composition, body weight, body mass index

キーワード : 身体組成, 体重, 体格指数

I 緒 言

近年, ウルトラランニングやマウンテンランニングは, 人気のある持久性スポーツである. 日本

トレイルランニング協会 (2011) によると, ウルトラランニング (ウルトラマラソン) はマラソン以上の距離を走る競技, マウンテンランニング (山岳ランニング) は大幅な標高差があるコースを走る競技とそれぞれ分類されている. 本研究に

- 1) 鹿屋体育大学大学院体育学研究科
〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1
 - 2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 - 3) 日本学術振興会特別研究員
〒102-8471 東京都千代田区麹町 5-3-1
 - 4) 株式会社ミウラ・ドルフィンズ
〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 3-10-3
 - 5) 鹿屋体育大学スポーツ生命科学系
〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1
- 連絡先 高山史徳

1. Graduate School of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393
 2. Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
 3. Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Sciences
5-3-1 Kojimachi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8471
 4. Miura Dolphins Co., LTD.
3-10-3 Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051
 5. Sports and Life Sciences, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393
- Corresponding author fuminori.takayama1990@gmail.com

おいては、日本トレイルランニング協会 (2011) の分類をもとに、超長時間のマウンテンランニングをウルトラマウンテンランニングと定義する。

ウルトラマラソンやウルトラマウンテンランニングの成績は、最大酸素摂取量などの生理的指標 (Millet et al., 2011), 練習時の走行距離, 走速度などのトレーニング状況 (Hoffman and Fogard, 2011; Knechtle et al., 2011a, 2011b), マラソンを初めとした他種目の記録 (Knechtle et al., 2009, 2011b), 年齢 (Eichenberger et al., 2012) の他, 身体組成 (Hoffman, 2008; Knechtle et al., 2011a, 2011b, 2012) によって影響を受ける。Knechtle et al. の研究グループは、ウルトラマラソンの参加者を対象にキャリパー法による皮下脂肪厚について検討している (Knechtle et al., 2009, 2011a, 2011b, 2012; Rüst et al., 2012)。例えば、100 kmウルトラマラソンに出場した男性選手219名 (完走時間: 11時間53分 $\pm$ 2時間3分) の全身8部位合計の皮下脂肪厚は、 86.7 ± 32.7 mmであると同時に、レースタイムとの間には有意な正の相関関係 ($r=0.45$, $p<0.01$) が認められたと報告している (Knechtle et al., 2012)。

過剰な皮下脂肪厚の蓄積は、ランニングにおける余剰重量として作用するため、負の影響を及ぼす可能性がある。実際に陸上競技の短距離走から長距離走選手の皮下脂肪厚を3年間にわたり測定した研究では、3年間にける全身6部位の皮下脂肪厚の減少量が大きいランナーほど、パフォーマンスの向上率が著しかったことを報告している (Legaz and Eston, 2005)。

一方、超長時間運動では、体内に蓄積された脂肪が重要なエネルギー源となる (Boschmann et al., 2002)。Knechtle et al. (2012) は、100 kmウルトラマラソン後に全身の皮下脂肪厚8部位のうち、胸部、腸骨上部および下腿が有意に減少したと報告している。対照的に、338 kmウルトラマラソンを5日以内に完走した選手を対象とした報告 (Knechtle and Kohler, 2007) によると、身長、皮下脂肪厚および周径囲によって推定した筋量は有意に減少したものの、皮下脂肪厚および推定した体脂肪率はレース前後での変化を認

めていない。これらの知見を考慮すると、ウルトラランニングやウルトラマウンテンランニングにおける皮下脂肪厚の変化は、運動量、レース日数およびレースの特徴によって影響を受けるかもしれない。

これらの先行研究の知見を踏まえると、ウルトラマウンテンランニングに出場する選手の形態および身体組成を明らかにすることは、ランナーのトレーニング目標を明確にする上で基礎資料になると考えられる。また、レース前後の皮下脂肪厚の変化を検討することで、厳しいレースが身体に及ぼす影響を明らかにすることもできると考えられる。しかし、ウルトラランニングやウルトラマウンテンランニングの身体組成を検討した先行研究のほとんどが1日以内に完走するレースを対象としたものであり、複数日にわたるレースについて検討したものは少ない。また、我々の知る限り、日本人を対象とした研究はない。

今回、我々は2014年に開催された415 kmを走破するウルトラマウンテンランニングに参加した男性ランナーの体重および皮下脂肪厚を測定した。そこで本研究は、415 kmのウルトラマウンテンランニングを対象として、1) 出場者の形態と身体組成、2) 完走者におけるレース前後の皮下脂肪厚の変化、について明らかにすることを目的とした。

Ⅱ 方 法

1. 対象レース

対象レースは、2014年8月10日0時—18日3時に開催されたトランスジャパンアルプスレース (Trans Japan Alps Race: TJAR) であった。TJARは、日本海の富山湾から太平洋の駿河湾まで日本アルプスを縦走しながら約415 kmを8日以内に完走することが条件のウルトラマウンテンランニングの大会であり、2002年に第1回大会が開催されて以降、2年に1回の頻度で開催されている。レース日数 (5—8日)、距離 (約415 km) および上りまたは下りの鉛直距離の総和である累積標高差 (約28000 m) のいずれもが国

内で最も厳しいレースである。なお、当初の予定では大会終了は18日0時であったが大会期間中の台風の影響により、出場選手全員の行動が一時停滞したため、すべての関門時間が3時間延長された。

TJARには、独自の競技ルールが存在する。代表的な競技ルールとしては、(1)選手や友人等からの物品の受け渡しや荷物の搬送および伴走行為の禁止（ただし、コース上1箇所のチェックポイントのみ許可される）、(2)関門時間の厳守（コース上4箇所のチェックポイントとゴール地点に設定される）、(3)各種物品の預かりの規制（事前にコース上の1箇所のチェックポイントに重量7 kg以内の食料を預けることのみ許可される）、(4)宿泊施設での宿泊および仮眠の禁止（宿泊はすべて露営とする。ただし、山小屋や食堂などでの食事、商店での食糧購入は許可される）、(5)山小屋利用時間の規制（4—18時のみ許可される）、(6)必須装備の携行（ヘッドライト、携帯電話もしくはスマートフォン、GPS端末、全区間の地図、コンパス、筆記具、登山計画書、山岳保険証、保険証、本人確認書類、ゼッケン、防寒具、雨具、帽子、手袋、露営具、レスキューシート、鈴、水、非常食、手関節と足関節を覆うことができる服装、クライミングヘルメット、赤色点滅灯、ファーストエイドキット）、(7)登山マナーの厳守（レース中においても登山者の行動を優先する）、が挙げられる。

また、TJARに出場するにあたっては、いくつかの参加条件を満たす必要がある。代表的な参加条件としては、(1)マラソンを3時間20分以内、あるいは100 km ウルトラマラソンを10時間30分以内に完走できる全身持久力を有する、(2)標高2000 m以上の山岳において、4回以上の露営経験を有する、などが挙げられる。また、これらの参加条件を満たした上で、本大会前に出場選手の選考会が行われ、完走可能な走力、山岳技術を有する者のみが選抜されている。なお、選考会の参加者は44名、選考通過者は26名であった。TJARには、選考通過者に加え、前回大会優勝者の1名と選手マーシャル3名（一般の選手として参

加するが、大会開催中のコース上の運営者、移動審判、緊急時の応急対応としての役割の任務を担う大会実行委員）を合わせた30名が出場した。

2. 対象者

TJARの出場者は、男性27名、女性3名であった。本研究における対象者は、出場した男性選手のうち、身体特性の情報が得られなかった1名を除いた26名（年齢：39±6歳、身長：170.3±4.3 cm、体重：62.3±5.1 kg）とした。対象者には、事前に測定に関する説明を十分にを行い、同意を得た。また、大会実行委員会から測定およびデータ公表の許可を得た。なお、本研究は鹿屋体育大学倫理審査小委員会の承認を得て行われた。

3. 測定項目・測定方法

本研究における測定は、レース前（開始2—6時間前）およびレース後（完走後1時間以内）に行った。完走者の測定はレース前後に実施し、リタイア者はレース前のみ行った。測定項目は、体重、皮下脂肪厚とした。また、皮下脂肪厚から推定した体脂肪率、質問紙法により身長を把握した後にBMI (kg/m²)をそれぞれ算出した。さらに、完走者を対象にレース中のエネルギー消費量を推定した。

体重は、体重計（Tanita社製、THD-650）を用いて0.1 kg単位で測定した。体重の測定は、対象者が衣服やシューズを着用した状態で行った。その後、先行研究（Hoffman, 2008）の方法に従い、衣服とシューズに相当する重量（1 kg）を差し引き、本研究における体重の採用値とした。

皮下脂肪厚の測定は、栄研式皮下脂肪計（明興社製、MK-60）を用いて行い、測定部位を胸部、腋窩中線、上腕背部、肩甲骨下部、腹部、腸骨上部、大腿および下腿の8部位とした。測定は、熟練した検者2名が行い、レース前後における測定は、同一選手に対しては同一検者が行った。測定は各部位2回行い、分析値はその平均値とした。なお、結果は、先行研究の値と比較するため、必要に応じて部位毎、胸部と腋窩中線を除いた6部位および8部位合計の皮下脂肪厚を示し

た．なお，事前に本研究とは異なる対象者5名を対象に確かめられた皮下脂肪厚の信頼性は，8部位合計値で検者1が級内相関係数0.998（各部位0.943—0.998），検者2が級内相関係数0.996（各部位0.972—1.000）であった．

体脂肪率は，Ball et al. (2004) の算出式をもとに算出した．

$$\text{体脂肪率} = 0.465 + 0.180(\Sigma 7\text{SF})$$

$$- 0.0002406(\Sigma 7\text{SF})^2$$

$$+ 0.0661(\text{年齢})$$

$\Sigma 7\text{SF}$ = 胸部，腋窩中線，上腕背部，肩甲骨下部，腹部，腸骨上部，大腿の合計

推定エネルギー消費量は，中原ほか（2006）が作成した登山のエネルギー消費量推定式をもとに算出した．

推定エネルギー消費量

$$\begin{aligned} &= [1.8 \times \text{完走時間(時)} + 0.3 \times \text{距離(km)} \\ &\quad + 10.0 \times \text{上りの累積標高差(km)} \\ &\quad + 0.6 \times \text{下りの累積標高差(km)}] \\ &\quad \times [\text{体重(kg)} + \text{ザック重量(kg)}] \end{aligned}$$

この際に用いた距離や累積標高差は，地理情報システムソフトウェア（DAN杉本，カシミール 3D Ver9.1.7）によって算出した．体重+ザック重量はレース前に必須装備を背負ったままの状態体重を測定し，その時の値とした．

4. 統計処理

全ての値は，平均値±標準偏差で表した．レース前の結果については，完走群とリタイア群に分けて，対応のないt検定を用いて統計処理を行った．レース前後の結果については，完走群を対象とし，対応のあるt検定を用いて統計処理を行った．さらに，完走群における各対象者の完走時間，エネルギー消費量と形態および身体組成のレース前後での変化率との相関関係の検討をピアソンの積率相関係数を用いて行った．統計学的有意水準は5%未満とした．

Ⅲ 結 果

1. レース成績と推定エネルギー消費量

14名が完走を果たし，12名がレース途中でリタイアした．完走群の完走時間は，優勝者が5日12時間57分，最終完走者が8日2時間32分であり，平均値では7日3時間2分（±18時間45分）であった．リタイア者は，低体温，胃腸障害，脱水などを原因として，行動不能もしくは関門時間の通過が困難となった際に自己判断によりレースを棄権した．推定エネルギー消費量は，最も少ない完走者が38663 kcal，最も多い完走者が58289 kcalであり，平均値では50256（±5548）kcal（1日当たり：7731±1035 kcal）であった．

2. 対象者の形態および身体組成

表1には対象者の体重，BMI，皮下脂肪厚お

表1 対象者の形態および身体組成

	全体 (n=26)	完走群 (n=14)	リタイア群 (n=12)
年齢 (years)	39±6(32-51)	36±5(32-48)	42±6(32-51)
身長 (cm)	170.3±4.3(160-181)	170.1±3.2(166-177)	170.5±5.1(160-181)
体重 (kg)	62.3±5.1(50.5-72.4)	61.7±5.8(50.5-69.4)	62.9±4.3(57.5-72.4)
BMI (kg/m ²)	21.5±1.4(18.1-23.6)	21.3±1.6(18.1-23.6)	21.6±1.2(19.8-23.6)
6部位皮下脂肪厚 (mm)	47.0±13.7(26.8-77.8)	44.9±12.0(26.8-64.8)	49.4±15.7(32.3-77.8)
8部位皮下脂肪厚 (mm)	57.7±15.5(35.0-92.0)	55.0±13.6(35.0-79.0)	60.8±17.5(41.0-92.0)
体脂肪率 (%)	12.0±2.4(8.3-17.0)	11.4±2.1(8.3-15.7)	12.6±2.5(9.2-17.0)

すべての値は平均値±標準偏差（最小値—最大値）で示した．

表2 完走群におけるレース前後の形態および身体組成の変化

	レース前	レース後	変化率 (%)	有意差
体重 (kg)	61.7±5.8	61.6±6.1	-0.2±3.0 (-4.8-4.7)	ns
胸部 (mm)	5.1±1.4	4.1±1.0	-15.7±20.5 (-41.9-26.7)	$p<0.01$
腋窩中線 (mm)	5.1±0.9	4.4±1.0	-12.5±12.6 (-33.3-14.3)	$p<0.01$
上腕背部 (mm)	7.9±2.9	7.0±2.6	-9.1±19.6 (-34.2-33.3)	$p<0.05$
肩甲骨下部 (mm)	8.9±2.8	8.4±2.5	-3.4±17.7 (-25.8-27.3)	ns
腹部 (mm)	8.9±2.6	7.0±1.9	-17.8±23.0 (-62.3-23.3)	$p<0.05$
腸骨上部 (mm)	7.7±2.5	6.8±1.7	-7.1±24.7 (-43.6-36.8)	ns
大腿 (mm)	8.0±3.4	8.0±3.1	11.0±40.7 (-52.4-100.0)	ns
下腿 (mm)	3.8±0.8	3.5±0.7	-6.3±15.7 (-25.0-27.3)	ns
8 部位合計 (mm)	55.0±13.6	48.8±12.1	-10.0±13.4 (-35.0-10.6)	$p<0.05$
体脂肪率 (%)	11.4±2.1	10.5±1.9	-7.3±9.9 (-25.1-6.7)	$p<0.05$

変化率=(レース後の値-レース前の値)/レース前の値×100とした。

レース前, レース後の値は平均値±標準偏差, 変化率は平均値±標準偏差(最小値-最大値)で示した。

および体脂肪率の結果を示した。対象者26名の体重は 62.3 ± 5.1 kg, BMIは 21.5 ± 1.4 kg/m², 6部位合計の皮下脂肪厚は 47.0 ± 13.7 mm, 8部位合計の皮下脂肪厚は 57.7 ± 15.5 mm, 推定した体脂肪率は $12.0 \pm 2.4\%$ であった。完走群とリタイア群の比較では, いずれの測定項目においても有意な差はみられなかった ($p>0.05$)。

3. 完走群におけるレース前後の形態および身体組成

表2には完走群におけるレース前後での体重, 皮下脂肪厚, 体脂肪率の結果を示した。体重は, レース前後で有意な変化はみられなかった ($p>0.05$)。しかし, 皮下脂肪厚は, 8部位合計で 55.0 ± 13.6 mm から 48.8 ± 12.1 mm へと有意に減少し ($p<0.05$)。それをもとに推定した体脂肪率も有意に低下した ($p<0.05$)。部位毎の皮下脂肪厚の変化は, 胸部 ($p<0.01$)、腋窩 ($p<0.01$)、上腕 ($p<0.05$)、腹部 ($p<0.05$) で有意に減少した。

4. 完走群における完走時間とレース前後の形態および身体組成の変化率の相関関係

表3には完走群における完走時間とレース前後の形態および身体組成の変化率との相関関係を示した。また, 表4には完走群における推定エ

表3 完走群における完走時間とレース前後の形態および身体組成の変化率との相関関係

	相関係数	有意差
体重 (kg)	-0.166	ns
胸部 (mm)	-0.255	ns
腋窩中線 (mm)	0.287	ns
上腕背部 (mm)	-0.106	ns
肩甲骨下部 (mm)	0.183	ns
腹部 (mm)	-0.051	ns
腸骨上部 (mm)	-0.202	ns
大腿 (mm)	-0.443	ns
下腿 (mm)	-0.207	ns
8 部位合計 (mm)	-0.134	ns
体脂肪率 (%)	-0.108	ns

変化率=(レース後の値-レース前の値)/レース前の値×100とした。

ネルギー消費量とレース前後の形態および身体組成の変化率との相関関係を示した。体重, 皮下脂肪厚, 推定した体脂肪率との間にはいずれも有意な関係が認められなかった。

IV 考 察

1. 対象者の形態および身体組成

本研究における対象者のBMIは 21.5 ± 1.4 kg/m²であり, レクリエーショナルなウルトラマラソンランナーを対象にした Knechtle et al. の研

表4 完走群における推定エネルギー消費量とレース前後の形態および身体組成の変化率との相関関係

	相関係数	有意差
体重 (kg)	-0.086	ns
胸部 (mm)	-0.351	ns
腋窩中線 (mm)	0.521	ns
上腕背部 (mm)	-0.060	ns
肩甲骨下部 (mm)	-0.114	ns
腹部 (mm)	0.138	ns
腸骨上部 (mm)	0.046	ns
大腿 (mm)	-0.430	ns
下腿 (mm)	0.156	ns
8 部位合計 (mm)	-0.015	ns
体脂肪率 (%)	-0.004	ns

変化率 = (レース後の値 - レース前の値) / レース前の値 × 100 とした。

究グループの先行研究 (Knechtle et al., 2011a, 2012 ; Rüst et al., 2012) の値 (23.0—23.4 kg/m²) よりも低い値であった。一方、一流ウルトラマラソンランナー13名 (週間走行距離 : 120—250 km, 最大酸素摂取量 : 72.5 ± 3.8 ml/kg/min) を対象にした Davies and Thompson (1979) の報告では、BMI が平均値で 21.2 kg/m² であり、本研究の対象者とはほぼ同等であった。また、山本 (2004) は、日本山岳耐久レース (距離 : 71.5 km, 累積標高差 : 約 4500 m) に出場し、完走した 248 名の BMI を完走時間別に分析している。その結果、BMI は、完走時間の短いランナー群で 20.9 ± 1.2 kg/m²、完走時間の長いランナー群で 21.9 ± 2.0 kg/m² であったことを認め、完走時間が短いランナーほど BMI が低い傾向にあったことを報告している (山本, 2004)。次に皮下脂肪厚についてみると、対象者の 8 部位合計の皮下脂肪厚は 57.7 ± 15.5 mm であり、Knechtle et al. の報告 (Knechtle et al., 2011a, 2012 ; Rüst et al., 2012) に比べ 20 mm 以上低かった。また、皮下脂肪厚から推定した体脂肪率は 12.0 ± 2.4 % と、これも Knechtle et al. の先行研究 (Knechtle et al., 2011a, 2012 ; Rüst et al., 2012) に比べ 2.8—4.6 % 低かった。

過剰な体脂肪の蓄積は、身体に対する負荷 (重

り) となり、パフォーマンスを低下させる可能性がある (Cureton et al., 1978)。それを裏付けるように、ウルトラランニングおよびウルトラマウンテンランニングレースの完走時間と皮下脂肪厚 (Knechtle et al., 2011a, 2011b), BMI (Hoffman, 2008) との間には有意な関係が認められている。TJAR は、事前の選考を経て出場できる大会であり、マラソン (3 時間 20 分以内) や 100 km ウルトラマラソン (10 時間 30 分) の走能力も求められる。一方、前述した先行研究 (Knechtle et al., 2011a, 2012 ; Rüst et al., 2012) は、平均値でいずれもマラソンを 3 時間 20 分以上、100 km ウルトラマラソンを 10 時間 30 分以上要するランナーが対象であった。したがって、Knechtle et al. の研究グループの対象者に比べると本研究の対象者は、全身持久力に優れていたと考えられる。また、そのことが形態および身体組成に、完走群とリタイア群で有意な差が認められなかった主要因だと推察される。言い換えると、本研究の対象者は形態および身体組成からみると、十分に完走できる能力を有していたと示唆される。

本研究における対象者の皮下脂肪厚や BMI は、一流マラソンランナーの値に比べるとやや高い値である。Arrese and Ostariz (2006) は、マラソンの自己記録が平均値で 2 時間 13 分 34 秒のランナー 13 名の 6 部位合計の皮下脂肪厚は 33.2 ± 5.5 mm であったと報告している。これに対し、本研究における対象者の 6 部位合計の皮下脂肪厚は、47.0 ± 13.5 mm である。さらに、Arrese and Ostariz (2006) の報告における BMI は、20.2 kg/m² であった。また、日本人一流マラソン選手 11 名 (自己記録 : 2 時間 12 分 12 秒 ± 3 分 23 秒) の BMI は、19.6 ± 0.9 kg/m² であることも報告されている (江橋, 1987)。ウルトラマウンテンランニングでは、体脂肪が重要なエネルギー源となり得る。さらに、山岳では気温が低く、風雨に見舞われる可能性がある。その際に、低体温症を予防するためにも体脂肪は重要な役割を果たす。また、ウルトラマウンテンランニングでは、起伏がある不規則なコースを走りぬぐため、筋に対する負荷も高くなると推測される。し

たがって、マラソン選手に比べて高い皮下脂肪厚やBMIでも、ウルトラマウンテンランニングにおいては、成績に負の影響を与えないのかもしれない。言い換えると、本研究の対象者は、むしろウルトラマウンテンランニングに適した身体組成を有していたという考え方もできる。

2. レース前後の形態および身体組成の変化

完走群におけるレース前後の変化に着目すると、全身8部位合計の皮下脂肪厚は有意に減少した（レース前： 55.0 ± 13.6 mm，レース後： 48.8 ± 12.1 mm，減少率： -11.3% ）。また、その減少率は100 km ウルトラマラソンの報告（Knechtle et al., 2012）に比べ、約6.9倍であり、著しいものであった。本研究と同様に、複数日開催のウルトラマラソンにおける皮下脂肪厚の変化を検討した報告としては、Knechtle et al.（Knechtle and Kohler, 2007 ; Knechtle et al., 2008）のものがある。Knechtle and Kohler（2007）は、5日以内に338 kmを完走するウルトラマラソンに出場したランナーのレース後の皮下脂肪厚は、レース前に比べ8部位ともに有意な変化がみられないことを報告している。また、1200 kmレースを17日以内に完走したランナーの皮下脂肪厚をレース中、毎日測定した研究（Knechtle et al., 2008）においても、皮下脂肪厚には有意な変化は認められていない。

先行研究の知見と本研究の結果に矛盾が生じた理由としては、レースの特徴が影響していると考えられる。本研究と同じように複数日にわたる山岳での超長時間運動前後の皮下脂肪厚を検討した報告としては、山本ほか（2000）と山本（1989）のものがある。山本ほか（2000）は、32名を対象に、4泊5日間にわたる登山の前後に上腕背部、肩甲骨下部および腹部の皮下脂肪厚を測定した結果、いずれも登山後に有意な減少を認めている。また山本（1989）は、15日間の縦走登山を行った1名を対象に登山前後での皮下脂肪厚の変化を測定した結果、登山後の皮下脂肪厚は部位によって差があるものの、5.0—56.5%減少したと報告している。サイクリングレースではあるが、

Knechtle et al.（2005）は、事前に測定された酸素摂取量と心拍数の関係をもとに心拍計を用いてエネルギー消費量を、記録法によりエネルギー摂取量を定量し、10日間にわたるマウンテンレース中のエネルギー出納を検討している。その結果、レースを通したエネルギー欠乏（エネルギー消費量－エネルギー摂取量）は、83526 kcal（1日あたり： 8352 ± 2523 kcal）であったと報告している（Knechtle et al., 2005）。また、平均完走記録が24.3時間の161 km ウルトラマウンテンランニングレースのエネルギー出納を検討したGlance et al.（2002）の研究においても、レース全体を通してのエネルギー欠乏は7513 kcalになると報告している。本研究の完走群におけるレース中の消費エネルギー量は、中原ほか（2006）の式をもとに推定すると、 50256 ± 5548 kcal（1日当たり： 7731 ± 1035 kcal）となる。TJARは、日本アルプスを縦断するウルトラマウンテンランニングであるのに加え、通常のレースとは異なり、エイドステーションと呼ばれる水分やエネルギーを補給できる施設が存在しない。このようなレースにおいて、エネルギー消費を満たすだけのエネルギーを摂取することは難しいと考えられる。したがって、複数日にわたるウルトラマウンテンランニングという特性が、エネルギー出納を負にし、貯蔵脂肪の動員につながったと示唆される。この点については今後、対象者の栄養摂取状況を測定するなど、エネルギー出納を明らかにした上で、詳細に検討する必要がある。

なお、本研究においては、レース後の皮下脂肪厚に有意な減少が認められたのに対し、体重には有意な変化が起ころなかった。この原因としては、体水分量の増加が考えられる。1200 kmレースを17日以内に完走したランナーのレース前後の形態および身体組成を検討したKnechtle et al.（2008）の報告では、レース後に生体インピーダンス法により測定された筋量と皮下脂肪量に有意な低下が認められたのに対し、体水分率が有意に増加し、体重はレース前と同等であった。この知見を踏まえると、対象者の体重に有意な変化が認められなかったのは、脂肪量などの減少を

体水分量の増加が代償していたのかもしれない (Knechtle et al., 2008).

表3に示したとおり、完走時間とレース前後の形態および身体組成の変化率との間には有意な相関関係が認められなかった。また、推定エネルギー消費量とレース前後の形態および身体組成の変化率との間にも有意な相関関係は得られなかった (表4)。それに対し、マラソン (Zouhal et al., 2011) や1日以内に完走するウルトラマラソンレース (Kao et al., 2008) を対象とした研究においては、レースパフォーマンスと形態の変化との間には有意な関係があることが報告されている。例えば、Kao et al. (2008) は、24時間走の記録とレース前後の体重の変化率には有意な相関関係があることを認め、優れたパフォーマンスを発揮したランナーほど体重の減少が著しかったことを明らかにした。マウンテンランニング競技においては、レース中の水分摂取量が少ないランナーほど体重の低下が著しいことが報告されている (Tam et al., 2009)。また、ウルトラマウンテンランニング競技では、対象者によって栄養摂取状況が著しく異なることも示唆されている (Glance et al., 2002; 許斐ほか, 2004)。したがって、完走時間とレース前後の形態および身体組成の変化率との間に有意な相関関係が認められなかった理由としては、栄養摂取状況が対象者によって異なり、そのことがパフォーマンスやエネルギー消費量よりも形態と身体組成の変化に影響を与えたのかもしれない。しかし、この点については、対象者の栄養摂取状況を定量できていないため、推測の域を脱しない。

3. 研究の限界

部位毎の皮下脂肪厚に着目すると、上肢や体幹の減少率が著しかったのに対し、下肢はレース前後で有意な差がみられなかった。ウルトラマラソンのレース後に下肢の皮下脂肪厚が変化しない報告は散見される (Bircher et al., 2006; Knechtle and Kohler, 2007; Knechtle et al., 2008)。この原因については、活動筋である脚筋が長時間のランニングによって損傷し、低タンパク血症性の浮

腫に伴うタンパク異化が亢進したことが関与している可能性がある (Lehmann et al., 1995)。また、17日以内に1200 kmを完走するウルトラマラソンに参加したランナーは、レース後に体水分率が有意に増加したことが報告されている (Knechtle et al., 2008)。Knechtle et al. (2008) は、この原因が長時間の伸張性収縮によって活動筋が損傷し、そのことが腎機能障害を伴う横紋筋融解症を引き起こしたことに関係し、それが結果として皮下組織に浮腫を引き起こしたと推察している。本研究のような実際のレースを対象とした場合において、キャリパー法による皮下脂肪厚の測定は、信頼性があり、かつ簡便に活用できるため頻繁に用いられている。しかし、Knechtle et al. (2008) の報告にあるように、レース後の身体組成の変化は、キャリパー法と生体インピーダンス法により異なる場合もある。したがって、本研究で用いたキャリパー法による皮下脂肪厚の測定では、皮下組織の浮腫の影響により、下肢の皮下脂肪厚の変化を正確に反映しなかった可能性がある。今後は、生体インピーダンス法や超音波法を用いて体脂肪量、体水分量、皮下脂肪厚などを測定していくことでより詳細を明らかにすることができると考えられる。

本研究では、TJARという実際に開催されたウルトラマウンテンランニングレースの出場者を対象として形態および皮下脂肪厚を測定した。このような報告は、TJARのような厳しいレース出場を目指すランナーに対し、レースに向けたトレーニング目標を定める際の参考資料となり得る。しかし、本研究では、推定のエネルギー消費量は算出したものの、エネルギー摂取量を定量することができなかった。また、対象者のレース中における睡眠時間などの行動の詳細、各種症状の発生率なども調べることはできなかった。特にウルトラマウンテンランニングレースにおいて発生率が高い低ナトリウム血症 (Hoffman et al., 2012)、胃腸障害 (Stuempfle et al., 2013) および精神機能の変化 (Glance et al., 2002) は、ランナーの水分摂取やエネルギー摂取との関係が認められている。したがって、栄養摂取状況とこれらの発生率

などの関係を検討することができれば、本研究で対象としたような厳しいレースが身体に及ぼす影響について、個人差を含めてより詳細を明らかにすることができると考えられる。この点については、今後の研究が必要である。

V 結 語

本研究は、2014年に開催された 415 km を走破するウルトラマウンテンランニングに参加した男性ランナーの形態および皮下脂肪厚を測定した。その結果、1) 415 km のウルトラマウンテンランニングに出場した選手は、BMI、皮下脂肪厚ともに一流マラソンランナーよりも高いものの、一般的なウルトラマラソンランナーよりは低いこと、2) 415 km のウルトラマウンテンランニングを完走することで、通常のウルトラマラソン(100 km)の場合と比べると全身の皮下脂肪厚の合計値は著しく減少すること、が明らかとなった。

謝辞

本研究を実施するにあたって、ご協力を賜った TJAR 実行委員会の皆様、大会出場者の皆様に心より感謝いたします。

文 献

- Arrese, A.L. and Ostariz, E.S. (2006) Skinfold thickness associated with distance running performance in highly trained runners. *J Sports Sci*, 24: 69–76.
- Ball, S.D., Altena, T.S., and Swan, P.D. (2004) Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *Eur J Clin Nutr*, 58: 1525–1531.
- Bircher, S., Enggist, A., Jehle, T., and Knechtle, B. (2006) Effects of an extreme endurance race on energy balance and body composition – a case study. *J Sports Sci Med*, 5: 154–162.
- Boschmann, M., Rosenbaum, M., Leibel, R.L., and Segal, K.R. (2002) Metabolic and hemodynamics responses to exercise in subcutaneous adipose tissue and skeletal muscle. *Int J Sports Med*, 23: 537–543.
- Cureton, K.J., Sparling, P.B., Evans, B.W., Johnson, S.M., Kong, U.D., and Purvis, J.W. (1978) Effect of experimental alterations in excess weight on aerobic capacity and distance running performance. *Med Sci Sports*, 10: 194–199.
- Davies, C.T.M. and Thompson, M.W. (1979) Aerobic performance of female marathon and ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol*, 41: 233–245.
- 江橋 博 (1987) 一流マラソン選手の体力特性. *J. J. Sports Sci*, 6: 703–711.
- Eichenberger, E., Knechtle, B., Rüst, C.A., Rosemann, T., and Lepers, R. (2012) Age and sex interaction in mountain ultramarathon running – the Swiss Alpine Marathon. *Open Access J Sports Med*, 31: 73–80.
- Glance, B., Murphy, C., and McHugh, M. (2002) Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int J Sports Nutr Exerc Metab*, 12: 414–427.
- Hoffman, M.D. (2008) Anthropometric characteristics of ultramarathoners. *Int J Sports Med*, 29: 808–811.
- Hoffman, M.D. and Fogard, K. (2011) Factors related to successful completion of a 161-km ultramarathon. *Int J Sports Physiol Perform*, 6: 25–37.
- Hoffman, M.D., Stuenkel, K.J., Rogers, I.R., Weschler, L.B., and Hew-Butler, T. (2012) Hyponatremia in 2009 161-km western states endurance run. *Int J Sports Physiol Perform*, 7: 6–10.
- Kao, W.F., Shyu, C.L., Yang, X.W., Hsu, T.F., Chen, J.J., Kao, W.C., Polun-Chang, Huang, Y.J., Kuo, F.C., Huang, C.I., and Lee, C.H. (2008) Athletic performance and serial weight changes during 12- and 24-hour ultra-marathons. *Clin J Sports Med*, 18: 155–158.
- Knechtle, B., Baumgartner, S., Knechtle, P., Rüst, C.A., Rosemann, T., and Bescós, R. (2012) Changes in single skinfold thickness in 100 km ultramarathoners. *Open Access J Sports Med*, 3: 147–157.
- Knechtle, B., Duff, B., Schulze, I., and Kohler, G. (2008) A multi-stage ultra-endurance run over 1,200 km leads to a continuous of accumulation of total body water. *J Sports Sci Med*, 7: 357–364.
- Knechtle, B., Enggist, A., and Jehle, T. (2005) Energy turnover at the race across america (RAAM) – a case report. *Int J Sports Med*, 26: 499–503.
- Knechtle, B., Knechtle, P., Rosemann, T., and Senn, O. (2011a) What is associated with race performance in male 100-km ultra-marathoners- anthropometry, training or marathon best time?. *J Sports Sci*, 29: 571–

577.

- Knechtle, B., Knechtle, P., Rüst, C.A., and Rosemann, T. (2011b) Leg skinfold thickness and race performance in male 24-hour ultra-marathoners. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*, 24: 110–114.
- Knechtle, B. and Kohler, G. (2007) Running 338 kilometres within five days has no effect on body mass and body fat but reduces skeletal muscle – the Isarrun 2006. *J Sports Sci Med*, 6: 401–407.
- Knechtle, B., Wirth, A., Knechtle, P., Zimmemmann, K., and Kohler, G. (2009) Personal best marathon performance is associated with performance in a 24-h run and not anthropometry or training volume. *Br J Sports Med*, 43: 836–839.
- 許斐真由子・中原玲緒奈・山本正嘉・神尾重則 (2004) 24時間山岳耐久レースにおける生理的負担度と疲労に関する研究—参加者へのガイドライン作成の試み—。 *登山医学*, 24: 51–59.
- Legaz, A. and Eston, R. (2005) Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *Br J Sports Med*, 39: 851–856.
- Lehmann, M., Huonker, M., and Dimeo, F. (1995) Serum amino acid concentrations in nine athletes before and after the 1993 colmar ultra triathlon. *Int J Sports Med*, 16: 155–159.
- Millet, G.Y., Banfi, J.C., Kerherve, H., Morin, J.B., Vincent, L., Estrade, C., Geysant, A., and Feasson, L. (2011) Physiological and biological factors associated with a 24h treadmill ultra-marathon performance. *Scand J Med Sci Sports*, 21: 54–61.
- 中原玲緒奈・萩原正大・山本正嘉 (2006) 登山のエネルギー消費量推定式の作成；歩行時間，歩行距離，体重，ザック重量との関係から。 *登山医学*, 26: 115–121.
- 日本トレイルランニング協会 (2011) トレイルランニングとは？ <http://www.trail-japan.com/about/>,
- (参照日2015年4月6日)。
- Rüst, C.A., Knechtle, B., Knechtle, P., and Rosemann, T. (2012) Comparison of anthropometric and training characteristics between recreational male marathoners and 24-hour ultramarathoners. *Open Access J Sports Med*, 3: 121–129.
- Stuempfle, K.J., Hoffman, M.D., and Hew-Butler, T. (2013) Association of gastrointestinal distress in ultramarathoners with race diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23: 103–109.
- Tam, N., Hew-Butler, T., Papadopoulou, E., Ntoli, H., and Noakes, T. D. (2009) Fluid intake and changes in blood biochemistry, running speed and body mass during an 80 km mountain trail race. *Med Sport*, 13: 108–115.
- 山本正嘉 (1989) 登山による体脂肪の減量効果；15日間の残雪期登山の場合。 *国際武道大学研究紀要*, 5: 149–155.
- 山本正嘉 (2004) 第12回日本山岳耐久レース参加者へのアンケート調査—安全性およびパフォーマンス向上のために—。2004年第12回日本山岳耐久レース報告書，80–85.
- 山本正嘉・大村靖夫・柳澤昭夫・渡邊雄二 (2000) 登山の運動生理学・体力科学に関する調査研究；1998～1999年度文部省登山研修所大学リーダー研修会における調査研究報告。 *登山研修*, 15: 154–162.
- Zouhal, H., Groussard, C., Minter, G., Vincent, S., Cretual, A., Gratas-Delamarche, A., Delamarche, P., and Noakes, T.D. (2011) Inverse relationship between percentage body weight change and finishing time in 643 forty-two-kilometre marathon runners. *Br J Sports Med*, 45: 1101–1105.

(平成27年4月8日受付)
(平成27年7月31日受理)

Advance Publication by J-STAGE
Published online 2015/9/2