

女子大学生の安静時代謝量に及ぼす 身体組成および身体活動の影響

The effect of body composition and physical activity
on resting metabolic rate of female college students

松島 佳子 高清ゆうみ

Yoshiko MATSUSHIMA Yumi TAKASE

東海学園大学 健康栄養学部 管理栄養学科

Department of Nutrition, Tokai Gakuen University

キーワード：安静時代謝量、基礎代謝量、身体組成、除脂肪体重

Key words : Resting metabolic rate, Basal metabolic rate, Body composition,
Lean body mass, Physical activity

要約

本研究の目的は、女子大学生の安静時代謝量および体格、身体組成を測定することにより、基礎代謝量に影響をおよぼす要因を明らかにすることである。被検者である女子大学生 81 名（19-20 歳）の体格および身体組成は、身長 157.3 ± 5.5 cm、体重 52.4 ± 6.3 kg、BMI 21.2 ± 2.4 、体脂肪率 $29.8 \pm 4.3\%$ 、除脂肪体重（LBM） 36.6 ± 3.2 kg であった。被検者の安静時代謝量（RMR）は $1,256 \pm 244$ kcal/日、RMR を基礎代謝量（BMR）の 1.2 倍として BMR を算出すると、BMR は $1,047 \pm 203$ kcal/日、 20.1 ± 3.7 kcal/kg 体重/日、 28.6 ± 4.9 kcal/kg LBM/日であった。RMR と体格、身体組成等の関係をみたところ、RMR は体重、BMI、体表面積、LBM、LBM/m、骨密度と有意な相関関係がみられ、中でも LBM との関係において最も強い相関がみられた。歩行数と RMR の間には相関関係はみられなかったことから、本研究の被検者である若年女性においては、歩行程度の低強度運動は RMR に影響を与えないと考えられた。RMR を増加させるためには、LBM を増加させることが必要で、LBM 増加の主要因となる骨格筋を増加させる高強度運動を行うことが重要であることが示唆された。

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of body composition and physical activity on resting metabolic rate(RMR) of female college students. The body composition and physical properties of the eighty one subjects in this study (19-20 yrs)

were as follows: height(ht), 157.3 ± 5.5 cm; body weight(BW), 52.4 ± 6.3 kg; BMI, 21.2 ± 2.4 ; %body fat mass, 29.8 ± 4.3 %; lean body mass(LBM), 36.6 ± 3.2 kg; and the RMR, $1,256 \pm 244$ kcal/day. When RMR was evaluated as 1.2 times the amount of the basal metabolic rate(BMR), the result that BMR was $1,047 \pm 203$ kcal/day, 20.1 ± 3.7 kcal/kg BW/day, 28.6 ± 4.9 kcal/kg LBM/day. RMR was significantly correlated with BW, BMI, the surface area of a body, LBM, LBM/m Ht, the bone density, and was especially strong correlated with LBM. The correlation was not found between RMR and the steps for one day. Therefore, we considered that low intensity activity like a walk, does not influence RMR on young women such as this study subjects. It was suggested that the increase in the LBM is necessary to make RMR increase. To make the increase in skeletal muscle which is the major factor of the increase in LBM, it is necessary to perform high intensity activity.

I. 諸言

消費エネルギー量に見合う適切なエネルギーを摂取することは、体重維持、健康増進のために重要である。「日本人の食事摂取基準 [2010年版]」(2010年)(Dietary Reference Intakes : DRI s [2010])によると体重変化がない健康な成人においては、エネルギー消費量はエネルギー必要量と等しいとされ、適正かつ有効な栄養管理や栄養教育を行うには、対象者のエネルギー消費量を知ることが重要である。Ravussinら(1989)やTataranniら(1995)によると、基礎代謝量(Basal Metabolic Rate : BMR)はエネルギー消費量全体の60~80%を占め、また活動時のエネルギー消費量はBMRの大きさに影響されることから、個人のエネルギー消費量を正確に把握するためには、BMRの正確な把握は重要といえる。

しかしながらBMRの測定は、12時間以上の絶食や測定前の身体活動の制限など、測定条件が厳しいことから実施することは容易ではなく、先行研究等で示されている推定式を用いて算出するのが現実的である。

BMRの推定式は、先行研究等により多くの種類が示されている。DRI s [2010]においては、年齢階級・性別の基礎代謝基準値(kcal/kg体重/日)が示されており、基礎代謝基準値に体重(kg)を乗じてBMRを算定する方法が採用されている。国際的に知られるHarris-Benedict(1991)やWHO(1985)の式は、体重だけでなく身長も推定式の要素として用いており、BMRに影響する体表面積を考慮している。またBMRが身体組成、特に除脂肪組織量(除脂肪体重、Lean Body Mass : LBM)に影響されることはCunninghamら(1991)、Lukeら(1992)など多くの先行研究にて報告されている。DRI s [2010]やHarris-Benedictの式のように体重や身長を基準値に乗じて算出する方法は簡便で栄養指導の現場では活用しやすいが、身体組成を考

慮していないため精度の面で疑問が残る。

近年報告された日本人を対象としたいくつかの先行研究でも、BMR に最も強く影響を及ぼす因子として LBM があげられており、BMR の推定に LBM を用いることの検討がなされている。若年女性を対象とした高橋ら (2008) の研究や、中高年男女スポーツ愛好者を対象とした薄井ら (2005) の研究、若年女性スポーツ選手を対象とした同目的の研究 (薄井ら、2005、田口ら、2010 および 2011) では、いずれも BMR に最も強く影響する要因として LBM が示され、LBM を用いた BMR 推定式の提示とその妥当性が検討されている。これらの先行研究では大きな見解の違いはみられないが、より適正な BMR を推定するためには報告例が十分とはいえず、対象を広げさらに BMR や身体組成の調査を行い検討する必要がある。

そこで本研究では、BMR に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的に、女子大学生を対象とし、安静時代謝量 (Resting Metabolic Rate : RMR) と体格や身体組成、日常の身体活動量等の身体的要因を測定し、RMR と身体的要因の関連の検討を行った。

II. 方法

1. 被検者

被検者は、大学の管理栄養士養成課程に在籍する女子 81 名 (19-20 歳) であった。

すべての測定は大学の授業の課題として行われ、測定にあたっては、前日から測定までの活動内容、食事状況については特に指示を与えなかった。また月経周期の調査は行わず、測定日が月経周期のいつにあたるかの把握はしなかった。

本研究は、東海学園大学「研究の倫理委員会」の承認を得て行った。被検者には、研究の目的、測定項目、研究の利益および不利益、データ管理や公表について説明を行い、書面による同意を得た。同意を得られた者に各測定データの提出を求めた。

2. 体格と身体組成の測定

身長はデジタル身長計 (DSN90、KDS 製) を、体重および体脂肪率は体組成計 (BC-118、タニタ製) を用いて測定した。体脂肪率はバイオインピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis : BIA 法) による測定であった。LBM は体重から体脂肪量を差し引いて算出した。また身長の影響を少なくし、除脂肪量の多さをあらかず値として身長 1m あたりの LBM を算出した (LBM/m)。体重に LBM が占める割合を LBM 率として、全体から体脂肪率を差し引いた値とした。

身長と体重から BMI (Body mass index) を算出した。体表面積 (Body surface area : BSA) は BMR に影響を及ぼす要因のひとつとされ (Nagamine ら、1964)、RMR と BSA の関係を明らかにするため、BSA を算出した。BSA の算出には $BSA = 0.007184 \times \text{体重 (kg)}^{0.425}$

×身長 (cm)^{0.725} (Nagamine ら、1964) を用いた。

3. 安静時代謝量の測定

BMR の測定にあたっては、12 時間以上の絶食、安静仰臥位、測定前の活動は極力避けるなど厳しい測定条件がある。本研究で実施可能な測定条件を鑑み、本研究の測定値を RMR とした。

RMR は、携帯用簡易熱量計 (メタヴァイン N またはメタヴァイン NV、共にヴァイン製) を用いて測定した。被検者は午前 10 時 40 分までに実験室に到着し、23-25℃の実験室内にて 1 時間以上の座位を保った後、RMR の測定を行った。1 時間の座位の間は、聴講および机上での筆記以外の活動はしなかった。その後、同じ室内の測定位置にゆっくりと移動し、3 分以上の座位安静状態を保った後、専用マスクを用いて 3 分間の呼気採取を行った。消費エネルギー量の算出は、携帯用簡易熱量計の測定モードに従った。すなわち、呼気を 50m 秒毎にサンプリングして得た 1 分間あたりの酸素濃度の平均値と、1 分あたりの呼気パルスの積算値による呼気量から酸素摂取量を算出し、摂取酸素 1L あたりのエネルギー消費量を 5kcal として算出した。携帯用簡易熱量計から得られた 1 分あたりのエネルギー消費量 (kcal/分) を RMR とし、1 日あたりの RMR は 1440 分を乗じて求めた。なお、RMR の測定は、最後の飲食から 2 時間以上経過したことを被検者に確認して行なった。

4. 骨密度測定

骨密度は超音波踵骨測定装置 (A-1000EXPRESS、GE Healthcare 製) を用いて、右脚の踵骨にて測定した。測定値の評価は測定装置のモードに従った。すなわち、超音波の通過速度と減衰率から算出した stiffness 値を、健康な 20 歳の日本人女性を対象として得られた平均値との比較として評価した (20 歳比較%)。

5. 身体活動量の測定

身体活動量については、加速度計付き歩数計 (Lifecorder EX、スズケン製、以下、加速度計) を用いてエネルギー消費量および歩行数を測定した。測定は、加速度計を腰部のベルトまたは衣服に装着し、4 月中旬から 5 月上旬の原則、平常時の週末 2 日を含む連続した 5 日間を測定期間とした。数名の被検者が加速度計を装着せず測定できなかった日があったが、その場合は、5 日間の測定期間の後、引き続き不足した日数の測定を行い、5 日間のデータを得た。

6. 統計処理

すべてのデータは平均値と標準偏差 (Mean±SD) で表した。本研究で得られたデータの統計処理は IBM SPSS Statistics Ver.20 (IBM) にて行った。RMR とその他の変数 (体重、BMI、

LBM 等) との関係においては、Pearson の単相関係数および回帰式を求めた。RMR に影響を及ぼす要因を明らかにするために、RMR を従属変数とし、変数間に有意な相関関係が認められない変数を説明変数として重回帰分析 (ステップワイズ法) を行い、RMR に対する説明変数の寄与率を求めた。すべての統計処理について、有意水準を 5%未満とした。

III. 結果

1. 身体的特徴

被検者の体格および身体組成を表 1 に示した。身長 157.3 ± 5.5 cm、体重 52.4 ± 6.3 kg、BMI 21.2 ± 2.4 、体脂肪率は $29.8 \pm 4.3\%$ 、体重と体脂肪率から算出した LBM は 36.6 ± 3.2 kg であった。骨密度は、stiffness 値 20 歳比較値として $103.8 \pm 18.4\%$ であった。また、被検者の加速度計による 1 日あたりのエネルギー消費量は $1,834 \pm 157$ kcal/日、1 日の歩行数は $9,922 \pm 157$ 歩/日であった。

表 1 被検者の身体的特徴と身体活動量、安静時代謝量

年齢	(歳)	19.1 ± 0.5	(19-20)
身長	(cm)	157.3 ± 5.5	
体重	(kg)	52.4 ± 6.3	
BMI	(kg/m ²)	21.2 ± 2.4	
BSA	(m ²)	1.51 ± 0.10	
体脂肪率	(%)	29.8 ± 4.3	
LBM	(kg)	36.6 ± 3.2	
	(kg LBM/m 身長)	23.2 ± 1.6	
LBM%	(%)	70.2 ± 4.3	
骨密度	(stiffness値 20歳比較%)	103.8 ± 18.4	
エネルギー消費量	(kcal/日)	1,834 ± 157	
歩行数	(歩)	9,922 ± 157	
RMR	(kcal/日)	1,256 ± 244	
	(kcal/kg 体重/日)	24.1 ± 4.4	
	(kcal/kg LBM/日)	34.3 ± 5.9	

n=81 平均値±標準偏差

BMI: Body mass index, BSA: 体表面積, LBM: 除脂肪体重, RMR: 安静時代謝量

2. 安静時代謝量

本研究の被検者の RMR を表 1 に示した。RMR は $1,256 \pm 244$ kcal/日、体重 1kg あたりの RMR は 24.1 ± 4.4 kcal/kg 体重/日であった。また LBM あたりの RMR は 34.3 ± 5.9 kcal/kg LBM/日であった。

図1に本研究被検者のRMRの分布を示した。RMRの分布は広く、その広がりは一あたり
のRMRは749-1,771kcal/日、体重あたりのRMRは15.8-34.7kcal/kg 体重/日となった。

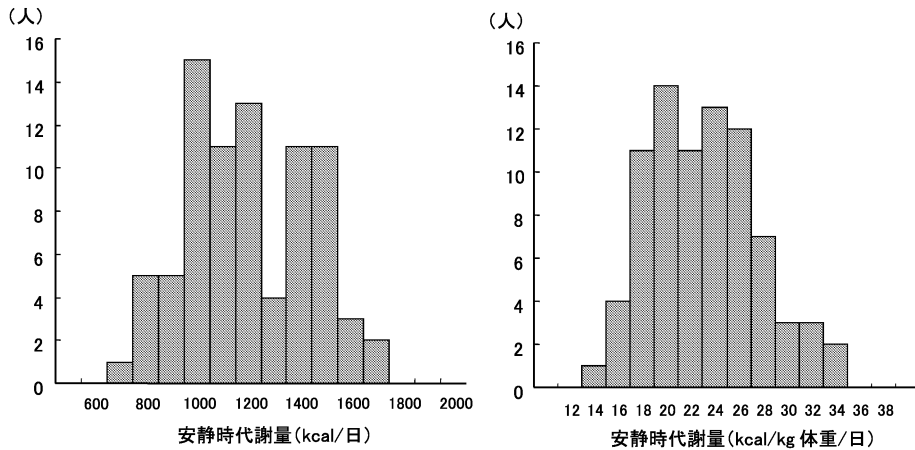


図1 安静時代謝量の分布

3. RMRの変動要因

1日あたりのRMRと体重、BMI、LBM等の相関関係の検討結果を表2に示した。RMRと
有意な正の相関がみられたのは体重(図2)、BMI、BSA、LBM(図3)、LBM/m(図4)、骨
密度であった。RMRと身長、体脂肪率、体脂肪量、LBM率の間には、有意な相関関係はみら
れなかった。

表2 1日あたりの安静代謝量と身体組成等の相関係数

身長	(cm)	0.177
体重	(kg)	0.431 **
BMI	(kg/m ²)	0.348 **
BSA	(m ²)	0.406 **
体脂肪率	(%)	0.132
LBM	(kg)	0.497 **
	(kg LBM/m 身長)	0.522 **
LBM率	(%)	-0.132
骨密度	(stiffness値 20歳比較%)	0.313 *
歩行数	(歩)	-0.076

n=81 平均値±標準偏差

BMI:Body mass index, BSA:体表面積, LBM:除脂肪体重,

** $p < 0.001$, * $p < 0.01$

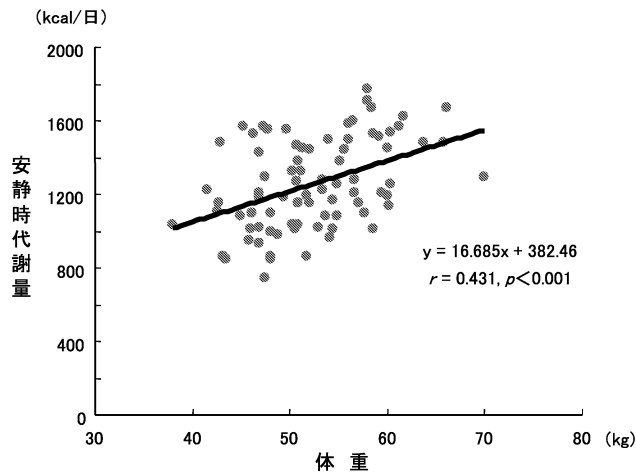


図2 体重と安静時代謝量との関係

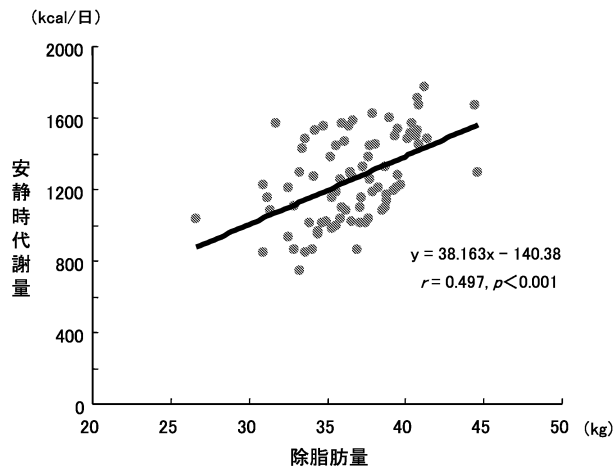


図3 除脂肪体重と安静時代謝量との関係

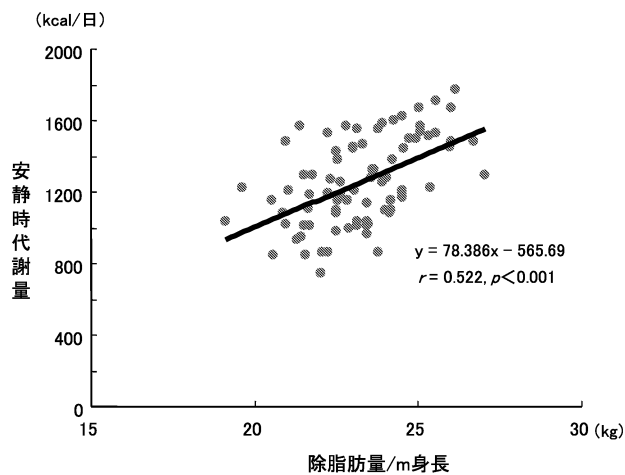


図4 身体1mあたり除脂肪体重と安静時代謝量との関係

次に RMR に影響を及ぼす因子を検討するために、RMR を従属変数としてステップワイズの重回帰分析を行った。説明変数は、変数間に有意な相関関係が認められなかった LBM、体脂肪量、身長、歩行数とした。検討の結果（表 3）、LBM だけが選択されたモデル、LBM と身長が選択されたモデル、LBM、身長、歩行数が選択されたモデルが選ばれた。本研究の被験者においては、RMR は LBM で 24.7% が説明できることが示された。また、LBM と体脂肪量の代わりに体重を説明変数とした場合、RMR に対する体重の寄与率は 18.5% であった。LBM の推定標準誤差は 213kcal/日、体重では 221kcal/日であった。

表 3 ステップワイズ重回帰分析によって得られた結果

変数	B	SEB	β	r	R ²
ステップ1					
LBM	38.143	7.491	0.498	0.497 **	0.247
ステップ2					
LBM	49.532	9.553	0.646	0.497**	0.247
身長	-10.432	5.562	-0.233	0.529 \triangle	0.280
ステップ3					
LBM	53.571	9.692	0.698	0.497**	0.247
身長	-13.234	5.707	-0.296	0.529	0.280
歩行数	-0.150	0.008	-0.176	0.555 \triangle	0.281

LBM: 除脂肪体重

B: 標準回帰係数, SEB: 回帰係数の標準誤差, β : 標準偏回帰係数

r : 相関係数, R²: 決定係数, \triangle R²: R²の増加量, **: $p < 0.001$

IV. 考察

本研究の被検者は、専門的なスポーツ活動や日常的に高い身体活動レベルの活動を行っていない一般の女子大学生であった。平成 20 年度国民健康・栄養調査報告の同年代（20 歳）女性の値と比較しても、身長、体重（被検者：身長 157.3±5.5cm、体重 52.4±6.3kg、同報告書：157.4±6.6cm、51.5±14.4kg）ともに有意な差はなかった（対応のない t-test）。体脂肪率は 29.8±4.3% とやや高い値であったが、BMI は 21.2±2.4kg/m²、骨密度は 20 歳比較値で 103.4±18.4% であり、本研究の被検者は健康な集団であることがわかった。また、被検者の 1 日の歩行数は 9,922±157 歩/日で、前述報告書における 20-29 歳の女性の歩行数（6,720±3,500 歩/日）と有意な差はなく、活動面においても健康的な生活を行う集団であることがわかった。

本研究において、被検者である女子大学生の RMR は 1,256±244kcal/日であった（表 1、図 1）。RMR は測定条件によって BMR の 1.1-1.2 倍とされ、食事や活動の制限なし、安静座位で

測定という本研究の測定条件では、BMR の 1.2 倍と考えるのが妥当である。本研究の測定 RMR を 1.2 で除した値を BMR と考えると、1 日あたりの BMR は $1,047 \pm 203$ kcal/日、体重 1 kgあたりの値にすると 20.1 ± 3.7 kcal/kg 体重/日となった。この値は、DRI s [2010] の同年齢区分（18-29 歳）女性の値（22.1 kcal/kg 体重/日）と比較すると低い値であった。

BMR の個人差の大きさを考察するために、身体活動レベルと体重を一定にし、本研究の被検者の RMR から算出した BMR (kcal/kg 体重/日) から推定エネルギー必要量を算出した。すなわち、DRI s [2010] に示される身体活動レベル II（ふつう）の 1.75 と被検者の平均体重の 52.4 kg を、本研究 BMR (kcal/kg 体重/日) に乗じて推定エネルギー必要量を算出すると、1,504 -2,182 kcal/日となった。その差は 678 kcal/日で、大きな差となった。本研究の RMR 測定に際しては月経周期を考慮しなかった。女性では月経周期の黄体期はエネルギー代謝が亢進するため（Webb ら、1986、Bisdee ら、1989）、BMR の測定は黄体期を避けて行うことが多い。測定にあたって月経周期の把握と測定日の調整をしなかったことは、本研究の BMR のばらつきが大きかった一因と考えられる。しかし、Webb ら（1986）によれば黄体期と卵胞期のエネルギー消費量の差はおおよそ 8-16%、Bisdee ら（1989）によれば睡眠時代謝量で 6.1% の差があると報告しているので、それらの値を考慮しても本研究被検者の BMR および RMR の個人差は大きいとみられる。

本研究における RMR の個人差が大きいというこの結果は、体重に基準値を乗じて算出する BMR の推定式はあくまでも簡易的に使用するものであり、厳密な栄養管理を行なうには、BMR の実測を行う必要があることを示している。しかしながら、BMR および RMR の実測は測定にかかる負担を考えると現実的ではない。そこで、BMR の大きな個人差はどのような要因によって生じるのかを明らかにすることが重要になる。

個人によって BMR に大きな差がみられることは多くの先行研究（Cunningham ら、1991、Luke ら、1992、薄井ら、2005、高橋ら、2007）により示され、特に身体組成により BMR は大きく影響を受けることが報告されている。そこで本研究被検者について、RMR に影響を及ぼす要因を検討すると、RMR は体重、BMI、BSA、LBM、LBM/m、骨密度と有意な正の相関が認められ（表 2、図 2、3、4）、中でも LBM および LBM/m は RMR との間には高い相関関係（ $r = 0.497, 0.522$ 、共に $p < 0.001$ ）があり、RMR に強い影響を及ぼす要因となることが示唆された。

BMR は主に LBM が生命維持のために代謝するエネルギー量であり、Elisa（1992）の報告によると、心臓の BMR は 440 kcal/kg 組織重量/日、筋肉でも 13 kcal/kg 組織重量/日であるのに対し、脂肪組織の BMR はわずか 4.5 kcal/kg 組織重量/日と BMR に寄与する割合はきわめて少ない。本研究においても体脂肪率、体脂肪量は RMR と相関がみられず、脂肪組織が要素に含まれる体重、BMI、BSA は、有意な相関がみられたものの、LBM の相関係数より小さい値が示された。LBM は身長に影響を受けるため、身長の影響を小さくし、LBM の多さをあらわ

す値として身長1 mあたりのLBM (LBM/m) を本研究の結果から算出したところ 23.2 ± 1.6 kg LBM/m となった。一般人においては、LBMの中でも心臓や腎臓など内臓等の重量に過大な個人差は考えにくいいため、LBM (kg/m) の差は骨格筋量の差をより反映することになる。女子大学生を対象とした本研究の結果では、RMR と LBM (kg/m) に最も強い相関関係 ($r = 0.522$, $p < 0.001$) が認められ、LBM (m/kg) が最もよく RMR をあらわす結果となり、骨格筋量の多さが高い RMR をもつ要因となることが示唆された。

RMR を従属変数としたステップワイズの重回帰分析の結果からは (表3)、選ばれたモデルすべてにLBMが含まれ、LBMがRMRを決める大きな要因となることが明らかになった。本研究の被検者においては、LBMでRMRの24.7%が説明できることが示され、この結果は、高橋ら(2007)の報告に示されたBMRに対するLBMの寄与率(43%)より低い値を示したものの、同様にRMRに最も強く影響を及ぼすのがLBMであることが明らかとなった。本研究において、体重をLBM、体脂肪量の代わりに説明変数とした同検定の結果では、RMRに対する体重の寄与率は18.5%で、LBMのRMR寄与率24.7%に比べ低い値が示され、体重はLBMほどよくRMRを説明できないことがわかった。

高橋ら(2008)は、若年女性を対象に、日常のトレーニングの有無によってBMRに差があるかを検討している。体重あたりのBMRはトレーニング習慣がある群(運動群)でトレーニング習慣がない群(非運動群)に比べ有意に高い値 (22.3 ± 2.1 kcal/kg 体重/日、 21.1 ± 1.8 kcal/kg 体重/日、 $p < 0.01$) を示したが、LBMあたりのBMRに換算すると、共に 27.8 kcal/kg LBM/日 (標準偏差は 2.5 kcal/kg LBM/日および 2.0 kcal/kg LBM/日) で差はみられなかったことを報告している。国立スポーツ科学センター (Japan Institute of Sports Sciences : JISS) で行われた研究では (小清水ら、2005)、スポーツ選手のBMRの推定方法として、LBMあたりのBMRとして 28.5 kcal が示されている。この値はスポーツ選手のBMRの実測値ではなく、「日本人の食事摂取基準 [2005年版]」(2005) (Dietary Reference Intakes : DRI s [2005]) に示されている基礎代謝基準値 (18-29歳) と日本人の一般的な体格を参考に算出されたもので、スポーツ選手のBMRの推定式として $BMR(\text{kcal/日}) = 28.5(\text{kcal/kg LBM/日}) \times LBM(\text{kg})$ が提案されている。高橋ら(2008)は、日常的にトレーニングを行っていない若年女性とスポーツ選手 (小清水ら、2005) のBMR (kcal/kg LBM/日) を比較し、スポーツ選手のBMR (kcal/kg LBM/日) は運動習慣のない若年女性よりやや高く推定されているものの、両者に統計的に有意な差はなく、また非常に強い正の相関関係が認められたことから、LBMあたりのBMRであらわしたスポーツ選手のBMR推定式は、運動習慣のない健康な若年女性のBMRの推定にも適用が可能であると考察している。高橋らの他の研究(2007)では、若年女性のLBMあたりのBMRは 28.4 ± 2.3 kcal/kg LBM/日であったことを示している。柳谷ら(2009)もスポーツ選手を対象にBMRと身体組成の関係を検討しており、体重よりもLBMあたりの推定方

法の方がよく BMR を推定し、その値は $28.2 \pm 0.5 \text{ kcal/kg LBM/日}$ であったことを報告している。本研究の被検者である女子大学生の推定 BMR (kcal/kg LBM/日) は $28.6 \pm 4.9 \text{ kcal/kg LBM/日}$ で、前述の高橋ら (2007、2008)、小清水ら (2005)、柳谷ら (2009) の示した LBM あたりの BMR に近い値を示した。本研究では BMR を実測していないこと、また RMR の測定に CO_2 の排出量が加味されていないことから、本研究の RMR 測定および BMR 推定の精度は低いことを考慮しなければならないが、本研究の結果からも、BMR の算出には、対象者の運動習慣の有無に関係なく、体重よりも LBM を主要因とした推定式が適しており、先行研究が示した LBM あたりの BMR は、活用が期待できる値であることが示唆された。

近年、BIA 法による身体組成測定器 (体脂肪計) は広く普及してきており、体脂肪率を測定することは困難ではなくなってきた。LBM は BMR に強く影響を及ぼす要因であるとした前述先行研究では、身体組成測定には、測定精度が高いとされる二重エネルギー X 線吸収法 (Dual Energy X-ray Absorptiometry : DXA 法) ないしは空気置換法による密度法 (air-displacement plethysmography : AP 法) を用いており、本研究で使用し最も測定器が普及している BIA 法ではない。BIA 法は、測定部位の体水分量に影響され、DXA 法や AP 法ほどの測定精度はない。しかし Biggi ら (1999) によると、BIA 法と DXA 法、AP 法による体脂肪率に統計的に有意な差はなく、非常に強い相関関係があるとしている。今後は BIA 法と他の方法による LBM と実測した BMR の関係を詳細に調べ、最も普及している BIA 法による LBM を BMR 推定に用いるべく検討が望まれる。

今後、LBM あたりの BMR 推定式が確立されれば、スポーツ選手や肥満者など厳密なエネルギー管理が必要な対象者の場合には、身体組成の測定を行い、LBM を用いた BMR 推定式により消費エネルギー量を推定することでより適正で有効な栄養管理や食事指導を行うことができる。現状、日本人を対象として BMR と身体組成の関係を検討した研究は少ないことから、年齢、性別、身体活動強度の異なる者を対象に広く検討し、LBM を用いた BMR の推定式を考案していくことが重要と考えられる。

本研究結果からは、RMR と身体活動との関連も明らかになった。BMR は LBM に影響され、身長が同じであれば LBM の差は主に骨格筋量による。すなわち高い BMR を持つためには骨格筋量を多く持つことが必要である。骨格筋は強度の高い運動によって増加するため、高強度の活動を日常生活でより多く行うことが BMR を高く持つためには必要である。本研究被検者においても、身長あたりの LBM が多いほど RMR が高い傾向がみられたが、歩行数と RMR には相関関係はみられなかった。また被検者の LBM と骨密度には有意な相関がみられた ($r=0.384$ 、 $p<0.01$) が、骨密度と歩行数には相関はみられなかった ($r=0.083$ 、 $n.s.$)。これらのことから、本研究の対象者である若年の女性においては、歩行程度の低強度運動の増加では BMR を増加させる要因にはならないが、骨密度を増加させる高強度運動を現在あるいは過去から行っている者

はLBMが高く、大きなRMRをもつことが推察された。日常的な高強度運動の実施が骨密度やBMRを増加させることが示唆され、このことは生涯にわたっての健康維持を考えると非常に重要といえる。

V. まとめ

本研究は、女子大学生のRMRに影響を及ぼす要因を検討することを目的に行われた。

RMRは、体重、BMI、BSA、LBMと有意な正の相関を示し、中でもLBMが最も強い正の相関を示した。ステップワイズの重回帰分析を行ったところ、LBMのRMRに対する寄与率は24.7%と先行研究に比べて高い値ではなかったが、LBMがRMRを決める最も強い要因となることがわかった。本研究で測定したRMRから算出したBMRは 28.6 ± 4.9 kcal/kg LBM/日で、これは先行研究の結果とほぼ同じ結果であった。これらのことから、推定エネルギー必要量の算出のためのBMRを推定する場合、現在汎用される体重のみあるいは身長も加えたBMR推定式よりも、LBMを用いた推定式の方が、より正確なBMRが推定できると考えられた。

RMRへの身体活動量の影響としては、RMRと歩行数の間には相関関係が認められなかったことから、歩行程度の低強度運動ではBMRを増加できない可能性が示唆された。

引用文献

- Biaggi RR, Vollman MW, Nies MA, Brener CE, Flakoll PJ, Levenhagen DK, Sun M, Karabulut Z, Chen KY, 1999, Comparison of air-displacement plethysmography with hydrostatic weighing and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 69: 898-903
- Cunningham JJ, 1991, Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr* 54: 963-9
- Elisa M, Organ and tissue to metabolic rate, 1992, IN Kinney JM, Tucker HK eds. *Metabolism tissue determinants and cellular corollaries*, Ravan Press, pp61-79
- Harris JA, Benedict FG, 1918, A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA* 4: 370-3
- 厚生労働省策定, 日本人の食事摂取基準 [2010年版], 2010, 第一出版, pp43-61
- 厚生労働省策定, 日本人の食事摂取基準 [2005年版], 2005, 第一出版, pp28-38
- 厚生労働省, 2011, 平成20年度国民健康・栄養調査報告, pp184, 236
- 小清水孝子, 柳沢香絵, 樋口満, 2005, スポーツ選手の推定エネルギー必要量, *トレーニング科学* 17: 245-250
- Luke A, Schoeller DA, 1992, Basal metabolic rate, fat-free mass, and body cell mass during energy restriction. *Metabolism* 41: 450-6. Review.
- 高橋恵理, 薄井澄誉子, 田畑泉, 樋口満, 2008, 若年女性の基礎代謝量は除脂肪量から簡便に高い精度で推定できる, *トレーニング科学*, 20: 25-31

- 高橋恵理, 樋口満, 細川優, 田畑泉, 2007, 若年成人女性の基礎代謝量と身体組成, 栄養学雑誌, 65: 241-7
- Nagamine S, Suzuki S, 1964, Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Hum Biol* 36: 8-15
- Ravussin E, Bogardus C, 1989. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am J Clin Nutr* 49: 968-75. Review
- 田口素子, 高田和子, 大内志織, 樋口満, 2011, 除脂肪量を用いた女性競技者の基礎代謝量推定式の妥当性, 体力科学 60: 423-32
- 田口素子, 辰田和佳子, 樋口満, 2010, 競技特性の異なる女子スポーツ選手の安静時代謝量, 栄養学雑誌 68: 289-97
- Tataranni PA, Ravussin E, 1995. Variability in metabolic rate: biological sites of regulation. *Int J Obes Relat Metab Disord* 19: S102-6. Review
- 薄井澄誉子, 金子香織, 岡純, 田畑泉, 樋口満, 2005, 中高年男女スポーツ愛好者の身体組成と基礎代謝量, 栄養学雑誌 63: 21-5
- Webb P, 1986, 24-hour energy expenditure and the menstrual cycle. *Am J Clin Nutr*. 44: 614-9
- World Health Organization, 1985, Energy and Protein Requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Technical Report Series 724
- 柳谷怜兵, 高橋弘彦, 藤井久雄, 2009, スポーツ選手の基礎代謝量の変動要因に関する検討, 仙台大学紀要 41: 45-56