

平成 28 年度 学位論文

「肥満者のためのエネルギー消費量の
簡便な算出法」の開発

東京家政大学大学院
人間生活学総合研究科
人間生活学専攻

朝倉 比都美

指導教員 市丸 雄平 教授

論文概要書

「肥満者のためのエネルギー消費量の簡便な算出法」の開発

栄養管理は、疾病予防のみならず疾病治療の一つである。栄養管理を実施するうえで、個々の患者に合わせたエネルギー必要量を決定することは、極めて重要なことである。日本人のエネルギー必要量は、厚生労働省策定による食事摂取基準を参考にすることが多い。対象は、「歩行や家事などの身体活動を行なっているものであり、著しく体格が外れていない」とされている。体格指数 (BMI: body mass Index) が 30 kg/m^2 以内であれば日本人の基礎代謝基準値に体重を乗じて基礎エネルギー消費量 (BEE: basal energy expenditure) を推定することが出来る。しかし、肥満者でこの基準値を用いると実際の BEE よりも高値になること (過大評価) が知られているが、肥満者に対する基準となる方法論はない。医療機関では、ハリス-ベネディクト (HB: HARRIS-BENEDICT) の計算式にストレス係数 (SF: stress factor) と身体活動量の活動係数 (AF: activity factor) を乗じて BEE を算出していることが多い。しかし、HB の計算式で求めた基礎エネルギー消費量 (HB-BEE) でも全体的に過大評価の傾向にあると言われている。BEE は間接熱量計で測定可能である。しかし、間接熱量計は高価であり操作も難しい。除脂肪量から BEE を測定する方法もあるが、除脂肪量を求める体組成計もまた高価であり一般的ではない。臨床の現場で迅速で正確、かつ簡便な BEE の算出方法の確立は急務である。特に、日本人の食事摂取基準で対象外とされる肥満者の BEE の算

出方法は臨床上熱望されるところである。そこで、2種類の間接熱量計により BEE を測定して、HB の計算値と除脂肪量の推定値を比較し、正確な BEE が推測可能か検討した。肥満者においても正確に BEE を求めることが出来るか、次の3つの対象グループで検討した。

第1章

測定方法の違いによる成人女性のエネルギー必要量の検討

目的：HB の計算値と除脂肪量の推定値から正確な BEE が推測可能か検討する

対象と方法：①呼吸商 RQ の測定可能な間接熱量計 (V-REE) ② RQ が測定不可能な間接熱量計 (FIT-REE) ③体脂肪計を用いた推定値 (Inb-REE) ④現体重の HB の式からの推定値 (HB-BEE) を比較し、正確で簡便なエネルギー消費量の推定が可能か検討した。測定が食後5時間前後であるため熱量計での実測値は REE (resting energy expenditure) とした。さらに、体脂肪率で A 群：25%未満、B 群：25%以上35%未満、C 群：35%以上の3群に分類し検討した。対象者は、年齢22~68歳の健康で働いている27名。平均 BMI は $21.5 \pm 3.7 \text{ kg/m}^2$ であった。

結果：① V-REE: 1185.8 ± 18.5 ② FIT-REE: 1180.5 ± 203.7 ③ Inb-REE: 1181.6 ± 75.9 ④: $1212.6 \pm 137.1 \text{ kcal}$ で有意な差を認められなかった。体脂肪率別でも、測定方法の違いによる有意な差は認められなかった。体脂肪率別25%未満のグループで V-REE

と HB-BEE に相関を認めた ($p < 0.05$ 、 $r = 0.615$) が回帰式の決定係数は $R^2 = 0.381$ と低かった。

考察：全体では HB-BEE から REE は推定できなかった。肥満のない女性の REE を求めるのは機器の投資を必要としない計算式で十分であり、肥満者の REE は簡易な間接熱量計の使用が有効である。推定値を使用する際は注意が必要なことが示唆された。

第 2 章

成人肥満男性におけるエネルギー必要量の検討

目的：エネルギーの必要量と消費量が均衡を保っていれば肥満や痩せは生じないはずである。肥満者の BEE を正確に求めることが出来れば効率的な減量指導が行えるものと考えた。さらに、体脂肪が BEE に与える影響について検討した。

対象と方法：測定法は前述の②③④。対象者の年齢は 25～64 歳で就業可能な 30 名。平均 BMI は $27.9 \pm 4.7 \text{ kg/m}^2$ 。体脂肪率は A 群：30%未満、B 群：30%以上で 2 群にした。

結果：② $1880 \pm 271.6 \text{ kcal}$ ③ $1637.8 \pm 191.9 \text{ kcal}$ ④ $1780.1 \pm 255.5 \text{ kcal}$ で③と他に有意な差を認めた。相関分析では② FIT-REE と③④に相関を認めた。体脂肪率別では 30%未満は測定方法による差を認めず② FIT-REE と他の推定値は強く相関した。30%以上は相関しなかった。

考察：男性で体脂肪率が 30%未満では、HB-BEE に 1.05 から 1.1 を乗ずると REE を求めることができるが 30%以上の推定は困難であった。 $y = 876.5 + 0.564 \times \text{HB-BEE}$ ($p = 0.108$ 、 $R^2 = 0.218$)。男

性は筋肉量の個人差が大きいため、体脂肪率からの推定は困難であった。簡易式の間接熱量計の使用が有効である。

第 3 章

低 ADL 肥満者のエネルギー必要量の検討

目的：低 ADL 肥満者の栄養管理は、褥瘡予防、生活習慣病予防のほか介護者の負担軽減にも重要である。低 ADL 肥満者のエネルギーの基準はなく、BEE についても多くの報告はない。体脂肪計と HB の式から REE を推定可能か検討した。

対象と方法：年齢 23～74 歳の身体活動が自立できない肥満・肥満傾向の 20 名（男性 12 名、女性 8 名）。平均 BMI は $32.2 \pm 10.0 \text{ kg/m}^2$ 、体脂肪率 $41.8 \pm 10.2\%$ であった。残存する運動能力で A 群：バーセルインデック（barthel Index：BI）20 点以下と B 群：BI21 点以上の 2 群にわけて検討した。計測法①、③、④を比較した。

結果：① V-REE は A 群 $997.4 \pm 188.0 \text{ kcal}$ 、B 群 $1455.3 \pm 350.0 \text{ kcal}$ で有意な差を認めた。両群とも、REE は④ HB-BEE より低値を示し、その割合（V-REE/HB-BEE）は A 群で 72.7%、B 群で 86.8% であった。A 群では、体脂肪率と V-REE/HB-BEE が負に相関し（ $p < 0.05$ 、 $r = -0.477$ ）、回帰式 $V\text{-REE}/\text{HB-BEE} = -1.7637 \times \text{体脂肪率} + 143.39$ を得た（ $p < 0.05$ 、 $R^2 = 0.862$ ）。B 群は④ HB-BEE に有意に相関した（ $p < 0.01$ 、 $r = 0.853$ ）。

考察：HB-BEE に対する両群の補正係数を作成した。A 群は体脂肪率が 35% で 0.82、40% で 0.73、50% で 0.55、B 群では 0.85～

0.90 を乗ずると REE を求めることができる。ただし症例数が少なく今後確認作業が必要であるが、HB-BEE から低 ADL 肥満者の REE を計算できる可能性が示唆された。

総括

日本人の食事摂取基準の対象外をされる肥満者と身体活動の低い人たちのエネルギー消費量を間接熱量計を使用せずに求めることはできないか検討した。特に、医療機関で用いられるハリス-ベネディクト (HB-BEE) の計算式に体脂肪率による補正を加えることで、適正なエネルギー必要量を簡便に推定する方法の開発を試みた。通常身体活動が可能な肥満者の正確な推定は困難であった。エネルギー必要量は除脂肪量にも相関するが、本研究では除脂肪量から肥満者の REE は推測できなかった。除脂肪量は個人差が大きく体脂肪率の増加と除脂肪量の減少は必ずしも一致しないためと思われた。一方、身体活動の低い (低 ADL) の肥満者は、座位が可能である B 群では HB-BEE の補正值、座位が不可能な A 群では体脂肪率に合わせて補正值を求めることが可能であった。ただし症例数が少なく今後確認作業が必要である。

Development of a simple calculation method

with Resting Energy Expenditure for an overweight person

Nutritional administration is a part of disease treatments as well as disease preventions. To determine amount of energy requirement for each patient is extremely important when we perform a nutritional administration. “Dietary Reference Intake for Japanese” specialized by the Ministry of Health, Labour and Welfare is generally used as a reference to calculate energy requirement. It defines applicable population as “healthy individuals those who perform activities of daily living including walking and housekeeping additionally they are not extremely out of reference body size. Basal Energy Expenditure (BEE) can be estimated by multiplying “Japan Basal Metabolism Standard” by subject’s weight, provided that their Body Mass Index (BMI) is 30kg/m^2 or less. This standard is considered to lead higher value than actual one, means overestimation, for overweight person what is more there is no standard applied for obesity. At medical care institution, BEE is often calculated by multiplying the Harris-Benedict equation by Stress Factor (SF) and Activity Factor (AF), still BEE calculated using HB equation (HB-BEE) is also considered to have a tendency overestimate. BEE can be measured by Indirect Calorimetry, however, Indirect

Calorimetry is expensive and difficult to use. There is alternative method that is calculate BEE with lean body mass yet body composition meter which measures lean body mass is also expensive and not popular. To establish the method to calculate energy consumption, simpler, faster and more accurately is urgent need at clinical practice. Especially, calculating method of BEE for overweight person who are not applicable to “Dietary Reference Intake for Japanese” is significantly required in clinical approach. In this study we examined whether accurate BEE is estimated including obese subjects through measuring BEE value with 2 kinds of Indirect Calorimetry accompanied by comparing HB calculated value and estimated value of lean body mass for 3 subject groups as follows:

Chapter 1

Examination of energy expenditure of adult women with different measuring method

Purpose: Examine whether accurate BEE is estimated by calculated value of HB equation and estimated lean body mass

Method and Subjects: Compared estimation value of 1) indirect calorimetry capable of measuring respiratory quotient (V-REE), 2) indirect calorimetry incapable of measuring (FIT-REE), 3) body fat meter (Inb-REE), and 4) HB equation of present weight (HB-BEE) in order to examine whether accurate energy consumption value is estimated by simpler method. Resting Energy Expenditure (REE) was

used as actual measurement value since measurement was performed at around 5hrs after meals. Furthermore, we divided subjects into 3 groups by their body fat rate, Group A: less than 25%, Group B: 25%-35%, Group C: more than 35%. Subjects consisted of 27 healthy working women, ranging in age from 22years to 68 years with a mean of BMI was $21.5 \pm 3.7 \text{ kg/m}^2$.

Result: Energy expenditures measured by four methods were as follows; 1) V-REE: 1185.8 ± 18.5 , 2) FIT-REE: 1180.5 ± 203.7 , 3) Inb-REE: 1181.6 ± 75.9 , and 4) HB-BEE: 1212.6 ± 137.1 kcal. With this result, we found that there was no significant difference by measuring method as well as comparison of body fat rate difference. While we found significant correlation between V-REE and HB-BEE ($p < 0.05, r = 0.615$) in Group A, although coefficient of determination of regression equation was low ($R^2 = 0.381$).

Discussion: With this result, REE could be generally estimated by HB-BEE. It, however, suggested that the formula is useful enough to estimate REE of average weight women that do not require additional machinery equipment and simple indirect calorimetry is effective to estimate REE of obese person still it requires carefulness in adopting estimated value.

Chapter 2

Examination of energy expenditures of adult overweight men

Purpose: Both obesity and thinness can be prevented if energy balance, requirement and consumption, is kept the equilibrium. In order to provide effective weight reduction guidance, we considered that to calculate REE of obesity accurately is necessary.

Method and subjects: Method was same as noted above 2), 3) and 4). Subjects consisted of 30 healthy working men, ranging in age from 25years to 64 years with a mean of BMI was $27.9 \pm 4.7 \text{ kg/m}^2$. Subjects were divided by body fat rate into 2 groups as follows: Group A: less than 30%, Group B: 30% and more.

Result: The energy consumption measured method 2) was 1180 ± 271.6 kcal/day, method 3) was 1637.8 ± 191.9 kcal/day, and method 4) was 1780.1 ± 255.5 kcal/day respectively. We found significant difference between method 3) and others while correlation with method 2):FIT-REE, 3), and method 4) were identified. HE-BEE and FIT-REE showed high correlation ($p < 0.01$, $r = 0.779$). Regarding comparison by body fat rate, Group A (less than 30%), showed no difference by measuring method difference although method 2):FIT-REE and other estimation values were high correlated.

Discussion: REE of man whose body fat rate is less than 30% can be calculated by multiplying HB-BEE by 1.05-1.0, but man with over 30% of body fat rate, $y = 876.5 + 0.564 \times \text{HB-BEE}$ ($p = 0.108$, $R^2 = 0.218$), the estimation of REE by body fat rate is difficult since the muscle mass depend on the individual. With this result we found that simple indirect calorimetry is effective.

Chapter 3

Examination of energy expenditure of person with obese and low activities of daily life

Purpose: Nutritional administration for overweight person who lose independence in Activities of Daily Living (ADL) is important as it prevent bed sore and progression of life-style related disease what is more it allows reducing a burden of caring person. There is no energy requirement standard for overweight person with low ADL and quite a few studies reported concerning BEE. In this study, we examined whether REE able to be estimated by combination of the amount of body fat and HB equation.

Method and Subject: Subjects consisted of 20 obese/obese tendencies, male:12 and female:8, ranging in age from 23 years to 74 years who lost independence of daily activity, with a mean of BMI was $32.2 \pm 10.0 \text{ kg/m}^2$, and a mean of body fat rate was $41.8 \pm 10.2\%$. Subjects were divided into 2 groups by ability to move: Group A: Barthel index (BI) was 20 point and less, Group B: BI was 21 and more. Comparison studies were carried by measuring method said 1), 3), and 4).

Result: 1) V-REE indicated significant difference: Group A: $997.4 \pm 188.0 \text{ kcal}$ and Group B: 1455.3 ± 350.0 . Both group indicated lower REE value than HB-BEE and percentages of V-REE/HB-BEE were 72.7% in group A and 86.8% in group B. The body fat rate of group A had negative correlation with V-REE/HB-BEE ($p < 0.05$,

$r=-0.477$) and resulted in $V\text{-REE}/\text{HB-BEE}=-1.7637 \times \text{body fat rate} + 143.39$. The value of group B had significant correlation with 4)HB-BEE. ($p<0.01$, $r=0.853$).

Discussion: We created the coefficient of HB-BEE for both group that able to calculate REE by multiplying: group A: 0.82 for body fat rate is 35%, 0.73 for 40% and 0.55 for 50% and group B: 0.85-0.90. This result suggested that it is possible to calculate REE of the low ADL obese subject using HB-BEE. In this study, still further examination by adding more subjects are needed.

平成 28 年度 学位論文

「肥満者のためのエネルギー消費量の
簡便な算出法」の開発

東京家政大学大学院
人間生活学総合研究科
人間生活学専攻

朝倉 比都美

指導教員 市丸 雄平 教授

目次

序章	1
第 1 章 測定方法の違いによる成人女性のエネルギー必要量の検討	
1. 目的	6
2. 方法	6
3. 結果	10
4. 考察	14
5. 小括	17
第 2 章 成人肥満男性におけるエネルギー必要量の検討	
1. 目的	20
2. 方法	21
3. 結果	22
4. 考察	29
5. 小括	32
第 3 章 低 ADL 肥満者の至適エネルギー投与量の検討	
1. 目的	33
2. 方法	34
3. 結果	35
4. 考察	41
5. 小括	46
総括	48
文献	49
図と表	1 から 16
謝辞	51

序章

栄養管理は、疾病予防のみならず疾病治療の一つである。栄養管理を実施するうえで、個々の患者に合わせたエネルギー必要量を決定することは極めて重要なことである。一般的に日本人のエネルギー必要量は、厚生労働省策定による食事摂取基準を参考にすることが多い。食事摂取基準では、エネルギー必要量は、「ある身長・体重と体組成の個人が長期間に良好な健康状態を維持する身体活動レベルの時、エネルギー消費量との均衡が取れるエネルギー摂取量」と定義されている¹⁾。エネルギー必要量は、性・年齢・体重・身長、身体活動レベルさらに環境因子などで構成される。一般にエネルギー消費量と身体活動量の積がエネルギー必要量として用いられる。「日本人の食事摂取基準 2015 年版」においては、「健康な個人や集団だけでなく、自立した日常生活を営んでいれば高血圧や脂質異常、高血糖、腎臓機能低下のリスクを有する人々も対象とされた。その対象は、歩行や家事などの身体活動を行なっているものであり、著しく体格が外れていないとされている」²⁾。体格指数(BMI: body mass Index)が 30 kg/m^2 以内であれば日本人の基礎代謝基準値に体重を乗じて基礎エネルギー消費量(BEE: basal energy expenditure)を推定することが出来る。しかし、肥満者でこの基準値を用いるとエネルギー消費量を上回るエネルギー量が供給されることになり、その推定値は

過大評価とみなされる³⁾。この過大評価は肥満者のための基準がないことから、理想体重に 25 から 30 kcal の係数を積算することにより算出されることにも起因する。各種疾患の場合は、各学会からのガイドラインを参考に、エネルギー必要量を決定し栄養管理が実行される。医療機関の多くは各学会のガイドラインを参考に栄養管理の基本体制を整備し、個々の患者に対する栄養管理ではハリス-ベネディクト (HB:Harris-Benedict)⁴⁾ の計算式に基礎代謝の亢進あるいは低下に応じたストレス係数 (SF:stress factor) と身体活動量の活動係数 (AF:activity factor) を乗じて、エネルギー必要量を算出されることが多い。しかし、HB の計算式で求めたエネルギー消費量 (HB-BEE) は全体的に過大評価の傾向にある (特に全年齢階級の女性と 20~49 歳の男性で著しい) と言われている⁵⁾。

このために、エネルギー消費量は推定値ではなく、実際に測定することが理論的には最良の方法である。個人を対象としたエネルギー消費量は、生体の放熱量により水の温度が上昇することを利用して計測する直接熱量測定法と呼気ガス分析により消費熱量を算出する間接熱量測定法がある。直接熱量測定法では正確な測定ができるが特別な施設が必要とされ一般の医療機関では導入はむづかしい。一方、間接熱量測定法では、酸素消費量 (VO₂) と二酸化炭素量 (VCO₂) からエネルギー消費量を算出す

る。しかし、間接熱量計は高価であり操作も難しい⁶⁾。また、別の測定方法としては、エネルギー消費量は体重よりも除脂肪量に強く相関する⁷⁾ことから除脂肪量を考慮した測定法もある。体組成計で除脂肪量を求め算出するが、体組成計もまた高価であり一般的ではない。しかし、汎用している体脂肪計の代用は可能である。これらの方法により、基礎代謝量あるいは、安静時代謝量を測定することは可能である。

次に、1日のエネルギー必要量を考える場合には、間接熱量計で安静時エネルギー消費量を測定し、生活活動調査あるいは加速度計などで活動量 (Activity Factor) を測定することにより1日のエネルギー消費量を算定することが理論的である。しかし、すべての対象者に対して実際に実施することは困難である。各種臨床あるいは在宅における対象者の栄養管理の第1歩であるエネルギー必要量を迅速で効果的に行うためには、簡便でかつ正確なエネルギー消費量の算出方法の確立は急務である。特に、食事摂取基準で対象外とされる肥満者のエネルギー消費量の算出方法は臨床上熱望される。このことを背景として、2種類の間接熱量計によりエネルギー消費量を測定してHBの計算値と除脂肪量の推定値を比較し、妥当なエネルギー消費量を推測することが可能か検討した。HBを利用して、迅速かつ正確にエネルギー消費量を求めることが出来るか、次に示す3つの対象、つまり①健康成

人女性、②健常な肥満男性、および③各種疾患でとくに日常生活活動量が低下している肢体が不自由である肥満者に対して検討した。

I．測定方法の違いによる成人女性のエネルギー必要量の検討

年齢は22～68歳の健康で働いている27名の女性を対象とした。平均BMIの平均値および標準偏差は $21.5 \pm 3.7 \text{ kg/m}^2$ であった。この対象は、A群：体脂肪率25%未満、B群：25%以上35%未満、C群：35%以上の3群に分類した。方法として、間接熱量計による実測値と、計算式からの差を検討した。

II．成人肥満男性におけるエネルギー必要量の検討

対象とする年齢は25～64歳の働いている30名の男性とした。平均BMIは $27.9 \pm 4.7 \text{ kg/m}^2$ であった。これらの対象を次の2群、すなわちA群：体脂肪率30%未満（BMI：20.9～29.8 kg/m^2 ）、B群：30%以上（BMI：26.4～39.1 kg/m^2 ）に分類し、体脂肪がエネルギー消費量に關与する割合について検討した。

III．低ADL（日常生活動作：Activity of daily living）肥

満者のエネルギー必要量の検討

年齢 23～74 歳の身体活動が自立できない方で肥満あるいは肥満傾向の 20 名（男性 12 名、女性 8 名）を対象とした。平均 BMI は $32.2 \pm 10.0 \text{ kg/m}^2$ 、体脂肪率 $41.8 \pm 10.2\%$ であった。残存する運動能力とエネルギー消費量に関連がある⁸⁾ことから A 群：バーセルインデックス（Barhtel Index:BI）20 点以下と B 群：BI21 点以上の 2 群にわけて肥満者のエネルギー消費量を簡便に算出する方法を創出した。

第 1 章

測定方法の違いによる成人女性のエネルギー必要量の検討

1. 目的

最適なエネルギー必要量を求めるには、エネルギー消費量を正確に知ることが重要である。エネルギー消費量の求め方には直接測定法と間接測定法、推定値は日本人の基礎代謝基準値、HBの式、国立健康・栄養研究所の推定式などが主流である。また、体脂肪計に内蔵された推定式から推定する方法もある。これらの基礎あるいは安静時エネルギー消費量を比較するために、同一の被験者で、2種類の間接熱量計、体脂肪計を用いた推定値、HBの式からの推定値を比較し、正確で簡便なエネルギー消費量の求め方の妥当性を検討する。さらに、対象群を体脂肪率別にA群：25%未満、B群：25%以上35%未満、C群：35%以上の3群に分けて体組成の違いがエネルギー消費量に与える影響を検討する。

2. 方法

1) 対象

大学病院の栄養部で働く女性27名を対象とした。健康な女性で、本研究の目的に賛同し様々の計測に協力してくれた方を対象に平成28年8月から9月に測定した。同意書により合意を確認した。

2)測定方法

測定は、同一日でほぼ同一時間に空腹時、安静仰臥位で測定した。BEEは早朝空腹時（12時間以上の絶食）に測定し、食事誘導性熱産生（diet induced thermogenesis:DIT）を含まないとある。今回の測定時間は昼食または夕食前であるため、測定値は安静時エネルギー消費量（Resting Energy Expenditure:REE）とした。

3)使用機種

①間接熱量計：VmaxS229（日本光電）

間接熱量計は、酸素消費量（VO₂）と二酸化炭素産生量（VCO₂）測定し、その値からREEを算出する。この算出にはWeirの公式⁹⁾（ア）が用いられる。Weirの公式を下記に示す。今回は②の式を採用した。

（ア） Weir の公式

① REE(kcal/日)

$$=3941 \times \text{VO}_2(\text{L/日}) + 1106 \times \text{VCO}_2(\text{L/日}) - 2.17 \times \text{尿素窒素}$$

またはたんぱく質の割合を12.5%と仮定して

② REE(kcal/日)

$$=[3.94 \times \text{VO}_2(\text{mL/min}) + 1.11 \times \text{VCO}_2(\text{mL/min})] \times 1.44$$

この装置は、VO₂/VCO₂で計算される呼吸商（respiratory quotient:RQ）を測定することができる。

RQ値から炭水化物、脂質などの栄養素の代謝状態を推定することも可能である。呼気の採取の方法は、フード

型のキャノピーとマスクがあるが、本研究ではキャノピーを使用し、測定は、集団栄養相談室で、管理栄養士が測定した。V-maxで測定した安静時エネルギー消費量はV-REEと表記する。

② 間接熱量計：フィットメイト FIT-2100（日本光電）

この装置も、Weirの式を利用しているが、VCO₂が測定できないためRQを0.85に固定して計算（イ）される。

（イ）フィットメイトで利用されている式

$$\text{REE(kcal/日)} = 6.98 \times \text{VO}_2 \text{ (mL/min)}$$

小型で携帯に便利であるがRQは測定できないため代謝状態は判断できない。呼気採取はマスクを使用した。マスクは、顔の大きさとマスクの適合性の違いによりリーク（呼気のもれ）が起きやすく、換気量が低値に測定される可能性があるため呼気のリークに注意して、集団栄養指導室で管理栄養士が測定した。フィットメイトで測定した安静時エネルギー消費量はFIT-REEと表記する。

間接熱量計①と②の大きな違いはVCO₂を測定可能か否かである。②は、炭水化物と脂質の燃焼割合を一定と仮定しているため誤差が生じる場合もある。①のほうがより正確に被験者のREEを測定できると考える。

③ 体組成計インボディ S 10（インボディジャパン）

体組成の測定はバイオインピーダンス法のインボディ S10 を用いた。インボディによるエネルギー消費量の算出方法は、カニンガムの公式⁸⁾ (ウ) を利用している。この式は、体重・性別・年齢を変数として使用せず、除脂肪量を基に計算される。

(ウ) カニンガムの公式

$$\text{REE(kcal/日)} = 370 + 21.6 \times \text{除脂肪量 (kg)}$$

* : 除脂肪量 = 体重 - 体重 × 体脂肪率

測定は、集団栄養相談室で管理栄養士が行った。本研究では、Inb-REE と表記した。

④ 推定値：ハリス-ベネディクトの式

基礎エネルギー消費量として、ハリス-ベネディクトの式(エ)を用い現体重で算出した。REE は BEE のおよそ 1.1 から 1.2 倍といわれているため、実測値の REE を 1.1 で除して補正し 4 つの測定値の BEE を比較した。ハリス-ベネディクトの式を下記に示した。

(エ) ハリス-ベネディクトの式

① 女性 =

$$655.1 + 9.56 \times \text{体重 (kg)} + 1.85 \times \text{身長 (cm)} - 4.68 \times \text{年齢}$$

② 男性

$$66.47 + 13.75 \times \text{体重 (kg)} + 5.00 \times \text{身長 (cm)} - 6.76 \times \text{年齢}$$

ハリス・ベネディクトの推定式を用いて算出した基礎エネルギー消費量は HB-BEE と表記する。管理栄養士が身長・体重を測定し、推定値を算出した。

4) 統計学的方法

集計・解析には SPSS Statistics version 22 およびエクセル 2013 を使用した。測定方法の違いは t 検定、3 群間の検定は一元配置分散分析を用いその後多重比較を実施した。統計学的に確率が 5% 未満である場合、有意差があるものとみなした

3. 結果

1) 対象者の背景

対象者 27 名の身体的特徴の平均および標準偏差はそれぞれ年齢 49.8 ± 16.0 歳、身長は 157.6 ± 5.2 cm、体重は 53.5 ± 10.1 kg、BMI は 21.5 ± 3.7 kg/m²、および体脂肪率は $28.4 \pm 7.9\%$ であった (表 1-1)。

2) 測定値と推定値との相関

間接熱量計の実測では、V-REE が 1185.8 ± 181.5 kcal、FIT-REE は 1180.5 ± 203.6 kcal、Inb-REE は 1181.9 ± 75.9 kcal、HB-BEE は 1212.5 ± 137.1 kcal であり、本来 BEE より高く測定されるはずの REE が低く測定された (図 1-1)。4 種類の測定結果に統計学的有意差はなかった。HB-BEE

に対して V-REE の比率（エネルギー消費率）は $98.2 \pm 13.8\%$ 、FIT-REE は $97.6 \pm 14.9\%$ 、Inb-REE は $98.1 \pm 7.9\%$ であった。（表 1-2）

次に、REE は BEE の 1.1 倍と仮定してそれぞれの REE の実測値に 1.1 を除して比較した。V-BEE (V-REE/1.1)、FIT-BEE (FIT-REE/1.1)、Inb-BEE (Inb-REE/1.1) の結果を（図 1-2）に示した。V-BEE では 1078.0 ± 165.0 kcal、FIT-BEE では 1073.2 ± 185.1 kcal、Inb-BEE では 1074.2 ± 69.0 kcal、および HB-BEE では 1212.5 ± 137.1 kcal であり、REE の測定を BEE に補正した値と HB-BEE では統計学的に有意な差を認めた ($p < 0.01$)。

次に V-REE と他の測定法の相関をみた。V-REE と FIT-REE の検定の結果は $p < 0.05$ で有意となり、相関係数 $r = 0.423$ で相関を認めた。V-REE と Inb-BEE は $p < 0.01$ で有意となり、相関係数 $r = 0.487$ で相関を認めた。V-REE と HB-BEE は $p < 0.05$ で有意となり、相関係数 $r = 0.463$ で相関を認めた。V-REE と HB-BEE の回帰分析を実施し $V-REE = 442.157 + 0.613 \times HB-BEE$ の式を得た。

しかし、この回帰式は分散分析表より $p < 0.05$ で有意であり、回帰係数も $p < 0.05$ で有意であったが、決定係数 $R^2 = 0.214$ と低値を示した。

3) 体脂肪率別 3 群の比較

体脂肪率による 3 群の身体特性を（表 1-3）に示した。体脂肪率 25% 未満の A 群は 11 名、25% 以上 35% 未満の B

群は 10 名、35%以上の C 群は 6 名だった。3 群の特性を検定した。

Shapiro-Wilk で検定を行い、身長、体重、BMI、骨格筋量、除脂肪量の正規性を確認し一元配置分散分析を行った。年齢は、正規性を確認できず Kruskai-Wallis の検定を行った。その結果、年齢は A 群 45.5 ± 18.0 歳、B 群は 52.8 ± 16.0 歳、C 群は 52.7 ± 14.4 歳で 3 群間に有意な差を認めず ($p=0.653$)、身長でも有意な差を認めなかった ($p=0.969$)。体重は A 群 47.7 ± 5.6 kg、B 群 51.4 ± 5.0 kg、C 群 67.2 ± 10.6 kg で有意な差が認められた ($p < 0.001$)。Tukey HSD の多重比較によれば A 群と B 群には差が無く、A 群と C 群、B 群と C 群に有意な差を認めた。BMI も同様に A 群 19.2 ± 1.4 kg/m²、B 群 20.6 ± 1.2 kg/m²、C 群 27.0 ± 3.8 kg/m² に有意な差を認めた ($p < 0.001$)。BMI は A 群と B 群には差が無く、A 群と C 群、B 群と C 群に有意な差を認めた。体組成は、A 群、B 群、C 群それぞれ、除脂肪量 37.2 ± 3.4 kg、 37.0 ± 3.1 kg、 39.4 ± 4.2 kg ($p = 0.387$)、骨格筋量 20.0 ± 2.0 kg、 19.8 ± 1.8 kg、 21.3 ± 2.4 kg ($p = 0.348$) で 3 群間に有意差は認められなかった。

次に、3 群間でのエネルギー消費量を求めた(表 1-4)。V-REE は A 群 1201.4 ± 163.2 kcal、B 群 1104.3 ± 190.2 kcal、C 群では 1293.2 ± 158.8 kcal、FIT-REE は A 群 1146.7 ± 152.8 kcal、B 群 1155.9 ± 205.9 kcal、C 群 1283.5 ± 205.4

kcal、Inb-REE は A 群 1172.5 ± 74.4 kcal、B 群 1168.6 ± 67.8 kcal、C 群 1220.0 ± 91.2 kcal、HB-BEE は A 群 1173.6 ± 120.5 kcal、B 群 $1180.7.6 \pm 593.2$ kcal、C 群 1337.2 ± 170.3 kcal であった。Shapiro-Wilk で 3 群間の正規性を確認し、一元配置分散分析を行った。その結果、V-REE ($p=0.121$) と、FIT-REE ($p=0.386$)、Inb-REE ($p=0.385$) で 3 群間に有意な差は認められなかった。HB-BEE は、 $p < 0.05$ で有意な差を認めた。Tukey HSD の多重比較によれば、A 群と B 群には差が無く、A 群と C 群、B 群と C 群に有意な差が認められた。HB-BEE は体脂肪率の違いにより有意な差を認めた。

次に体脂肪率別に間接熱量計 V-REE と他の測定値を比較した。体脂肪率 25% 未満の A 群では、V-REE と FIT-REE ($p=0.092$)、Inb-REE ($p=0.486$)、HB-BEE ($p=0.494$) で有意差を認められなかった。B 群では、V-REE と FIT-REE ($p=0.499$)、Inb-REE ($p=0.306$)、HB-BEE ($p=0.217$) で有意差を認められなかった。C 群では、V-REE と FIT-REE ($p=0.942$)、Inb-REE ($p=0.229$)、HB-BEE ($p=0.628$) で有意差を認めなかった。

次に、3 群間での測定値の相関をみた。A 群では、V-REE と FIT-REE の検定の結果 $p < 0.05$ で有意となり、相関係数 $r=0.812$ 、V-REE と Inb-BEE は $p < 0.05$ で有意となり、相関係数 $r=0.605$ 、V-REE と HB-BEE は $p < 0.05$ で有意となり、相関係数 $r=0.617$ でいずれもやや強い相関を示した。

V-REE と HB-BEE の回帰分析を実施し

$V-REE=220.362+0.836\times HB-BEE$ の式を得た。この回帰式は分散分析表より $p<0.05$ で有意であり、回帰係数も $p<0.05$ で有意であったが、決定係数 $R^2=0.381$ と小さく予測精度は低値を示した (図 1-3)。B 群、C 群では有意な相関は認められなかった。

各個人の測定機器別の値を体脂肪率の昇順で (図 1-4) に示した。V-REE が最大値になった被験者は 5 名、最小値は 8 名、FIT-REE では最大値が 6 名、最小値が 9 名、Inb-REE は最大値が 8 名、最小値は 4 名、HB-BEE は最大値が 8 名、最小値は 6 名だった。最大値と最小値との差の平均は 233.7 ± 128.9 kcal であった。最大値と最小値の差は体脂肪率が高くなるほど増加し体脂肪率と正相関した。検定の結果 $p<0.01$ で有意となり、相関係数 $r=0.528$ で相関があった。

4. 考察

1) 成人女性の REE を間接熱量計 2 種類、体脂肪計からの推定量、HB の式による推定量から求めた。間接熱量計 2 種類での測定では平均値に差がなかった ($p=0.896$)。①の V-max (V-REE) (と②フィットメイト (FIT-REE) の 2 種類の間接熱量計の測定結果を相関分析した。その結果 $p<0.05$ で有意であり、相関係数 $r=0.423$ で相関があった。これは、この対照群の RQ の平均値が 0.85 ± 0.1 であった

ため、RQが0.85で固定されているFIT-REEとは有意な差がないことを反映しているものと推測される。また、対象者が健康で就業が可能であり、BMIが 21.5 ± 3.7 kg/m²と普通の体型であったため、脂肪と炭水化物が理想的に使われているごく普通の集団だったからと考える。RQの測定ができるV-maxは装置が大きく長距離の移動に不向きでキャリブレーションも難しく高額な装置である。代謝障害が疑われない対象者を実測するのであれば、VCO₂が測定できない比較的安価な簡易型の間接熱量計でも十分有用と思われた。

2) 全対象者でHB-BEEの推定値と他3種類のV-REE、FIT-REE、Inb-REEのREEの平均値を比較すると有意な差は認められなかった。しかし、REEはBEEの1.1倍に相当するとして、REEの値を1.1で除したV-BEE、FIT-BEE、Inb-BEE値と比べるとHB-BEEと有意な差を認めた。本邦においては、HB-BEEは特に女性では過大評価される¹⁰⁾と報告されているが、同様の結果であった。今回のBEEが測定値ではなく推定値であるため $REE < HB-BEE$ となったと思われる。健常者は、推定値のHB-BEEはREEとほぼ同等であると考えられ、報告されているように実測値のREEよりやや低値¹¹⁾であった。しかし、V-REEとHB-BEEでは有意な相関を認めた ($p < 0.05$, $r = 0.463$)。回帰式 $V-REE = 442.157 + 0.613 \times HB-BEE$ が $p < 0.05$ で有意であり、回帰係数も $p < 0.05$ で有意であったが、決定係数

$R^2=0.214$ と小さく予測精度は低いものであった。HB-BEE は REE の 7% 低値¹²⁾ という報告があるが今回の測定結果からは HB-BEE と REE の関係を数値では示せなかった。

3) 体脂肪率別の 3 群では体脂肪率 A 群：25% 未満のグループで V-REE と HB-BEE に相関が認められた

($p<0.05$, $r=0.615$) が、体脂肪率 25% 以上では V-REE との相関は認められなかった。これは、HB-BEE の推測値は体脂肪量と強く相関する体重 ($p<0.01$, $r=0.955$) をパラメーターとして使っているため、体重が増加すると筋肉よりも消費エネルギーが低い体脂肪量⁴⁾が増加し推測値も上昇する。したがって、体重が大きくなるほど実測の REE と大きく乖離したためと考える。

4) 除脂肪体重から REE を計算している体組成計 Inb-REE は、間接熱量計と有意な差は認められなかった。現体重や年齢などに左右されないため、標準的な体脂肪率であれば正確なエネルギー消費量を推定できる。今回の対象者では、体脂肪率に有意な差があったが除脂肪量と骨格筋量の平均値に違いがなかった。そのために、3 群間では有意な差を認められなかった。V-REE と Inb-REE の相関では検定結果では $p<0.01$ で有意となり $r=0.487$ であった。体脂肪率別では A 群では相関を認められた ($p<0.05$, $r=0.605$) が、B 群および C 群では V-REE と相関は認められなかった。体脂肪率 25% 以上の女性では、体脂肪率から除脂肪量を計算して REE を推測すると誤差が生じると

考えられる。また、バイオインピーダンス法による体脂肪率の測定は、体水分から測定しているため浮腫がある場合や骨格筋が非常に多い場合も注意が必要である。したがって、体脂肪計による REE の推定は除脂肪量を正確に求めることが重要であると示唆された。

5) 対象者ごとの 4 種類の測定方法の違いによる測定値の誤差は、体脂肪率が大きくなるに従い個人の最大値と最小値の差が大きくなる傾向があり、肥満者の測定には注意が必要なことが示唆された。平均的な体型で、健康で労働に耐えられる肉体を有している女性では、ハリス-ベネディクトの式で十分 REE の推定が可能であった。ただし、体脂肪率 25% 以上では、体脂肪率を考慮した HB-BEE から REE の推定はできなかった。体脂肪率の大きい肥満者のエネルギー消費量を求めるときは、簡易な間接熱量計の使用が有効である。本邦の肥満の定義は BMI の値が 25 kg/m^2 以上であるが、今回の B 群の BMI は $18.5 \sim 22.5 \text{ kg/m}^2$ であった。BMI だけで判断すると REE が過大評価されることがある。今後はるい瘦あるいはサルコペニアを中心とした対象者のエネルギー必要量の算定方法についても検討する必要があるものと推察された。

5. 小括

間接熱量計は比較的安価な VCO₂ が測定できない簡易型のものでも、代謝障害が疑われない対象者では十分有

用であった。

肥満のない健康な成人女性では、HB-BEEの推定値とV-REE、FIT-REE、Inb-REEの平均値を比較すると有意差は認められなかった。すなわち、何れの方法を用いても同様な結果がえられた。REEはBEEの1.1倍に相当するといわれる。同一の測定器を使用してBEEとREEを測定すれば $REE > HB-BEE$ と推測されるが、今回はHB-BEEは推定値であるため $REE < HB-BEE$ となったと考えられる。健常者では、推定値のHB-BEEはREEとほぼ同等であり、報告されているように実測値のREEよりやや低値であった。

体脂肪率25%未満のグループでは、V-REEとHB-BEEでは有意な相関を認めた($p < 0.05$ 、 $r = 0.615$)が、体脂肪率25%以上ではV-REEとHB-BEEの相関は認められなかった。

除脂肪体重から必要エネルギー量を計算する体組成計Inb-REEはV-REEとの相関においては $p < 0.01$ で有意となり $r = 0.487$ であった。体脂肪率別では25%未満では相関を認められた($p < 0.05$ 、 $r = 0.605$)が、25%以上ではV-REEと相関は認められなかった。

肥満のない平均的な体型の女性では、機器の投資がいらない計算式で十分であった。肥満者のエネルギー消費量は簡便な間接熱量計が有効であり、推定値を使用する際は体脂肪率に注意が必要なが示唆された。

① 健常成人女性に対して、3種類のエネルギー計測装置間の精度検定を行ったが、計測装置間で REE には有意の差異は認められなかった。

② 体脂肪率 25% 未満を対象として、HB-BEE と V-REE との相関性および回帰式をもとめ次式が得られた。

$$V\text{-REE}=220.362+0.836\times\text{HB-BEE} \quad (p<0.05, R^2=0.381)$$

この式によると、実際のエネルギー消費量の高い場合 HB-BEE の推定式が実測値より高値を示し、エネルギーの過剰投与になることが推測された。

③ 肥満度が 25% 以上では HB による推定値で、実測値を推定することが困難であった。

第 2 章

成人肥満男性におけるエネルギー必要量の検討

1. 目的

エネルギー必要量と消費量が均衡を保っていれば肥満や痩せは生じないはずである。平成 26 年度の国民・健康栄養調査結果によると、男性の肥満者（ $BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$ ）は 28.7% で、この 10 年有意変化はないものの、30 歳代で 27.2%、40 歳代 30.9%、50 歳代 34.4% と加齢とともに肥満者は増加している。肥満治療は、食事および運動療法が基本であり、食事療法を適正に実行することで内臓脂肪の減少が得られ、肥満に伴う健康障害の改善が期待できるとある¹³⁾。食事指導を行う上では、個人のエネルギー消費量を正しく設定したうえでエネルギー摂取量を決定する必要がある。エネルギー摂取量は、間接熱量計で安静時エネルギー消費量を算定し、生活活動調査あるいは加速度計で活動量を測定することで求めることは可能であるが、数多くの対象に対して実際に実施することは困難である。このために、多くの健康な日本人については、日本人の基礎代謝基準値²⁾を参考に算出されている。しかし、日本人の基礎代謝基準値は体組成を考慮していないため、体脂肪の多い $BMI 30 \text{ kg/m}^2$ 以上の肥満者にはエネルギーが過剰になると考えられているが肥満者に対する基準値はない。医療機関ではハリス - ベネディクトの式を用いるか、患者個々人の活動量を推測し理

想体重に 25 から 30 kcal の係数を積算することが多い。しかし、これらの数字は身長や体脂肪を考慮していないためエネルギー消費量の推測に誤りが生じやすい。そこで、第 1 章において、健常女性について HB の式を使って基礎代謝量を算出する方法の利点と限界について検討した。第 2 章においては、肥満男性を中心にエネルギー消費量を簡便に求める可能性について検討した。

2. 方法

1) 対象

都内大学病院で働く肥満是正に積極的な男性を対象とした。被験者の年齢は 25 歳～64 歳。体脂肪率 30% 未満と 30% 以上の 2 群に分類して体脂肪とエネルギー消費量について検討した。この研究に関して、帝京大学の倫理委員会により許可を受けた。測定は、2015 年 9～10 月に実施された。

2) 測定方法

測定は、仰臥位で測定した。測定は 16 時～20 時の夕食前で、安静時エネルギー消費量（Resting Energy Expenditure:REE）とした。血液生化学検査については、空腹時に採血し中央検査室で測定した。血液生化学検査として、ヘモグロビン、ヘマトクリット、ASL、ALT、 γ -GTP、血清脂質、糖代謝および腎機能について測定した。

3) 使用機種

間接熱量計① V-max を除き、第 1 章と同様の方法を行した。

4) 統計学的方法

第 1 章と同様の方法で検討した。

3. 結果

1) 対象者の特性

対象者は男性 30 名とした。身体的特徴は、年齢は 41.1 ± 9.9 歳 (平均 \pm 標準偏差) であった (表 2-1)。身長: 171.4 ± 5.7 cm、体重: 82.3 ± 16.9 kg、BMI: 27.9 ± 4.7 kg/m²、体脂肪率: $27.8 \pm 6.1\%$ であった。30 例中男性の体脂肪率で高度肥満といわれる体脂肪率 30% 以上を 13 例認めた。

2) 血液生化学検査

検査結果の平均値および標準偏差を (表 2-2) に示した。ヘモグロビン: 15.3 ± 1.1 g/dL、ヘマトクリット: $44.4 \pm 2.6\%$ 、肝機能の状態を表す指標の ALT と AST はそれぞれ 25.4 ± 17.1 IU/L、 33.6 ± 27.0 IU/L であった。30 例中 ALT および AST において、正常基準値を上回ったものは ALT で 3 例、AST で 7 例であった。ウィルス性肝炎の症例はなかった。 γ -GTP は 41.2 ± 26.2 IU/L で 50 IU/L 以上を示した例は 7 例であった。7 例のアルコール摂取量は 1 日平均 22.0 g (最小値 3.4 g、最大値 58.9 g) で、 γ -GTP 50 IU/L 以下の対象者の平均アルコール摂取量 19.7 g / 日と有意な差は認められなかった ($p=0.857$)。血清脂質

において、血清総コレステロールは 203.6 ± 31.4 mg/dL であり、血清総コレステロールが 200 mg/dL 以上であった例は半数の 15 例に認められた。HDL コレステロールは 46.5 ± 10.6 mg/dL で低値を示した。特に、40 mg/dL 未満は 9 例であった。LDL コレステロールは 125.1 ± 27.1 mg/dL であった。LDL コレステロールが 140 mg/dL 以上は 8 例であった。血清トリグリセリド値は 180.1 ± 100.3 mg/dL であり、異常高値である 151 mg/dL 以上は半数の 15 例に認められた。糖代謝では 1~2 ヶ月の平均血糖状態を示すヘモグロビン A_{1c} は $5.6 \pm 0.5\%$ であり、6.5% 以上は 1 例で糖尿病と診断された。血清クレアチン値は 0.87 ± 0.01 mg/dL であった。男性の基準値以下である 0.6 mg/dL 未満は認められなかった。

3) 測定値と推定値の相関

間接熱量計、体組成計の測定結果を(表 2-3)に示した。間接熱量計で測定した FIT-REE は 1880.6 ± 271.5 kcal、HB-BEE は 1780.1 ± 255.5 kcal であった。HB-BEE を 100% とした FIT-REE の割合 (FIT-REE/HB-BEE) は $106.3 \pm 11.6\%$ であった。除脂肪重から求めた Inb-REE は 1637.8 ± 191.9 kcal で HB-BEE を 100% とした Inb-REE の割合は (Inb-REE/HB-BEE) $92.5 \pm 5.6\%$ であった。FIT-REE は HB-BEE より高く、除脂肪量を基に算出している Inb-REE は HB-BEE より低い結果であった。FIT-REE 対 Inb-REE の t 検定では ($p < 0.05$)、FIT-REE 対 HB-BEE ($p < 0.05$) で

統計的に有意な差が認められた (図 2-1)。

次に、REE は BEE の 1.1 倍と仮定してそれぞれの REE の実測値を 1.1 で除して比較した。FIT-BEE (FIT-REE/1.1)、Inb-BEE (Inb-REE/1.1) の結果をに示した。FIT-BEE では 1709.7 ± 246.8 kcal、Inb-BEE では 1488.9 ± 174.5 kcal、HB-BEE では 1708.1 ± 255.6 kcal、参考に日本人の基礎代謝基準値からの各被験者の体重を乗した計算値 1832.9 ± 387.4 kcal と比較した。FIT-BEE は Inb-BEE では有意差 ($p < 0.01$) を認めたが、HB-BEE とは有意差を認められなかった (表 2-4)。

次に FIT-REE と Inb-REE、HB-BEE、体重、体脂肪率、骨格筋量の相関を調べた。Inb-REE ($p < 0.01$ 、 $r = 0.610$)、HB-BEE ($p < 0.01$ 、 $r = 0.531$)、体重 ($p < 0.01$ 、 $r = 0.690$)、体脂肪率 ($p < 0.01$ 、 $r = 0.610$) 骨格筋量 ($p < 0.01$ 、 $r = 0.620$) でいずれも相関があった。FIT-REE と HB-BEE の回帰分析を実施し $\text{FIT-REE} = 568.536 + 0.737 \times \text{HB-BEE}$ の回帰式を得た。この式は分散分析表より $p < 0.01$ で有意であり回帰係数 $p < 0.05$ で有意であるが、決定係数 $R^2 = 0.481$ で予測精度はあまり高くない。それぞれ回帰分析を実施したが有効な回帰式は得られなかった。

測定方法別の REE および BEE を各被験者でみると、FIT-REE が最大値であった被験者は 19 名、FIT-REE が最小値は 4 名、Inb-REE が最大値であった被験者は 1 名、最小値は 22 名、HB-BEE が最大値であった被験者が 10 名、

最小値は3名だった(図2-2)。各被験者の最大値から最小値を減算した差は平均 296.8 ± 131.4 kcalであった。この個人の計測の最大値と最小値の差と体脂肪率の関係は、相関係数 $r=0.443$ ($p < 0.05$) で統計学的に有意差が認められた。

4) 体脂肪率別2群の身体的特性

体脂肪率30%未満(A群)と30%以上(B群)の2群で検討した。A群17名、B群13名であった。両群の身体的特性を(表2-5)に示した。年齢では平均値と標準偏差は、A群とB群でそれぞれ、 42.7 ± 9.4 歳、および 38.9 ± 10.5 歳 ($p=0.307$)、身長は 170.9 ± 6.2 cm、 172.0 ± 5.1 cm ($p=0.616$)であり、両群間に有意差は認められなかった。一方、体重ではA群 73.2 ± 11.1 kg、B群 94.3 ± 15.8 kg ($p < 0.01$)と平均値の差分値として、約21.1 kgの差が認められた。BMIは 24.9 ± 2.5 kg/m²、B群 31.7 ± 4.1 kg/m² ($p < 0.01$)、体脂肪率はA群 $23.6 \pm 4.6\%$ 、B群 $33.3 \pm 2.3\%$ ($p < 0.01$)、除脂肪量A群 55.7 ± 7.4 kg、B群 62.7 ± 9.3 kg ($p < 0.05$)といずれも有意な差が認められた。

5) 体脂肪率別血液および生化学的検査の比較

体脂肪率30%未満のA群と30%以上のB群の血液生化学検査の結果を(表2-6)に示した。ヘモグロビンは、A群 15.3 ± 1.0 g/dL 対 B群 15.3 ± 1.1 g/dL ($p=0.873$)、ヘマトクリットはA群 $44.1 \pm 2.7\%$ 対 B群 $44.7 \pm 2.6\%$ ($p=0.532$)で両群間に有意差は認められなかった。肝機能

の AST は A 群 20.7 ± 4.9 IU/L 対 B 群 31.5 ± 24.6 IU/L ($p=0.141$)、ALT は A 群 25.8 ± 11.6 IU/L 対 B 群 43.9 ± 37.1 IU/L ($p=0.111$)、 γ -GTP は A 群 36.1 ± 18.2 IU/L 対 B 群 48.0 ± 33.3 IU/L で両群間に統計学的な有意差 ($p=0.219$) は認められなかった。血清脂質では、血清総コレステロール A 群 194.9 ± 29.8 mg/dL 対 B 群 215.1 ± 30.7 mg/dL ($p=0.080$)、HDL コレステロールは A 群 44.0 ± 7.6 mg/dL 対 B 群 49.7 ± 13.2 mg/dL ($p=0.148$)、LDL コレステロールは A 群 120.9 ± 27.4 mg/dL 対 B 群 130.6 ± 26.8 mg/dL ($p=0.339$)、血清トリグリセリドは A 群 171.6 ± 109.1 mg/dL、B 群 191.1 ± 90.5 mg/dL ($p=0.606$) で両群間に有意差は認められなかった。糖代謝では、ヘモグロビン A_{1c} A 群 $5.5 \pm 0.3\%$ 、B 群 $5.7 \pm 0.6\%$ ($p=0.221$)、腎機能を表す血清クレアチン値は、A 群 0.86 ± 0.10 mg/dL 対 B 群 0.87 ± 0.10 mg/dL ($p=0.724$) で両群間に有意差は認められなかった。

6) 体脂肪率別測定値と推定値の相関

間接熱量計および体組成計によるエネルギー消費量の 2 群の測定値を (表 2-7) に示した。FIT-REE は A 群 1789.2 ± 241.0 kcal、B 群では 2000.1 ± 271.0 kcal ($p < 0.05$)。Inb-REE は A 群 1572.3 ± 160.2 kcal、B 群 1723.4 ± 202.0 kcal ($p < 0.05$)。現体重で計算した HB-BEE は A 群 1646.1 ± 191.5 kcal、B 群 1955.5 ± 223.9 kcal ($p < 0.01$) と有意な差が認められた。HB-BEE を 100% として各測定値の割

合を比較すると A 群 FIT-REE が $109.6 \pm 10.2\%$ 、Inb-REE は $95.8 \pm 4.5\%$ であった。B 群 FIT-REE が $102.2 \pm 12.2\%$ 、Inb-REE は $88.2 \pm 3.6\%$ であった。両群とも、FIT-REE は HB-BEE より大きく、Inb-REE は小さい値であった。(表 2-8)

測定値を群別に比較すると A 群 FIT-REE 対 Inb-REE ($p < 0.01$)、FIT-REE 対 HB-BEE ($p < 0.01$)、B 群 FIT-REE 対 Inb-REE ($p < 0.01$) で有意な差が認められ、FIT-REE 対 HB-BEE ($p = 0.545$) で有意な差を認められなかった。A 群と B 群で FIT-REE、Inb-REE、HB-BEE、体重、体脂肪率、骨格筋量の相関をみた。A 群で FIT-REE と有意な相関が認められたものは Inb-REE ($p < 0.01$ 、 $r = 0.687$)、HB-BEE ($p < 0.01$ 、 $r = 0.779$)、体重 ($p < 0.01$ 、 $r = 0.751$)、骨格筋量 ($p < 0.01$ 、 $r = 0.676$)。B 群で FIT-REE と有意な相関が認められたものは、体脂肪率 ($p < 0.05$ 、 $r = 0.612$) のみであった。相関が認められたもので回帰分析を実施した。その結果、A 群では、FIT-REE と HB-BEE から $y = 174.884 + 0.981 \times \text{HB-BEE}$ の式を得た。この回帰式は分散分析表より $p < 0.01$ で有意であり回帰係数 $p < 0.01$ 、決定係数 $R^2 = 0.608$ で予測精度は高く示された (図 2-3)。同様に回帰分析を実施した。体重 ($p < 0.01$ 、 $R^2 = 0.564$)、体脂肪率 ($p = 0.182$ 、 $R^2 = 0.116$)、骨格筋量 ($p < 0.05$ 、 $R^2 = 0.456$) で体重からも REE が予測可能であった。

B 群では $y = 876.5 + 0.564 \times \text{HB-BEE}$ ($p = 0.108$ 、 $R^2 = 0.218$)、

体重 ($p=0.069$ 、 $R^2=0.270$)、体脂肪率 ($p<0.05$ 、 $R^2=0.374$)、骨格筋量 ($p=0.182$ 、 $R^2=0.156$) で REE を正確に予測することはできなかつた。

7) エネルギー消費量/kg 体重と日本人の基礎代謝基準値との比較

本研究において、対象者は平均 BMI が 27.9 kg/m^2 という肥満者の集団であり、肥満の是正に興味のある人をリクルートした。日本人の基礎代謝基準値 22.3 kcal/kg 体重 (男性 30 から 49 歳) と対象者の体重 1 kg あたりの REE を比較すると、FIT-REE は $23.3 \pm 3.3 \text{ kcal/kg}$ 体重 (表 2-9) と有意な差は ($p=0.105$) 認められなかつた。標準偏差が 3.3 kcal/kg 体重であるのは、日本人の年齢別体重が $65.3 \sim 68.5 \text{ kg}$ に対して対象の体重が $57.8 \sim 121.0 \text{ kg}$ であつたこと、および基礎代謝量を推測するのに、体重を用いる際に体重に占める脂肪の割合を考慮していないことが標準偏差値を大きくしていることに関連しているものと推測した。Inb-REE は $20.3 \pm 2.1 \text{ kcal/kg}$ 体重 ($p<0.01$) で有意差が認められ、HB-BEE は $21.9 \pm 1.6 \text{ kcal/kg}$ 体重 ($p=0.168$) で有意差は認められなかつた。体脂肪率から単純に徐脂肪量を推測できないことが示された。体脂肪が消費エネルギーの推定値にどのように関与しているか明らかにするために、体脂肪率 30% 未満と 30% 以上に分けて検討した。同様に体脂肪率 30% 未満と 30% 以上に分けた 2 群で代謝基準値を日本人の代謝基準値³⁾ 22.3

kcal/kg 体重で t 検定を行うと、A 群は FIT-REE 24.6 ± 2.7 kcal/kg 体重 ($p < 0.05$)、Inb-REE 21.7 ± 1.5 kcal/kg 体重 ($p = 0.092$)、および HB-BEE 22.6 ± 1.3 kcal/kg 体重 ($p = 0.0315$)、B 群は FIT-REE 21.6 ± 3.2 kcal/kg 体重 ($p = 0.416$)、Inb-REE 18.4 ± 1.0 kcal/kg 体重 ($p < 0.01$)、および HB-BEE 20.9 ± 1.3 kcal/kg 体重 ($p < 0.05$) であった。日本人の基礎代謝基準値を A 群で使うと必要エネルギーは過小に評価され、B 群は有意差なしであった。

4. 考察

1) 身体所見からみたエネルギー代謝

A 群、B 群で体重あたりのエネルギー消費量に有意な差が認められなかった。これは、本研究の対象者は BMI では肥満であるが、身体能力の高いすなわち骨格筋量の多い基礎代謝の高い集団だったためと推測される。B 群において、徐脂肪体重および骨格筋量も高値を示し、統計学的に有意差が認められている。このことより、B 群は、体脂肪量の増加とともに、徐脂肪体重も増加した。徐脂肪量は体重より脂肪成分を除いた重量を示し、筋肉・骨・内臓・血液・組織液などより構成されるが、一般に徐脂肪量の 50% は筋肉で構成され、体脂肪率が高値であると除脂肪量は減少するが、本対象群では過体重の肥満者が多くいたため B 群でも筋肉量の増加があると推測された。骨格筋量も A 群に比較し B 群が高値であった。このこと

は、活動能力のある肥満者で体脂肪率が高く骨格筋量も高い対象にカニングムの公式で体脂肪量に対して単純に係数（21.6）を積算すると、推定量を低く推測することにもつながることを意味しているものと推測された。

本研究の対象者は、体脂肪率と BMI は強く相関し体脂肪率 30% は BMI 30 kg/m^2 であった。日本人の基礎代謝基準値は BMI 30 kg/m^2 程度までが適応範囲で、それ以上だと過大評価となると言われている。今回の結果から、日本人の基礎代謝基準値は BMI 30 kg/m^2 以上だけでなく、 30 kg/m^2 未満では体組によって過小評価されることが示唆された。

2) 血液生化学データ

平成 26 年度の国民健康・栄養調査の結果では、男性の肥満者は 30 歳代 27.2%、40 歳代 30.9%、50 歳代 34.4% と加齢とともに増加している。A 群と B 群の血液生化学的検査結果のすべて項目において有意差は認められなかった。これは、A 群の平均 BMI は $24.9 \pm 2.5 \text{ kg/m}^2$ であり、A 群にも肥満者が含まれていたため検査値に差が出なかったと考えられる。AST、ALT、 γ -GTP は B 群で異常値を示す例が多く、肥満の合併症の脂肪肝の傾向が示唆された。また、トリグリセリド値は A 群および B 群で有意差は認められないものの、両群で異常高値を示し、B 群では A 群よりも高値であった。肝機能を組み合わせて考えると、B 群は脂質代謝異常による合併症の発症危険性が

高いものと推測された。HDL コレステロール低値例および LDL コレステロール高値例をあわせると、生活習慣病の予防および治療が必要であることが示唆された。

3) HB-BEE から安静時エネルギーの推定

REE は、いずれのエネルギー測定装置でも A 群に比較し B 群が高値を示した。この理由として、B 群では体脂肪率が高値であるにもかかわらず徐脂肪体重が高値を示したことに由来するものと推測された。安静時代謝量は臓器・組織の代謝量と臓器重量の積の総和である。

GALLAGHER¹⁴⁾ らは、70 kg の体脂肪率が 20% の男性について全身および臓器：組織のエネルギー代謝量を算出している⁵⁾。これによると、臓器エネルギー代謝量は、骨格筋で 13.16 kcal/kg/日 (55 kJ/kg)、脂肪組織では 4.54 kcal/kg/日 (19 kJ/kg) であり、骨格筋は脂肪組織に比べるとエネルギー代謝量は 2.89 倍である。また、体重を 70.0 kg、骨格筋 28 kg、および脂肪組織を 28 kg とすると、安静時代謝量はそれぞれ臓器で 1700 kcal、370 kcal、および 70 kcal と算出される。参考に、本研究の対象者の骨格筋量と体脂肪量から計算を試みた (表 2-7)。HB 法では、基礎代謝値を体重、身長、年齢のパラメータで算出しているが、この体重は、脂肪および筋肉重量を含み、筋肉および脂肪の構成比により基礎代謝量は異なるものの、HB の式では一定となる。今回の対象より得られた結果では、体脂肪量が増加するに従い、間接熱量計で測定した

値よりも高い値となっている。つまり、体脂肪量の臓器重量あたりの燃焼量が少ないにも関わらず、HB方式では体重という単位で基礎エネルギー量を推測しているため、体脂肪が多くなると消費エネルギーを過大評価することになる。体脂肪率が32%以上から1例を除いて、間接熱量計の測定値をHB-BEEの推定値が上回った。すなわち、肥満者にHB式で計算したBEEを使うと、肥満が高度になるに従いエネルギー供給量は過量となる。肥満者にHB-BEEを用いるときは、体脂肪量を考慮する必要がある。したがって、HB式に体重と脂肪量と筋肉量のパラメータを組み入れることが、今後の課題であると推測した。

4) 体組成計からのREEの推定

3種類の測定値では、除脂肪量によるInb-REEが最も低い値であった。また、A群、B群ともにInb-REEはFIT-REEと有意な差が認められた。体重から体脂肪率に応じた脂肪量を減じて除脂肪量を算出しているが、標準以上の体脂肪率には対応できていない。男性肥満者の安静時エネルギー消費量の算出に、カニンガムの公式を用いる際には注意が必要である。

5. 小括

成人肥満男性のエネルギー消費量を簡便に推測可能か検討した。その結果体脂肪率が30%未満であれば、精度はあまり高くない($R^2=0.6075$)がREEをHB-BEEを用い

た回帰式 $y = 0.981 \times \text{HB-BEE} + 174.884$ から得た。体脂肪率が 30% 未満であれば、HB-BEE に 1.05 から 1.1 倍を乗ずると REE を求めることができる。体脂肪率 30% 以上の男性の REE は、HB-BEE からは推測できない。また、日本人の基礎代謝基準値も利用できないので、間接熱量計の使用が有用である。肥満者では、栄養量が過剰にならないようにする。

第 3 章

低 ADL 肥満者のエネルギー必要量の検討

1. 目的

肥満の低 ADL (日常生活動作: Activity of daily living) 患者の栄養管理は、褥瘡予防、生活習慣病予防のほか介護者の負担軽減にも重要である。しかし、脊髄損傷や神経難病などで長期間臥床状態である肥満者に対して日本人の食事摂取基準は対象外としている。肥満の低 ADL 患者のエネルギーの基準はなく、BEE についても報告¹⁵⁾ は少ない。医療機関を利用する低 ADL の肥満者では、同等の BMI の肥満者よりも体脂肪率が高値を示し、また残存機能の低下によってエネルギー消費量が予測値よりも低下していることは経験上推測される事項である。特に、体脂肪率が増えるとともに間接熱量計を用いた実測値の REE と HB-BEE の乖離が大きくなると報告してきた⁹⁾。

さらに REE は患者の残存機能により異なる値を示すことを経験していたので、残存機能をバーサルインデックス (BI: Barthel Index) で評価し、20 点以下と 20 点以上の 2 群に分けて検討した。肥満の低 ADL 者の REE を HB の式から簡便に推定可能か検討する。

2. 方法

1) 対象

対象者は 26 名 (男性 16 名、女性 10 名) とした。年齢は男性 52.2 ± 15.8 (平均 \pm SD) 歳、女性 59.7 ± 19.5 歳。2010 年 5 月～2015 年 7 月までに帝京大学医学部附属病院を受診し主治医より栄養食事指導の依頼のあった BI 値 100 点未満の低 ADL の患者を対象とした。さらに、体脂肪率が中等度肥満の男性 25% 以上、女性 35% 以上の対象者を A 群 (BI 値 20 点以下)、および B 群 (BI 値 21 点以上) の 2 群に分類して検討した。この研究は、帝京大学の倫理委員会により許可を受けて実施された。

2) 測定方法

測定は、同一日でほぼ同一時間に空腹時、仰臥位で測定した。測定は安静時エネルギー消費量 (Resting Energy Expenditure: REE) とした。血液生化学検査については、空腹時に採血し中央検査室で測定した。ヘモグロビン、ヘマトクリット、ASL、ALT、 γ -GTP、血清脂質、糖代謝および腎機能について測定した。ADL は BI を用いて理学

療法士が評価した。BIは10項の設問からなり、それぞれの項目が最高10点となっている。自立度が高ければ点数が高くなり、要介助であれば点数が低くなる。合計点の最高は100点で最低は0点である。100点が完全自立で、60点以下が部分介助、40点以下ではかなりの介助が必要、20点以下では全介助が必要とされる。

3) 使用機種

間接熱量計②のFIT-MATEを除き、第1章と同様とした。

4) 統計学的方法

第1章と同様の方法で検討した。

3. 結果

1) 対象者の性差による特性

年齢は女性 59.7 ± 19.5 歳が男性 52.2 ± 15.8 歳よりも平均年齢が高く、身長は女性 153.9 ± 7.4 cm が男性 167.0 ± 8.9 cm よりも低値であった。体重は女性 80.4 ± 30.5 kg が男性 71.9 ± 26.8 kg よりも高値を示すとともに、BMIは女性 33.9 ± 12.3 kg/m^2 が男性 25.8 ± 8.9 kg/m^2 よりも高値であった。男女別でBMIを見ると、BMI 15 kg/m^2 未満が女性2名、男性8名、BMI 25以上30 kg/m^2 未満女性1名、男性4名、BMI 30以上35 kg/m^2 未満男性1名、BMI 35以上40 kg/m^2 未満女性3名、男性2名、BMI 40 kg/m^2 以上女性4名、男性1名で女性に高度肥満者が多かった。さらに、BI値は女性 48.5 ± 22.9 点が男性 34.7 ± 22.9 点よ

りも高値であった（表 3-1）。対象患者には、脊髄損傷 4 名、神経難病 3 名、腫瘍 4 名、脳梗塞 2 名、骨折等 5 名、および不明 4 名が含まれる

2) 血液生化学データ（表 3-2）

たんぱく質の栄養動態を示す血清総蛋白および血清アルブミン (ALB) の値の平均および標準偏差は、男女それぞれ 6.8 ± 0.8 g/dL、 7.0 ± 0.5 g/dL、 3.8 ± 0.7 g/dL および 3.6 ± 0.5 g/dL であった。総蛋白は正常低値、ALB は男女とも帝京大病院基準値 4.0 g/dL 以下より低く、3.5 g/dL 以下を 13 名認めた。ヘモグロビン (Hb) の検査結果では、男性 13.3 ± 2.6 g/dL、女性 11.2 ± 2.4 g/dL で基準値の男性 Hb 13.6 g/dL 以下、女性 Hb 11.5 g/dL 以下を下回ったものは、男性 9 例（16 例中）女性 5 例（10 例中）、ヘマトクリットは男性 $39.8 \pm 5.4\%$ 、女性 $35.2 \pm 6.8\%$ で 40% 以下の男性 6 例（16 例中）、35% 以下の女性 4 例（10 例中）を認めた。血清脂質は、血清総コレステロールは女性 173.4 ± 28.8 mg/dL、男性 126.5 ± 84.2 mg/dL であり、女性が男性よりも高値であった。血清総コレステロールが 200 mg/dL 以上は、女性 2 例（8 例中）、男性 7 例（15 例中）を認めた。HDL コレステロールは、女性 39.3 ± 8.9 mg/dL、男性 54.4 ± 21.2 mg/dL であり女性が低値を示した。特に、45 mg/dL 未満の女性は 5 例（7 例中）、40 mg/dL 未満の男性は 4 例（9 例中）であった。LDL コレステロールは女性 71.5 ± 10.7 mg/dL であり、男性 99.5 ± 32.8

mg/dL で、血清トリグリセリド値は女性 126.5 ± 84.2 mg/dL、男性 153.1 ± 78.8 mg/dL であり男性は女性よりも高値であった。151 mg/dL 以上は、女性 2 例（7 例中）、男性 4 例（11 例中）認められた。糖代謝では、1~2 ヶ月の平均血糖状態を示すヘモグロビン A1c は、女性 $6.0 \pm 1.1\%$ 、男性 $6.2 \pm 1.6\%$ であり、性差は見られなかった。6.5% 以上は女性 3 例（9 例中）、男性 3 例（15 例中）が認められた。腎臓機能あるいは筋肉の崩壊、脱水などの指標となる血清クレアチン値は、女性 0.64 ± 0.28 mg/dL、男性 0.74 ± 0.27 mg/dL で、女性では 0.4 mg/dL 未満 2 例（10 例中）、0.9 mg/dL 以上 3 例（10 例中）、男性 0.6 mg/dL 未満 3 例、1.2 mg/dL 以上 2 例（16 例中）を認めた。

3) 間接熱量計、体組成計の測定結果

間接熱量計で測定した V-REE は、男性 1346.0 ± 397.6 kcal、女性 1174.2 ± 308.3 kcal ($p=0.257$) であった。HB-BEE は、男性 1537.2 ± 433.8 kcal、女性 1403.9 ± 335.3 kcal ($p=0.416$) で、V-REE を HB-BEE で除したエネルギー消費率 (V-REE/HB-BEE) をは男性 $88.7 \pm 17.7\%$ 、女性 $85.1 \pm 17.3\%$ ($p=0.611$) で有意差は認められなかった。体組成は、体脂肪率男性 $32.1 \pm 10.6\%$ 、女性 $44.3 \pm 13.8\%$ ($p < 0.05$)、除脂肪体重は男性 45.8 ± 11.7 kg、女性 45.5 ± 11.2 kg ($p=0.352$) で、この除脂肪量をもとにカニンガムの公式⁸⁾ に当てはめて求めたエネルギー消費量 Inb-REE は、 1359.2 ± 252.1 kcal、女性 1266.2 ± 227.8 kcal ($p=0.353$)

で有意差は認められなかった。V-REE と Inb-REE 、HB-BEE をそれぞれ t 検定した。その結果では、V-REE と HB-BEE ($p < 0.01$)、Inb-REE と HB-BEE ($p < 0.01$) と共に有意差を認められ、V-REE と Inb-REE に有意差を認めなかった (表 3-3)。男女とも V-REE と HB-BEE ($p < 0.05$) は有意差を認め、V-REE と Inb-REE は有意差を認めなかった。Inb-REE と HB-BEE は男性で ($p < 0.05$) 有意差を認め、女性は認めなかった。(表 3-4)。

4) BI 値 20 点以下と 21 点以上の 2 群間の特性

体脂肪率男性 25% 以上、女性 35% 以上の中等度以上の肥満で、BI 値 20 点以下の寝たきりの群 (A 群) と 21 点以上の介護は必要であるが座位のとれる群 (B 群) の 2 群に分けて検討した (表 3-5)。群別の人数構成では、A 群は 5 名 (男 3、女 2)、B 群は 15 名 (男 9、女 6) であり、BI 値は A 群で 10.0 ± 7.9 点、B 群では 53.7 ± 21.8 ($p < 0.01$) であった。

年齢、身長、体重、および BMI を群別で集計すると、年齢では A 群 50.8 ± 20.5 歳、B 群 52.7 ± 14.0 歳 ($p = 0.814$)、身長は A 群 161.2 ± 12.0 cm、B 群 162.5 ± 9.6 cm ($p = 0.808$) であり、体重では A 群 65.0 ± 14.0 kg、B 群 90.3 ± 25.5 kg ($p < 0.05$)、BMI は A 群 25.1 ± 4.9 kg/m²、B 群 34.6 ± 10.3 kg/m² ($p = 0.065$) であり、BI 値高値例では体重が高値であることが示された ($p < 0.05$) (図 2-1)。

5) 2 群間の血液生化学検査値の比較

生化学検査の結果を（表 3-6）に示した。血清総たんぱく質は A 群 6.7 ± 0.8 g/dL、B 群では 6.9 ± 0.6 g/dL であり、両群間で有意差はみられなかった ($p=0.433$)、血清アルブミンは A 群 3.5 ± 0.8 g/dL、B 群では 3.7 ± 0.6 g/dL、両群間で有意差はみられなかった ($p=0.598$)。ヘモグロビン、ヘマトクリットでは両群間に有意な差はなかった。総コレステロールは、A 群 133.6 ± 76.9 mg/dL、B 群 194.9 ± 49.8 mg/dL であり、統計学的に有意差 ($p < 0.05$) がみられた。腎機能低下例（血清クレアチニン男性 1.2 mg/dL、女性 0.9 mg/dL 以上）を除いた血清クレアチニン値は A 群では 0.38 ± 0.19 mg/dL であり、B 群では 0.72 ± 0.13 mg/dL、統計学的に有意差 ($p < 0.01$) がみられた。血中中性脂肪、HDL コレステロール、LDL コレステロール、HbA1c では両群間に統計学的な差はなかった。

6) 体脂肪率別測定値と推定値の相関

間接熱量計および体組成計によるエネルギー消費量の 2 群の測定値を（表 3-7）に示した。V-REE は A 群では 997.4 ± 188.0 kcal、B 群では 1455.3 ± 350.4 kcal、両群間に統計学的有意差 ($p < 0.05$) が認められた。現体重で計算した HB-BEE は A 群： 1396.0 ± 217.4 kcal、B 群： 1679.5 ± 368.3 kcal であり有意差 ($p=0.124$) は認められなかった。V-REE と HB-BEE の差に有意差はなかったが平均値および標準偏差は A 群で -398.6 ± 282.4 kcal、B 群で -224.2 ± 195.4 kcal であった。V-REE と HB-BEE の比率であるエネ

ルギー消費率 (V-REE/HB-BEE) では、A 群が $72.7 \pm 17.7\%$ 、B 群が $86.8 \pm 11.5\%$ ($p < 0.05$) であり、有意な差が認められた。体脂肪率は、A 群 $40.1 \pm 9.3\%$ 、B 群 $42.3 \pm 10.8\%$ ($p = 0.687$)、除脂肪量は A 群 37.6 ± 60.2 kg、B 群 49.6 ± 11.0 kg であり、体脂肪率の 2 群間に有意な差はなかったが、除脂肪量では有意な差 ($p < 0.05$) を認めた。座位のとれる B 群の方において除脂肪量が有意に高値を示した。したがって、除脂肪量から推定した Inb-REE は、A 群 1181.6 ± 132.9 kcal、B 群 1441.8 ± 236.5 kcal で有意な差 ($p < 0.05$) が認められた。

次に、A 群と B 群別に V-REE、Inb-REE、HB-BEE をそれぞれ、t 検定を行った。(表 3-8)。A 群では、V-REE と Inb-REE ($p < 0.05$)、V-REE と HB-BEE ($p < 0.05$) で有意な差を認めた。Inb-REE と HB-BEE に ($p = 0.93$) 有意な差は認められなかった。B 群では、V-REE と Inb-REE ($p = 0.852$)、V-REE と HB-BEE ($p < 0.001$) Inb-REE と HB-BEE ($p < 0.001$) に統計学的有意差を認めた。以上の結果から V-REE に BI が影響を与えることが確認された。また、測定別でも有意な差を認めたことから、日常生活が自立できない中等度肥満者では、HB-BEE や Inb-REE を基にエネルギー必要量を求めると過大に評価となる。

V-REE に相関する項目をみた。A 群では、エネルギー消費率 (REE/HB-BEE) と体脂肪率が $p < 0.05$ で有意となり $r = -0.928$ で強い相関があった。次に回帰分析を行い $y =$

(REE/HB-BEE) = -1.764 × 体脂肪率 + 143.391 を得た (図 3-2)。この回帰式は分散分析表より $p < 0.05$ で有意であり回帰係数 $p < 0.05$ 、決定係数 $R^2 = 0.862$ で予測精度は高い。B 群では V-REE と HB-BEE ($p < 0.01$ 、相関係数 0.651) と V-REE と除脂肪量 ($p < 0.05$ 、相関係数 0.617) に相関が認められた。

B 群で回帰分析を実施した。その結果、除脂肪量は除外され、V-REE と HB-BEE と次の回帰式を得た (図 3-3)。

$y = V-REE = 0.812 \times HB-BEE + 91.770$ を得た。この回帰式は分散分析表より $p < 0.01$ で有意であり回帰係数 $p < 0.01$ 、決定係数 $R^2 = 0.728$ で予測精度は高い。

4. 考察

1) 身体所見からみたエネルギー代謝

対象例の平均体重は男性で 71.9 kg、女性では 80.4 kg であったが、平成 26 年度の国民健康・栄養調査では、男性 66.8 ± 10.3 kg、女性は 55.2 ± 9.0 kg であった。また、BMI も男性で 25.94 ± 3.30 kg/m²、女性は 22.65 ± 3.57 kg/m² であり、対象とした群は平均的日本人の体重よりも肥満傾向を示した。本研究で対象を BI 値で分類した場合の性差は、B 群で男女の比で均等ではなかったため、B 群では、男性の特徴が多く反映するものと考えられる。この点では、研究上の問題点としてあげられる。しかし、2 群で、男女差の極端な偏りはないものと推測した。この

分類において、身長は A 群と B 群では著しい差を認めなかったが、体重では座位のとれる B 群が高値を示していた。

2) 血液生化学データ

① 蛋白代謝

蛋白質は栄養状態を反映する指標として、短期の蛋白代謝としてでは RTP(急速代謝回転タンパク質)が用いられ、プレアルブミン、トランスフェリンおよびレチノール結合蛋白が測定される。これらの蛋白は半減期が短く(12 時間～8 日程度)であり、急性の蛋白供給状態が反映される。RTP より長期の蛋白代謝は血清アルブミンに反映され、その半減期は 3 週間とされている。さらに長期のたんぱく質の欠乏は、筋肉量の減少により推測される。今回は、血清アルブミンを男女で比較したが、その平均値は基準値以内であった。性差も認められなかった。一般に、血清アルブミン値には性差がみられ、女性が男性よりも 1g/dL 程度の低値で、閉経期では男女差は消失する。今回の結果で女性の平均年齢が 59.7 歳であったことは、男女の高齢化に伴う変化と推測された。また、BI 値による分類でも、アルブミン値は A 群と B 群で有意差を認められなかった。これより、蛋白のエネルギー供給の不足はないものと推測された。たんぱく質の供給が長期間低下すると筋肉量が減少することが推測される。筋肉量については、筋肉代謝産物により推定することができ、筋

肉量が減少するとクレアチニン産生量が低下する。クレアチンは男女差があり、基準値は男性で 0.8 から 1.3 mg/dL、女性では 0.6 から 1.1 mg/dL とされ、A 群では基準値以下であり、筋肉量の減少が低下しているものと推測された。BI 値による分類で A 群には脊髄損傷患者が含まれ、このような対象では、筋肉自体が廃用性萎縮になるため、A 群でのクレアチニンが低値を示したことは、各種疾患による廃用萎縮性萎縮も加味されているものと考えた。一方、血清クレアチニンは、腎機能の低下で高値を示すが、対象群では 2 名高値を示していたため集計から除外した。

② 脂質代謝

脂質代謝を反映する、コレステロールおよびトリグリセリドには、性差があるとともに女性ではライフステージによる変化がみられる。女性では更年期になると、エストロゲンが減少し、脂質代謝に異常をきたし、トリグリセリドの増加、LDL コレステロールの増加および HDL コレステロールの低下が認められ、男女差がなくなりさらに高齢になると女性においてコレステロール値が増加することが知られている。今回の検討では、コレステロールでは性差は認められなかった。A 群は、血清脂質において HDL コレステロール、体組成では除脂肪量が B 群より有意に低値であった。HDL コレステロールが低値であり、除脂肪量も低値であったのは、長期間の臥床により

除脂肪量が減少し体脂肪が増えたためと推測される。A群は20年以上寝たきりの状態であるため、運動量がきわめて少ない。HDLを増加させる因子として運動があげられるが、BIが低下すると、日常生活活動（ADL）は著しく減少しPAL（Physical Activity Level）も低値を示したものと考えられる。これらの原因により、肥満および運動量の少ないA群で低値を示したものと推測された。

③糖質代謝

今回の検討では、血液中の糖質の長期変化を示すHbA1cに性差を認めず、A群ではむしろ有意差はないものの、HbA1cはB群では低値であった。B群は、BMIがA群よりも高く、コレステロールおよびトリグリセリドも高値を示したことより、糖質代謝の異常が示唆された。

④ミネラル代謝

ミネラルとしては、鉄代謝異常あるいは摂取低下の指標であるヘモグロビンについて検討した。ヘモグロビン値は、男女とも加齢に伴い低下するが、60歳以後男性の低下のレベルは著しい。しかし、男女を比較すると男性が常に1.0 g/dL以上の高値を示し、60歳のヘモグロビンの平均値は男性で15 g/dL、女性では13.5 g/dLとされている。本研究の対象では、男女とも低下していた。また、BI値で分類したA群では、B群よりも低下していた。今回は、鉄の摂取量の検討行っていないが、A群では鉄の摂取量あるいは吸収量について検討する必要性が示唆され

た。

3) エネルギー必要量

低 ADL 者の REE は、HB-BEE（現体重）よりも間接熱量計で測定した実測値が低値であった。また、V-REE と Inb-REE の実測値にも有意差があることから、低 ADL 者のエネルギー消費量の推定に HB、計算された除脂肪量は単純には利用できないことが示された。HB による BEE を推定する計算式は、性別で計算式が異なり、身長・体重・年齢による多変量的であるが、体重を構成する大きな要素である筋組織と脂肪組織が同じエネルギー消費量を示すものとして作成されている。生理学的には、筋肉組織と脂肪組織では単位重量あたりの基礎エネルギー消費量が著しく異なっている。特に ADL が低下している者は、運動量が低下し（ロコモ症候群）、筋肉が萎縮し高齢者ではサルコペニアとなる。体脂肪量の多い低 ADL 者では、前述した生理学的機構が関与したため HB-BEE は間接熱量計による実測値より高値を示したものと推測される。このことから低 ADL の肥満者に対して HB-BEE により算出されたエネルギー投与量を決定する際は、エネルギー供給量が過剰になり、体脂肪がさらに増加することが示唆された。

4) BI 値別のエネルギー消費量の推定

座位のとれる B 群の V-REE は HB-BEE と強い相関があるものの実測値の V-REE よりも 1 日 100 kcal から 400 kcal

多い。回帰分析を行い有効な式を得た。

$V\text{-REE} = 0.812 \times \text{HB-BEE} + 91.770$ 。HB-BEE(現体重)に約 0.87 を乗ずると安静時エネルギー代謝量を求めることができる。

BI 値 20 点以下の寝たきりの肥満者 A 群は、体脂肪率が増えるほど V-REE と HB-BEE の差が開く傾向がみられた ($p < 0.01$ 、 $r = -0.981$)。V-REE は HB-BEE とは相関しないが、エネルギー消費率 ($V\text{-REE}/\text{HB-BEE}$) と体脂肪率では強く逆相関した。体脂肪率が増えるほど負のエネルギー消費率が増加した 回帰直線 $y = -1.7637 \times \text{体脂肪率} + 143.39 \div 100$ からエネルギー消費率を求めることができる ($p < 0.05$ 、 $R^2 = 0.862$)。この式に体脂肪率を当てはめて計算した値を HB-BEE (現体重) の計算値に乗ずれば、安静時エネルギー消費量を算出することができるはずである。

今回の研究では、骨格筋量、体水分量を正確に評価することが出来なかった。なぜならば、バイオインピーダンス法を使用したことと、対象者が病者であったためである。これらの問題点を解決し、長期臥床による筋肉量の変化と筋肉のエネルギー消費量を考慮した正確な安静時基礎代謝量が求められる。介護施設や在宅において、簡便に低 ADL 者に至適エネルギー量が算出できれば、肥満の予防や改善に大きく寄与できると考える。

5. 小括

低 ADL 肥満者のエネルギー消費量を体脂肪率と HB の式から推定可能であるか検討した。体脂肪率男性 25%以上、女性 35%以上で BI 値 21 点以上の座位が可能であれば、HB-BEE に 0.87 を乗じる。

座位のとれないほぼ寝たきりの肥満者では、求めた回帰式 y (V-REE/HB-BEE) = $-1.7637 \times \text{体脂肪率} + 143.39$ から V-REE を計算する。ここから HB-BEE に対する補正係数を作成した (表 3-9)。補正係数は、体脂肪率が 35% で 0.82、40% で 0.73、45% で 0.64、50% では 0.55 であった。HB の計算式 (現体重) に係数を乗ずれば、実態に近い安静時基礎代謝量を算出できることが示唆された。

総括

日本人の食事摂取基準の対象外をされる肥満者と身体活動の低い人たちのエネルギー消費量を間接熱量計を使用せずに求めることはできないか検討した。特に、医療機関で用いられるハリス-ベネディクト（HB-BEE）の計算式に体脂肪率による補正を加えることで、適正なエネルギー必要量を簡便に推定する方法の開発を試みた（表4）。通常の身体活動が可能な肥満者の正確な推定は困難であった。エネルギー必要量は除脂肪量にも相関するが、本研究では除脂肪量から肥満者のREEは推測できなかった。除脂肪量は個人差が大きく体脂肪率の増加と除脂肪量の減少は必ずしも一致しないためと思われた。一方、身体活動の低い（低ADL）肥満者は、座位が可能であるB群ではHB-BEEの補正值、座位が不可能なA群では体脂肪率に合わせて補正值を求めることが可能であった。ただし症例数が少なく今後確認作業が必要である。

【参考文献】

- 1) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準（2015年版）策定委員会：日本人の食事摂取基準 2015年版，第一出版，2，2015
- 2) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準（2015年版）策定委員会：日本人の食事摂取基準 2015年版，第一出版，66，2015
- 3) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準（2015年版）策定委員会：日本人の食事摂取基準 2015年版，第一出版，66，2015
- 4) Harris.J.A.,Benedict F.G.:A Biometric Study of Human Basal Metabolism,*Proc Natl Acad Sci USA.*, 4(12), 370-373,1918
- 5) 三宅理恵子、田中茂穂：基礎代謝の推定式について，臨床栄養，医歯薬出版，Vol.121, 7, 2012
- 6) 佐々木雅也：他，間接熱量計によるエネルギー消費量と基質代謝の測定，静脈経腸栄養 Vol. 24，No5, 1021-1023, 2009
- 7) Jone J. Cunningham:Body composition as a determinant of energy expenditure a synthetic review and a proposed general prediction equation,*Am J Clin Nutr.*,54, 963-9, 1991

- 8) 朝倉比都美, 早崎麻衣子, 浜口加奈江, 他: 低 ADL 肥満患者の投与エネルギー量の検討, 第 38 回日本臨床栄養学会総会誌, 229, 2016
- 9) Weir JBW: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*, 109, 254-9, 1949
- 10) 三宅理江子, 田中茂穂: エネルギーを知る・運動を知る—その関係と仕組みを学ぶ—基礎代謝の推定式について, 臨床栄養, 医歯薬出版, 12, 786-90, 2012
- 11) 佐々木雅也: 間接熱量測定. 臨床栄養別冊, 医歯薬出版, 46, 2010
- 12) 佐々木雅也, 栗原美香: エネルギー代謝から見たエネルギー必要量. 臨床栄養別冊, 医歯薬出版, 134-5, 2011
- 13) 日本肥満学会: 肥満症診療ガイドライン 2016, 38
- 14) Dynpna Gallagher, Daniel Belmonte, et al: Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass, *Am. J. Physiol*; 275 (Endocrinol. Metab. 38): E249-E258, 1998
- 15) 内山久子, 角田伸代, 他: 損傷者の栄養・食事計画における安静時代謝量測定の意義の検討, 日本栄養士会雑誌, 53 巻, 10 号, 19-26, 2010

謝辞

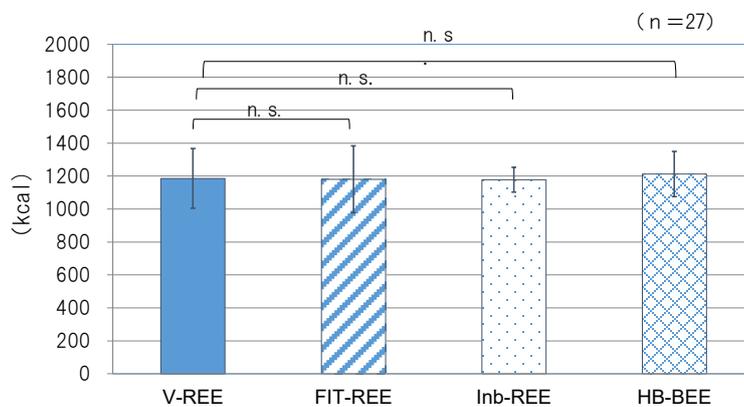
測定にご協力いただきました皆様に、心より感謝申し上げます。

本研究の立案から論文作成に至るまで、ご指導を賜りました市丸雄平教授に心より感謝し、厚く御礼申し上げます。

論文作成にあたり、帝京大学医学部附属病院の栄養部の管理栄養士の皆様、消化器外科の福島亮治教授をはじめとする皆様に深く感謝いたします。

(表1-1) 対象者の身体特性 (n=27)

	単位	平均値	標準偏差	最小値	最大値
年齢	歳	49.8	16.0	22.0	68.0
身長	cm	157.6	5.2	148.0	168.0
体重	kg	53.5	10.1	39.0	85.0
BMI	kg/m ²	21.5	3.7	16.8	33.2
体脂肪率	%	28.4	7.9	15.6	48.8
除脂肪量	kg	37.6	3.5	30.8	44.9
骨格筋量	kg	20.2	2.0	16.5	24.1
呼吸商RQ		0.85	0.09	0.71	1.02



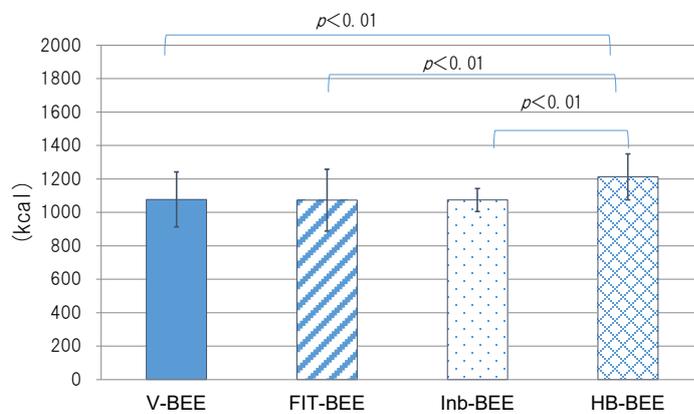
(図1-1) エネルギー消費量の間接熱量計による実測値と推定値の比較

- V-REE : 間接熱量計。RQが測定可能
- FIT-REE : 間接熱量計。RQの測定不可能
- Inb-REE : 除脂肪量を計算して算出
- HB-BEE : ハリス-ベネディクトの式から算出 (現体重)

(表1-2) 安静時エネルギー消費量 (kcal) とHB-BEEとの割合 (%)

(n=27)

	単位	平均値	標準偏差	最小値	最大値
V-REE	kcal	1185.8	181.5	767.0	1570.0
V-REE/HB-BEE	%	98.2	13.8	69.2	130.0
FIT-REE	kcal	1180.5	203.6	815.0	1638.0
FIT-REE/HB-BEE	%	97.6	14.9	70.6	132.6
Inb-REE	kcal	1181.3	75.9	1037.0	1340.0
Inb-REE/HB-BEE	%	98.1	7.9	79.9	109.0
HB-BEE	kcal	1212.6	137.1	1019.0	1638.0



(図1-2) REEを1.1で除してBEEにしHB-BEEの計算値と比較

V-BEE (V-REE /1.1) : 間接熱量計。RQが測定可能
 FIT-BEE (FIT-REE /1.1) : 間接熱量計。RQの測定不可能
 Inb-BEE (Inb-REE /1.1) : 除脂肪量から計算して算出
 HB-BEE : ハリス-ベネディクトの式から算出 (現体重)

(表1-3) 体脂肪率別3群の身体特性 (平均±SD)

(n=27)

		A群	B群	C群	p値
体脂肪率		25%未満	25%以上 35%未満	35%以上	
人数	人	11	10	6	
年齢	歳	45.5±18.0	52.8±16.0	52.7±14.4	<i>n. s.</i>
身長	cm	157.4±5.1	158.0±5.4	157.8±5.8	<i>n. s.</i>
体重	kg	47.7±5.6*	51.4±5.0 ₊	67.2±10.6* ₊	<i>p</i> <0.001
BMI	kg/m ²	19.2±1.4*	20.6±1.2 ₊	27.0±3.8* ₊	<i>p</i> <0.001
除脂肪量	kg	37.2±3.4	37.0±3.1	39.4±4.2	<i>n. s.</i>
骨格筋量	kg	20.0±2.0	19.8±1.8	21.3±2.4	<i>n. s.</i>

体重: *: *p*<0.001 C群とA群に有意な差があった、+: *p*<0.001 C群とB群に有意な差があった

BMI: *: *p*<0.001 C群とA群に有意な差があった、+: *p*<0.001 C群とB群に有意な差があった

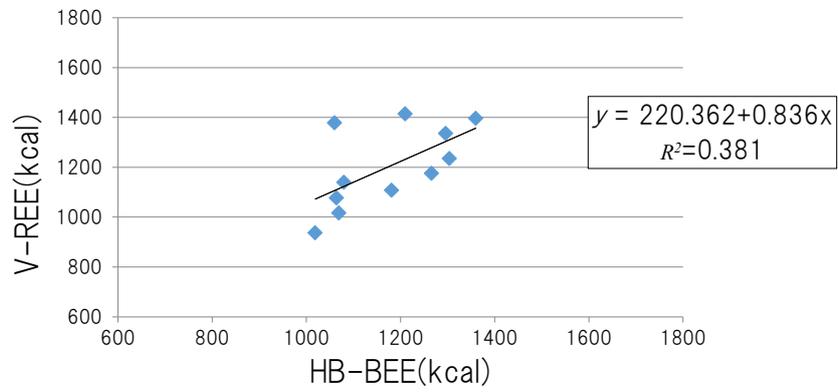
(表1-4) 体脂肪率3群のエネルギー消費量の測定値 (kcal)

(平均±SD)

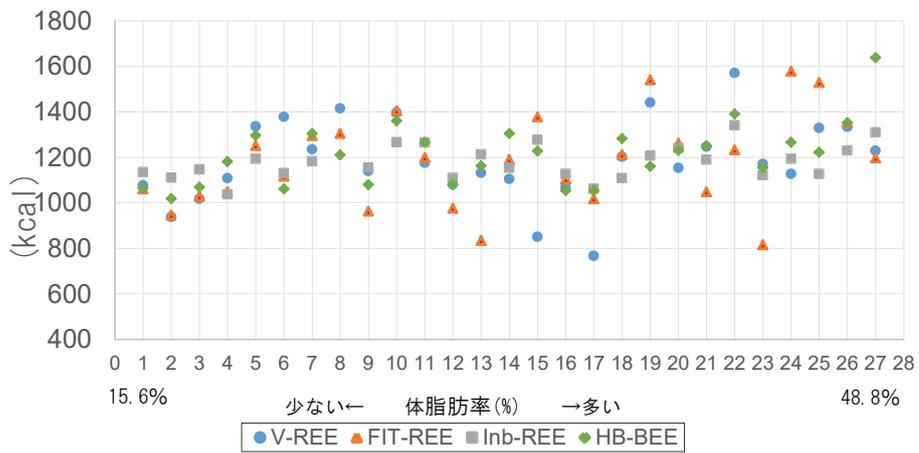
体脂肪率	A群: 25%未満	B群: 25%以上35%未満	C群: 35%以上	p値
V-REE	1201.4±163.2	1104.3±190.2	1293.2±158.8	<i>n. s.</i>
FIT-REE	1146.7±152.8	1155.9±205.9	1283.5±205.4	<i>n. s.</i>
lnb-REE	1172.5±74.4	1168.6±67.8	1220.0±91.2	<i>n. s.</i>
HB-BEE	1173.6±120.5*	1180.7±593.2 ₊	1337.2±170.3* ₊	<i>p</i> <0.05

* *p*<0.05 C群とA群に有意な差があった

+ *p*<0.05 C群とB群に有意な差があった



(図1-3)ハリスのベネディクトの推測値と間接熱量計(V-max)の実測値の相関



(図1-4) 個人別4種類の測定値 体脂肪率昇順

(表2-1) 対象者の身体特性 (n=30)

	単位	平均値	標準偏差	最小値	最大値
年齢	歳	41.1	9.9	25.0	64.0
身長	cm	171.4	5.7	161.0	185.0
体重	kg	82.3	16.9	57.8	121.0
BMI	Kg/m ²	27.9	4.7	20.9	39.1
体脂肪率	%	27.8	6.1	12.5	39.4
除脂肪量	kg	58.7	8.9	44.6	80.4
骨格筋量	kg	33.2	5.2	45.4	24.9

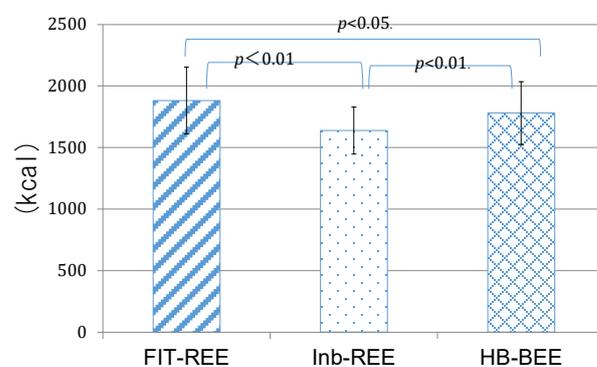
(表2-2) 血液生化学検査結果

(n=30)

		平均値	標準偏差	最小値	最大値
Hb	g/dL	15.3	1.1	12.6	17.2
HT	%	44.4	2.6	38.8	49.1
AST	IU/L	25.4	17.1	14.0	107.0
ALT	IU/L	33.6	27.0	13.0	135.0
γGTP	IU/L	41.2	26.0	16.0	128.0
TCHO	mg/dL	203.6	31.4	140.0	273.0
TG	mg/dL	180.1	100.3	38.0	474.0
HDL	mg/dL	46.5	10.6	31.0	77.0
LDL	mg/dL	125.1	27.1	79.0	188.0
BS	mg/dL	99.9	17.3	73.0	176.0
HbA1c	%	5.6	0.5	5.0	7.5
クレアチニン	mg/dL	0.87	0.01	0.69	1.04

(表2-3) 安静時エネルギー消費量 (kcal) とHB-BEEとの割合 (%) (n=30)

	単位	平均値	標準偏差	最小値	最大値
FIT-REE	kcal	1880.6	271.5	1338.0	2834.0
FIT-REE/HB-BEE	%	106.3	11.6	79.0	133.0
Inb-REE	kcal	1637.8	191.9	1334.0	2107.0
Inb-REE/HB-BEE	%	92.5	5.6	102.7	83.1
HB-BEE	kcal	1780.1	255.5	1320.0	2304.0



(図2-1) 間接熱量計の実測値と推定値

FIT-REE : 間接熱量計。RQの測定不可能

Inb-REE : 除脂肪量を計算して算出

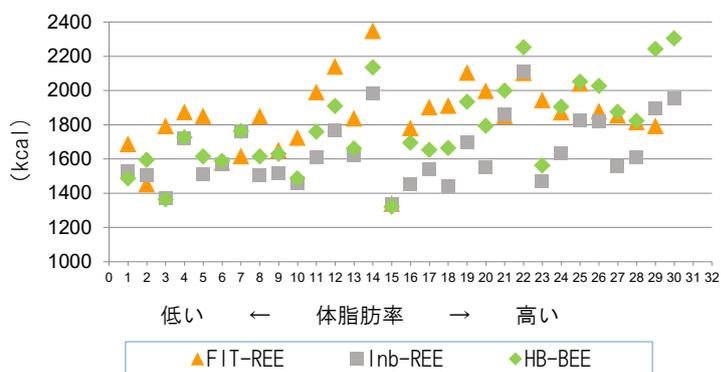
HB-BEE : ハリス-ベネディクトの式から算出 (現体重)

(表2-4) FIT-REEとInb-REEに1.1を除してBEEに補正しHB-BEEと比較 (kcal)

* : 日本人の基礎代謝基準値に対象者の体重を乗じたBEE

20代 : 24.0kcal/kg体重、30~49歳 : 22.3kcal/kg体重、50~69歳 : 21.5kcal/kg体重
(n=30)

	補正	平均値	標準偏差	最小値	最大値
FIT-REE/1.1	FIT-BEE	1709.7	246.8	1216.3	2576.4
Inb-REE/1.1	Inb-BEE	1488.9	174.5	1213.7	1915.5
HB-BEE		1780.1	255.5	1320.0	2304.0
* 基礎代謝基準値		1832.9	387.4	1288.9	2698.3



(図2-2) 個人別3種類の測定値 体脂肪率昇順

(表2-5) 対象者の特性

A群：体脂肪率30%未満、B群：体脂肪率30%以上

		A群 (n=17)		B群 (n=13)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
年齢	歳	42.7	9.4	38.9	10.5	<i>n. s.</i>
身長	cm	170.9	6.2	172.0	5.1	<i>n. s.</i>
体重	kg	73.2	11.1	94.3	15.8	$p < 0.01$
BMI	kg/m ²	24.9	2.5	31.7	4.1	$p < 0.01$
体脂肪率	%	23.6	4.6	33.3	2.3	$p < 0.01$
除脂肪量	kg	55.7	7.4	62.7	9.3	$p < 0.05$
骨格筋量	kg	31.5	4.5	35.5	5.3	$p < 0.05$

(表2-6) 血液生化学データ

A群：体脂肪率30%未満、B群：体脂肪率30%以上

		A群 (n=17)		B群 (n=13)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
Hb	g/dL	15.3	1.0	15.3	1.1	<i>n. s.</i>
HT	%	44.1	2.7	44.7	2.6	<i>n. s.</i>
AST	IU/L	20.7	4.9	31.5	24.5	<i>n. s.</i>
ALT	IU/L	25.8	11.6	43.9	37.1	<i>n. s.</i>
γ-GTP	IU/L	36.1	18.2	48.0	33.3	<i>n. s.</i>
TCHO	mg/dL	194.9	29.8	215.1	30.7	<i>n. s.</i>
TG	mg/dL	171.6	109.1	191.2	90.5	<i>n. s.</i>
HDLchoI	mg/dL	44.0	7.6	49.7	13.2	<i>n. s.</i>
LDLchoI	mg/dL	120.9	27.4	130.6	26.8	<i>n. s.</i>
BS	mg/dL	97.1	5.4	103	0.3	<i>n. s.</i>
HbA1c	%	5.5	0.3	5.7	0.6	<i>n. s.</i>
Cr	mg/dL	0.86	0.1	0.87	0.1	<i>n. s.</i>

(表2-7) エネルギー消費量の測定結果とHB-BEEとの比較

A群：体脂肪率30%未満、B群：体脂肪率30%以上

*：Gallagherの組織別基礎代謝量から算出

		A群 (n=17)		B群 (n=13)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
FIT-REE	kcal	1789.2	241.0	2000.1	271.0	$p < 0.05$
FIT-REE /HB-BEE	%	109.6	10.2	102.0	12.2	$p < 0.01$
lnb-REE	kcal	1572.3	160.2	1723.4	202.0	$p < 0.05$
lnb-REE /HB-BEE	%	95.8	4.5	88.2	3.6	$p < 0.01$
HB-BEE	kcal	1646.1	191.5	1955.5	223.9	$p < 0.01$
* 体組成からの 計算値	kcal	2004.6	424.0	1926.0	313.5	<i>n. s.</i>

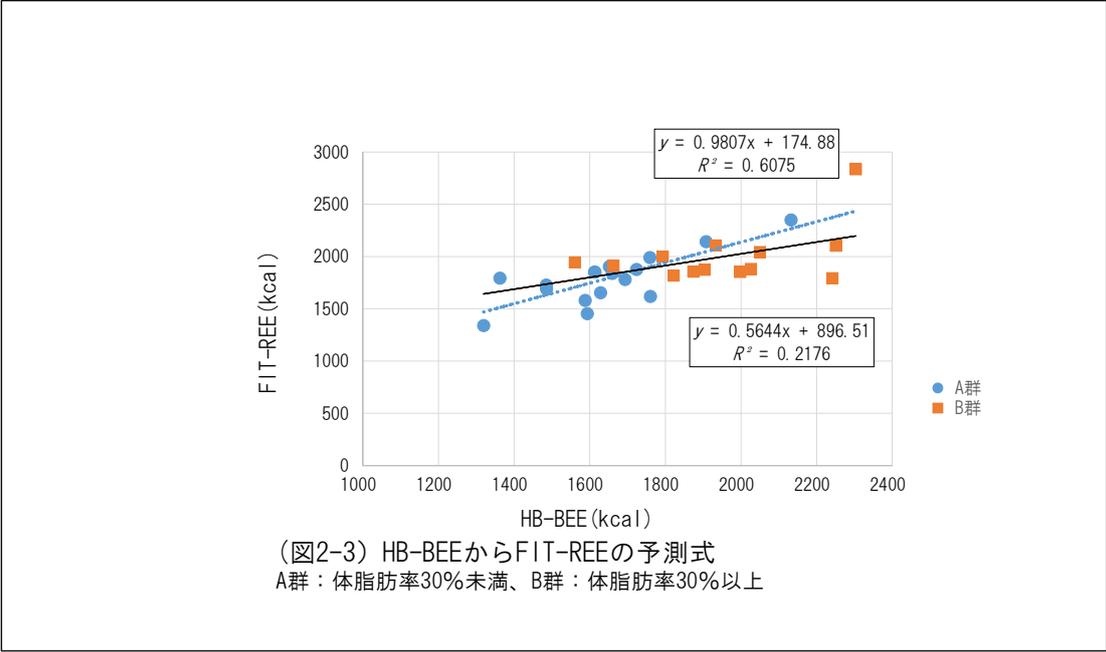
(表2-8) エネルギー消費量の測定結果

A群：体脂肪率30%未満、B群：体脂肪率30%以上

REEを1.1で除してBEEに補正

*：Gallagherの組織別基礎代謝量から算出

		A群 (n=17)		B群 (n=13)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
FIT-BEE	kcal	1626.6	219.1	1818.3	246.3	$p < 0.05$
FIT-BEE /HB-BEE	%	99.0	8.9	93.6	11.7	$p < 0.01$
lnb-BEE	kcal	1429.4	145.7	1566.7	183.6	$p < 0.05$
lnb-BEE /HB-BEE	%	87.0	4.1	80.2	3.3	$p < 0.01$
HB-BEE	kcal	1646.1	191.5	1955.5	223.9	$p < 0.01$
* 体組成からの 計算値	kcal	2004.6	424.0	1926.0	313.5	<i>n. s.</i>



(表2-9) 測定方法の違いによる基礎代謝基準値を日本人の基礎基準値と比較

(平均±SD)

	単位	全体	体脂肪率30%未満 (BMI24.9±2.5)	体脂肪率30%以上 (BMI31.7±4.1)
FIT-REE	kcal/kg	23.3±3.3	24.6±2.7*	21.6±3.2
Inb-REE	kcal/kg	20.3±2.1*	21.7±1.5	18.4±1.0**
HB-BEE	kcal/kg	21.9±1.6	22.6±1.3	20.9±1.3*
注) 日本人の基礎代謝基準値		22.3		

*: 日本人の基礎代謝基準値との有意差 $p < 0.05$
**: 日本人の基礎代謝基準値との有意差 $p < 0.01$
注) 対象者の平均年齢から30~49歳までの基準値を使用した

(表3-1) 対象者の特性

		男性 (n=16)		女性 (n=10)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
年齢	歳	52.2	15.8	59.7	19.5
身長	cm	167.0	8.9	153.9	7.4
体重	kg	71.9	26.2	80.4	30.5
BMI	kg/m ²	25.8	8.9	33.9	12.3
BI	点	34.7	22.9	48.5	35.2
疾患名					
脊髄損傷	4名	神経難病	3名	腫瘍による麻痺	4名
脳梗塞等	2名	骨折等	5名	不明	4名

(表3-2) 血液生化学データ

		男性 (n=16)		女性 (n=10)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
TP	g/dL	6.8	0.8	7.0	0.5
ALB	g/dL	3.8	0.7	3.6	0.5
Hb	g/dL	13.3	2.6	11.2	2.4
HT	%	39.8	5.4	35.2	6.8
Tchol	g/dL	176.3	72.5	173.4	28.8
TG	g/dL	153.1	78.8	126.5	84.2
HDLchol	g/dL	54.4	21.2	39.3	8.9
LDLchol	g/dL	99.5	32.8	71.5	10.7
HbA1c	%	6.2	1.6	6.0	1.1
血清Cr	mg/dL	0.74	0.27	0.64	0.28

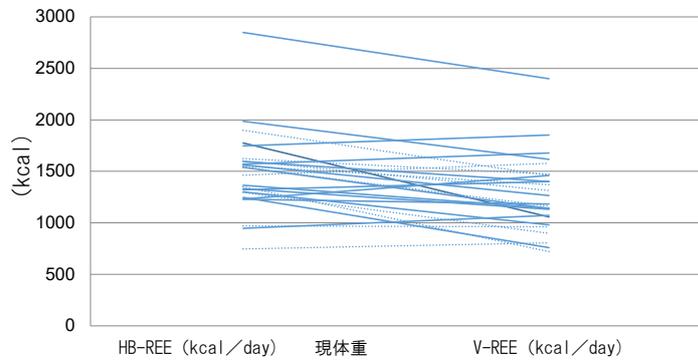
(表3-3) エネルギー消費量の測定結果とV-REE/HB-BEE
V-REE - HB-BEE

		男性 (n=16)		女性 (n=10)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
V-REE	kcal/day	1346.0	397.6	1174.2	308.3	<i>n. s.</i>
lnb-REE	kcal/day	1359.2	252.1	1266.2	227.8	<i>n. s.</i>
HB-BEE	kcal/day	1537.2	433.8	1403.9	335.3	<i>n. s.</i>
V-REE -HB-BEE	kcal/day	-191.2	269.4	-229.7	239.4	<i>n. s.</i>
V-REE /HB-BEE	%	88.7	17.7	85.1	17.3	<i>n. s.</i>
体脂肪率	%	32.1	10.6	44.3	13.8	$p < 0.05$
除脂肪量	kg	45.8	11.7	41.5	11.2	<i>n. s.</i>
呼吸商		81	0.1	79	0.1	<i>n. s.</i>

(表3-4) 測定方法別の男女比較 (kcal) (平均±SD)

(n=20)

	V-REE	lnb-REE	HB-BEE	P 値
全体	1279.9±369.2*	1323.4±397.2**	1485.9±397.2* **	*: <0.01 **: <0.01
男性	1346.0±397.6*	1359.2±242.8**	1537.2±433.8* **	*: <0.01 **: <0.01
女性	1174.2±308.3*	1266.2±227.8	1403.9±335.3*	*: <0.01



(図3-1) 対象者別 HB-BEEとV-REEの比較

(表3-5) 2群対象者の特性

BI : 20点以下、21点以上 体脂肪率 : 男性25%以上、女性35%以上

		A群 : BI点20以下 (n=5)		B群 : BI21点以上 (n=15)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
年齢	歳	50.8	20.5	52.7	14.0	<i>n. s.</i>
身長	cm	161.2	12.0	162.5	9.6	<i>n. s.</i>
体重	kg	65.0	14.0	90.3	25.5	$p < 0.05$
BMI	kg/m ²	25.1	4.9	34.6	10.3	<i>n. s.</i>
BI	点	10	7.9	53.7	21.8	$p < 0.01$

(表3-6) 血液生化学データ

BI : 20点以下、21点以上 体脂肪率 : 男性25%以上、女性35%以上 (n=20)

		A群 : BI20点以下 (n=5)		B群 : BI21点以上 (n=15)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
TP	g/dL	6.7	0.8	6.9	0.6	<i>n. s.</i>
ALB	g/dL	3.5	0.8	3.7	0.6	<i>n. s.</i>
Hb	g/dL	11.2	2.7	12.9	2.4	<i>n. s.</i>
HT	%	36.5	7.9	38.7	6.4	<i>n. s.</i>
Tchol	g/dL	133.6	76.9	194.9	49.8	$P=0.052$
TG	g/dL	117.5	41.7	154.3	89.4	<i>n. s.</i>
HDLchol	g/dL	37.0	18.1	44.5	19.4	<i>n. s.</i>
LDLchol	g/dL	88.5	17.1	101.8	32.6	<i>n. s.</i>
HbA1c	%	5.6	0.3	6.3	2.0	<i>n. s.</i>
血清Cr	mg/dL	0.38	0.19	0.72	0.13	$p<0.01$

(表3-7) 測定結果

BI : 20点以下、21点以上 体脂肪率 : 男性25%以上、女性35%以上 (n=20)

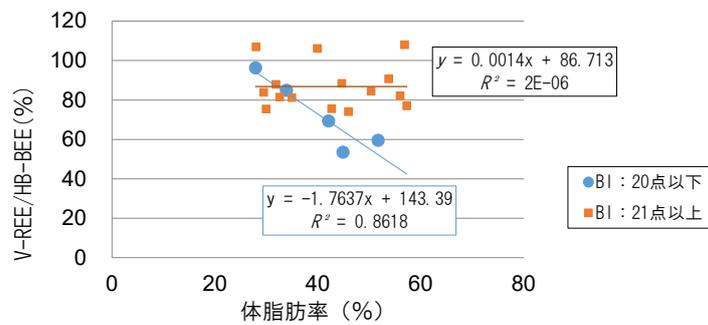
		A群 : BI20点以下 (n=5)		B群 : BI21点以上 (n=15)		t-test
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
V-REE	kcal/day	997.4	188.0	1455.3	350.4	$p<0.05$
Inb-REE	kcal/day	1181.6	132.9	1441.8	236.5	$P<0.05$
HB-BEE	kcal/day	1396.0	217.4	1679.5	368.3	<i>n. s.</i>
V-REE -HB-BEE	kcal/day	-398.6	282.4	-224.2	195.4	<i>n. s.</i>
V-REE /HB-BEE	%	72.7	17.7	86.8	11.5	$p=0.053$
体脂肪率	%	40.1	9.3	42.3	10.8	<i>n. s.</i>
除脂肪量	kg	37.6	6.2	49.6	11.0	$P<0.05$
呼吸商		0.76	0.10	0.74	0.26	<i>n. s.</i>

(表3-8) 測定法別 2群の比較 (kcal) (平均±SD) (n=20)

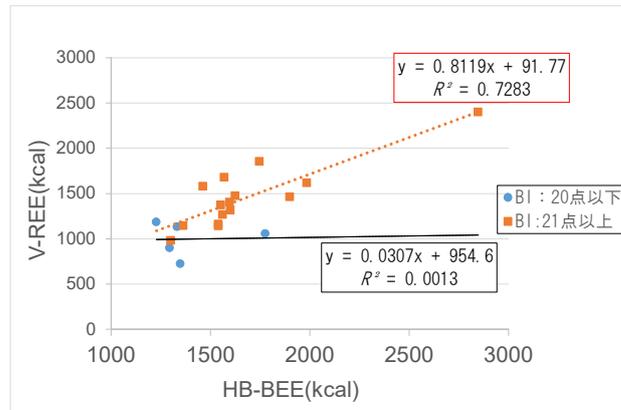
	V-REE	Inb-REE	HB-BEE	p値
A群	997.4±188.0*	1181.6±132.9*	1396.0±217.4*	p<0.01
B群	1455.3±350.4**	1441.8±236.5** *	1679.5±368.3*	p<0.05

* : p<0.05

** : p<0.01



(図3-2) 体脂肪率とV-REE/HB-BEEの相関
A群 : BI 20点以下 B群 : BI 21点以上



(図3-3) V-REEとHB-BEEの相関
A群：BI 20点以下 B群：BI 21点以上

(表4) REEのためのHB-BEEの補正值

	体脂肪率	補正值	備考
女性	25%未満	1.0~1.05	$R^2=0.381$
	25%以上	補正不可	
男性	30%未満	1.05から1.1	$R^2=0.607$
	30%以上	補正不可	
低ADL肥満者 (BI:21点以上)	男30%以上 女%25以上	0.85~0.90	$R^2=0.728$
低ADL肥満者 (BI:20点以下)	35%	0.82	$R^2=0.862$
	40%	0.73	
	45%	0.64	
	50%	0.55	

