

若年女性のやせ形成と健康障害の主要因を抽出するための基礎的研究
～二重標識水を用いたエネルギー消費量の評価～

研究分担者：畑本 陽一 医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所
栄養代謝研究部・研究員

吉村 英一 医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所
栄養代謝研究部・室長

研究協力者：濱田 有香 医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所
栄養代謝研究部・特別研究員

研究代表者：緒形 ひとみ 広島大学大学院人間社会科学研究科・准教授

研究要旨

本研究は、若年女性における体格および生理周期がエネルギー消費量に与える影響を評価することを目的とし、二重標識水（DLW）法を用いて自由生活下での総エネルギー消費量（TEE）を測定した。普通体型者（KN）とやせ体型者（KT）の比較では、KNの方がTEEおよび身体活動レベル（PAL）が高く、特にKNでは黄体期においてその傾向が顕著であった。一方、KTにおいては生理周期によるTEEおよびPALの顕著な変動は見られなかった。これらの結果は、体格および生理周期に応じたエネルギー摂取および活動量の調整が若年女性の健康管理において重要であることを示唆している。

A. 研究目的

肥満が世界的な公衆衛生上の問題となっている中¹⁾、日本では、若年女性におけるやせの者の割合が40年以上にもわたり、20%を推移しており、大きな課題の1つとなっている^{2, 3)}。若年女性の体格は、健康状態と密接に関連しており、特にやせの女性は、エネルギー摂取不足による、免疫機能の低下、骨密度の減少、月経不順など、多岐にわたる健康リスクが高いことが報告されている。自由生活におけるエネルギー消費量を正確に評価することは、個々の健

康状態を適切に管理するための基礎データとなるが、現在、日本人若年女性を対象に総エネルギー消費量を評価したデータは存在しておらず、エネルギー消費量とエネルギー摂取量のバランスを正確に評価するに至っていない。

また、女性においては、月経周期が基礎代謝量に影響を与え、卵胞期に比べ黄体期でわずかに高くなるため、エネルギー消費量も高くなることが報告されている⁴⁾。しかし、日本人の女性のデータがないために、月経周期における各期のエネルギー消費量

の違いの評価はされていない。

そこで、本研究では、自由生活下において総エネルギー消費量を最も正確に評価できる手法である二重標識水（DLW）法を用いて若年女性のエネルギー消費量を測定し、やせと普通の体格の総エネルギー消費量の違いを明らかにすること、および月経周期がエネルギー消費量に与える影響を明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

本研究の対象者は、BMIが18.5未満のやせ型女性10名（KT）およびBMIが18.5～24.9の普通体形女性（KN）17名とした。対象者は、研究開始時に形態計測および身体組成を行った（表1、2）。

二重標識水法の測定について

DLW法は、自由生活下におけるエネルギー消費量を推定する手法である⁵⁾。対象者は、2種類の安定同位体で標識された水（ $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ ：重酸素水と重水素水の混合水）を摂取した。安定同位体の排出速度を追跡するため、対象者は、DLWの摂取前（day0）、サンプルを3時間後と4時間後、DLW摂取後15日目に尿サンプルを収集した。なお対象者はday0の早朝の空腹状態で来室してもらい、DLWを摂取した。

対象者には、黄体期と卵胞期のそれぞれの月経周期にDLWを摂取させた。どちらの期を先にするかについては、無作為とした。DLWの摂取量は、体水分量1kgあたり重水素（99.8 atom%）が0.12 g、酸素-18（10.0 atom%）が2.5 gとしたが、2回目の摂取は、初回の摂取量の0.9倍とした。各対象者には、摂取後にDLWの残液が生じ

ないように、使用した容器を50 mlの水で洗浄し、そのまま再度飲用した。体水分量（Total body water：TBW）は、DLWの摂取から3時間後と4時間後に尿サンプルを採取し、体内の重水素の希釈容積から算出した。収集された尿サンプルは全て冷凍保存され、後に同位体比質量分析計（IRMS）を用いて分析した。各尿サンプルの同位体濃度を測定し、重水素と酸素-18の排出速度を計算した。これに基づいて、対象者の二酸化炭素生成量を求め、Weirの式を用いてTEEを算出した。

C. 研究結果

1. 普通体型者とやせ体型者の身体的特徴の比較（黄体期）

表1Aに示すとおり、普通体型者（KN）とやせ体型者（KT）の間でいくつかの身体的特徴に顕著な差異が認められた。KNは平均体重が 50.4 ± 4.9 kg、BMIが 20.1 ± 1.4 であるのに対し、KTは平均体重が 44.7 ± 4.1 kg、BMIが 18.2 ± 0.6 であり、統計的に有意な差が見られた（ $p < 0.01$ ）。総エネルギー消費量（TEE）についてもKNが 1981 ± 180 kcal/day、KTが 1812 ± 172 kcal/dayと、KNの方が高かった（ $p = 0.02$ ）。さらに、身体活動レベル（PAL）に関しても、KNが 1.70 ± 0.14 、KTが 1.67 ± 0.19 であり、差が認められた（ $p = 0.47$ ）。

2. 普通体型者とやせ体型者の身体的特徴の比較（卵胞期）

KNとKTの間において卵胞期にも同様の差異が確認された（表1B）。KNの平均体重が 50.7 ± 5.6 kg、BMIが 20.2 ± 1.5 であるのに対し、KTの平均体重が 43.6 ± 2.9 kg、

BMIが 18.3 ± 0.6 であった ($p < 0.01$)。TEEについてはKNが 1902 ± 181 kcal/day、KTが 1796 ± 230 kcal/dayとKNが高い傾向が見られたが、有意差は認められなかった ($p = 0.13$)。PALに関しても、KNが 1.63 ± 0.15 、KTが 1.69 ± 0.26 であり、有意差は認められなかった ($p = 0.91$)。

3. 普通体型者における黄体期と卵胞期の比較

表 2A に示すとおり、普通体型者 (KN) の黄体期と卵胞期における TEE の比較では、黄体期の TEE が 1967 ± 190 kcal/day、卵胞期が 1902 ± 181 kcal/day であり、黄体期の方が高い傾向が認められた ($p = 0.06$)。また、TEE を体重で補正した値 (kcal/kg/day) においても、黄体期が 39.6 ± 4.2 、卵胞期が 37.8 ± 4.0 であり、黄体期の方が高かった ($p = 0.02$)。PAL に関しては、黄体期が 1.70 ± 0.15 、卵胞期が 1.63 ± 0.15 であり、黄体期の方が高かった ($p = 0.05$)。

4. 痩せ体型者における黄体期と卵胞期の比較

表 2B に示すとおり、痩せ体型者 (KT) の黄体期と卵胞期における TEE の比較では、黄体期の TEE が 1781 ± 187 kcal/day、卵胞期が 1796 ± 230 kcal/day であり、有意な差は認められなかった ($p = 0.94$)。また、TEE を体重で補正した値においても、黄体期が 41.6 ± 5.0 、卵胞期が 41.3 ± 6.3 であり、差は見られなかった ($p = 0.69$)。PAL に関しては、黄体期が 1.68 ± 0.20 、卵胞期が 1.69 ± 0.26 であり、差は認められなかった ($p = 1.00$)。

D. 考察

本研究は、自由生活下において TEE を最も正確に評価できる手法である DLW 法を用いて、若年女性のエネルギー消費量を測定し、やせと普通の体格の TEE の違い、および月経周期がエネルギー消費量に与える影響を明らかにすることを目的とした。その結果、普通体型者 (KN) はやせ体型者 (KT) に比べて TEE および PAL が高いことが示された。特に黄体期においてこれらの値が高い傾向が確認されたが、痩せ体型者においては、生理周期による TEE および PAL の変動は顕著でなかった。

月経周期に関しては、普通体型者 (KN) は黄体期において TEE および PAL が卵胞期よりも高い傾向が見られたが、やせ体型者 (KT) では顕著な差は認められなかった。これは、黄体期におけるエネルギー消費の増加が、普通体型者では全体の活動量 (PAL) にも反映されていると考えられる。また、やせ体型者ではその影響が限定的である可能性を示唆している。

E. 結論

普通体型者 (KN) はやせ体型者 (KT) に比べて TEE および身体活動レベル (PAL) が高く、特に黄体期においてこれらの値が高いことが確認された。一方、やせ体型者においては、月経周期による TEE および PAL の変動は顕著ではなかった。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし。

2. 学会発表

なし。

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし。

2. 実用新案登録

なし。

I. 引用文献

1. Must A, McKeown NM. The Disease Burden Associated with Overweight and Obesity. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, Chrousos G, de Herder WW, Dhatariya K, Dungan K, Hershman JM, Hofland J, Kalra S, et al., eds. Endotext.

South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.

Copyright © 2000-2021, MDText.com, Inc., 2000.

2. 厚生労働省. 令和元年国民健康・栄養調査. 2020.
3. Matsumoto M, Tajima R, Fujiwara A, Yuan X, Okada E, Takimoto H. Trends in Food Group Intake According to Body Size among Young Japanese Women: The 2001-2019 National Health and Nutrition Survey. *Nutrients*. 2022;14(19). 4078
4. Benton MJ, Hutchins AM, Dawes JJ. Effect of menstrual cycle on resting metabolism: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2020;15(7): e0236025
5. 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, 西牟田守, 吉武裕, 齊藤慎一. 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価. *体力科学*. 2002;51(1):151-63.

表 1A 若年成人女性における体格の違いと身体的特徴（黄体期）

Characteristics	Overall, N = 27 ¹	KN_黄体期, N = 17 ¹	KT_黄体期, N = 10 ¹	p-value ²
Age, y	20.6 (1.3)	20.8 (1.2)	20.4 (1.5)	0.62
Height, cm	157.8 (5.3)	158.4 (5.0)	156.8 (6.0)	0.82
Weight, kg	48.3 (5.3)	50.4 (4.9)	44.7 (4.1)	<0.00
BMI, kg/m ²	19.3 (1.5)	20.1 (1.4)	18.2 (0.6)	<0.01
BMR, kcal/day	1,137 (84)	1,164 (76)	1,091 (79)	0.03
TEE, kcal/day	1,919 (193)	1,981 (180)	1,812 (172)	0.02
TEE, kcal/kg/day	40.0 (4.3)	39.5 (3.9)	40.8 (5.0)	0.54
FFM, kg	34.9 (3.4)	36.1 (3.1)	32.9 (2.9)	0.02
TBW, kg	25.6 (2.5)	26.4 (2.3)	24.1 (2.1)	0.02
FM, kg	13.4 (2.8)	14.3 (2.7)	11.8 (2.2)	0.03
Body fat, %	27.5 (3.5)	28.2 (3.3)	26.3 (3.7)	0.36
PAL	1.69 (0.16)	1.70 (0.14)	1.67 (0.19)	0.47

¹Mean (SD)²Wilcoxon rank sum test; Wilcoxon rank sum exact test

表 1B 若年成人女性における体格の違いと身体的特徴（卵胞期）

Characteristics	Overall, N = 21 ¹	KN_卵胞期, N = 14 ¹	KT_卵胞期, N = 7 ¹	p-value ²
Age, y	20.6 (1.4)	20.9 (1.2)	20.0 (1.6)	0.221
Height, cm	157.0 (5.5)	158.3 (5.3)	154.5 (5.2)	0.478
Weight, kg	48.3 (5.9)	50.7 (5.6)	43.6 (2.9)	<0.01
BMI, kg/m ²	19.6 (1.6)	20.2 (1.5)	18.3 (0.6)	<0.01
BMR, kcal/day	1,133 (90)	1,166 (85)	1,067 (62)	0.02
TEE, kcal/day	1,867 (200)	1,902 (181)	1,796 (230)	0.13
TEE, kcal/kg/day	39.0 (5.0)	37.8 (4.0)	41.3 (6.3)	0.26
FFM, kg	34.5 (3.6)	35.9 (3.3)	31.6 (1.9)	<0.01
TBW, kg	25.2 (2.6)	26.3 (2.4)	23.1 (1.4)	<0.01
FM, kg	13.8 (3.0)	14.7 (3.1)	12.1 (2.1)	0.08
Body fat, %	28.5 (3.5)	28.9 (3.5)	27.6 (3.4)	0.49
PAL	1.65 (0.19)	1.63 (0.15)	1.69 (0.26)	0.91

¹Mean (SD)²Wilcoxon rank sum test; Wilcoxon rank sum exact test

KN：普通 BMI 女性, KT：やせ女性; BMI, BMR, 基礎代謝量推定値 (kcal/day), TEE：総エネルギー消費量, TBW：体水分量, PAL：身体活動レベル, FFM：除脂肪量, FM：脂肪量.

表 2A 普通体形女性における月経周期の違いと身体的特徴（黄体期 vs 卵胞期）

Characteristics	KN_黄体期, N = 14 ¹	KN_卵胞期, N = 14 ¹	p-value ²
TEE, kcal/day	1,967 (190)	1,902 (181)	0.06
TEE, kcal/kg/day	39.6 (4.2)	37.8 (4.0)	0.02
FFM, kg	35.6 (3.2)	35.9 (3.3)	0.07
TBW, kg	26.1 (2.4)	26.3 (2.4)	0.07
FM, kg	14.4 (2.7)	14.7 (3.1)	0.09
Body fat, %	28.6 (3.2)	28.9 (3.5)	0.17
PAL	1.70 (0.15)	1.63 (0.15)	0.05

¹Mean (SD)

²Paired t-test

表 2B やせ女性における月経周期の違いと身体的特徴（黄体期 vs 卵胞期）

Characteristics	KT_黄体期, N = 7 ¹	KT_卵胞期, N = 7 ¹	p-value ²
TEE, kcal/day	1,781 (187)	1,796 (230)	0.94
TEE, kcal/kg/day	41.6 (5.0)	41.3 (6.3)	0.69
FFM, kg	31.6 (2.3)	31.6 (1.9)	0.69
TBW, kg	23.1 (1.7)	23.1 (1.4)	0.69
FM, kg	11.3 (2.1)	12.1 (2.1)	0.16
Body fat, %	26.3 (4.1)	27.6 (3.4)	0.38
PAL	1.68 (0.20)	1.69 (0.26)	1.00

¹Mean (SD)

²Paired t-test

KN：普通 BMI 女性, KT：やせ女性; BMI, BMR, 基礎代謝量推定値 (kcal/day), TEE：総エネルギー消費量, TBW：体水分量, PAL：身体活動レベル, FFM：除脂肪量, FM：脂肪量.