若年女性におけるやせが自律調節機能に及ぼす影響

小平洋子・辻 玲子・太田 徹・八幡剛浩

(市立名寄短期大学)

Effect of leanness on autonomic regulatory function in young female

Yoko Kodaira, Reiko Tsuji, Toru Ota, Takehiro Yahata

Nayoro City College, Nishi 2-Kita 8, Nayoro, Hokkaido, 096-8641

〒096-8641 名寄市西2条北8丁目1

In order to clarify the effects of leanness on autonomic regulatory functions, energy intakes, vital signs, and cold-induced peripheral vasodilation were investigated on 5 lean and 17 normal female students. The body weight, BMI, degree of obesity, and body fat rate were lower in the lean group than those in the normal one, however body height and vital signs, such as tympanic temperature, pulse and blood pressure, were not different between the groups. The daily intakes of energy, as well as protein and carbohydrates, were the same in both groups, but that of fat was less in the lean group. The energy intakes of the students were extremely small in even the normal group as compared to the recommended daily intake for their age and gender group.

The cold-induced peripheral vasodilation (Levis reaction) of the lean group was lower than that of the normal group. The present results suggest that an enhanced activity of the sympathetic nerves contributes, partly, to cause the physical difference between lean and normal groups, possibly through an increase of energy dissipation. It is also supposed that decreases in tolerance not only for cold but also for immunological activity occurred in excessively lean subjects because of a general disturbance of the autonomic regulatory systems in the body. It is, therefore, important to correct the false admiration among young females for leanness as beauty, and to encourage them to build truly healthy and beautiful bodies.

1. 緒 言

近年若い女性の「やせ」に対する意識が強くなり、細身の傾向にあることが認められている。平成10年の国民栄養調査によると、若年女性の「やせ」の割合が増加し、特に15～19歳および20歳代では5人に1人が「やせ」であると判定されている¹⁾。また若い女性の基礎代謝は以前より低くなっており、更に、やせている人ではエネルギー

摂取量が必要摂取量を下回っている²⁾ことが示されている。

栄養摂取不足は代謝を低下させるから、種々の身体機能に悪影響を与えることが考えられる。事実、肥満がそうであるように、極度の「やせ」では種々疾病の発症率の上昇³⁾や重篤化が見られている。また、「やせ」では骨密度が低下していることが報告されており⁴⁾、さらに拒食症では体温の低下⁵⁾や性ホルモン分泌の乱れによる

月経異常⁶⁾が見られている。これらのことは、栄養摂取不良につながる極度の「やせ」においては、免疫力の低下⁷⁾に加えて生命を維持するために働いている自律機能が損なわれている可能性を示唆している。

ヒトの体温は熱の産生と熱の放散のバランスにより自律的に一定に保たれており、熱の放散は皮膚血管および汗腺への自律神経の作用によって調節されている⁸⁾。寒冷刺激に対する皮膚血管の収縮・拡張反応である寒冷末梢血管拡張反応は、自律神経機能の指標として用いることが可能である⁹⁾。

「やせ」に関する研究は近年盛んに行われるようになっては来たものの、そのほとんどは「やせ」に関する意識調査や不定愁訴に関するものであり、生理機能からのアプローチについては行われていない。そこで本研究では、若者の望ましい栄養摂取状態を確立するためのステップとして、「やせ」が生体機能に及ぼす影響を明らかにする目的で、寒冷末梢血管拡張反応を調べることで「やせ」が自律機能に及ぼす影響を検討した。

2. 実験方法

(1) 食事調査

本学生生活科学科栄養専攻に所属する20歳の女子学生22名を対象に、2000年12月15日から12月19日の間の連続3日間について通常の生活状況下で食事調査を実施し、エネルギー摂取量およびたんぱく質・脂質・炭水化物の摂取量を算出した。

(2) バイタルサインおよび寒冷末梢血管拡張反応の測定

食事調査に引き続き、12月19日から12月23日の間に行った。測定は体温の日内変動による影響を避けるために午前に行った。22～23℃の室温下で安静にさせた後、オムロン耳式体温計（MC-505、オムロン、東京）で鼓膜温を、オムロンデジタル自動血圧計（HEM-740Aファジー、オムロン、東京）で血圧と脈拍を測定した。

その後右手の中指爪床上皮膚部にサーミスター温度計（タカラK923、テクノ・セブン、横浜）のセンサーをサージカルテープで固定し、周囲の隙間にワセリンを塗布した。室温下で皮膚温が安定した後、0℃の氷水中に第二関節まで浸けて30分間、さらに氷水から引き上げて水分をふき取った後10分間、計40分間の皮膚温の変化を30秒間隔で測定した。氷水の温度は容器に氷の小片を充分に入れ、スターラーで静かに攪拌する

ことで0℃に保った。測定終了後、インピーダンス法による体脂肪計（タニタTBF101、タニタ、東京）によって、排尿後の状態の体脂肪率を測定した。

(3) 寒冷末梢血管拡張反応の測定結果の評価

測定結果を評価するために以下の数値を求めた。

平均皮膚温：氷水浸漬開始後5分から30分までの25分間の平均温度

最高皮膚温：上記時間の間の最高温度

最低皮膚温：上記時間の間の最低温度

上昇時間：氷水浸漬中皮膚温が最初に上昇するまでの時間

上昇温度：上昇時間における温度

抗凍傷指数：下記の基準による点数の和を求め、3～9点で表した¹⁰⁾

項目\点数	1点	2点	3点
平均皮膚温（℃）	4.0以下	4.1～7.0	7.1以上
上昇時間（分）	12.0以上	11.5～8.0	7.5以下
上昇皮膚温（℃）	1.5以下	1.6～4.0	4.1以上

(4) 統計

結果は平均値±標準誤差で示し、有意差の検定は分散分析およびスチューデントのt検定によって行った。また、相関の有意性はピアソンの相関係数によって検定した。

3. 結果

日本肥満学会の定義によれば、BMI18.5%未満が「やせ」、25.0%以上が「肥満」とされている¹⁾。この基準により被験者を分けたところ、「やせ」は被験者22名中5名（痩身）で、17名は通常の範囲（普通）にあり、「肥満」の者はいなかった。

被験者グループの身体的特徴を表1に、バイタルサインを表2に、食事調査の結果を表3と表4に示してある。両グループの間で、身長には差がなかったが、体重、BMI、肥満度および体脂肪率には有意な差が認められた（ $p<0.01-0.001$ ）（表1）。一方、鼓膜温、血圧

表1 被験者の身体的特徴

	身長（cm）	体重（kg）	BMI	肥満度（%）	体脂肪率（%）
痩身（5）	156.0±1.72	43.1±1.28	17.7±0.29	-19.6±1.27	20.2±0.64
普通（17）	159.7±1.34	55.9±1.47	21.9±0.42	-0.6±1.94	28.3±0.81
p	NS	<0.001	<0.01	<0.001	<0.001

データは各グループの平均値と標準誤差を示す
（ ）内数字は被験者の数を示す

表2 被験者のバイタルサインの比較

	鼓膜温 (℃)	血 圧 (mmHg)			脈 拍 (回/分)
		最 高	最 低	平 均	
痩身 (5)	36.9±0.18	103.0±2.67	67.8±1.91	79.5±1.85	71.0±2.76
普通 (17)	36.8±0.09	105.7±2.30	65.8±2.03	77.1±2.02	71.3±2.59
p	NS	NS	NS	NS	NS

データは各グループの平均値と標準誤差を示す

() 内数字は被験者の数を示す

表3 1日当たりのエネルギーおよび栄養素摂取量

	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂 質 (g)	炭水化物 (g)
痩身 (5)	1373±93.7	40.3±2.28	30.9±2.28	233.4±22.36
普通 (17)	1268±87.7	42.4±3.83	40.9±3.89	192.9±11.48
p	NS	NS	<0.05	NS

データは各グループの平均値と標準誤差を示す

() 内数字は被験者の数を示す

表4 1日当たりのエネルギー摂取量に対する各栄養素の割合

	たんぱく質 (%)	脂 質 (%)	炭水化物 (%)
痩身 (5)	12.4±0.47	20.7±1.12	66.9±1.30
普通 (17)	13.3±0.48	29.1±1.65	58.1±1.65
p	NS	<0.001	<0.001

データは各グループの平均値と標準誤差を示す

() 内数字は被験者の数を示す

(最高, 最低, 平均) および脈拍に関しては, いずれにも差が見られなかった (表2). 1日当たりのエネルギー摂取量, たんぱく質, 炭水化物の各摂取量は両グループに差がなかったが, 脂質摂取量は痩身で有意に少なかった ($p<0.05$) (表3). またエネルギー摂取量に占める各栄養素の割合を見ると, 痩身では脂質の割合が低く逆に炭水化物の割合が高かった (共に $p<0.001$) (表4).

氷水に浸漬中および引き上げた後の中指皮膚温の変化を図1に示し, その結果を表5にまとめてある. 安静時皮膚温は両グループに差がなかった. 両グループとも氷

水に漬けると皮膚温は急速に低下し, 浸漬10分後位に1℃以下に達した後上昇し, その後は一定の範囲内で下降と上昇を繰り返したが, 痩身では普通より有意に低い温度域に留まっていた ($p<0.05$).

氷水から出した後の皮膚温の回復の状態は同じであった (図1). 浸漬5分から30分の間の皮膚温を比較すると, 最低皮膚温は同じであるのに平均皮膚温と最高皮膚温は痩身の方が有意に低く (共に $p<0.01$), このグループでは温度の変動幅が小さかった (表5). また, 平均皮膚温, 上昇時間, 上昇温度, およびこれから求めた抗凍傷指数を両グループで比較すると, 平均皮膚温には有意な差がある ($p<0.01$) もの, 上昇時間は共に10分台と遅く, 上昇温度も1℃以下と極端に低いため, 抗凍傷指数は両グループ共著しく低く, グループ間で差は見られなかった (表5).

図1 痩身および普通グループの冷水浸漬時の中指皮膚温の変化
データは各グループの平均値と標準誤差を示す. () 内は被験者の数を示す.

表5 冷水浸漬による中指皮膚温変化と抗凍傷指数

	安静時皮膚温 (℃)	上昇時間 (分)	上昇温度 (℃)	冷水浸漬時の皮膚温 (℃)			抗凍傷指数
				平均温度	最低温度	最高温度	
痩身 (5)	26.4±1.43	10.0±0.42	0.4±0.06	2.0±0.39	0.3±0.06	3.6±0.70	4.0±0.00
普通 (17)	25.6±0.83	10.1±0.38	0.6±0.09	3.6±0.29	0.5±0.08	6.2±0.46	4.3±0.18
p	NS	NS	NS	<0.01	NS	<0.01	NS

データは各グループの平均値と標準誤差を示す

() 内数字は被験者の数を示す

図2 安静時皮膚温と冷水浸漬時の中指平均皮膚温の関係

表6 平均皮膚温への体温周期の影響

	低温期 (°C)	高温期 (°C)	p
痩身	2.0±0.40 (3)	2.1±0.77 (2)	NS
普通	4.0±0.33 (9)	3.1±0.43 (8)	NS
p	NS	NS	

データは各グループの平均値と標準誤差を示す

() 内数字は被験者の数を示す

4. 考 察

本研究での「やせ」の割合は22.7%であり、被験者は平均的な若い女性の集団に属するものと考えられる¹⁾。「やせ」の人ではエネルギー摂取量が低いことが知られており²⁾、今回痩身と普通の間でエネルギー摂取量に差が見られなかったのは意外なことである。20歳前後の女性の平均エネルギー摂取量は1,861kcalとされている¹¹⁾から、本研究では普通グループでもエネルギー摂取量が著しく低いといえる。若い女性では食事調査時には無意識に食べる量を減らしている可能性があり、食事調査の解析には十分な注意が必要である。しかし、同じクラスの他のグループについての長期間に亘る調査でも本研究と同程度のエネルギー摂取量であり(未発表)、また、BMI 18.5未満と同25以上の2群のエネルギー摂取量がそれぞれ、1,346kcal, 1,434kcalであった¹²⁾という本研究に近い結果も報告されているところから、現代の若者のエネルギー摂取量が必要量を下回っていることが示唆される。事実、特に若い女性では現実のBMIが標準を下回っているにも拘わらず、よりスリムな体格を理想としており^{13),14)}、エネルギー摂取量が必要量に満たないこと^{11),15)}、および若年女性の基礎代謝は、1960年前後より1990年前後の方が低くなっている¹¹⁾ことが示さ

れている。現在この傾向が更に強まっていっていることが考えられる。

栄養摂取不足は代謝を低下させるから種々の身体機能に影響を与える。事実、栄養摂取不良では免疫力が低下することが知られている⁷⁾。また、拒食症では体温の低下が見られ⁵⁾、更にオーバーナイトの1回の絶食でも鼓膜温が低下することが認められている(未発表)。この点から痩身で見られると予測されるバイタルサインの差が今回認められなかったのは、エネルギー摂取量に差がないことから頷けることである。

エネルギー摂取量が同じであるのに両グループ間で体格に差がある理由は明らかではないが、本研究では痩身で脂質摂取量が有意に低く(表3)、またエネルギー基質としてより多くを炭水化物に依存している(表4)ことが示されており、脂質摂取量の差が両グループの体格の違いをもたらしている原因の一部となっていることが考えられる。

摂取エネルギー基質の差に加えてエネルギー消費量の差が考えられる。消費エネルギー量は身体活動量に比例するから、もし運動クラブなどの活動で運動量が多ければそれだけ痩せることになる。しかし、今回の痩身グループでは特に活発に運動をしている者はおらず、平均活動強度は通常のグループの1.3に対して1.5であったところから、運動量の差が両者の体型の違いの主要原因であるとは考え難い。

更に、エネルギー消費の促進には自律神経系の交感神経の活動が関わっており、もし両グループでその活動に差があればエネルギー消費量に差が出るものと考えられる。そこで、交感神経活動の指標として寒冷末梢血管拡張反応を比較したところ、本学的女子学生について行った以前の結果に比べて両グループ共、平均皮膚温、上昇温度は低く、上昇時間は遅いため抗凍傷指数も著しく低くなっている^{16),17)}こと、および寒冷暴露中の中指平均皮膚温は痩身グループの方が低いことが明かとなった。

寒冷末梢血管拡張反応は常習喫煙者⁹⁾や徹夜¹⁷⁾で低下することが示唆されている。これらの状況では共に交感神経活動が亢進しており、そのために寒冷刺激に対して血管の強い収縮が起こるものと考えられている。このことは、痩身では普通より交感神経の活動が亢進している結果寒冷末梢血管拡張反応の低下がもたらされていることを示唆している。それ故、痩身では交感神経活動の亢進の結果エネルギー消費が促進されていることは充分考えられる。また今回は調べていないが、インシュリンはエネルギー蓄積に、グルカゴンはエネルギー消費に働く

ことから、これらホルモンの動態についても検討が必要である。

今回の実験は冬期に行われており安静時皮膚温が低いことから、安静時皮膚温の差が末梢血管拡張反応の違いをもたらしていることが考えられる。しかし、安静時皮膚温と平均皮膚温の間には痩身、普通、被験者全体のいずれを見ても相関関係は見られず、安静時皮膚温が30℃以上の被験者でも平均皮膚温は5℃前後であり(図2)、今回の結果は低い安静時皮膚温だけによってもたらされたのではないと言える。また、女性では月経周期に伴う体温の月内変動があり、これが末梢血管拡張反応に影響を与えている可能性がある。そこで被験者を高温期と低温期に分けてそれぞれの平均皮膚温を比較すると、痩身では例数が少ないものの全く差がなく、普通では高温期にある者が低い平均皮膚温を示す傾向を示した(表6)。ラットでは女性ホルモンが寒冷による皮膚血管の収縮を促進させる¹⁸⁾ことが報告されており、女性ホルモンの血中レベルの差が寒冷末梢血管拡張反応に影響を与えている可能性は十分考えられる。

前述の八幡の研究¹⁷⁾はこの点に関しては考慮していないが、大野らの研究¹⁶⁾は低温期の被験者について実施されており、このことが今回の結果との差の一因となっているものと推察される。更に神経性摂食障害による低栄養時には卵巣刺激ホルモン、黄体形成ホルモンの分泌能が低く月経異常を見せるところから⁶⁾、女性ホルモンの分泌の乱れが今回の結果の一因となっていることも考えられる。これらの点については今後更に検討をする必要がある。また、北海道においてはカルシウムの充足率は全国平均栄養摂取量の84.6%と下回っており、食塩摂取量は8.7%上回っているという報告もある¹⁾ところから、食品群摂取量の面からの検討も必要があると考えられる。

寒冷暴露中に見られる皮膚温の上昇は、手指、耳および足趾の皮膚に存在する動脈脈吻合が拡大して血流が増加するために起こるものであり、局所の組織をあたためるのに役立っている寒冷障害に対する局所性の防御機構である。¹⁹⁾この反応が低い、現代の若い、特に「やせ」の女性においては寒冷に対する防御機能が低下していることが考えられ、冷感性や神経痛などが発症しやすくなっているのではないかと推察される。更にこのことは生命を守るための生体の自律機能全体が変調を受けていることを意味しており、単に冷感性や神経痛の発症・増悪の可能性を高めるというだけでなく、身体の中の種々機能の変調、特に抵抗力の低下による生体防御能力の低

下という問題につながっている可能性がある。

健康な体を保つために、10~20代の女性で顕著な外形上の誤った美しさに対する志向を正してゆくことが重大な課題である。また、集団給食を管理する栄養士は個人の栄養状態を良くし、望ましい食習慣を持つきっかけとなる質の高い食事の提供を考える必要がある。

5. 要 約

若い女性で志向が高まっている「やせ」が自律機能に及ぼす影響を本学的女子学生を対象に調べた。22名の被験者の内、5名が「やせ」でおり(痩身)、17名は通常の範囲にあった(普通)。肥満の者はいなかった。痩身では体重、BMI、肥満度、体脂肪率は低いが、身長、鼓膜温、血圧、脈拍には両グループで差はなかった。また3日間に亘る栄養調査を行ったところ、1日当たりのエネルギー摂取量は普通でも平均エネルギー摂取量を下回っており、若い女性の「やせ」志向の現状が裏付けられた。またエネルギー摂取量、たんぱく質および炭水化物の摂取量には両グループで差がなかったが、脂質の摂取量は痩身に有意に低かった。自律機能の指標として寒冷末梢血管拡張反応を調べたところ両グループともその反応が著しく低く、痩身の反応の方がより低かった。このことは、痩身では交感神経活動が亢進しており、これがエネルギー摂取量が同じであるのに体型に差が出ている要因となっているものと考えられる。痩身では寒冷障害に対する局所性の防御機構がうまく働かないことが示されたが、このことは生命を守るための生体の自律機能全体が変調を受けていることを示唆しており、単に冷感性や神経痛の発症・増悪の可能性を高めるだけではなく、身体の種々機能の変調、特に抵抗力の低下による生体防御能力の低下という問題につながっていることが考えられる。健康な体を保つために、外形上の誤った美しさに対する志向を正してゆくことが重大な課題である。また集団給食を管理する栄養士は個人の栄養状態を良くし、望ましい食習慣を持つきっかけとなる質の高い食事の提供を考える必要がある。

文 献

- 1) 健康・栄養研究会編：国民栄養の現状—平成10年国民栄養調査結果、第一出版、東京、p.45 (2000)
- 2) 石川和子、黒澤裕子、加藤知佳、宮澤史恵、万木良平：女子栄養大学栄養科学研究所報1, 141 (1993)
- 3) 糸川嘉則：栄養の生理学、裳華房、東京、p.23 (1995)
- 4) 越山香里、広田孝子、石丸香織、楠知子、広田憲二：第55

- 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, p.112, 京都 (2001)
- 5) 吉植庄平: 体温調節の仕組み, 文光堂, 東京, p.210 (1995)
- 6) 切池信夫: 摂食障害, 医学書院, 東京, p.51 (2000)
- 7) 坂本元子, 西岡久壽弥: バイオフィラキシー, 朝倉書店, 東京, p.101 (1990)
- 8) 黒島晨汎: 環境生理学, 理工学社, 東京, p.36 (1993)
- 9) 八幡剛浩, 寺山和幸, 飯野君子他: 市立名寄短期大学紀要 **30**, 3 (1998)
- 10) Yoshimura H. and Iida, T.: *Jpn. J. Physiol.* **1**, 147 (1951)
- 11) 健康・栄養研究会編: 国民栄養の現状—平成10年国民栄養調査結果, 第一出版, 東京, p.72 (2000)
- 12) 原美智子, 小林良子, 百瀬いづみ, 本間寛: 第55回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, p.112, 京都 (2001)
- 13) 江田節子, 井見昭一郎: 栄養学雑誌 **53**, 111 (1995)
- 14) 亀崎幸子, 岩井伸夫: 栄養学雑誌 **56**, 347 (1998)
- 15) 佐藤七枝, 塩浦しおり, 江差隆年: 第55回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, p.113 (2001)
- 16) 大野都美恵, 並松洋子, 藤田千鶴子: 北海道教育大学紀要 **47**, 7 (1996)
- 17) 八幡剛浩: 睡眠と環境 **5**, 40 (2001)
- 18) Doi, K. and Kuroshima, A.: *J. therm. Biol.* **7**: 99 (1982)
- 19) Levis, T.: *Heart* **15**, 177 (1930)
-