痩身者の高タンパク摂取による尿中カテコールアミン 排出への影響

辻 玲子*・千葉昌樹**・小平洋子*・太田 徹*・八幡剛浩*

(*市立名寄短期大学, **北海道保健福祉部地域保健課)

The effect of high protein intake on the urinary excretion of catecholamines among the lean

Reiko Tsuji*, Masaki Chiba**, Yoko Kodaira*, Toru Ota*, Takehiro Yahata*

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

**Dept. of Health and Welfare Hokkaido Government, Nishi 6-Kita 3, Chuo-Ku, Sapporo,
Hokkaido, 060-8588

〒096-8641 名寄市西 2 条北 8 丁目 1

〒060-8588 札幌市中央区北 3 条西 6 丁目

In order to evaluate the effects of leanness on autonomic regulatory functions, resting metabolism, width of the middle finger veins, daily activity, and urinary catecholamine, as well as their metabolite, vanillylmandelic acid (VMA), excretions were compared in young normal and lean women. It was observed in lean subjects that resting metabolism was significantly higher. Urinary excretions per kg body weight of dopamine (DA) and noradrenaline (NA) were significantly larger in lean subjects than control ones, while those of adrenaline and VMA tended to be larger in the lean group. Both NA/DA ratio and VMA/NA ratio did not differ between groups. It is surmised from the present results, concomitant with those from a previous study, that an increased protein intake might improve modified autonomic regulatory functions, probably via a suppression of excess sympathetic activity observed in lean subjects.

I. 緒 言

若い女性では“やせ”に対する過度の志向があり、平成14年国民栄養調査によると20歳代においてはおよそ4人に1人がBMI 18.5未満の“やせ”であり、年々、その割合が増加の傾向にあることが報告されている¹⁾。極度の“やせ”では不定愁訴に加えて低体温や月経異常などさまざまな生理機能に変調をきたしていることが知られている^{2),3)}。

これまでに著者らは、若い女性では通常の体型においても、エネルギー摂取量が本来必要とされる量を下回っていること^{4),5)}、および高タンパク質摂取によって、ドーパミンからノルアドレナリンへの変換が抑制され、尿中へのドーパミン排出量が増加し、ノルアドレナリンとバニルマンデル酸の排出が減少することを示唆してきた⁶⁾。また、“やせ”においても同様にエネルギー摂取量が必要とされる量を下回っていることおよび、自律調

節機能判定の指標として調べた寒冷末梢血管拡張反応が低いことを明らかにしている⁴⁾。さらに、より全身的な自律調節機能を反映する寒冷昇圧反応や、安静時代謝ならびにカテコールアミン最終産物であるバニルマンデル酸を測定し、“やせ”のグループでは、寒冷昇圧反応において収縮期、拡張期ともに寒冷刺激時の血圧上昇が大きく、拡張期の血圧では寒冷刺激による血圧上昇のあとに起こるリバウンドの血圧低下が起きていないこと、および尿中バニルマンデル酸の排出が多い傾向にあることを確認してきた⁵⁾。加えて、普通体型の女性で、高タンパク食がカテコールアミンの代謝を抑制することを示唆してきている⁶⁾。

これらの結果は、“やせ”では交感神経活動が持続的に亢進していて自律調節機能に変調していること、および交感神経の活動はタンパク質摂取量によって影響を受けることを示している。本研究では“やせ”が自律調節機能に及ぼす影響をさらに検討するために、若い女性を

対象に、エネルギーとタンパク質の摂取量を一定にしたときの安静時代謝量とカテコールアミンとその代謝産物の尿中排出量について比較・検討した。

II. 研究方法

本学生生活科学科および看護学科の女子学生14名に2004年9月13日～9月15日の3日間の合宿を行ってもらい、1日あたり1,800kcalのエネルギーおよび約80gのタンパク質を含む食事を摂ってもらった。また、4日目の午前中に鼓膜温（オムロン耳式体温計、オムロン MC-505, オムロン、東京）、血圧（自動血圧計、オムロン HEM-740A ファジー、オムロン、東京）等のバイタルサイン、安静時代謝量（携帯用簡易熱量計、METAVINE-N, VINE 社、東京）、血管幅とヘモグロビン量（末梢血管モニタリング装置、ASTRIM SU, シスメックス社、神戸）の測定を行った。また、合宿期間中、万歩計（消費カロリー測定機、カロリーカウンター、スズケン社、名古屋）で行動量を測定した。さらに合宿の3日目に1日尿を採取して、その一部を-70℃で保存し、カテコールアミンであるドーパミン、ノルアドレナリン、アドレナリン⁷⁾ならびにその最終代謝産物であるバニルマンデル酸⁸⁾量を HPLC で分析した。なお、本研究は市立名寄短期大学倫理審査委員会の審査承認を受けて実施された。

結果は平均値±標準誤差で示し、有意差の検定は Mann-Whitney U 検定によって行った。p 値が0.05より大きいものは有意な差なし (NS) とした。

III. 結 果

1. 食事内容

3日間の合宿中、被験者に供した食事のエネルギー量、タンパク質量およびフェニルアラニン、チロシン含量は表1のとおりであった。

表1 食事中エネルギー量、たんぱく質量
およびチロシン・フェニルアラニン含有量

	3日間の平均
エネルギー	1,781 kcal
たんぱく質	79 g
チロシン	2,428 mg
フェニルアラニン	3,102 mg

2. 被験者の身体状況ならびに生活状況

今回、実験に参加してもらった被験者の BMI、鼓膜温、安静時代謝量、ヘモグロビン量、中指血管幅、行動量の結果を表2に示してある。

14名のうち、“やせ”の定義¹⁾に基づき、BMI 18.5以上の“普通体型”（普通）と18.5未満の“やせ”のグループ（痩身）で分けると、普通9名、痩身5名で両グループの BMI には有意な差が認められた ($p < 0.01$)。鼓膜温、ヘモグロビン量、中指血管幅および行動量には差はなかった。一方、痩身では普通と比べ、1日あたり・体重1kgあたりの安静時代謝量が有意に大きかった ($p < 0.05$)。

3. 尿中カテコールアミンおよびバニルマンデル酸排出量の比較

体重1kg・1日あたりの尿中カテコールアミンおよびバニルマンデル酸排出量を図1に示してある。

ドーパミン (DA) は普通で $55.2 \pm 3.51 \mu\text{g}$ 、痩身では $71.5 \pm 5.51 \mu\text{g}$ と、痩身で有意に多かった ($p < 0.05$)。ノルアドレナリン (NA) は、普通で $3.9 \pm 0.45 \mu\text{g}$ 、痩身で $5.8 \pm 0.62 \mu\text{g}$ とドーパミンと同様に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。NA/DA 比は普通で 0.07 ± 0.01 、痩身で 0.08 ± 0.01 で差はなかった。アドレナリン (A) は、普通で $0.1 \pm 0.01 \mu\text{g}$ 、痩身で $0.2 \pm 0.04 \mu\text{g}$ 、また、バニルマンデル酸 (VMA) は普通で $50.5 \pm 5.23 \mu\text{g}$ 、痩身で $59.7 \pm 6.72 \mu\text{g}$ と平均値はいずれも痩身で高値を示したが有意な差はなかった。VMA/NA 比は普通で 14.3 ± 2.05 、痩身で 10.5 ± 1.41 であり、痩身で低値を示すものの有意な差はなかった。

IV. 考 察

肥満が健康を阻害する要因であると同様に、極度の痩身では種々疾病の発症率の増加と重篤化⁹⁾が見られる。また、不定愁訴^{10), 11)}に加えて、体温の低下²⁾や性ホルモン分泌異常による月経異常³⁾など様々な生理機能に障害が起こることが知られている。これらのことは、痩身では、種々生理機能を自律的に調節している機能が変調してしまっていることを示唆している。

著者らは、自律機能調節に重要な役割を果たしている交感神経活動の指標として、寒冷末梢血管拡張反応⁴⁾、寒冷昇圧反応およびカテコールアミンの代謝産物であるバニルマンデル酸の尿中排出⁵⁾を調べ、痩身では交感神

表2 被験者の状況

	BMI	安静時代謝量 (kcal/kg 体重/日)	鼓膜温 (℃)	Hb (g/dl)	中指血管幅 (mm)	行動量 (歩数/日)
普通 (9)	21.9 ± 1.21	21.1 ± 1.01	35.9 ± 0.17	12.0 ± 0.56	0.77 ± 0.060	7241 ± 1001.9
痩身 (5)	18.1 ± 0.11	24.9 ± 1.30	35.9 ± 0.13	12.1 ± 0.09	0.69 ± 0.069	9124 ± 2052.7
p	<0.01	<0.05	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

() 内数字は例数を示す

NS : 有意差なし

図1 カテコールアミンおよびその代謝産物の1日尿中排出量
 平均値±標準誤差 * : p vs 普通, <0.05

経活動が持続的に亢進している可能性があることを報告している。痩身で見られる交感神経活動の亢進にはエネルギー摂取量やタンパク質摂取量が少ないことが関係している可能性がある^{4),5)}。普通の若い女性でタンパク質量を増やすと、ドーパミンからノルアドレナリンへの転換が抑制されるとみられること⁶⁾はこの可能性を支持している。

タンパク質摂取量が充分で、エネルギー摂取量の差がない状態で普通と痩身のグループの交感神経活動を比較するために行われた本研究では、前報⁶⁾に従い、同世代女性の平均的なエネルギー摂取、平均的なタンパク質摂取量の2倍の食事を摂ってもらっている。本研究での被験者の状況を見ると、痩身では安静時代謝量が有意に高いことから、先に示唆されている^{4),5)}ように、交感神経活動が持続的に高まっていることが考えられる。

一方、基礎代謝が高いのにも関わらず、中心部体温を表すと考えられる鼓膜温には差が見られていない。体温は視床下部の体温中枢からの指令によって起こる、代謝量の増加による体熱の産生と、温暖環境下では皮膚血管運動によって決定される、体表面からの体熱の放散のバランスの下に一定範囲に保たれている¹²⁾。体重に対する体表面の割合が大きくなる痩身では、相対的に大きくなる体熱の放散を抑制し、体熱の産生を促進させるために交感神経活動が高まっているものと考えられる。さらに有意差はないものの中指血管幅が低値を示していることはこの可能性を裏付けている。

交感神経機能が亢進している状態では、NAの代謝回転が促進すること¹⁴⁾とVMAの尿中排出が増加する¹⁵⁾ことが知られている。

交感神経節後細胞ではフェニルアラニン、チロシンか

らドーパを経てできたDAがNAに変わり、これが神経伝達物質として軸索から放出される。Aは形を変えた交感神経である副腎髄質の細胞でのみ、NAからできる。NAとAは代謝されてVMAとなるが、NAとAの血中レベルの差から尿中VMAは主にNAに由来すると考えられる。著者らは先に、痩身では尿中VMAの排出が多い傾向にあること(対照 $55 \pm 3.3 \mu\text{g/kg}$ 体重/日、痩身 $60 \pm 3.9 \mu\text{g/kg}$ 体重/日)⁵⁾、およびタンパク質摂取量増加がDAからNAへの転換を抑制すること⁶⁾を報告している。また、先の普通での研究で、タンパク質摂取量を変えたときのNA/DA比は、40g摂取で 0.17 ± 0.03 、80g摂取で 0.07 ± 0.01 と80g摂取で有意に小さくなっていた($p < 0.01$)⁶⁾。本研究では実験前の測定を行っていないが、本研究の普通でのNA/DA比が 0.07 ± 0.01 であることから、この研究の普通でもタンパク質摂取増加によってDAからNAへの転換が抑えられていたものと考えられる。一方、尿中へのDAとNAの排出は痩身で有意に高いのに対し、VMAの排出は差がみられなかった。また、NA/DA比およびVMA/NA比には両グループで差が見られなかったことは、痩身ではNA産生までは普通より促進されているが、NAの代謝は普通と同じレベルに抑制されていることを示唆している。このことはタンパク質摂取の増加が、“やせ”で起きている過度の交感神経活動を抑制し、自律調節機能の変調を改善するように働いていることを推測させる。痩身でNAの産生が多い理由については今後の課題であるが、フェニルアラニンとチロシンの多量摂取が要因となっているものと考えられる。

V. 要 約

“やせ”が自律調節機能に及ぼす影響を検討するために、エネルギーとタンパク質の摂取量を一定にした、“普通体型”(普通)と“やせ”(痩身)の若い女性で、安静時代謝量、中指血管幅、運動量および尿中カテコールアミンとその代謝産物であるバニルマンデル酸(VMA)の排出量について比較検討した。痩身では、普通に比べて安静時代謝が有意に高かった。体重1 kg・1日あたりのドーパミン(DA)とノルアドレナリン(NA)の排出量は痩身で有意に多かった。一方、アドレナリンとVMAの排出量には痩身で多い傾向が見られた。NA/DA比、VMA/NA比には両グループ間に差はなかった。先の報告および本研究の結果から、タンパク質摂取増加が、“やせ”で起きている過度の交感神経活動を抑制し、自律調節機能の変調を改善するように働いていることが推察される。

なお、本研究の一部は北海道食品科学技術振興財団助成金にて行った。

文 献

- 1) 健康・栄養研究会編：国民栄養の現状—平成14年国民栄養調査結果，第一出版，東京，p.52 (2004)
- 2) 吉植庄平：体温調節の仕組み，文光堂，東京，p.210 (1995)
- 3) 切池信夫：摂食障害，医学書院，東京，p.51 (2000)
- 4) 小平洋子，辻 玲子，太田 徹，八幡剛浩：日本食生活学会誌，**12**，242 (2001)
- 5) 辻 玲子，小平洋子，太田 徹，八幡剛浩：日本健康医学雑誌，**13**，11 (2004)
- 6) 辻 玲子，小平洋子，太田 徹，八幡剛浩：日本食生活学会誌，**16**，27 (2005)
- 7) Flood, J.G. et al.: Clin. Chem. **25**, 1234 (1979)
- 8) Anderson, G.M. et al.: Clin. Chem. **27**, 2060 (1981)
- 9) 糸川嘉則：栄養の生理学，裳華房，東京，p.23 (1995)
- 10) 宮城重二：栄養学雑誌，**56**，33 (1998)
- 11) 亀崎幸子，岩井伸夫：栄養学雑誌，**56**，347 (1998)
- 12) 八幡剛浩：臨床看護，**17**，2024 (1991)
- 13) 原田 香：臨床看護，**17**，2059 (1991)
- 14) K.Murazumi, T.Yahata, A.Kuroshima: Jpn. J. Physiol. **37**, 601 (1987)
- 15) A.Kuroshima, M.Murahashi, K.Doi, T.Ohno, I.Fujita: Jpn. J. Physiol. **24**, 277 (1974)