

=原 著=

カプサイシン含有錠剤が人の代謝に及ぼす影響

辻 本 尚 弥

Effects of Capsaicin Tablet on Energy Metabolism in Men

Hisaya TSUZIMOTO

Abstract

This study was to clarify the effects of capsaicin tablet, which was commercially available, on energy metabolism. The single blind crossover study was performed in 6 healthy men who orally received capsaicin (0.24mg) or placebo.

Heart rate, skin temperature and respiratory exchange ratio were not changed on the time course after tablet receiving. Heart rate and skin temperature did not differ between capsaicin and placebo group after tablet receiving. Respiratory exchange ratio in capsaicin group was higher than that of placebo group after tablet receiving. Serum glucose and serum free fatty acid were not changed on the time course after tablet receiving. The value of serum triacylglycerol after tablet receiving was lower than initial value in two groups. Energy substrates did not differ between capsaicin and placebo group after tablet receiving.

These results indicated that capsaicin tablet effect energy substrate utilization.

Key words : capsaicin tablet, metabolism, respiratory exchange ratio, human

1. 緒 言

肥満は生活習慣病のリスクファクターである^{2),14),15)}。これまで肥満については、社会的、心理的、生理的な側面から多くの研究がなされてきた^{1),2),13),14),15),18)}。単純性肥満の成因は、エネルギー収支のインバランスによることが示されている。肥満の解消・軽減には、エネルギー摂取量に比して消費量を増大させることが必要である。エネルギー消費量増大には、運動によるエネルギーの消費や基礎代謝量の増加、代謝亢進作用があると考えられる食品の摂取があげられる。トウガラシの辛味成分であるカプサイシンは、代謝や熱産生を亢進する作用のあることが報告されている^{3),4),5),6),7),8),9),11),20),21)}。我々も実験動物を用いた研

究で、カプサイシンは褐色脂肪組織 (brown adipose tissue : BAT) の熱産生亢進作用があることを報告した¹⁷⁾。これら多くの報告はカプサイシンが肥満を予防する可能性を示唆しており、現在、カプサイシンを添加した多種類の健康補助食品が市販されている。

本研究の目的は、市販されているカプサイシン含有錠剤がヒトの代謝及び熱産生に及ぼす急性の影響を明らかにすることである。

2. 方 法

被験者は本学運動部所属の健康な成人男性6名であった。被験者は、実験開始前1週間の食事についてアンケート法により、栄養素摂取不足や偏った栄

養素摂取がないかを確認した。被験者には実験開始に先立ち実験概要を説明し、インフォームドコンセントを十分に行い、文書および口頭にて同意を得た。また本実験では、被験者のプライバシー保護と個人の人権にはヘルシンキ宣言を十分に配慮した。本研究は二つの実験(実験1と実験2)より構成される。実験1では、カプサイシン含有錠剤がヒトの代謝及び熱産生に及ぼす影響を、心拍数及び呼気ガスや皮膚温のそれぞれの変化から検討した。実験2では、カプサイシン含有錠剤がヒトの血液性状、特に血液中のエネルギー基質に及ぼす影響を検討した。実験は1及び2ともに単盲検クロスオーバー法で行った。なお、本研究は本学医学部倫理委員会の承認を得た(研究番号 9903)。

1) 測定項目

血圧は自動血圧計(健太郎 SP-203RV II, 日本コーリン)により測定した。体脂肪量は身体組成測定装置(BI-TBW System TP-95K, トーヨーフィジカル)を用いてインピーダンス法にて測定した。心拍数は心電図モニター(DynaScope DS-2202, フクダ電子)にて測定した。呼気ガス分析は自動呼気ガス分析装置(エアロモニタ AE-280S, ミナト医科学)を用いて、30秒毎の分析結果を連続記録した。呼気ガス分析の項目は、呼吸交換比、換気量、酸素摂取量とした。また心拍数と酸素摂取量より酸素脈を算出した。背部の皮膚温はサーモグラフ装置(サーモトレーサー TH3100ME, NEC)を用いて測定した(図1)。測定箇所は、BATが存在するとされる¹⁶⁾肩甲骨間の右部と左部を中心に、背中上部、背中中間部、背中下部の5箇所とした(図2)。腋窩温は電子体温計(けんおんくん MC-100BW, オムロン)を用いて測定した。被験者の自覚体温はその度合いを5段階(寒い、やや寒い、適温、やや暑い、暑い)に分類し記録した。背部皮膚温、腋窩温および自覚体温は各錠剤を摂取後、5、10、15、20、25、30、45、60、90、120分の各時点で記録した。実験後は被験者の内省を記録した。実験室内の室温は24度に設定し、湿度は随時測定した。

2) 実験1

実験1では同一の被験者に日を変えて、カプサイシン含有錠剤またはプラセボを服用させた。被験者は実験開始前日には、通常の食生活で十分な睡眠をとるように指示した。また実験開始前3時間は絶食

とした。実験1回目の測定日には無作為に抽出した3名にカプサイシン含有錠剤を、残りの3名にプラセボを服用させた。実験2回目は2~7日の wash-out 後に錠剤をクロスオーバーさせ、同様の測定を行なった。プラセボとしては、カプセルに約270mgの小麦粉を封入したものをを用いた。カプサイシン錠剤及びプラセボの摂取量は6錠とした。錠剤6錠によるカプサイシンの摂取量は約0.24mg(日本食品分析センター 分析試験成績 No 398100332-001号~398100332-003号)である。

まず、被験者の身長と体重、血圧、体脂肪量を測定した。その後、被験者を上半身裸体とし、安静座位で心電図モニターと呼気ガス分析用のマスクを装着させ、5分後に心拍数の安定を確認し、錠剤投与前の測定を5分間行なった。摂取前の各測定終了後、

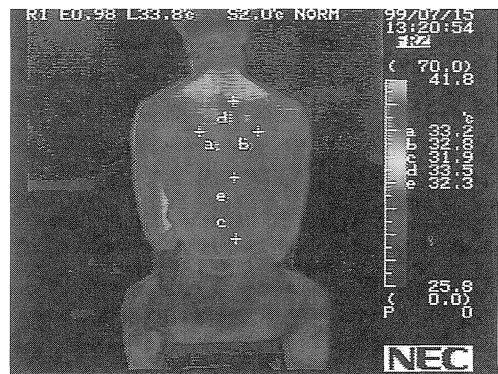


Fig. 1 Thermography of skin temperature

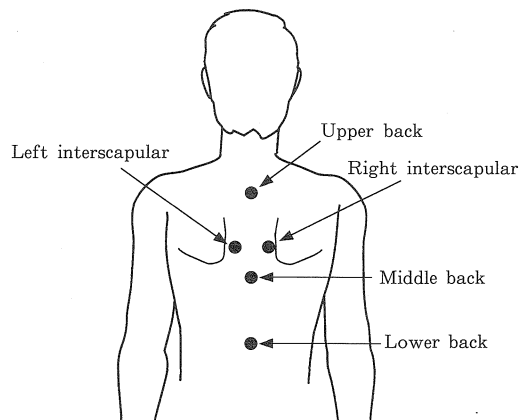


Fig. 2 Site of measurement in skin temperature

被験者には一度呼気ガス分析用マスクを外させ、約100mlの飲水とともにプラセボあるいはカプサイシン含有錠剤6錠を噛まないように摂取させた。摂取後すぐに呼気ガス分析用マスクを装着し、呼気ガス分析と心拍数、背部皮膚温、腋窩温を測定し、自覚体温とともに記録した。

3) 実験2

実験1と同じ被験者に同様の条件で行なった。被験者の身長と体重、血圧を測定後、採血は仰臥位で右腕より採血部をブラインドにして行なった。安静時の血液採取後、被験者には実験1と同様に約100mlの飲水とともにプラセボあるいはカプサイシン含有錠剤6錠を摂取させた。摂取後すぐに被験者は仰臥位にし、そのまま実験終了まで安静にした。摂取後、15, 30, 60分の各時点でそれぞれ左腕、右腕、左腕の順に摂取前と同様に採血部をブラインドにし血液を採取した。血液の分析項目は、血清中の総タンパク、インスリン、グルコース、中性脂肪、遊離脂肪酸、総コレステロール、HDLコレステロールの各濃度とヘマトクリット値であった。

4) 統計処理

各測定値は摂取条件別、測定時間別に平均値と標準偏差を求め統計学的な検定を行った。心拍数、背部各部での皮膚温、呼吸交換比、換気量、酸素摂取量、酸素脈及び血中エネルギー基質である血清グル

コース、中性脂肪、遊離脂肪酸の各濃度は2要因(摂取条件の違いと測定時間)に対応がある分散分析にて検定した。下位検定にはテューキーのHSD検定を用いた。全ての検定において有意水準は5%以下とした¹²⁾。

3. 結 果

表1に被験者の身体的特徴を示す。被験者は1名を除き体脂肪率が正常の範囲内であった。心拍数の平均値及び自覚温度は摂取条件間と測定時間において差は見られなかった。図3には5部位での背部皮膚温の各平均値を示す。5部位での背部皮膚温の各平均値は摂取条件間と測定時間において差が見られなかった。また腋窩温についても背部皮膚温と同様に、摂取条件間と測定時間において差が見られなかった。図4には酸素摂取量の平均値の変化を示す。酸素摂取量の平均値は摂取条件間と測定時間において差が見られなかった。図5にはプラセボ及びカプサイシン錠剤摂取による呼吸交換比の平均値の変化を示した。呼吸交換比の平均値は測定時間の経過に伴う変化はみられなかった。呼吸交換比の平均値は、摂取前においてプラセボ摂取がカプサイシン錠剤摂取に比べ低値であったが、錠剤摂取後5分より120分までカプサイシン錠剤摂取がプラセボ摂取に比べ高値を示した。呼気換気量と酸素脈の各平均値は摂取条件間と測定時間のいずれにおいても差は見られなかった。

Table 1 Characteristics of subjects

Subject	Age	Hight	Weight	BMI	Waist	Hip	WHR	TBW*	BFM*	LBM*
		cm	kg		cm	cm		L	kg	kg
KK	19	166.0	63.5	23.0	69.8	94.1	0.74	38.2	11.3	52.2
TH	20	174.5	75.5	24.8	80.6	100.0	0.81	46.3	12.2	63.3
KF	20	174.0	70.0	23.1	71.1	91.2	0.78	44.0	9.9	60.1
KH	19	177.5	68.5	21.7	81.1	95.0	0.85	42.5	10.5	58.0
YK	19	179.5	81.0	25.1	83.4	99.6	0.84	39.0	27.7	53.3
IT	20	164.2	58.5	21.7	67.8	88.9	0.76	35.5	10.2	48.3
Mean	19.5	172.6	69.5	23.3	75.6	94.8	0.80	40.9	13.6	55.9
S.D.	0.5	6.2	8.1	1.5	6.8	4.4	0.04	4.0	6.9	5.6
S.E.	0.2	2.5	3.3	0.6	2.8	1.8	0.02	1.6	2.8	2.3

BMI ; Body Mass Index
 WHR; Waist Hip Ratio
 TBW ; Total Body Water
 BFM ; Body Fat Mass
 LBM ; Lean Body Mass

* ; Calculated by bioelectrical impedance analysis

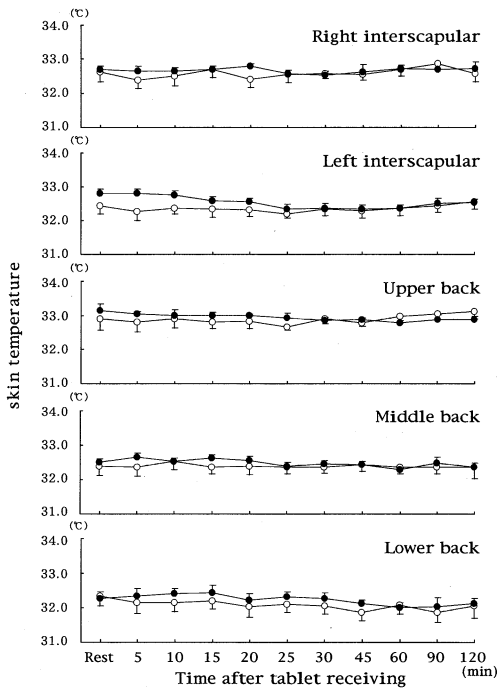


Fig.3 Change of skin temperature on five measured points (○- -placebo, ●- -Capsaicin)

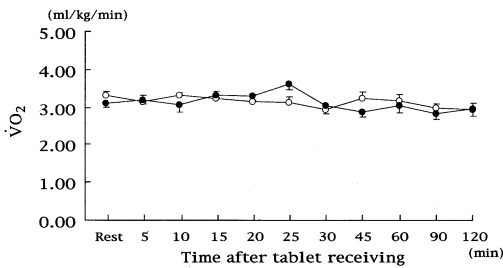


Fig.4 Change of oxygen consumption (○- -placebo, ●- -Capsaicin)

血中のインスリン, 総タンパク, HDL コレステロール, 総コレステロールの各濃度とヘマトクリット値は, 摂取条件間と測定時間のいずれにおいても差が見られなかった。プラセボ摂取及びカプサイシン錠剤摂取による血清グルコース濃度, 血清中性脂肪濃度, 血清遊離脂肪酸濃度の平均値の変化を図6に示した。血清グルコース濃度の平均値は摂取条件間と測定時間において差が見られなかった。血清中性脂肪濃度の平均値は各錠剤摂取後, 時間経過に従い安静値より低値を示した。しかし, 血清中性脂肪

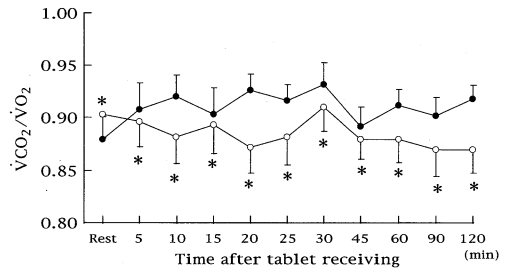


Fig.5 Change of respiratory exchange ratio (○- -placebo, ●- -Capsaicin) * : Significant difference from the value at placebo

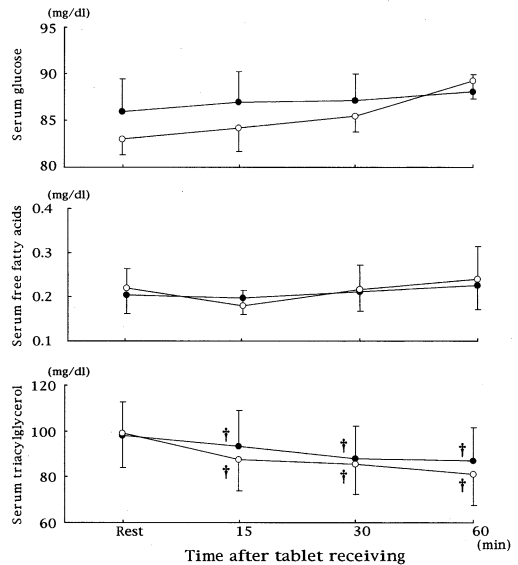


Fig.6 Change of serum glucose, Serum free fatty acids and Serum triacylglycerol (○- -placebo, ●- -Capsaicin) † : Significant difference from the value at rest

濃度の平均値は摂取条件間で差はみられなかった。血清遊離脂肪酸濃度の平均値は摂取条件間と測定時間において差が見られなかった。

4. 考 察

これまでカプサイシンの代謝に対する影響についてはヒト及び実験動物における報告が多くみられる。我々は¹⁷⁾高脂肪食ラットを用いてカプサイシン投与

による肩甲骨間の褐色脂肪組織の熱産生上昇を報告した。Kawada ら⁶⁾はラットを用いてカプサイシンの腹腔内投与により呼吸商及び酸素消費量が増加したことを報告している。また Kawada ら⁵⁾は高脂肪食ラットに、タイの平均的な日常摂取レベルのカプサイシンを添加したところ、脂肪組織重量及び血中中性脂肪濃度が低下したと報告している。Matsuo ら¹¹⁾及び Lim ら⁸⁾は、ラットで赤トウガラシ添加食摂取により、空腹時の脂肪分解の亢進を報告している。ヒトの代謝に及ぼす影響については、Henry と Emery が³⁾チリソース 3g とマスタード 3g を加えた香辛料添加食の摂取により、食後 3 時間でエネルギー代謝が約 25% 亢進したと報告している。許斐ら⁷⁾は、運動部所属の男子学生にトウガラシ約 5g を含むキムチ入りの実験食を摂取させた場合、個体差が大きいものの 15~40% 程度の酸素摂取量の増加を報告している。Yoshioka ら²⁰⁾は、8 名の長距離ランナーに約 10g のトウガラシを添加し摂取させた場合、摂取後 30 分まではエネルギー消費と炭水化物の酸化が増加したと報告している。Lim ら⁹⁾も、8 名の長距離ランナーに約 10g の赤トウガラシを添加し摂取させた場合、炭水化物の酸化亢進と血中の乳酸、中性脂肪、エピネフリン、ノルピネフリンの各濃度が増加したと報告している。これらヒトおよび実験動物の結果などから、カプサイシンの代謝亢進作用（辛味誘発性体熱産生：spice induced-thermogenesis）は、以下の様な機序によると考えられている⁴⁾。食物に含まれるカプサイシンは胃及び小腸で吸収される^{5),6)}。吸収されたカプサイシンは腸管から腸管静脈血中に移行し血中のアルブミンと結合して全身へ運ばれ⁹⁾、内臓の求心性感覚神経細胞を刺激する¹⁰⁾。刺激は脊髄へと伝播し、副交感神経系の遠心性神経を活性化し、カテコラミンの分泌を引き起こす^{4),19)}。血中に分泌されたカテコラミンは肝臓や脂肪細胞の β -アドレナリン受容体に結合し、肝臓では糖原分解を、脂肪細胞では脂肪分解をそれぞれ亢進する^{4),19)}。その結果、血中のエネルギー基質量が増加する。エネルギー基質は体内を循環し、筋などの末梢組織で利用され熱産生が増加する。

本研究ではカプサイシン錠剤摂取後に呼吸交換比が高値を示した。Yoshioka ら²¹⁾は、高糖質食と高脂肪食でのカプサイシン摂取の影響について検討しており、カプサイシンの脂質代謝の亢進は高脂肪食を摂取した場合において観察されたとしている。このことは、カプサイシン摂取前までのその人の食歴

は、カプサイシン摂取による代謝応答の変化に影響することを示している。本実験の被験者は食生活に対する制限は指示されていない。栄養調査の結果からは、本実験前 1 週間の食事の多くは高脂肪食ではなかった。また Yoshioka ら^{20),21)}は、一過性のカプサイシン摂取によるカテコラミンの分泌はエネルギー消費を高めることなしに糖の酸化を引き起こすとしている。その際の糖の酸化はカプサイシンの摂取後に急激に増加し、摂取後 120 分で摂取前値にまでもどり、その後摂取前値の半分にまで低下すると報告している²⁰⁾。さらに Yoshioka ら²⁰⁾は糖の酸化と同時に脂質の酸化も亢進されるものの、その変化はわずかであるとしている。本実験の呼吸交換比の変化は Yoshioka ら^{20),21)}の結果と同様に、カプサイシン錠剤摂取によりカテコラミン分泌が起こり、脂質および糖の酸化亢進が引き起こされたが、脂質酸化の変化に比べ糖酸化の変化が大きかったためと考えられる。

本研究ではカプサイシン錠剤摂取時に呼吸交換比以外の他の測定項目については、先行研究でみられたような顕著な変化が観察されなかった。Yoshioka ら^{20),21)}の研究は、実験食中に 10g の赤トウガラシを含んでいる。実験に用いた赤トウガラシには 1g 中に約 3mg のカプサイシンを含んでいるとしており、カプサイシンの摂取量は総計で約 30mg となる。Lim ら⁹⁾の研究も Yoshioka ら^{20),21)}と同量のカプサイシンを摂取させている。許斐ら⁷⁾は実験食中に 5g の赤トウガラシを含むキムチを用いている。許斐ら⁷⁾はトウガラシのカプサイシン含量は一定ではなく 1g あたり約 10~100mg の範囲であるとしており、カプサイシン摂取量は総計で約 50~500mg となる。本実験で用いたカプサイシン含有錠剤には、カプサイシンが 1 錠につき 0.008% 含まれており、摂取した 6 錠では約 0.24mg のカプサイシン摂取になる。Watanabe ら¹⁹⁾はラットを用いた実験で、カプサイシン投与によるエピネフリン分泌亢進は、用量依存性があると報告している。本実験においてカプサイシンの顕著な影響が見られなかったことは、一因として先行研究に比べカプサイシン摂取量が少なかったことが考えられる。

本研究ではカプサイシン錠剤摂取の影響を摂取後 2 時間までしか観察していない。Matsuo ら¹¹⁾は、ラットにおいて 14 日間のカプサイシン摂取により空腹時の血清遊離脂肪酸値が対照群に比べて高値を示したと報告している。Lim ら⁸⁾も運動を課したラッ

トにおいて、カプサイシン摂取により副腎丸脂肪組織の Basal での脂肪分解が亢進していたと報告している。Kawada ら^{5),6)} もラットにおいて10日間のカプサイシン摂取により脂肪の代謝回転が増大し、体脂肪蓄積が抑制されたと報告している。我々も¹⁷⁾ ラットにおいて10日間のカプサイシン摂取による体脂肪蓄積の抑制を報告している。これらの報告は、カプサイシンの長期摂取は脂肪の代謝回転を増大させ、体脂肪蓄積を抑制する可能性を示唆している。本研究に用いたような錠剤は長期的な摂取が容易である。1回の錠剤摂取による効果は少ないとしても、長期的には大きな効果を引き起こす可能性が考えられる。今後本錠剤の長期服用による影響について詳細に検討する必要がある。

本研究では、カプサイシン含有錠剤のヒトの代謝及び熱産生に及ぼす急性効果を検討した。カプサイシン錠剤摂取により対照群に比べて呼吸交換比が高値を示したことから、カプサイシン含有錠剤は、エネルギー基質の利用に影響することが示唆された。

5. 謝 辞

本研究は、株式会社エフアイコーポレイションの協力によりなされた。記して謝意を表す。

6. 文 献

- 1) 浅野千恵 (1996) : 女はなぜやせようとするのか, 初版, 勁草書房, 249p.
- 2) 後藤由夫他 (1995) : 肥満症, 初版, 日本臨牀, 603p.
- 3) Henry, C. J., and Emery, B. (1986) : Effect of spiced food on metabolic rate. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.*, **40**(2) : 165-168.
- 4) 岩井和夫, 中谷延二 (1989) : 香辛料成分の食品機能, 初版, 光生館, 97-129.
- 5) Kawada, T., Hagihara, K., and Iwai, K. (1986) : Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. *J. Nutr.* **116** : 1272-1278.
- 6) Kawada, T., Watanabe, T., Takaishi, T., Tanaka, T., and Iwai, K. (1986) : Capsaicin-induced β -adrenergic action on energy metabolism in rats: influence of capsaicin on oxygen consumption, the respiratory quotient and substrate utilization. *J. Nutr.* **116** : 1272-1278.
- 7) 許斐貞美, 安永 誠, 洪 進杓, 村岡康博, 平岡おてる, 平野津代子, 増田卓二 (1994) : カプサイシン摂取がエネルギー代謝に及ぼす影響. 福岡工業大学研究論叢, **27**(1) : 85-91.
- 8) Lim, K., Kim, K., Suh, H., Lee, S., Yoshioka, M., Saitoh, S., and Suzuki, M. (1995) : The effect of capsaicin on energy substrates utilization at rest and during exercise in rats. *Korean J. Physical Edu.*, **34**(3) : 248-256.
- 9) Lim, K., Yoshioka, M., Kikuzato, S., Kiyonaga, A., Tanaka, H., Shindo, M., and Suzuki, M. (1997) : Dietary red pepper ingestion increases carbohydrate oxidation at rest and during exercise in runners. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **29**(3) : 355-361.
- 10) Longhurst, J. C., Kaufmen, M. P., Ordaway, G. A., and Musch, T. I. (1984) : Effects of bradykinin and capsaicin on ending of afferent fibers from abdominal visceral organs. *Am. J. Physiol.*, **247** : R552-R559.
- 11) Matsuo, T., Yoshioka, M., and Suzuki, M. (1996) : Capsaicin in diet does not affect glycogen contents in the liver and skeletal muscle of rats before and after exercise. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **42**(3) : 249-256.
- 12) 森 敏昭, 吉田寿夫 (1990) : 心理学のためのデータ解析テクニカルブック, 北大路書房, 京都. 349p.
- 13) 中村治雄他 (1999) : ダイエットの科学, からだの科学, **207** : 27-93.
- 14) 奥田拓道 (1984) : 肥満, 初版, 化学同人, 140p.
- 15) 小野三嗣 (1982) : 肥満のスポーツ医学, 初版, 朝倉書店, 163p.
- 16) Rothwell, N. J., and Stock, M. J. (1979) : A role for brown adipose tissue in diet-induced thermogenesis. *Nature* **281**, **6**(9) : 31-35.
- 17) 辻本尚弥, 谷 健二, 石河利寛 (1993) : 高脂肪食ラット褐色脂肪組織の熱産生に及ぼすカプサイシンの影響. 体育学研究, **38** : 47-57.
- 18) 辻本尚弥, 谷 健二, 石河利寛 (1992) : ラット褐色脂肪組織に対する固形食と粉末食の影響.

-
- 中京大学体育学論叢, 34 : 101-108.
- 19) Watanabe, T., Kawada, T., Kurosawa, M., Sato, A., and Iwai, K. (1991) : Thermogenic action of capsaicin and its analog. In *Obesity: Factors and Controls*. Romson D. R, Himms-Hagen J., and Suzuki, M. (Eds). Basel, Karger AG. 67-77.
- 20) Yoshioka, M., Lim, K., Kikuzato, S., Kiyonaga, A., Tanaka, H., Shindo, M., and Suzuki, M. (1995) : Effects of red-pepper diet on the energy metabolism in men. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 41(6) : 647-656.
- 21) Yoshioka, M., St-Pierre, S., Suzuki, M., and Tremblay, A. (1998) : Effects of red pepper added to high-fat and high-carbohydrate meals on energy metabolism and substrate utilization in Japanese women. *Br. J. Nutr.*, 80(6) : 503-510.