

運動と栄養が高脂血症及び 高血圧症に及ぼす影響

国立栄養研究所 辻 悦子

(共同研究者) 同 西牟田 守

同 芦 沢 志津子

同 鈴 木 慎次郎

近年の工業，経済，文化の著しい発達につれ，我々の日常生活は大きく変化し，欧米化，多様化が目覚ましい。しかし疾病では，我国の死因の上位を脳血管疾患，心疾患が占め，いずれも動脈硬化症を主因として発症する成人病であり，文明病とさえいわれている。このように，国民の健康に好ましくない影響を与える健康阻害因子の存在も大きくなってきている。

その因子の一つとしては，運動不足があげられる。労働の機械化，交通の発達，人口の過密化，住宅事情の悪化など環境条件の著しい変化に伴い，日常生活が屋内中心の静的なものに変わり，活動量の低下がもたらされているためである。

第二の因子は栄養であろう。日常生活の変化に伴い，食生活も改善され，食糧事情の進歩と相まって，摂取する食物の質的な変化は著しく²⁾，青少年の体位も一段と向上した²⁾。しかし，この飽食の時代の中に，過剰栄養や食生活の偏りなどのアンバランスが指摘されるなどの問題を生じている。

動脈硬化症は高脂血症，高血圧症の関与が特に大きい。最近では小児にも肥満症や高コレステロール血症が増えてきており³⁾，やはり，栄養摂取の偏りと運動不足によるとされ，いずれは成人病

につながるものと危険視されている。

これらのことから，我々の健康を維持し増進を図るためには，運動と栄養は不可欠な要因であり，この相互関係を明らかにする必要がある。特に，動脈硬化性疾患の予防を目的として，運動と栄養面から検討することは大きな意義があると考えられる。

既に我々は，運動と栄養に関し，健康諸要素，例えば発育，成熟，肥満，老化，寿命などに及ぼす影響につき報告し^{4~6)}，高脂血，高血圧に関し，運動の効果^{7~11)}や，多くの食品のコレステロール低下作用^{12~14)}や血圧降下作用¹⁵⁾についての成績を明らかにしてきた。最近では，脂質代謝についてはリポたん白代謝の面から研究が進められるようになり，特に低比重リポたん白 (LDL) の動脈硬化性に対し，高比重リポたん白 (HDL) の抗動脈硬化性が注目され，運動や食品の面から HDL 中コレステロールの上昇に与える影響が検討される動向にある。

そこで，本研究において，動物実験では，コレステロール，特に HDL コレステロールに及ぼす運動負荷と栄養負荷の追求を中心とし，血圧降下作用についても食品の面から検索を進めた。さらに被験者試験でそれらの効果につき，応用，確認

することができたので報告する。

実験方法および結果

実験は大別して、3項目に分けて系統づけられるので、各実験ごとに方法および結果を記した。

実験 1 高脂血症ラットの生成に及ぼす運動と栄養負荷の影響

4週齢 Sprague-Dawley 系雄ラット(体重100g前後)を用い¹⁰⁾、各群6頭ずつ表1の飼料で6週間飼育した。

表1 Composition of diets (%)

Constituents	A	B, C, D
Sucrose	63	62.25
Casein	22	22
Safflower oil*1	10	—
Lard*1	—	10
Cholesterol	—	0.5
Na cholate	—	0.25
Salt mix.*2	4	4
Vitamin mix.*2	0.85	0.85
Choline chloride	0.15	0.15

- A : Control group
- B : Non-exercised group
- C : Forced exercised group
- D : Voluntary exercised group
- *1 Mixed with vitamin A (3,000 I.U.), vitamin D (300 I.U.) and vitamin E (100mg)/kg diet.
- *2 These were identical with Harper's mixture. [J. Nutr., 68, 405 (1959)]

先に、栄養負荷実験として、油脂源にサフラワ油とラードを用いて、ラットの高脂血症生成に及ぼす影響を調べたが、飼料にコレステロールと胆汁酸塩を添加することにより、油脂の種類にかかわらず高脂血症の惹起を認めた。しかしサフラワ油では、血中総コレステロールの上昇割合はやや低く、HDL-コレステロールの増加傾向が見られた。長期飼育により、血中コレステロールは徐々に下降するが、サフラワ油の下降割合は大であった。

そこで、運動負荷実験では、ラードを用いた高脂血症惹起飼料(B, C, D)とし、対照はサフラワ油を用い、コレステロール無添加飼料(A)とした。

実験飼料投与し高脂血症の惹起を確認後、2週目から水車型運動装置を用い自発的に運動させる自由運動(D)および、円筒型電動回転装置による強制運動(C)の2種の運動負荷群を設けた。

各群の成長は順調で、実験終了時の終体重は非運動群(B)と運動群との間に有意な差はなかったが、運動群の体重増加量が低い傾向であった。

運動量として走行距離で示すと、強制群では段階的に負荷を強め、最終的には1日4時間2400m走行させた。自由運動群では平均値で、1週目約1500m、2週目約3000m、3週目約5000m~6000m、4週目では約4000mの走行距離となり、強制運動群と自由運動群の体重にほとんど差はなかった。

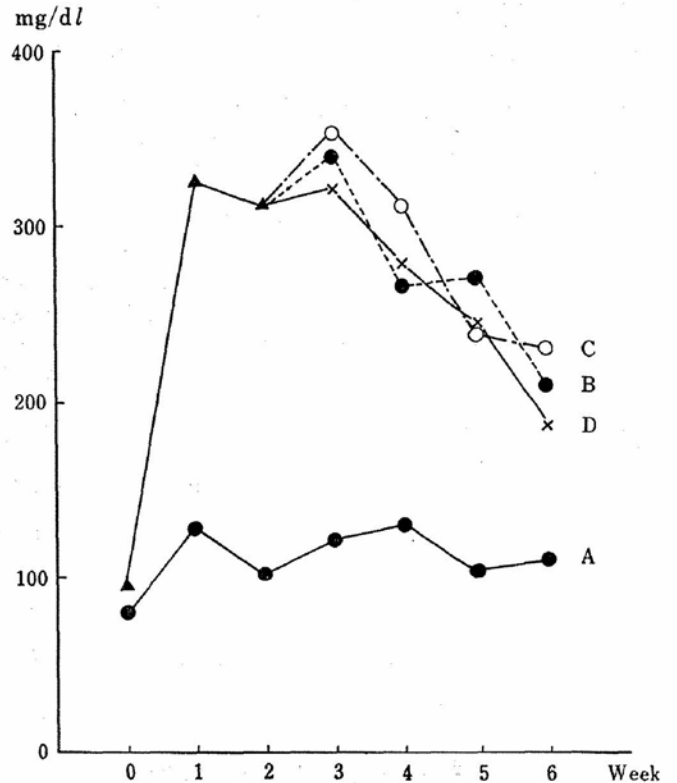


図1 Changes in plasma cholesterol levels

実験期間中、毎週1回尾静脈より採血し、血漿総コレステロール値を測定すると、**図1**のような結果（平均値）が得られた。

対照のサフラワ油群の一定レベルに対し、高脂血症起飼料投与1週間で著しく血漿コレステロールは上昇した。運動負荷により、強制群でやや高く、自由群でやや低下する傾向を示した。

血漿中性脂肪量は、強制・自由運動共に、負荷1週目から明らかに減少し、運動負荷の効果は著しいものであった。

実験終了後、大動脈穿刺により得た血清中各脂質を測定したところ、総コレステロールは強制運動でやや高く、自由運動で低い傾向であった。

HDL コレステロールおよび動脈硬化指数として総コレステロールと HDL コレステロールの比をとると、対照のサフラワ油群で $106 \pm 7 \text{mg/dl}$ (HDL-コレステロール) 1.2 ± 0.1 (動脈硬化指数) に対し、ラード・コレステロール飼料、非運動群で $46 \pm 4 \text{mg/dl}$, 6.2 ± 1.3 , 強制運動群 $44 \pm 3 \text{mg/dl}$, 7.1 ± 0.9 , 自由運動群 $49 \pm 2 \text{mg/dl}$, 5.0 ± 0.7 という結果であった。自由運動負荷により、平均値で HDL 中コレステロールの増加傾向および動脈硬化指数の改善傾向を示したことは、興味深い結果であった。

また、血清リポたん白の電気泳動を行った結

果、HDL に相当する画分が、運動負荷により有意に増加していた。運動の負荷によりりん脂質の低下、コレステロールとりん脂質の比(c/p 比)の上昇も認められた。

実験 2 高血圧自然発症ラットの血圧に及ぼす栄養負荷の影響

高血圧自然発症ラット (SHR) は、本能性高血圧解明のモデル動物として岡本ら¹⁷⁾により開発され、遺伝的に高血圧素因を有している。

そこで、雄 SHR を用いて、栄養負荷を行い血圧に及ぼす影響を検討した。血圧降下作用があるとされてるしいたけ¹⁵⁾および、プロスタグランジンを介して降圧作用を示すのではないかとわれているリノール酸¹⁸⁾につき、その含量の多いサフラワ油を用いた。いずれも2週間の投与を行い、血圧測定は毎週1回、夏目製作所製プレチスモ式ラット血圧計で測定した。

表2に実験開始前および負荷2週後の血圧を示した。

しいたけ投与実験では、ラットの血圧はまだ上昇を続けている時期であったため、対照の水投与群の血圧上昇に比べ、しいたけの水浸出液投与群では、血圧は実験開始前と変わらない値であり、血圧上昇は明らかに抑制されていた。

ラットが成長し、血圧も上昇しきって一定状態

表2 The effect of nutrients on systolic blood pressure in SHR (Mean \pm SE, mmHg)

		Control	Experimental	
Shiitake-extract (N = 8)	initial	Water 173 \pm 2	Shiitake 175 \pm 2	
	after	184 \pm 4	171 \pm 1*	
Dietary fat (N = 7)	initial	P(Pellet) 196 \pm 5	P+Lard 195 \pm 6	P+Safflower oil 196 \pm 5
	after	185 \pm 4	199 \pm 5	177 \pm 5*

Experimental period was 2 weeks.

Supplemented level of dietary fat was 35% for the first week and 30% in the next week.

* Significantly different ($p < 0.05$) from the corresponding group.

になった時期に行ったサフラワ油投与実験では、2週間の投与により血圧は著しく下降していた。対照の粉末市販飼料群は、実験の前後で大きな変動はなく、これにラードを添加した群も、実験の前後の血圧に明らかな差は認められなかった。

本結果は、リノール酸の血圧降下作用につき、SHR を用いて明らかにした新しい知見である。

実験 3 健康成人の脂質代謝に及ぼす栄養と運動負荷の影響

ヒトの脂質代謝に及ぼす栄養負荷の影響に関する研究は多くなされ、特に血中コレステロールを増加させるものとして、食事中飽和脂肪酸およびコレステロールがあげられる。特に鶏卵は、コレステロール含量が高い¹⁹⁾ことから敬遠されがちであるものの、血中コレステロール値に与える影響については、余り著しくない^{20,21)}とか、増加する^{22,23)}とか一致を見ないうえに、HDL 中コレステロールに与える影響の報告は少い²⁴⁾。

そこで、今回はこの点につき、21~66歳の健康成人被験者7名(男子3名、女子4名)に、1日

当り鶏卵(60~65g)5個を7日間負荷し、特に動脈硬化に影響ある因子の検討を行った。

結果は図2に示したが、負荷前の血中総コレステロール 180 ± 11 、HDL-コレステロール 40 ± 2 、りん脂質 195 ± 11 、中性脂肪 $119 \pm 17 \text{mg/dl}$ は、7日間の鶏卵負荷後にそれぞれ、 192 ± 10 、 43 ± 3 、 206 ± 11 、 $111 \pm 16 \text{mg/dl}$ となった。

総コレステロールとりん脂質は、負荷前後の Paired-T 検定では有意に ($P < 0.05$) 増加したが、コレステロールの増加は多いものでも十数%、平均では7%に過ぎず、動物性油脂の血中コレステロール上昇が30~40%であることと比べれば、余り著しいコレステロール上昇作用とはいえない。特に注目した HDL-コレステロールは、平均的には負荷の前後に大きな変化はなかった。しかし中には、HDL-コレステロールがやや減少した例もあり、動脈硬化指数の増加率では21%もの増加を示し、加齢の影響もあるのではないかと示唆された。

次いで、28~31歳の健康男子被験者に、減量を

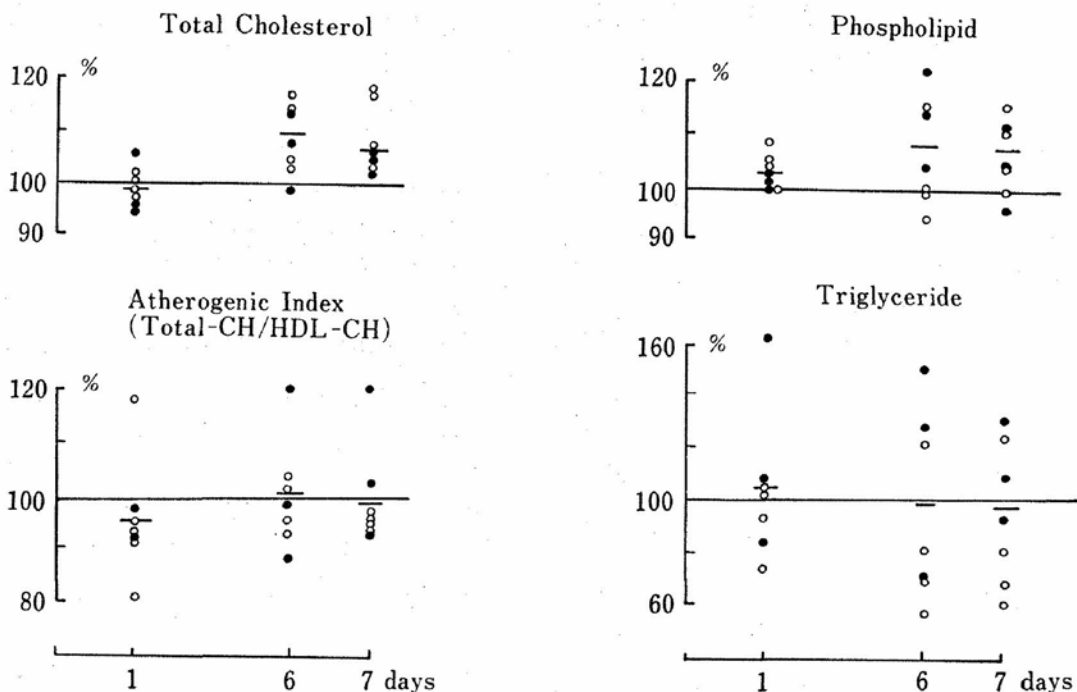


図2 Effect of feeding eggs (5/day) on serum lipid levels
The initial level of lipid levels and atherogenic index equals 100 percent.
- : Average value, ● : Male subjects, ○ : Female subjects

伴ずに4週間の運動負荷を与える実験を行った。運動は、0.18kcal/kg/minのトレッドミル走行を、1日50分、週5日、4週間負荷し、そのカロリー消費量は0.170~0.207kcal/kg/min.であった。その結果、血中総コレステロールは運動負荷後8.1%の増加に対し、HDL-コレステロールは35.2%の有意の上昇を認め、動脈硬化指数は21.9%も減少し、運動負荷によるHDL-コレステロール上昇および動脈硬化指数の改善が明らかであった²⁵⁾。

考 察

国民栄養調査成績¹⁾で示された栄養素の摂取状況は、昭和54年には動物性食品の摂取比率が高まる傾向がみられた。すなわち、たん白質に占める動物性たん白質の比率ははじめて50%を上回り、脂肪も動物性食品の比率が増加して52.4%を示した。また、肥満者の出現は、成人男子で11.4~15.2%、女子では10.3~23.8%と年代別に増加しており、多食、運動不足という意識を持ち、欠食ありの者にその出現が大であるという結果が示された。日本人の日常生活における身体活動は、近年急減しているにもかかわらず肥満が多発するのは、ただ単にたくさん食べるからというのではなく、運動不足が非常に著しいため、エネルギー出入納がプラスになると解釈してもよいかもしれない。肥満は高脂血症の大きなリスクファクターであり、その他の疾病を引き起こす危険性があるので、防止につとめることは重要である。

一方、青少年の体位は向上したものの、体力や耐久力は大きく低下している²⁶⁾のが現状である。体位、体力両者の向上が見られる健康づくりを推し進める必要がある。

本研究の結果、運動により、HDL-コレステロールおよび動脈硬化指数に良い影響を及ぼすことが明らかになり、動物実験でも、ストレスのかからない自由運動の負荷により同様の効果が見られ

る傾向であった。また、栄養負荷の面から、サフラワ油のコレステロール低下作用、HDL-コレステロールの上昇作用および血圧降下作用が認められ、しいたけの血圧上昇抑制効果も再確認出来た。

栄養学の問題でいえば食生活のアンバランスが、身体活動の面でいえば運動不足が各疾病の誘発要因になっていると考えると、それぞれの立場から各要因を分析することは、疾病の予防、ひいては予知に大いに役立てることが出来る。

本研究の結果をふまえて、日常生活の中で、運動と栄養はどちらに偏るといことなく、車の両輪のように平行して進めることにより、循環器疾患の予防が出来、国民ひとりひとりの健康水準を高めることが出来るであろう。さらに疾病の予防・予知が出来ることにより、国の厚生行政や福祉行政に大いに貢献することができよう。

文 献

- 1) 厚生省公衆衛生局栄養課、「昭和54年国民栄養調査成績」, 栄養学雑誌, 38, 321 (1980)
- 2) 文部省, 「学校保健統計調査報告書」
- 3) 厚生省, 「小児高脂血症特別研究班中間報告」 (1981)
- 4) Suzuki, S. et al.; *The Annual Report of the National Institute of Nutrition*, 1 (1967)
- 5) Suzuki, S. et al.; *ibid.*, 3 (1968)
- 6) Suzuki, S. et al.; *ibid.*, 3 (1969)
- 7) 辻 啓介他; 栄養学雑誌, 30, 53 (1972)
- 8) 辻 悦子他; 栄養学雑誌, 31, 247 (1973)
- 9) 鈴木慎次郎他; 体育科学, 2, 233 (1974), 同 3, 86 (1975), 同 4, 31 (1976)
- 10) 大島寿美子他; 栄養学雑誌, 34, 109 (1976)
- 11) 鈴木慎次郎他; 体育科学, 5, 89 (1977)
- 12) 辻 啓介他; 栄養学雑誌, 26, 113 (1968), 同 31, 152 (1973), 同 32, 155 (1974), 同 33, 51 (1975), 同 33, 153 (1975), 同 33, 273 (1975), 同 35, 227 (1977)
- 13) 鈴木慎次郎; 栄養と食糧, 14, 277 (1961)
- 14) Suzuki, S., Oshima, S.; *Mushroom Science IX (Part I)*, 463 (1974)
- 15) 樋口 満他; 栄養学雑誌, 36, 119 (1978)

- 16) 辻 啓介, 鈴木慎次郎 ; 栄養学雑誌, **30**, 235 (1972)
- 17) Okamoto, K., K. Aoki ; *Japan Circulation J.*, **27**, 282 (1963)
- 18) Oster, P. et al. ; *Ernährungs-Umschau*, **27**, Heft 5, 143 (1980)
- 19) 科学技術庁研究調整局, 昭和50, 51, 52年度特別研究促進調整費, 食品中の特殊成分分析方法の確立に関する総合研究報告書, 367 (1979)
- 20) 大島寿美子, 鈴木慎次郎 ; 栄養学雑誌, **33**, 105 (1975)
- 21) Kummerow, F.A. et al. ; *Am. J. Clin. Nutr.*, **30**, 664 (1977)
- 22) 武内 望 ; 臨床栄養, **40**, 761 (1972)
- 23) 本田明子, 隅倉治子 ; 栄養学雑誌, **34**, 11 (1976)
- 24) 北田俊雄他 ; 動脈硬化, **7**, 205 (1979)
- 25) Nishimuta, M., et al. ; 第60回日本体力医学会関東地方会口演要旨, 体力科学, **30**, 127 (1981)
- 26) 文部省, 「体力運動能力調査」