栄養と運動に関する実験的研究 Experimental Studies on the Interrelationships of Nutrition and Physical Exercise

1. ビタミン E の運動持久能におよぼす効果について

Effects of Prolonged Administration of Vitamin E on Running
and Swimming Performances of Young Adult Rats. (Report 1)

国立栄養研究所 (National Institute of Nutrition)

太田 富貴雄 (Fukio Ohta) 辻 悦子 (Etsuko Tsuji)

恩田 京子 (Kyoko Onda) 鈴木 秀雄 (Hideo Suzuki)

鈴木 慎次郎 (Shinjiro Suzuki)

A long term experiment was conducted to evaluate the ergogenic effects of vitamin E and/or linoleic acid on the athletic performance of sedentary and exercising rats.

Male albino rats, weighing approximately 80 g, were divided into four dietary groups and fed one of these diets containing 20% of either beef tallow or safflower oil with and without supplementation of additional vitamin E (330 mg/kg diet). Safflower oil was employed to provide linoleic acid to the diet.

Ten rats from each dietary group were housed in conventional small cages and served as sedentary controls; another ten animals were allowed voluntary exercise in large individual activity cages equipped with a revolving wheel inside.

During the period of 2 months on the experimental regimen, the urines of five rats from each group were collected at the ages of 45, 60 and 70 days for the assay of hydroxyproline which could be regarded as the endogenous indicator of growth and development.

At the end of the experimental period, five rats from each group were sacrificed, and the antioxidant status was estimated from both the degrees of resistance of erythrocytes to hemolysis by dialuric acid and the amounts of peroxidation products of liver lipids (TBA value). The other five rats were forced to run to exhaustion at 5° incline on a motor driven treadmill (average speed of 16 meters per min). The survived rats were again forced to swim to exhaustion with a load equivalent to 2 % of body weight in 32°C water, provided 10 days later they proved to have recovered from the preceding treadmill program as judged by their weight gains.

A small but significant temporary increase of urinary hydroxyproline excretion was found in almost all rats at the age of 60 days in comparison with 45 and 70 days, suggesting that even in rats the turnover rate of collagen was accelerated with the impetus of growth at adolescence as seen in human beings. Vitamin E and exercise did not exert further effects on endogenous collagen metabolism.

Decreased resistance of erythrocytes to hemolysis by dialuric acid was observed in the rats fed on the tallow diet without additional vitamin E, but there was no evidence of vitamin E deficiency in the animals fed on the safflower oil diet. Voluntary exercise did not promote the onset of vitamin E deficient symptoms.

The rats, revolving a wheel 500 to 1500 times daily throughout the experimental period, ran over 3-fold longer than the sedentary controls.

Both vitamin E and linoleic acid resulted a small increase in the running capacity of the exercising rats, but these substances failed to prolong the running endurance time of the sedentary controls. Simultaneous administration of vitamin E and linoleic acid did not enhance the ergogenic effects of either vitamin E or linoleic acid given separately.

No definite trends were found in swimming performance among the rats under different experimental conditions.

はじめに

米国では20年前からビタミンEや小麦胚芽油の抗疲労効果が注目を集めるようになり、運動持久力を強めて競技成績の向上をはかるためスポーツ選手などに使用されるようになった。

ビタミンEを多量に含む小麦胚芽油の抗疲労効果は、イリノイ大学体力研究所でスポーツ選手や一般人を被検者に詳しく調べられ、小麦胚芽油には運動時の循環機能を強め持久力を増強する明らかな効果があると結論された¹⁾²⁾³⁾。佐藤⁴⁾はビタミン含量を変えた3種の飼料で白ねずみを40日間飼育した後遊泳試験を行ない、ビタミンE欠乏群で遊泳時間が低下し、1日20mgの大量投与で著明に遊泳時間をひき延したことからビタミンEは運動持久力を強めるのに有効であると考えた。Curto⁵⁾は更に、ビタミンEを与えた蛙で、筋収縮にともなう疲労の発現が遅れることをみ、ビタミンEの抗疲労効果を証拠だてた。これに対し、Consolazio ら⁶⁾は小麦胚芽油、ビタミンEとも5週間白ねずみに連続投与したが遊泳時の耐久力を強める効果がみられなかったと述べ、Sharman⁷⁾も水泳訓練中の少年に1日400mgのビタミンEを6週間与えたが、循環機能や運動能力に何ら好影響をおよぼさなかったと報告している。

ビタミンEの体力強化作用について上述のように諸家の成績が一致しない原因が、ビタミンE投与量、体力検査法、動物の種類、ビタミンE投与時期など諸種の実験条件の違いに基づく場合もあると思われる。事実、小麦胚芽油は訓練中のスポーツ選手の体力強化には有効であったが、普段運動量の少ない一般成人の体力向上にはあまり効果がなかったといった報告²⁾や、モルモットの遊泳時間を延ばすのに小麦胚芽油は卓効があったが、白ねずみの運動能には殆ど影響しなかったとする実験例⁸⁾などは、その好例といえよう。

今回の実験は自由に運動させた白ねずみと運動を制限した白ねずみに、長時間ビタミンEを単独または大量のリノール酸と同時に与えた後、体力試験を課してビタミンEの抗疲労、体力強化作用を確かめるとともに大量のリノール酸ないし普段の運動がビタミンEの効力発現にいかに関与するかを検討して、スポーツ選手の強化に役立てようとして行なったものである。

実験方法

生後40日、体重80gのWistar系白ねずみを10匹あて8群に分け、うち4群は安静群とし運動量を少なくするため狭少な籠で飼育した。残る4群は運動群とし内部に周囲1mの水車を取りつけた広い籠に入れ、自由に運動させた。運動籠の水車軸はカウンターに連結され、水車の回転数、即ちねずみの運動量（走行距離）が読み取れるようになっている。

安静、運動各4群には第1表に示す組成の実験食を与えた。実験食は 1) ビタミンEは十分量含むがリノール酸は少ない、2) ビタミンE、リノール酸とも少ない、3) ビタミンE、リノール酸ともに多量に含む、

4) ビタミンE少なくリノール酸は多いの4種類で、各群には原則として朝10時から夕刻5時までの7時間に限り自由に摂食させた。時間を限って食餌を与えたのは、運動群の活動量を増し運動効果をはっきり出すた

めと、採尿を都合よく運ぶためである。

ビタミンEは飼料1kg当り 330mg 補足し、リノール酸の補給には構成脂肪酸の70%以上をリノール酸が占めるサフラワー油を牛脂にかえて使用した。

実験食は60日間投与し、その間体重、摂食量、運動量を適時記録した。白ねずみが生後45日、60日、70日に達した時、各実験群から特定の5匹を選び、各時期2日間ずつ尿を集めた。採集した尿は50mlに減圧濃縮した後、ヒドロキシプロリン量をProckopの方法⁹⁾で定量し、成長の内因性指標とした。

60日の実験飼育期間が終わった後、各群半数のねずみ(5匹)を1夜絶食させ、体重100g当り5mgのネンブタールを注射して麻酔をかけ、心臓から血液を採った。採血後直ちに肝臓も摘出し、一定量を過酸化水素価(TBA値)¹⁰⁾の測定に供した。血液は生理食塩水中で遠心分離を行なって血球を集め、ジアール酸による溶血度を測定¹¹⁾してビタミンE過不足の判定に用いた。

各実験群の残り5匹でトレッドミル走行ないし水泳による体力試験を行ない、ビタミンEの体力増強効果を検討した。トレッドミルの条件は勾配5°、速度は時間の節約をはかるため2時間未満は16m/分、2時間から5時間まで21m/分、5時間を超えて走り続けた場合は1分間28mと時間が長くなるほど速くした。なお、各ねずみとも体力試験に入る前に1日5~10分、5日間トレッドミル上を走らせ、トレッドミルに慣れるように配慮した。

トレッドミル試験を終えたねずみは、前と同じ条件で更に10日間飼育を続けて体力の回復をはかった後、水温32°C、水深45cmの水槽に入れ、遊泳耐久力の検定を行なった。ねずみには体重の2%相当の重りを負荷し、浮上が困難になるまでの時間を測定した。

実 験 結 果

i) 発育, 摂食量, 運動量

第1図に55日の実験期間中の体重増加量、摂食量、運動量が、各群1匹当りの総和として示されている。この図からビタミンEやリノール酸の大量摂取は成長に殆ど影響を与えないことがわかる。各運動群の発育は実験中期まで安静群と差がなかったが、後期から運動の影響が現われ始め、全体重増加量は安静群におよばなかった。

摂食量は初期の1日10gから中期・後期には15~17gに増加したが、ビタミンEやリノール酸含量に左右されることはなかった。

Table 1. Composition of diets

	High fat diet %
α -Starch	24
Dextrin	24
Casein	25
*Fat	20
Salt mix.	4
Fiber	2
Vitamin mix.	0.85
Cholin-Cl	0.15

* Beef tallow or safflower oil

Note 1) 5000 IU of V.A & 12.5 μ g of V.D₂ per kg of diet

2) One kilogram of the basal diet was supplemented with 330mg of α -tocopherol acetate for vitamin E therapy.

Fig. 1 Effects of additional vitamin E and linoleic acid on growth, food intake and physical activity of growing rats. (cummulative figures for 55 days)

運動群の活動量はビタミンEだけを補足されたねずみで最も多く平均1日1500mを走ったことになり、リノール酸を大量に摂った群では1日600~800mと運動量が半減した。ただし、これは大量のリノール酸に運動量を低下させる作用があるというより、個体差または籠の設置場所などの条件の違いが重なったためと思われる。ビタミンEの過量摂取によっては、普段の活動量は殆ど影響されなかった。

1日500m水車を回した群(ビタミンE, リノール酸とも添加)で安静対照群より摂食量が多いにもかかわらず、体重増は安静群に劣ることからみて、白ねずみが1日500m自由に走れば生理、代謝面に何らかの運動効果が現われると思われる。

ii) ハイドロキシプロリン排泄量

尿中ハイドロキシプロリン排泄量は人間の場合、成長がスパートする思春期に一時的に増加することが知られている¹²⁾。これは骨の伸長にともない骨コラーゲンの分解も亢進するためと思われるが、白ねずみにも同様の傾向がみられるか、更に運動、ビタミンE, リノール酸の大量摂取などにより排泄量が影響されるか否かを確かめるため、実験期間中ねずみが45日齢、60日齢、70日齢に達した時採尿しハイドロキシプロリン排泄量の測定を行なった。

結果は第2図に示すよう、ねずみにおいても生後60日近くに明らかに一過性のハイドロキシプロリン排泄が増加する時期を認めた。即ち、45日齢では1日6.9~8.4 μ gであったのが、60日齢では8.7~10.1 μ gと増大し、

Fig. 2 Time course of urinary hydroxyproline excretion in growing rats.

70日齢には7.3~9.6 μ gと次第に減少する傾向が明らかであった。第2表には生後60日目のハイドロキシプロリン排泄量(体重100g当り)をもとに、運動、ビタミンE, リノール酸の多量摂取のコラーゲン代謝におよぼす影響をまとめてあるが、運動と安静、ビタミンE補足の有無、リノール酸摂取の多少などの実験因子間で、いずれの場合も有意差は認められなかった。

iii) 臓器重量

採血に供した各群ねずみの解剖時臓器重量を体重 100 g 当りに直して第 3 表に掲げてある。

心臓は体重 100 g 当り 0.3~0.35 g と実験群間で差がなく、肝臓と腓腹筋は運動により幾分肥大する傾向がみられたが、統計的な有意差は認め難かった。

腹部の脂肪沈着量は運動量多く体重の少ないビタミン E 添加低リノール酸食の運動ねずみで有意に減少した他は群間に差異がみられず、ビタミン E、リノール酸多量摂取とも脂肪沈着を予防する効果は認められなかった。

副腎は運動群が 18~18.8 mg と安静群の 13.3 mg に比べて有意に大きく、随意的運動によっても副腎の機能に何らかの影響を受けることがはっきりした。リノール酸多量摂取によ

Table 2. Comparison of urinary hydroxyproline levels among the rats at the age of 60 days under different experimental conditions

Experimental groups	Hydroxyproline in urine $\mu\text{g/day/100 g body wt.}$
1. Sedentary Exercising	5.93 $\pm$ 0.13* 5.75 $\pm$ 0.16
2. V.E supplement Non supplement	6.00 $\pm$ 0.13 5.68 $\pm$ 0.15
3. Linoleic acid supplement Non supplement	5.79 $\pm$ 0.15 5.90 $\pm$ 0.14

* mean $\pm$ SEM.

Table 3. Effects of voluntary exercise and additional vitamin E on the weight of liver, heart, muscles and adrenals of young adult rats (per 100 g body weight)

Experimental groups			Final body wt. (g)	Liver (g)	Heart (g)	Muscles* (g)	Fat pads** (g)	Adrenals (mg)
Fat	sedentary or exercising	V.E						
Beef Tallow	Sed.	+	322	3.40	0.32	0.54	3.32	14.4
	Ex.	+	280	3.75	0.32	0.61	1.70	18.7
	Sed.	-	311	3.28	0.30	0.56	2.90	13.3
	Ex.	-	291	3.76	0.33	0.59	2.50	18.8
Safflower oil	Sed.	+	314	3.28	0.31	0.56	2.59	15.2
	Ex.	+	312	3.61	0.33	0.58	2.78	18.0
	Sed.	-	316	3.26	0.33	0.58	2.60	16.2
	Ex.	-	300	3.41	0.35	0.61	2.17	18.5

* Gastrocnemius muscles

** perirenal fat pads.

っても幾分副腎の肥大が認められた。ただし、運動とリノール酸多量摂取の組み合わせが副腎の肥大を強調することはなく、ビタミン E は副腎に何ら影響を与えなかった。

iv) ビタミン E の過不足状態

実験飼育終了後の各群白ねずみのビタミン E 過不足の状態を、ジアール酸に対する溶血抵抗性と肝臓脂質の過酸化物量 (TBA 値) から確かめた (第 3 図)。

溶血反応からみてビタミン E 欠の兆候が現われたのは、ビタミン E 無添加の牛脂摂食群 (リノール酸寡少) に限られ、運動、安静群ともその程度に差がなく正常の 25% と大幅に溶血抵抗力の低下が認められた。ビタミン E の必要量を高めるリノール酸を多量に摂取した白ねずみでビタミン E 欠乏の症状が現われなかったのは、リノール酸を供給するために使用したサフラワー油中にビタミン E がかなり含まれていたためと思われる。ちなみにサフラワー油は 100 g 中にビタミン E を 80 mg 含むのに対して、牛脂ではわずか 1 mg と極めて少ないことが示されている¹³⁾。

肝臓の過酸化物量はビタミン E を添加しない群で添加群と比べて有意の増加が認められたが、運動負荷、リ

Fig. 3 Effects of voluntary exercise and experimental diets on the antioxidant status of the young adult rats.

Table 5. Comparison of running performance among the rats under different experimental conditions

Treatment	Distance km
1. Sedentary	0.98±0.08*
Exercising	3.11±0.40
2. Sedentary	
1) V.E supplement	0.98±0.12
Non supplement	0.97±0.14
2) Linoleic acid supplement	0.98±0.08
Non supplement	0.97±0.16
3. Exercising	
1) V.E supplement	3.49±0.58
Non supplement	2.74±0.58
2) Linoleic acid supplement	3.46±0.63
Non supplement	2.77±0.53

* mean±SEM.

Table 4. Comparison of the amounts of peroxidation products of liver lipid among the rats under different experimental conditions

Experimental groups	TBA value mg/g liver
1. * Sedentary	31.8±4.0**
Exercising	35.3±5.7
2. V.E supplement	19.2±1.4
Non supplement	33.5±3.4
3. * Linoleic acid supplement	32.4±4.6
Non supplement	34.7±5.3

* V.E was not supplemented

** mean±SEM.

Fig. 4 Effects of additional vitamin E and linoleic acid on running performance of sedentary and exercising rats.

Rats were forced to run to exhaustion up 5° incline at average treadmill Speed of 16m/min.

Vertical bars represent±SEM.

* Sedentary or exercising

ノール酸の摂食量には関係しなかった (第 4 表)。

v) 体力試験

トレッドミル強制走行試験の成績は、ビタミンE添加低リノール酸食の運動群が平均 4 km を走り抜き他群を圧倒した。ビタミンE, リノール酸とも十分な運動ねずみは平均 2.9km を走ったに過ぎず, ビタミンE欠のねずみと全く同水準であった (第 4 図)。以上の結果は大量のリノール酸がビタミンEの体力強化作用を増強するとの見解と相反することになる。なお, 高ビタミンE, リノール酸食の運動ねずみで走行距離が延びた

原因の1つとして、この群で平素の運動量が多く、それにつれて脂肪沈着が少なく体重が軽かったことを考慮する必要がある。

普段走る訓練を行なっているねずみ(運動群)でビタミンEとリノール酸多量摂取の体力増加作用を第5表からみてみると、ビタミンEを摂っているねずみの平均走行距離が3.5km、ビタミンE不足のねずみで2.7km、リノール酸摂取の多いねずみが3.5km、少ないねずみで2.8kmとビタミンE、リノール酸とも効力が認められたが、個体間で成績にバラつきがあり有意差は表われなかった。

Fig. 5 Effects of additional vitamin E and linoleic acid on swimming performance of sedentary and exercising rats.

Rats were forced to swim to exhaustion in 35°C water with a weight equivalent to 2% of body weight attached to the tail of each rat.

Vertical bars represent $\pm$ SEM

* Sedentary or exercising

Table 6. Comparison of swimming performance among the rats under different experimental conditions

Treatment	Swimming time min
1. Sedentary	140.4 $\pm$ 41.3*
Exercising	186.8 $\pm$ 44.1
2. Sedentary	
1) V.E supplement	139.9 $\pm$ 58.2
Non supplement	140.9 $\pm$ 65.8
2) Linoleic acid supplement	64.7 $\pm$ 45.2
Non supplement	216.1 $\pm$ 64.0
3. Exercising	
1) V.E supplement	159.8 $\pm$ 69.4
Non supplement	210.0 $\pm$ 64.9
2) Linoleic acid Supplement	214.9 $\pm$ 68.6
Non supplement	154.2 $\pm$ 62.7

* mean $\pm$ SEM.

安静ねずみの走行距離はビタミンEやリノール酸の摂食量いかにかわらず、平均1kmと普段運動を行なっているねずみに比べてはるかに短く、水車の回転による自由運動ねずみで訓練効果が体力面にはっきり現われることが確かめられた(第5表)。

遊泳試験の各実験群の成績は第5図に示した通りである。耐久時間の長かったのはビタミンE、リノール酸とも少ない安静群とビタミンE不足のリノール酸の多い運動群で、共に5時間近くの遊泳に耐えた。これに対し遊泳時間の短かったのは、ビタミンE、リノール酸の少ない運動群と、ビタミンE不足、リノール酸摂取の多い安静群で50分以下であった。以上のことからわかるように各実験群の成績に実験条件による一定の傾向が認められず、各群の成績は白ねずみの個体差によると考えた方が納得のゆく結果になった。

運動ねずみの遊泳時間は平均187分に対して安静ねずみでは140分と傾向的には普段の運動訓練の成果が現われたが、有意差はなく、ビタミンEとリノール酸多量摂取の効果は運動群と安静群では相反する成績が出て両者の効力の有無を断定することは困難であった(第6表)。

考 察

雄ねずみのビタミンE要求量は成長と生殖作用を指標にとれば1日1mg以下といわれている¹⁴⁾。今回の実験では1日5mg程度のビタミンEを白ねずみに与えて、運動体力の強化にビタミンEが効果があるか否かを

判断しようと試みた。この量は人間での実験例が多く 1 g 以下で効果をみていることに鑑み、体重から比例的に求めたものである。ただし白ねずみでの既存の実験例では佐藤⁴⁾ が 1 日 20mg でビタミンEの効力を認め、Consolazio⁶⁾ は 37mg と極めて大量投与したにもかかわらずビタミンEの効果には否定的な結論を出しているなどビタミンEの使用量は今回よりはるかに多い。今回の実験でリノール酸を多量摂取した場合の体力増強作用も併せて観察したが、これは Cureton²⁾ の実験で小麦胚芽油の効果はビタミンE単独の効力に優り、他に有効成分が存在する可能性が示唆され、かつこれが必須脂肪酸であろうとする見解が示されているからである。なお Ershoff⁹⁾ は棉実油投与モルモットで固型飼料投与群をはるかに凌ぐ水泳耐久力を観察していることも上述の見解を裏付けると思われた。

今回の実験ではビタミンEを平素運動しているねずみと運動を制限したねずみに与えて、ビタミンEの体力強化作用の検討を行なった。結果は運動制限ねずみに対してビタミンEは体力試験の成績を高めるのに全く効果を示さなかったが、普段走っているねずみの走行持久力を増強するのに、平均値からみてのことであるが幾分効果が認められた。前述のように今回のビタミンE使用量は 1 日 5 mg と少なかったが、佐藤⁴⁾ の例のように 1 日 20mg 前後と量をふやせば明瞭な効果が期待されよう。以上の結果は Cureton²⁾ の人の実験でみられた傾向とよく一致することから、ビタミンEの効果があるとすれば、訓練中は運動に対する適応性を高めるか、あるいは酸素補給が制限となるような長時間にわたる運動時にその持久力を強める場合の 2 つの可能性が考えられ、今後一層の検討が要望される。

リノール酸多量摂取の運動に対する効果は、単独投与時の訓練ねずみに限って幾分好影響を与えたようだが、ビタミンEと併用した時にはビタミンEの効果をも更に強める働きは認められなかった。

小麦胚芽油の体力強化作用はビタミンE単独に優るとされているが¹⁾²⁾、大量のリノール酸との協同効果は否定され、他の有効成分の検索は今後の課題となった。

白ねずみの体力をみるのに今回はトレッドミル走行試験と遊泳試験を併用したが、走力試験では安静群が 1 km 前後、運動群が 3 km と、運動訓練の効果がはっきり現われ、かつ、同一飼育条件間に極めて類似した成績が得られたことから白ねずみの体力をみるのに比較的適した方法に思える。これに対し遊泳試験の成績はきわめて個体差が大きく、実験条件による一定の傾向が認められないなど体力をみるのは走力試験より劣る結果となった。この原因として遊泳試験の水温は 25°C 近辺といわれているが¹⁰⁾、今回は冬期に実験を行なったので水温を 32°C と幾分高くしたこと、更に遊泳時間は体重に比例するとの報告¹⁷⁾を勘案して各ねずみに体重の 2 % 相当の重りをつけたが、この負荷量が適当でなかった場合など考えられる。

ビタミンEの欠乏は白ねずみの成長阻害を起こすことは以前から知られているが¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾、今回は欠乏兆候が現われたのはビタミンE無添加の牛脂使用群に限られ、かつこの群の成長も殆ど他群と差がなかったことから、未だ完全なビタミンE欠乏の状態に達しえなかったものと思われる。サフラワー油でビタミンE欠乏の兆候が全く現われなかったのは原料油脂中に 100 g 当り 80mg と大量のビタミンEを含んでいた¹³⁾ ことによると思われる。

運動がビタミンE要求量を飛躍的に高めるとすれば、ビタミンE無添加の運動群より強いビタミンEの欠乏状態に達すると期待されたが、結果は全く安静群と変わらず、このことを立証することはできなかった。

尿中ハイドロキシプロリン排泄量は人間の場合、成長のスパート期に一時的に増大することが知られているが、今回の実験で白ねずみも 60 日齢近辺に一時的にハイドロキシプロリン排泄の増大を認め、人間と同様ねずみも成長のスパートにともなってハイドロキシプロリン排泄が増すことがわかった。なお我々の実験で長骨を

含めた発育が自由運動によっても抑制されることが示され²¹⁾ていることから、運動はハイドロキシプロリンの排泄量に何らかの影響を与えると期待されたが、今回の実験ではこれを明らかにすることができなかった。

自由運動群で顕著に副腎の肥大がみられたのは前報の通り²¹⁾でビタミンEはこれに何ら効果をおよぼさなかった。

要 約

1) 生後40日の白ねずみを安静群と運動群に分け、前者は運動を制限し、後者には自由に水車を回す運動をさせながら、ビタミンEないし多量のリノール酸を単独または同時に60日間投与し、最後にトレッドミル走行試験と遊泳試験を課して、ビタミンEとリノール酸多量摂取時の抗疲労体力増強作用を検討した。

2) トレッドミル試験で運動群は安静群の倍の距離を走り、平素の訓練の成果が体力試験の成績によく反映された。

3) ビタミンEとリノール酸の多量摂取は運動群の走行距離を幾分のばす傾向がみられたが、統計的有意差は認められなかった。

ただし、ビタミンEと多量のリノール酸の併用は各単独投与の場合と成績に差がなく、小麦胚芽油の強い効力の一半が大量のリノール酸摂取にあるとの考えは否定された。

遊泳試験の成績は個体間のバラつきが大きく群間で実験条件による一定の傾向が認められなかった。

4) 運動ねずみで副腎の肥大が顕著であったがビタミンE、大量のリノール酸摂取ともこの傾向に何ら影響を与えなかった。

5) ハイドロキシプロリンの尿中排泄量は雄ねずみの性的成熟が始まる60日齢近辺で一時的に増加することが認められ、白ねずみでも人間と同様の思春前期に一過性に骨コラーゲンの代謝亢進があると思われる。

ただし、ハイドロキシプロリン排泄に、運動、ビタミンE、リノール酸多量摂取の影響はみられなかった。

6) ビタミンE無添加の牛脂投与群にのみビタミンE欠の兆候が認められた。ただ平素の運動がビタミンE欠の発現を促がすとの証拠はえられなかった。

文 献

- 1) Cureton, T. K.: *Science News Letter*, **66**, 216 (1954)
- 2) Cureton, T. K.: *Am. J. Physiol.*, **179**, 628 (1954)
- 3) Cureton, T. K. et al.: *Research Quart.*, **26**, 391 (1955)
- 4) 佐藤伝: 体力科学, **11**, 151 (1962)
- 5) Curto, G. M.: *Zootec. Net.*, **12**, 203 (1957) (*Nutr. Abst. Rev.*, **27**, 4817, 1957)
- 6) Consolazio, C. F. et al.: *J. Appl. Physiol.*, **19**, 265 (1964)
- 7) Sharman, I. M. et al.: *Proc. Nutr. Soc.* **29**, 36A (1970)
- 8) Ershoff, B. B. et al.: *Federation proc.*, **14**, 431 (1955)
- 9) Prockop, D. J.: *Anal. Biochem.*, **1**, 228 (1960)
- 10) Tarnadgis, B. G. et al.: *J. Sci. Food Agric.*, **15**, 602 (1964)
- 11) Friedman, L. et al.: *J. Nutrition*, **65**, 143 (1958)
- 12) 長嶺晋吉他: 国立栄養研究所研究報告, 昭和42-43年度, 3頁
- 13) 久野寧他編: ビタミン学, 金原出版, 212頁 (1956)
- 14) Evans, H. M.: *Am. J. Physiol.*, **126**, 487 (1937)
- 15) Cureton, T. K.: 東京オリンピック選手強化対策本部第一回コーチ会議特別講演 (1960)
- 16) 杉崎速雄: 防衛衛生, **12**, 403 (1965)
- 17) Lee, M. et al.: *J. Nutrition*, **84**, 136 (1964)
- 18) Blumberg, H.: *J. Biol. Chem.*, **108**, 227 (1935)
- 19) Martin, G. J.: *J. Nutrition*, **13**, 679 (1937)
- 20) Ringsted, A.: *Biochem. J.*, **29**, 788 (1935)
- 21) 鈴木慎次郎他: *Ann. Report Nat. Inst. Nutrition, Tokyo* **1** (1967)

(受付: 昭和46年8月10日)