

食餌タンパク質量および運動訓練のラットの成長と 遊泳持久力に及ぼす影響

高橋 徹三 酒井 正男* 村松 成司**

Effects of Dietary Protein Level and Exercise Training on Growth and Swimming Endurance Time of Rats

Tetsuzo TAKAHASHI, Masao SAKAI* and Shigeji MURAMATSU**

Thirty female rats were divided into low protein (5% casein), middle protein (20% casein) and high protein (40% casein) group. Each of the three groups were further divided into two groups, non-exercise group and exercise group. The average body weight and swimming ability were almost the same in each of the groups. Rats in exercise group were forced to swim for 20 min. every two days for 60 days, while rats in non-exercise group were kept in sedentary state. All rats were given the swimming endurance test once a day from 61st to 66th day. The weight equivalent to 8% of her body weight was attached to each rat during swimming training and swimming endurance test. Body weight was measured throughout 66 days long experimental period. Rats were sacrificed on 67th day, and body length, tibia length and weights of several organs, perirenal adipose tissue and gastrocnemius muscle were measured. Nitrogen in the liver and gastrocnemius muscle were also determined.

The body weight gain was significantly smaller in low protein group than in the other two groups after 4th week. There was not any significant difference between non-exercise and exercise group. The tibia length in low protein group was significantly shorter than in other two groups, though no significant difference between non-exercise and exercise group were observed. Correlation coefficients between body length and tibia length were 0.755 ($p < 0.01$) in non-exercise group and 0.719 ($p < 0.01$) in exercise group, respectively.

The liver weight was significantly lighter in low protein · non-exercise group and in low protein · exercise group than in high protein · non-exercise group and in high protein · exercise group, respectively. The weights of heart, spleen, kidney and adrenals were heavier with increase in the casein content in the diet, though statistically there were no significant differences. The gastrocnemius muscle weight in low protein group was significantly lighter than in the other two groups, while perirenal adipose tissue weight in low protein group was heavier than in the other two groups. The intensity of swimming training in this study seemed to be not enough to produce significant effects on adipose tissue weight.

Protein content in gastrocnemius muscle and liver was significantly lower in low protein group than in the other two groups.

The trained rats in each diet group had longer swimming endurance time than un-

* 香川大学 (The university of Kagawa)

** 筑波大学大学院博士課程体育科学研究科 (Doctor's Program of Health and Sport Science, The University of Tsukuba)

trained ones. Rats in low protein group showed the longer swimming endurance time than in middle and high protein group.

When correlations of all items determined against the swimming endurance time were analyzed, it was found that heart weight per body weight was positively correlated with a correlation coefficient of 0.360 ($p < 0.05$) and body weight during swimming endurance test was negatively correlated with a correlation coefficient of -0.413 ($p < 0.02$), but the others were not significant.

食餌中タンパク質レベルがヒトの成長に大きな影響を持っていることはすでに広く知られており、戦後、タンパク質をはじめ栄養摂取状況の改善とともに青少年の体位は著しく向上した。しかし、これらの形態的発育に体力が伴っていないこともよく指摘される事実である²²⁾。

古く合志は⁶⁾ ラットに数段階のタンパク質レベルの実験食を与えながら遊泳運動をさせたところ、タンパク欠乏食群、低タンパク食群 (7%カゼイン)、中タンパク食群 (13%カゼイン)、高タンパク食群 (25%カゼイン) の順で遊泳持久時間が延長することを報告した。また、Crews⁴⁾ らもラットにトレッドミルランニングを訓練させたところ、低タンパク食群 (8%カゼイン) がノーマル食群 (22%カゼイン) に比べ、より長いランニング持久力を示したことを観察している。

一方、ヒトの運動訓練時には、平常より多少高いタンパク質摂取が望ましいという報告もあり²³⁾、成長にとって望ましいと考えられるより低い食餌タンパク質レベルの方が運動持久力に好影響があったとする動物実験の結果については再確認する必要があると考えられる。

本実験は、ラットに低タンパク質、標準タンパク質、過剰タンパク質の三段階のタンパク質レベルの実験食を与えて飼育しながら同時に遊泳運動を訓練することにより、成長および遊泳持久力に及ぼす食餌タンパク質および運動訓練の影響について検討したものである。

実験方法

実験動物として成長期にあるウィスター・イマミチ系雌ラット (平均体重 102g) を用いた。実験

Table 1. Composition of experimental diet (%).

	Group		
	Low protein	Middle protein	High protein
	A and A' ^a	B and B' ^a	C and C' ^a
Cornstarch	84	69	49
Casein	5	20	40
Oil	5	5	5
Mineral mixture ^b	5	5	5
Vitamin mixture ^c	1	1	1

a: A, B and C are non-exercise groups in each diet group. A', B' and C' are exercise groups in each diet group.

b: (in 100 g mineral mixture)

CaCO₃ 29.29g, CaHPO₄ · 2H₂O 0.43g, KH₂PO₄ 34.31g, NaCl 25.06g, MgSO₄ · 7H₂O 9.98g, Fe (C₆H₅O₇)₂ · 6H₂O 0.623g, CuSO₄ · 5H₂O 0.121g, ZnCl₂ 0.02g, KI 0.5mg, (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O 0.25mg

c: (in 100 g vitamin mixture)

Vitamin B₂ 0.059g, Niacin 0.294g, Ca-Pantothenate 0.235g, Vitamin B₆-HCl 0.029g, Vitamin B₁₂-HCl 0.059g, Vitamin K 0.006g, Biotin 0.001g, Folate 0.002g, Inositol 1.176g, Vitamin C 0.588g, Lactate 97.551g (in 5g oil)

Vitamin A 1000 IU, Vitamin D 1000 IU, Vitamin E 10 mg

にさきだち実験動物に遊泳運動を負荷し、遊泳運動能力に極端に差が認められたものは除き体重と遊泳運動能力についてほぼ同一になるように群分けした。群は表1に示した6群で、各群5匹ずつである。

実験食組成を表1に示した。タンパク質供給源としては牛乳カゼインを用い、低タンパク食群、中タンパク食群、高タンパク食群のカゼインレベルはそれぞれ5%、20%、40%とした。脂肪は各群とも5%とし、タンパク質含量の差は炭水化物で補うようにした。無機質混合およびビタミン混合については表1の脚注に詳述した。各群の摂取量をできるだけ同じにするため、毎日摂取量を測定し、投与量をたえず前日の最少摂取量に合わせた。また全例とも残量が0のときには投与量をやや増加させた。水は自由に与えた。

各食餌群の実験動物は表1に示したとおり、それぞれ非運動群と運動群に分け、運動群の運動訓練期間は実験食飼育開始後60日とし、この間、隔日に1日20分の遊泳運動を負荷した。61日目より

連続6日間運動群および非運動群ともにオールアウトまで遊泳運動を強制し遊泳持続時間を測定した。水温は動物の遊泳運動を行う場合大切な条件であり、これまで数多くの例が報告されているが⁷⁻⁸⁾、今回の実験では21~23°Cを採用した。また遊泳持続時間計測時のラットのオールアウトの判定も重要な問題であるが、各群相互の比較の意味で全て同一人が同じ基準により判定した。その基準はラットが水中に沈没して5秒間浮上してこない時点とした。なお、持久力をみる場合、個体の大小による差を補正するため体重の8%の重さの錘りを体につけさせ遊泳運動を行わせた。

実験終了後、断頭屠殺、開腹解剖し、すみやかに、肝臓、心臓、腎臓、脾臓、副腎、腎周囲脂肪組織および腓腹筋を取り出し、その重量を直示天秤を用いて測定した。なお、肝臓と腓腹筋についてはその一部を窒素定量に供した。窒素定量にはケルダールパルナス法¹⁶⁾を用いた。また長育の指標として体長、胫骨長をも計測した。

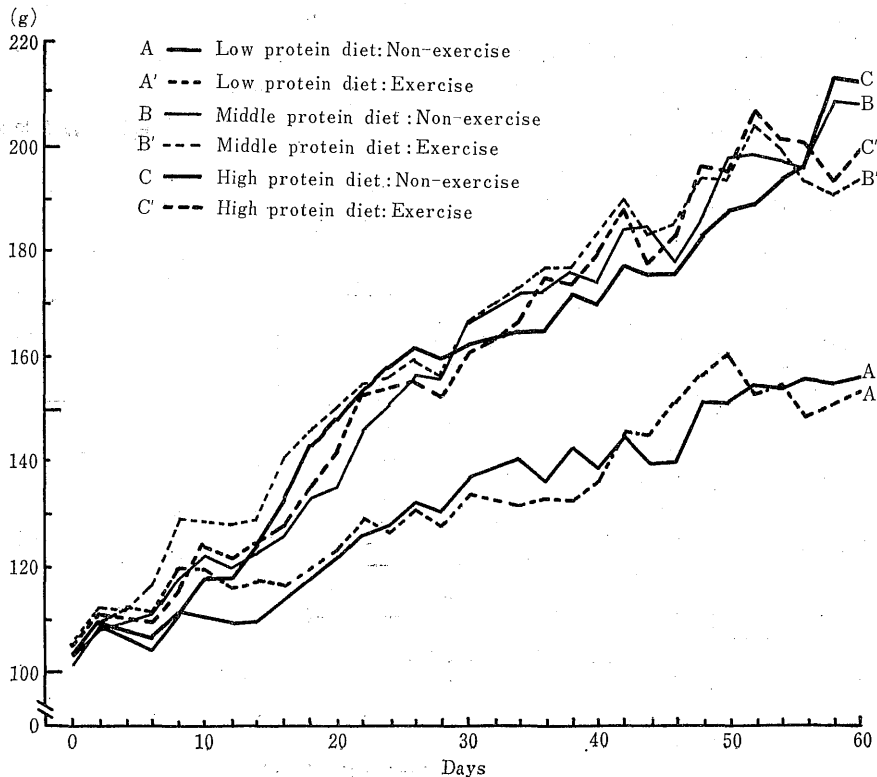


Fig. 1. Changes in body weight of rats.

Table 2. Body weight, body length and tibia length.

Group ^a		Body weight	Body length	Tibia length
		(g)	(cm)	(cm)
Low protein	A	115±23.1	34.5±2.48	3.36±0.13
	A'	178±15.2	33.4±1.17	3.39±0.06
Middle protein	B	214±10.4	35.8±0.79	3.57±0.08
	B'	215±25.0	35.7±1.71	3.57±1.71
High proteih	C	211±10.5	35.9±1.36	3.56±0.06
	C'	218±14.3	36.6±1.26	3.56±0.09

a: see the footnote of Table 1. b: Mean±S.D.

実験結果

1. 体重の変化を図1に示した。実験食飼育開始後2週目頃より低タンパク食群は他の2群に比べ徐々に体重増加に差を生じ始め、4週目(28日目)には有意に体重増加に差を示した。中タンパク食群と高タンパク食群とでは全飼育期間を通して差を認めなかった。運動群と非運動群では実験開始早々は運動群が非運動群に比しやや体重増加が多い傾向がみられたが、全期間を通して両群間に有意差はなかった。体長、胫骨長の計測結果を表2に示した。体長は各群間で有意差はないが、タンパク質レベルの高い順で長い傾向がみられた。胫骨長は低タンパク食群が中タンパク食群、高タンパク食群と比較して有意に短かかったが、

運動群と非運動群との間には有意な差は認められなかった。なお、これまで体長と胫骨長との間にはかなりの相関があることが報告されており¹⁾³⁾、本実験においても非運動群および運動群ともに1%の危険率でそれぞれ0.755, 0.719と高い相関がみられた。

2. 臓器および組織重量の測定値を表3に示した。

肝臓は低タンパク食群が他の2群に比べ小さい傾向にあり、低タンパク食・非運動群と高タンパク食・非運動群とで、また低タンパク食・運動群と高タンパク食・運動群とで、それぞれ有意な差が認められた。しかし体重比では3群の間に差はみられなかった。運動群と非運動群とで比較すると、有意差はないが中タンパク食群、高タンパク

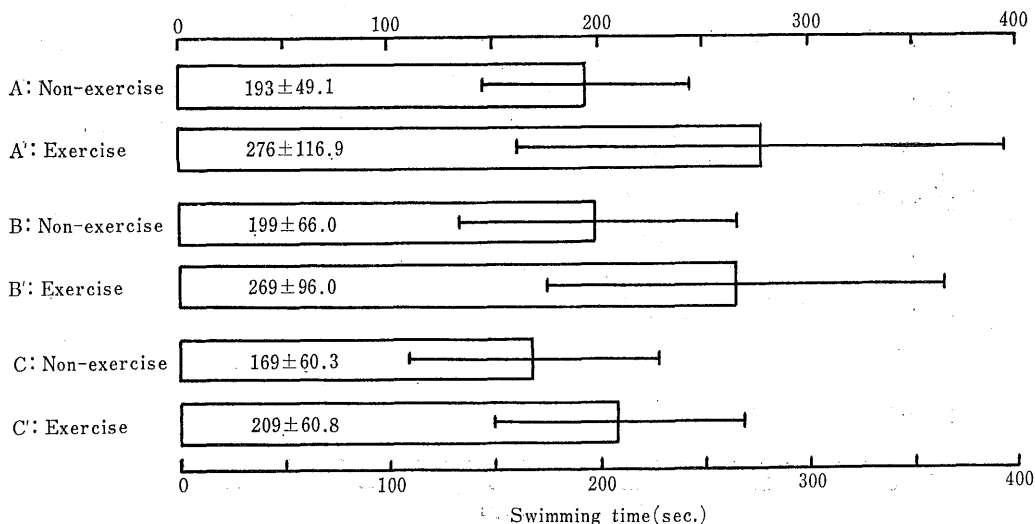


Fig. 2. Length of swimming time.

Table 4. Protein content in skeletal muscle and liver of rats (Mean \pm S.D.).

Group ^a	Skeletal muscle		Liver		
	(g)	(g/lg tissue)	(g)	(g/lg organ)	
Low protein	A	0.41 \pm 0.04	0.19 \pm 0.02	1.24 \pm 0.26	0.16 \pm 0.02
	A'	0.42 \pm 0.05	0.19 \pm 0.01	1.21 \pm 0.11	0.17 \pm 0.01
Middle protein	B	0.55 \pm 0.03	0.20 \pm 0.01	1.66 \pm 0.15	0.19 \pm 0.01
	B'	0.53 \pm 0.08	0.20 \pm 0.01	1.71 \pm 0.23	0.19 \pm 0.01
High protein	C	0.55 \pm 0.04	0.20 \pm 0.01	1.074 \pm 0.20	0.20 \pm 0.01
	C'	0.57 \pm 0.05	0.20 \pm 0.01	1.96 \pm 0.16	0.20 \pm 0.01

a: see the footnote of Table 1.

食群で運動群の方がやや重い傾向にあったが、低タンパク食群では逆であった。

心臓重量は低タンパク食群が他の2群に比し軽い傾向が、運動群が非運動群に比し重い傾向がみられ、体重比では低タンパク食群が他の2群よりわずかに重い傾向がみられたが、いずれも有意差はなかった。

脾臓および腎臓重量は測定値、体重比ともにタンパク質摂取量の多いほど重い傾向にあったが、有意差はなかった。

副腎重量は低タンパク食群で他群に比して軽く、運動群で非運動群に比して重い傾向がみられたが有意差はなかった。

腎周囲脂肪組織重量は低タンパク食群が有意差

をもって他群よりも重かった。体重比で示すとさらに顕著にその傾向がみられた。運動による有意な影響は認められなかった。

腓腹筋重量は低タンパク食群が他群に比べ有意に軽いことがみられた。運動群では低タンパク食群でわずかに重い様子にあったが、中タンパク食群、高タンパク食群では運動群と非運動群とでほとんど差は観察されなかった。

腓腹筋および肝臓中タンパク質量を表4に示した。腓腹筋は筋1gあたりでは有意差は認められなかったが、総量としては低タンパク食群が他群に比べ有意差をもって少なかった。肝臓では肝臓1gあたりおよび総量ともに低タンパク食群が有意差をもって他群より少なく、中タンパク食群、

Table 3. Weights of several organs, adipose tissue and skeletal muscle of rats (Mean \pm S.D.).

Group ^a	Low protein		Middle protein		High protein		
	A	A'	B	B'	C	C'	
Liver	(g)	7.40 \pm 0.77	7.15 \pm 0.77	7.98 \pm 1.46	9.02 \pm 1.17	8.67 \pm 0.75	9.60 \pm 0.92
	(%) ^b	4.28 \pm 0.49	4.03 \pm 0.36	4.01 \pm 0.23	4.21 \pm 0.52	4.10 \pm 0.24	4.40 \pm 0.19
Heart	(g)	0.75 \pm 0.08	0.77 \pm 0.08	0.85 \pm 0.06	0.90 \pm 0.09	0.83 \pm 0.06	0.89 \pm 0.09
	(%)	0.43 \pm 0.02	0.43 \pm 0.02	0.40 \pm 0.04	0.42 \pm 0.03	0.39 \pm 0.04	0.41 \pm 0.02
Spleen	(g)	0.41 \pm 0.03	0.44 \pm 0.08	0.55 \pm 0.05	0.62 \pm 0.05	0.62 \pm 0.06	0.68 \pm 0.12
	(%)	0.24 \pm 0.02	0.24 \pm 0.03	0.26 \pm 0.02	0.29 \pm 0.03	0.29 \pm 0.03	0.31 \pm 0.04
Kidney	(g)	1.26 \pm 0.19	1.16 \pm 0.13	1.54 \pm 0.16	1.59 \pm 0.21	1.82 \pm 0.07	1.94 \pm 0.24
	(%)	0.72 \pm 0.06	0.65 \pm 0.05	0.72 \pm 0.05	0.74 \pm 0.03	0.86 \pm 0.05	0.89 \pm 0.06
Adrenal	(mg)	42.0 \pm 9.87	44.4 \pm 1.14	69.4 \pm 8.88	79.4 \pm 16.8	72.4 \pm 8.05	75.8 \pm 13.7
Adipose tissue	(g)	1.78 \pm 0.80	1.69 \pm 0.72	1.01 \pm 0.24	13.2 \pm 0.31	1.29 \pm 0.31	1.22 \pm 0.24
	(%)	0.99 \pm 0.34	0.93 \pm 0.33	0.47 \pm 0.10	0.61 \pm 0.15	0.61 \pm 0.16	0.56 \pm 0.11
Gastrocnemius muscle	(g)	2.14 \pm 0.17	2.22 \pm 0.23	2.73 \pm 0.12	2.70 \pm 0.31	2.77 \pm 0.20	2.76 \pm 0.29
	(%)	1.19 \pm 0.05	1.25 \pm 0.05	1.28 \pm 0.06	1.26 \pm 0.07	1.31 \pm 0.09	1.27 \pm 0.06

a: see the footnote of Table 1. b: percentage to body weight.

高タンパク食群の順で多くなっていた。

3. 実験動物の6日間の平均遊泳持続時間を図2に示した。低タンパク食群, 中タンパク食群, 高タンパク食群ともに運動群の方が遊泳持続時間が長い傾向が観察され, 三群の間では低タンパク食群が他の2群に比べ長い傾向にあった。しかしこれらの間には有意差はなかった。

遊泳持続時間と最も関係の深い因子を探るために, 遊泳持続時間と他の測定値との相関を求めてみた。有意な相関が得られたのは, 心臓重量の体重比 ($r=0.360$, $P<0.05$) と遊泳持続時間測定時の体重 ($r=-0.413$, $P<0.02$) であった。

考 察

シロネズミの生活リズムはヒトと逆であるが, 鈴木¹⁷⁾らにより昼と夜に運動を別々にラットに負荷したところ, 両群の間にどのような差も見られなかったことが報告されているので, 本実験においては日中に運動訓練および持久力測定を行った。また本実験では実験食中カゼイン含量を低タンパク食群5%, 中タンパク食群20%, 高タンパク食群40%としたが, シロネズミに最大成長をもたらすのに必要なカゼインのレベルは20%であり, 肝臓, 腎臓, 脾臓, 心臓などのタンパク質の代謝回転は食餌タンパク質量の増加とともに速くなり, 25%以上ではほぼ一定になるという報告¹¹⁻¹²⁾からみて, 20%カゼイン食を標準, 40%カゼイン食を過剰と考えた。

本実験においてラットの体重増加は実験食飼育4週目より低タンパク食群が中タンパク食群および高タンパク食群に比べ, 有意に減少したが, 中タンパク食群と高タンパク食群の間ではほとんど差が認められなかった。これらのことは, 村松¹¹⁻²¹⁾ら, および高橋²⁰⁾らの報告と一致している。一般に, 運動群における体重増加は非運動群に比べ抑制されること⁹⁾¹⁸⁾, および運動を強いられた実験動物の食餌摂取量は減少することが広く報告されている⁹⁾¹⁰⁾。今回の実験で運動群の間に体重の有意差はなかったが, これは各群の食餌摂取量を同じとしたこと, また本実験の遊泳訓練が有意な体重差をもたらすに十分な強度でなかったことなどが原因として考えられる。

肝臓, 腎臓重量はタンパク質レベルの高いほど重い傾向が観察されたが, この点は既に報告されている結果²¹⁾と一致する。

秋葉²⁾は毎日5時間の過度な強制運動をラットに負荷したところ, 60日目頃より運動負荷による心臓重量の体重比が増加し, 0.54%から0.78%になったと報告しているが, 本実験においては有意差がみられなかった。これは運動負荷条件の相違によるものと思われる。

腎周囲脂肪組織重量は低タンパク食群が有意に他群より重かったが, この原因としては食餌組成からみて低タンパク食はすなわち高デンプン食であったことがあげられる。また低タンパク食群が他群に比べ遊泳持続時間が長い傾向がみられたが, 体脂肪量の多いことが遊泳運動にとって有利であったことが考えられる。運動時には脂肪酸の酸化が促進され脂肪組織重量が減少することが既に報告されているが¹³⁻¹⁴⁾, 低タンパク食群と高タンパク食群においてはわずかに運動群と非運動群との間にその傾向をみたが, 中タンパク食群では逆の結果であり, 運動による有意な影響はみられなかった。今回ラットに負荷した遊泳運動が脂肪組織重量の変動をひき起こすのに不十分であったことが考えられる。

本実験において, 非運動群に比べ運動群に遊泳持続時間が延長する傾向を観察し, 運動訓練の効果が三群ともに認められた。また各食餌群においては低タンパク食群に他群より長い遊泳持続時間が見られ, 合志の報告とほぼ一致する結果となった。各測定項目と遊泳持続時間との相関を検討した結果, 心臓重量の体重比との間に有意な正の相関がみられ, また遊泳持久力テスト時の体重との間に有意な負の相関があり, 体重の軽いほど持続時間が長いという結果が得られたが, これは体重に応じた錘りを負荷していることにも原因があると考えられる。低タンパク食群が他群に比べ遊泳持続時間が長い傾向がみられたが, これに結びつけられる結果としては, 体脂肪量の多かったこと, 体重が軽く錘りの負荷が軽かったこと, 心臓の体重比が他群よりやや大であったことがあげられる。

本実験の結果を総括的に判断すれば, 極端に劣

った項目の少ない中タンパク食が適当であることが推察される。Slonaker¹⁰⁾ および中川¹⁵⁾ もラットの成長, 健康度, 寿命などを考えて, それぞれ14%カゼイン食, 18%カゼイン食が適切であろうと提唱している。

本実験では測定項目として組織タンパク質定量を除いてはすべて形態的追求のみに終った。本実験の結果をさらに信頼性の高いものにするためには形態的变化の追求のみに終らず, 運動時のエネルギー代謝と関連して, 肝臓, 腓腹筋におけるグリコーゲンの動向, 肝臓, 脂肪組織における脂質代謝の動向をも併せて追求する必要がある, またタンパク質代謝を研究する時にはエネルギー源供給条件をも組み合わせて考えていく必要があると思われる。一方遊泳運動の場合に体重に応じた錘りを負荷することの是非も再検討しなければならないと思う。

要 約

30匹の雌ラットを低タンパク食群 (5%カゼイン), 中タンパク食群 (20%カゼイン), 高タンパク食群 (40%カゼイン) の3群に分け, これら各群をさらに非運動群と運動群に分けた。平均体重および遊泳能力は各群間でほとんど同じになるようにした。運動群には1日20分の遊泳運動を隔日に60日間負荷した。非運動群はその間安静状態においた。そして続く61日目より66日まで連続6日間1日1回の遊泳持久力テストを全群のラットに行った。なお, 遊泳運動訓練時および遊泳持久力テスト時に体重の8%に相当する錘りをラットに付けて遊泳させた。体重は66日間通して測定した。ラットは67日目に殺し, 体長, 胫骨長, 諸臓器, 腎周囲脂肪組織および腓腹筋重量を測定した。また肝臓および腓腹筋中タンパク質量も定量した。

実験食飼育開始後4週目より5%群が他群に比べ体重増加が有意に小さかった。運動群と非運動群では有意差はなかった。胫骨長は低タンパク食群が他群に比べ有意に短かかったが, 運動群と非運動群とでは有意な差はみられなかった。体長はタンパク質レベルの高い順で長い傾向がみられたが, 各群間で有意な差は認められなかった。体長

と胫骨長との相関係数は, 非運動群で0.755, 運動群0.719でありとも有意であった。

肝臓重量は低タンパク・非運動群と高タンパク・非運動群とで, また低タンパク・運動群と高タンパク・運動群とで, いずれも後者が有意に重かった。

心臓, 脾臓, 腎臓および副腎重量はタンパク質摂取量の多い程重い傾向にあったが, いずれも各群間に有意差をみなかった。

腓腹筋重量は低タンパク食群が他群に比べ有意に軽かったが, 腎周囲脂肪組織重量では逆に低タンパク食群が有意に重かった。運動による有意な差はいずれにおいてもみられなかった。

腓腹筋, 肝臓中タンパク質量はともに低タンパク食群が他群に比べ有意に低かった。

平均遊泳持続時間は各群ともに非運動群に比べ運動群に長い傾向がみられた。また低タンパク食群が他の2群に比べ長い傾向にあった。

測定項目と遊泳持続時間との相関では, 心臓重量の体重比との間で正の相関を, および遊泳持続時間測定時の体重との間で負の相関をいずれも有意に認めた。他の測定項目においては有意な相関はみられなかった。

参 考 文 献

- 1) Acheson, R. M.: *J. Nutr.*, **13**, 283 (1959).
- 2) 秋葉敏子: *体力科学*, **5** (5), 185 (1956).
- 3) Berg, B. N.: *J. Nutr.*, **71**, 242 (1960).
- 4) Crews III, E. L., Fuge, K. W., Oscai, L. B., Holloszy, J. O. and Shank, R. E.: *Am. J. Physiol.*, **216** (2), 359 (1969).
- 5) Christensen, D. A. and Crampton, E. W.: *J. Nutr.*, **86**, 369 (1965).
- 6) 合志慶一: *栄養と食糧*, **13** (6), 63 (1961).
- 7) Gould, M. K. and Rawlinson, W. A.: *Biochem. J.*, **73**, 41 (1959).
- 8) Gollnick, P. D., Struck, P. J. and Bogoy, T. P.: *J. Appl. Physiol.*, **22** (4), 623 (1967).
- 9) Jones, F. M., Mentoye, H. J., Johnson, P. B., Martin, S. M. J. M., Huss, W. D. V. and Cederquist, D.: *Am. J. Physiol.*, **207**, 460 (1964).
- 10) 小石秀夫, 吉岡利治, 辻幸治: *日本生理誌*, **28**, 395 (1966).
- 11) Muramatsu, K. and Ashida, K.: *Agr. Biol. chem.*, **26**, 25 (1962).
- 12) Muramatsu, K., Sato, T. and Ashida, K.: *J.*

- Nutr., **81**, 127 (1963).
- 13) Mólé, P. A. and Holloszy, J. O.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **134**, 789 (1970).
 - 14) Mólé, P. A., Oscari, L. B., and Holloszy, J. O.: J. Clin. Invest., **50**, 2323 (1971).
 - 15) 中川一郎: 栄養と食糧, **18** (6) 1 (1966).
 - 16) Parnas, J. K. and Wagner, R.: Biochem. Z., **125**, 253 (1921).
 - 17) Suzuki, S., Suzuki, H., Satowa, S., Oshima, S., Ohta, F., Kanke, Y., Matsuzaki, M., Tsuji, K. and Tezuka, T.: Ann. Rep. Nati. Inst. Nutr., **1**, 1 (1967).
 - 18) 鈴木正成, 小柳達男: 栄養と食糧, **21**, 55 (1968).
 - 19) Slonaker, J. R.: Am. J. Physiol., **96**, 547 (1931).
 - 20) 高橋徹三, 中川一郎, 小林克己, 大木フサ: 栄養と食糧, **19** (2), 14 (1966).
 - 21) 辻悦子, 鈴木慎次郎: 栄養と食糧, **27** (6), 19 (1974).
 - 22) 吉田章信: 体力測定, p. 132 (1955) 福村書店 (東京).
 - 23) Yoshimura, H.: Fed. proc., **20**, 103 (1961).