

# 運動訓練期における高血圧自然発症ラット(SHR)の血液性状ならびに窒素代謝におよぼす食餌蛋白質レベルの影響

谷 由美子

## Effect of Dietary Protein Levels on Nitrogen Metabolism and Components of Blood in SHR during the First Stage of Training

YUMIKO TANI

### 緒 言

一般にエネルギー摂取量が十分な場合、筋肉労作を負荷しても特に蛋白質の代謝亢進は認められないとの考え方がとられており、昭和54年改正の日本人栄養所要量においても、蛋白質については、労作強度別の付加量は示されていない。しかし筋肉労作の未熟練者の場合はストレスが大きく、交感神経緊張よりアドレナリンの分泌促進がおこり、脾臓の収縮より溶血因子のリゾレシチンが血中へ放出されて、赤血球膜の傷害および溶血性の亢進がおこるといわれている<sup>1)</sup>。また熟練するまでの間は、筋肉その他臓器の発達が促進されるため、蛋白質の要求量が増大し、血液蛋白質は組織の形成の方へ流用されるため、この時期に良質の蛋白質が十分摂取されないと、いわゆる労働性貧血が現われると考えられている。従って筋肉労作未熟練期における摂取蛋白質が生理機能におよぼす影響は大きいと考えられる<sup>2)-7)</sup>。そこで前報<sup>8)</sup>においてDonryu系ラットを蛋白質レベル20%および35%の二種類の飼料で飼育し、20分間水泳負荷した影響を検討した結果、血液性状より運動負荷3週までは、蛋白質35%程度の高蛋白質レベルが望ましいことを報告したが、今回は、SHRを用いて水泳負荷時間を40分に延長し、筋肉労作未熟練期間中の蛋白質代謝と食餌蛋白質レベルの関係を確認すると共に、実験動物種の相違による影響並びに運動負荷が血圧におよぼす影響もしらべるため本研究を行なった。

### 実 験 方 法

#### 1) 実験動物および飼育方法

表1 飼料組成 (%)

組成	区分	蛋白質 15% 投与群	蛋白質 35% 投与群
コーンスターチ		70	50
カゼイン		15	35
大豆油		8	8
セルロース		2	2
ミネラル混合 (ハーバー配合)		4	4
ビタミン配合 (オリエンタル配合)		1	1

生後7週のSHRの雄(体重120~150g)24頭を生後8週まで標準固形飼料で予備飼育し、生後9週より表1に示すような合成飼料を投与した。即ち、蛋白質15%投与群と蛋白質35%投与群の2種類にわけ、各々非運動区と運動区の4区とし、

各区6頭で生後27週まで飼育した。運動は生後10週より、毎日午前と午後に水泳を20分間ずつ計40分、前報と同様に負荷した。運動負荷2日目、1、2、4、8、12、17週経過時に尾部採血し、ヘモグロビン量(Hb)、ヘマトクリット値(Ht)、および血清蛋白質(Tp)の定量を行った。また代謝ケージに入れて48時間蓄尿し、1日の尿中総窒素排泄量および尿中クレアチニン排泄量を測定した。運動負荷17週経過時(生後27週)に解剖し、肝グリコーゲンと筋肉グリコーゲンを測定した。飼育期間中、体重は週2回測定した。飼料投与量は生後9週より1日20g/頭、14週(運動負荷4週)より飼育終了の生後27週まで1日18g/頭であった。

## 2) 採尿方法

ラットを1頭ずつ3日間代謝ケージに入れ、2日目から氷酢酸3mlの入った三角フラスコを受器として48時間蓄尿した。飼料は1日分ずつシャーレに入れて与え、残存量を秤量して実際の飼料摂取量を求めた。三角フラスコに集まった尿を30%NaOHでpH4.8~5.0に調節した後、尿量を測定し実験に供した。

## 3) 尾部採血の方法

ラットをエチルエーテルで軽く麻酔をかけ、ピーカーをかぶせて尾部のみ外に出し、70%アルコールで消毒して尾の先端をハサミで切った。切り口からゼーリ用ピペットとヘマトクリット用毛細管で採血し、Hb量とHt値の測定に供した。採血後切り口の近くをたこ糸でしばり、電気ごてで止血した。

## 4) 定量法

総窒素はマイクロケルダール法、クレアチニンはヤッフエ反応による比色法で測定した。Hb量はシアンメトヘモグロビン法、Ht値は毛細管法、Tpはアタゴ血清蛋白屈折計を用いて測定した。グリコーゲンは筋肉(大腿部)又は肝組織50mg前後を精秤し、Russellらの方法<sup>11)</sup>で定量した。血圧は生後9、10、13、17、21、26、27週の午後水泳前にNARCO非観血式血圧測定装置を用いて尾部の血圧を測定した。

## 実験結果

飼育期間中の生育曲線を図1に示した。体重増加は各区ともほぼ順調で、運動負荷1週(生後11週)以後、非運動群より運動群の方が体重増加率は低下した。非運動群では、運動負荷10週(生後20週)までは、蛋白質35%区の方が15%区より体重増加率がやや大きい傾向がみられた。運動群では、運動負荷5週(生後15週)までは、蛋白質35%区の方が15%区より体重増加率が大きかったが、運動負荷6週(生後16週)以降は蛋白質15%区の方が35%区より高値を示した。生後27週の解剖時においては、いずれの蛋白質レベルにおいても危険率1%で運動区の方が有意に小さく、運動群では蛋白質15%区の方が35%区より大きい傾向がみられた。なお各区の1日1頭当りの飼料摂取量は表2に示すとおりで、各区间に有意差はなかった。

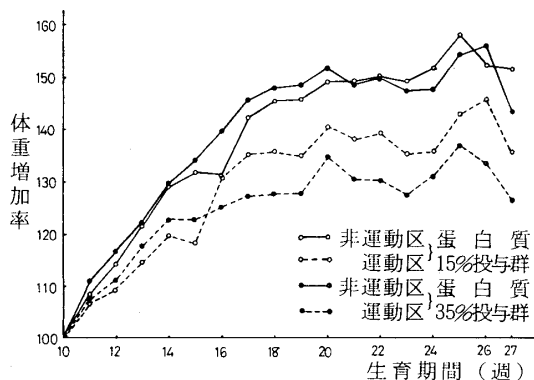


図1 生育曲線

した。生後27週の解剖時においては、いずれの蛋白質レベルにおいても危険率1%で運動区の方が有意に小さく、運動群では蛋白質15%区の方が35%区より大きい傾向がみられた。なお各区の1日1頭当りの飼料摂取量は表2に示すとおりで、各区间に有意差はなかった。

飼育期間中のHb量の変動を図2に示したが、運動負荷による影響は、蛋白質15%投与群、35%投与群とも運動負荷1週および2週(生後11週および12週)に運動群が低下し、特に蛋白質15%投与群では有意に( $p < 0.05$ )運動

表2 1日1頭当りの飼料摂取量

投与量(日/頭)	区分	18 g							M ± SD
		12週	14週	15週	16週	21週	22週	24週	
蛋白質15%投与群	非運動区	14.1	14.6	17.3	18.0	15.5	15.0	18.0	16.1 ± 1.7
	運動区	11.0	15.4	15.3	17.9	16.1	15.2	18.0	15.6 ± 2.3
蛋白質35%投与群	非運動区	14.8	16.7	17.5	17.3	14.7	16.0	18.0	16.4 ± 1.3
	運動区	13.2	17.1	17.6	18.0	17.1	16.9	18.0	16.8 ± 1.7

区が低下し、その後運動負荷8週(生後18週)で運動区が高値となった。蛋白質35%投与群においては、蛋白質15%投与群より早期の、運動

負荷4週(生後14週)で運動区が高値となった。蛋白質レベルの影響は、非運動群では生後18週以降蛋白質35%区の方が高い傾向がみられ、運動群では、生後18週は蛋白質15%区の方が高値を示したが、ほぼ飼育期間を通して蛋白質35%区の方が高い傾向を示した。

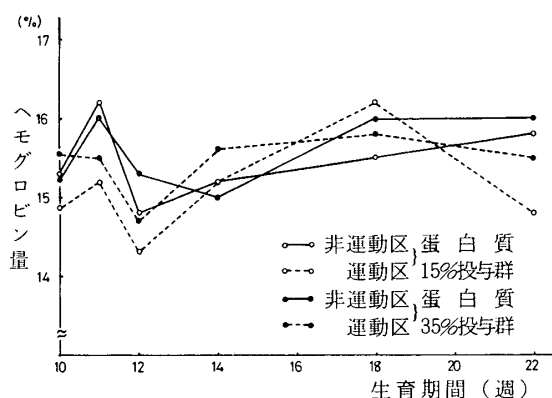


図2 ヘモグロビン量の変動

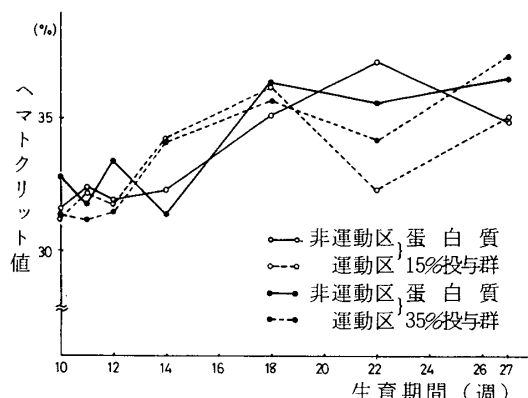


図3 ヘマトクリット値の変動

Ht値の変動は図3に示したが、運動負荷による影響はいずれの蛋白質レベルにおいても、運動負荷2週(生後12週)までは運動区の方が低い傾向を示し、運動負荷4週(生後14週)でいずれも運動区が高値となり、特に蛋白質35%投与群では有意に( $p < 0.05$ )高かった。その後運動負荷12週(生後22週)で運動区は低値を示し、特に蛋白質15%投与群では有意に( $p < 0.01$ )低かった。運動負荷17週(生後27週)の解剖時において蛋白質15%投与群では運動区、非運動区にほとんど差がなく、蛋白質35%投与群では運動区の方が高い傾向を示した。蛋白質レベルの影響は、非運動群ではほとんど認められないが、運動群では生後22週(運動負荷12週)以降蛋白質35%区の方が高い傾向を示した。

血清蛋白質の変動を図4に示したが、運動負荷による影響は、蛋白質15%投与群では、運動負荷4週および8週(生後14週および18週)において運動区の方が高い傾向がみられ、その後運動区と非運動区の差はほとんどなかった。蛋白質35%投与群では、運動負荷2週および4週(生後12週および14週)において運動区の方が高い傾向を示したが、その後運

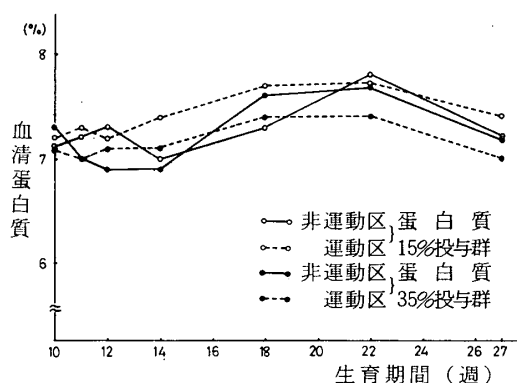


図4 血清蛋白質の変動

動区の方が低い傾向がみられた。蛋白質レベルの影響は、非運動群において顕著でないが、運動群では蛋白質15%区の方が35%区より高い傾向を示した。

飼育期間中の血圧の変動を図5に示した。蛋白質15%投与群では、運動負荷3週（生後13週）までは運動区の方が非運動区より血圧が低く、その後運動負荷7週および11週（生後17週および21週）では逆に運動区の方が高く、以後再び低下して運動負荷の影響は顕著にみられなかった。蛋白質35%投与群では、運動負荷7週および11週（生後17週および21週）においてわずかに運動区の方が非運動区より高かったが、その他の期間においては運動区の方が低い傾向がみられた。非運動群では、およそ蛋白質35%区の方が15%区より高い傾向がみられ、特に生後13週および21週において有意差 ( $p < 0.05$ ) を認めた。運動群では蛋白質レベルの影響はほとんど認められなかった。

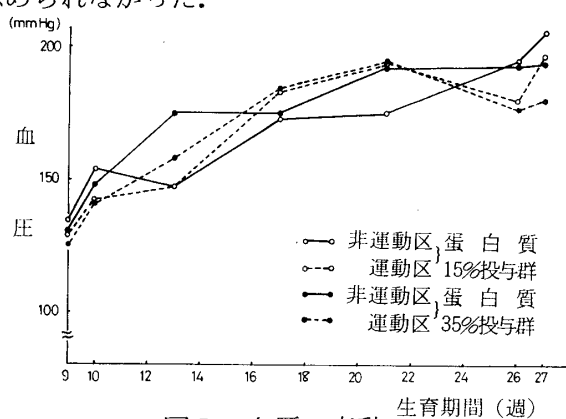


図5 血圧の変動

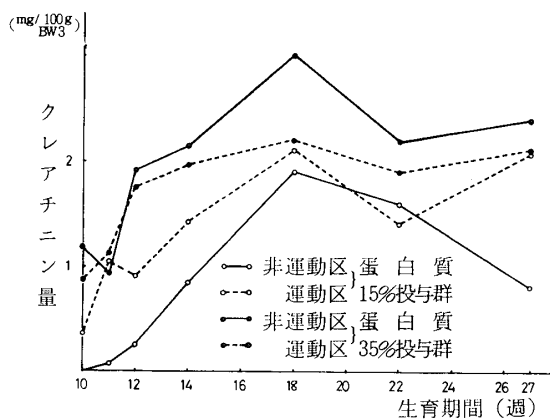


図6 1日の尿中クレアチニン排泄量

1日の尿中クレアチニン排泄量は図6に示したが、蛋白質15%投与群は生後18週まで、35%投与群は生後12週まで著しく増加し、蛋白質15%投与非運動区のみ生後18週以降減少した。運動負荷による影響は、蛋白質15%投与群では運動負荷12週（生後22週）で運動区がやや低い、その他の期間は運動区が高く、特に運動負荷1, 2, 17週（生後11, 12, 27週）に有意差 ( $p < 0.01$ ) を認めた。蛋白質35%投与群では、運動負荷2週（生後12週）以降非運動区の方が高い傾向を示した。蛋白質レベルの影響は運動群、非運動群とも蛋白質35%区の方が高く、非運動群においては生後11, 18, 27週は危険率1%で、生後12, 14週は危険率5%で有意差を認め運動群においては、運動負荷2週および12週（生後12週および22週）は危険率1%で、運動負荷4週（生後14週）は危険率5%で有意差を認めた。

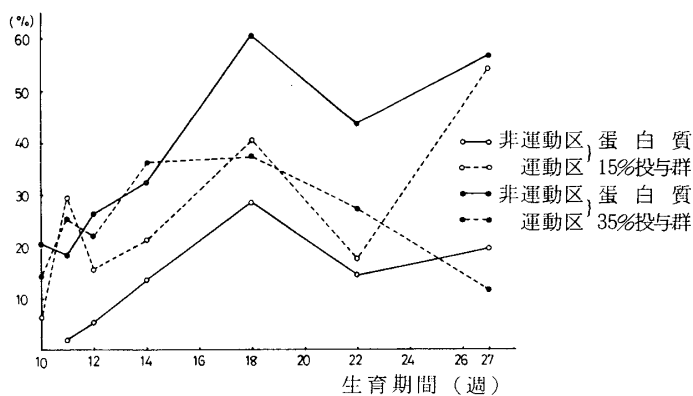


図7 摂取窒素に対する尿中窒素の割合

1日摂取窒素量に対する1日尿中総窒素排泄量の割合を図7に示した。運動負荷8週（生後18週）までは、各区とも増加傾向がみられるが、その後蛋白質35%投与運動区は減少した。蛋白質15%投与群においては、飼育期間を通じて運動区の方が非運動区よりも高値を示し、生後11, 18, 27週で危険率5%において有意差が認められた。蛋白質35%投与群では、運動負荷8週（生後18週）以降非運

動区が運動区よりも著しく高値を示し、危険率1%において有意差が認められた。また蛋白質レベルの影響については、非運動群において飼育期間を通して、蛋白質35%区が15%区より高く、生後18週以降は危険率1%で有意差を認めた。運動群においては運動負荷12週（生後22週）までは、蛋白質15%区と35%区間に有意差を認めないが、運動負荷17週（生後27週）において蛋白質15%区が有意に ( $p < 0.01$ ) 高値を示した。

肝臓および筋肉グリコーゲン量を表3に示したが、肝臓グリコーゲンはいずれの蛋白質レベルにおいても運動区が多く、蛋白質15%投与群は5%の危険率で、35%投与群は1%の危険率で有意差を認めた。また非運動群、運動群とも蛋白質15%区の方が多い傾向を示した。筋肉グリコーゲンは、蛋白質15%投与群では、運動区の方が非運動区に比して有意に ( $p < 0.01$ ) 多いが、蛋白質35%投与群においては非運動区、運動区間に差が認められなかった。また運動群において、蛋白質15%区の方が35%区より有意に ( $p < 0.01$ ) 多かった。

表3 肝臓および筋肉グリコーゲン量

区 分		肝臓グリコーゲン	筋肉グリコーゲン
蛋白質15% 投与群	非運動区	1.4 ± 0.9 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.3 <sup>b</sup>
	運動区	6.0 ± 3.1 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.2 <sup>b, b'</sup>
蛋白質35% 投与群	非運動区	0.8 ± 0.3 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.1
	運動区	3.2 ± 0.6 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>b'</sup>

a:  $p < 0.05$     b, b':  $p < 0.01$  (M ± SD%)

## 考 察

8) 前報において1日20分間水泳負荷した場合、ラットの血液性状より運動未熟練期と考えられる運動負荷3週までは、蛋白質35%程度の高蛋白質レベルが望ましいと考察したが、本研究においては運動負荷の影響をさらに明らかにするために、水泳時間を1日40分に延長し、蛋白質レベルを最近の日本人の普通食のレベルに近い15%と高蛋白食の35%にし、実験動物は特殊な高血圧自然発症ラットを用いて、運動負荷と血圧の関係も合わせて検討した。

体重増加率は各区とも順調であったことより、エネルギー摂取量は十分であったと考えられる。各区の1日1頭当りの飼料摂取量は表2に示すとおり、各区間の有意差は認められなかったが、運動負荷1週（生後11週）以降いずれの蛋白質レベルにおいても前回と同様に、運動区の方が非運動区より体重増加率は小さかった。生後27週の解剖時の体脂肪量（腹腔内脂肪を秤量）は、蛋白質15%投与非運動区8.6g、運動区7.4g、蛋白質35%投与非運動区10.0g、運動区5.3gで運動負荷による体脂肪量の減少が体重増加率に影響したものである。また運動群において運動負荷6週（生後16週）以降、蛋白質15%区の方が35%区より体重増加率が大きい傾向は、前回も同様に運動負荷10週以降にみられ、これは蛋白質の特異動的作用の影響と、飼料組成において、蛋白質レベルの低い方が糖質レベルが高くなるため、解剖時の体脂肪量より明らかのように蛋白質15%区の方が体脂肪蓄積がocこりやすいからだと思われる。

今回は特にSHRを用いて血圧に対する運動の影響を調べるため、運動負荷期間中経時的に血圧測定を行なった。その結果いずれの蛋白質レベルにおいても運動負荷による明確な効果は認められなかった。鈴木もSHRを用いた実験で、自由運動負荷の場合、運動量と血圧は有意の負の相関性があることを認めているが、強制運動は血圧を上昇させる場合もあると述べている。従って本研究の場合運動負荷の方法に問題があったと思われる。

Hb量はいずれの蛋白質レベルにおいても、運動負荷1, 2週（生後11, 12週）に運動区が低

下し、蛋白質15%投与群は運動負荷8週（生後18週）で、蛋白質35%投与群は運動負荷4週（生後14週）で運動区の方が高値を示した。前回は蛋白質20%投与群、35%投与群各々運動負荷3週および2週で運動区の方がHb量は高値となった。Ht値はHb量と同様にいずれの蛋白質レベルにおいても運動負荷4週（生後14週）に運動区の方が高値を示した。血清蛋白質は蛋白質15%投与群は運動負荷4週（生後14週）で、蛋白質35%投与群は運動負荷2週（生後12週）でいずれも運動区が高い傾向がみられたが有意差は認められなかった。また運動群では蛋白質15%区の方が35%区より高い傾向を示したが、これは生体の恒常性維持能力によって食餌蛋白質レベルおよび運動負荷の影響が顕著に表われなかったものと考えられる。前回はHt値、血清蛋白質のいずれも運動負荷2週で運動群の方が高い傾向を認めている。Hb量、Ht値および血清蛋白質が、前回は本研究より早期に運動負荷による減少の回復がみられたのは、実験動物の相違と、前回の運動負荷が1日水泳20分と少なかったため、短期間で運動に熟練したものと思われる。芦田<sup>5)</sup>はラットにトレッドミル運動を1日2時間負荷した場合、蛋白質8%および16%投与区において、運動負荷7日および10日目に赤血球数とHb量の減少を認めており、吉村<sup>7)</sup>らも蛋白質レベル24.3%で飼育したラットに強制走行運動を負荷して、運動開始2日目より赤血球数、Hb量の低下を認めている。運動負荷は赤血球の破壊を亢進し、血液蛋白質は筋肉蛋白質の肥大、特にミオグロビンの増加および特定臓器への蛋白質蓄積の増大に作用するといわれているが、<sup>2) 5) 13)</sup>運動群において、運動負荷4週までの運動負荷初期に、蛋白質35%区の方が15%区より高いHb量を保持していることは、運動初期における高蛋白質摂取が、ある程度Hb量の減少を抑制するものと考えられる。

尿中クレアチニン排泄量は一般に筋肉量に比例して、食餌成分の影響は少ないといわれているが、前回と同様に非運動群、運動群とも蛋白質35%区の方が15%区より多かった。クレアチニン排泄量は原形質の蛋白質代謝の尺度となる<sup>14)</sup>といわれており、本研究において蛋白質15%投与群はおおよそ運動区の方が高い傾向がみられるのに対して、蛋白質35%投与群は運動区の方が低い傾向を示し、蛋白質15%投与群では運動区の方が蛋白質の異化および筋肉のクレアチンリン酸の分解の亢進が非運動区に比して著しいと考えられる。尿中クレアチニン排泄量に対する運動負荷の影響は、山地<sup>15) 16)</sup>らは労働による変化はほとんどないと報告しており、杉本<sup>17)</sup>、小郷<sup>18) 19)</sup>らは運動後の増加を認めている。また運動群において蛋白質15%区は運動負荷8週（生後18週）まで増加しているのに対して、蛋白質35%区は運動負荷2週（生後12週）まで急増していることより、蛋白質35%の高蛋白質レベルの方が短期間で運動に対して体勢が整うものと考えられる。蛋白質15%投与非運動区において生後10、11、12週のクレアチニン排泄量が低値であるのは1日尿量が少なかったためと考えられるが、生後27週の顕著な減少は原因が不明である。

筋労作によって必然的に体蛋白質の異化作用が亢進することは一般に認められているが、<sup>4) 15) 20)</sup>山地<sup>13)</sup>は体蛋白質の異化作用が亢進すれば、これが刺激となって同化作用も亢進するため、1日の尿中総窒素排泄量は労働によって増加しないと述べている。本研究では1日の窒素摂取量に対する尿中総窒素排泄量の割合は、蛋白質15%投与群は飼育期間中、運動区が高く、蛋白質35%投与群は運動負荷8週（生後18週）以降顕著に運動区が低下した。いずれの蛋白質レベルにおいても、運動負荷1週（生後11週）に運動区にピークが認められたのは、体蛋白質の異化亢進の影響と考えられる。特に蛋白質15%区の方に顕著にみられた。蛋白質35%投与運動区が運動負荷8週（生後18週）以降減少しているのは、筋肉発達による体蛋白質の蓄積が亢進しているものと考えられる。Marable<sup>21)</sup>らも筋肉の発達している運動期間中は尿中窒素排泄量は有意に減少すると述べている。運動負荷17週（生後27週）においては、蛋白質15%投与群では運動区の方

が、蛋白質35%投与群では非運動区の方が危険率1%で有意に高かった。

本研究において肝臓グリコーゲン量はYashiro,<sup>22)</sup> Albert,<sup>23)</sup> らと同様いずれの蛋白質レベルにおいても運動区が有意に増加した。また非運動群、運動群とも蛋白質15%区の方が35%区より多かったのは、飼料組成において、蛋白質レベルの低い方が糖質が多くなるため、肝グリコーゲンの蓄積が促進されたものと考えた。筋肉グリコーゲン量については、筋運動持続能力の重要な決定因子であるという意見と、<sup>25) 26)</sup> 両者の関連は直接的な、簡単なものではなくて、かなり複雑なものであろうという意見がある。<sup>27) 28)</sup> Yashiro<sup>22)</sup> らは筋肉グリコーゲンは蛋白質レベルおよび運動負荷の影響はみられないと述べているが、本研究における筋肉グリコーゲン量は、蛋白質15%投与群では運動負荷によって有意に ( $p < 0.01$ ) 増加し、運動群については、危険率1%で蛋白質15%区の方が35%区より有意に高値を示した。

以上Hb量の多いことは訓練が完成した1つの証拠ともいわれ、<sup>2)</sup> また熟練した一流選手では赤血球数やHb量が正常値より高いという報告<sup>6)</sup> もあり、血液性状より推察して本研究においては、運動負荷4週(生後14週)で運動に熟練したものと考えられる。従って運動負荷4週までは高蛋白質レベルが必要である。一方窒素代謝より検討すると、蛋白質15%投与群では飼育期間中、運動区の尿中総窒素排泄量が増加したことより、1日40分水泳負荷では運動熟練後も蛋白質レベル15%以上が必要と考えられる。しかし肝臓および筋肉グリコーゲンは運動群において、蛋白質15%区の方が35%区より多いため、血液性状とグリコーゲン量の両面より検討して最良の食餌組成を検索する必要がある。

## 要 約

生後7週の雄SHRを蛋白質15%と35%の2種類の蛋白質レベルで、各々運動区、非運動区にわけ生後27週まで飼育した。運動は1日40分水泳を生後10週より27週まで負荷し、運動訓練期における血液性状、窒素代謝の変動ならびにグリコーゲンの蓄積などより、運動と栄養の関連を検索し、あわせて運動が血圧におよぼす影響も検討した。

- 1) 体重増加率は各区とも順調で、いずれの蛋白質レベルにおいても運動負荷1週(生後11週)以降、運動区の体重増加率は低下した。運動群において、運動負荷5週(生後15週)までは蛋白質35%区の方が15%区より体重増加率は大きかったが、運動負荷6週(生後16週)以降は蛋白質15%区の方が大きくなった。
- 2) 血圧は、いずれの蛋白質レベルにおいても運動負荷による明確な効果は認められなかった。
- 3) Hb量はいずれの蛋白質レベルにおいても、運動負荷1、2週(生後11、12週)で運動区が低下し、特に蛋白質15%投与運動区は有意に ( $p < 0.05$ ) 低下し、その後蛋白質15%投与群は運動負荷8週(生後18週)で、蛋白質35%投与群は運動負荷4週(生後14週)で運動区の方が高くなった。また非運動区では生後18週以降、運動群は運動初期である運動負荷4週(生後14週)までは蛋白質35%区の方が高値を示した。
- 4) Ht値もHb値と同様に、いずれの蛋白質レベルにおいても運動初期の運動負荷2週(生後12週)までは、運動区の方が低くなり、運動負荷4週(生後14週)で運動区の上昇がみられた。また運動群では運動負荷12週(生後22週)以降、蛋白質35%区の方が15%区より高い傾向がみられた。
- 5) 血清蛋白質は、運動負荷および蛋白質レベルの影響は顕著には認められないが、蛋白質15%投与群は運動負荷4週(生後14週)で、蛋白質35%投与群は運動負荷2週(生後12週)でいずれも運動区の方が高い傾向になった。
- 6) 尿中クレアチニン排泄量は、蛋白質15%投与群は飼育期間を通じて運動区の方が非運動区

より多く、蛋白質35%投与群は運動負荷2週（生後12週）以降、運動区の方が非運動区より少なかった。また蛋白質15%投与非運動区、運動区および蛋白質35%投与非運動区は生後18週まで、蛋白質35%投与運動区は生後12週まで明らかに増加傾向がみられた。

7) 1日窒素摂取量に対する尿中総窒素排泄量の比率において、飼育期間を通じて蛋白質15%投与運動区は非運動区より高値を示し、特に運動負荷1, 8, 17週（生後11, 18, 27週）に有意差 ( $p < 0.05$ ) を認めた。蛋白質35%投与群は、運動負荷8週（生後18週）以降運動区は非運動区より有意に ( $p < 0.01$ ) 低値を示し、蛋白質35%投与運動区は明らかに減少傾向を示した。

8) 肝グリコーゲン量は蛋白質15%投与群が35%投与群より多く、いずれも運動負荷で増加した。筋肉グリコーゲン量は、蛋白質15%投与群は運動負荷で増加したが、35%投与群は運動による影響はほとんどみられなかった。また運動群では蛋白質15%区の方が35%区より多かった。

本研究を遂行するにあたりご助言いただきました本学の青木みか教授ならびにご協力いただきました辻原命子助手に深謝致します。

## 文 献

- 1) 白木啓三：日本生理学雑誌, 30, 1 (1960)
- 2) 山地廉平：日本生理学雑誌, 13, 483 (1951)
- 3) 吉村寿人：栄養と食糧, 7, 199 (1954)
- 4) 吉村寿人他：生化学, 29, 143 (1957)
- 5) 芦田輝子：栄養と食糧, 25, 380 (1972)
- 6) 吉村寿人他：栄養と食糧, 14, 224 (1961)
- 7) 吉村寿人他：栄養と食糧, 14, 230 (1961)
- 8) 谷由美子：名古屋女子大学紀要, 27, 129 (1981)
- 9) 石川清一他：栄養化学実験書, p88, 光生館 (1970)
- 10) 金井泉他：臨床検査法提要, pVI-14, 金原出版 (1978)
- 11) Lo, S. Russell, J. C. et al. : J. Appl. physiol. , 28, 234 (1970)
- 12) 鈴木慎次郎：からだの科学, 89, 127 (1979)
- 13) 山地廉平：日本生理学雑誌, 13, 476 (1951)
- 14) 井上五郎：日本生理学雑誌, 16, 326 (1954)
- 15) 山地廉平：日本生理学雑誌, 13, 491 (1951)
- 16) 辻悦子：栄養学雑誌, 27, 267 (1969)
- 17) 杉本精二他：医学と生物学, 18, 53 (1951)
- 18) 小郷克敏他：熊本大学体質医学研究所報告, 29, 149 (1978)
- 19) 小郷克敏：熊本大学体質医学研究所報告, 29, 171 (1978)
- 20) 鈴木健他：原子力平和利用研究成果報告書, 16, 212 (1977)
- 21) Marable, N. L. et al. : Nutr. Rep. Int. , 19, 795 (1979)
- 22) Masanori Yashiro et al. : J. Nutr. Sci. Vitaminol. , 25, 213 (1979)
- 23) Albert W. Taylor et al. : J. Nutr. , 104, 218 (1974)
- 24) 屋代正範：脂質研究, 22, 211 (1980)
- 25) Jonas Bergström et al. : Acta. Physiol. Scand. , 71, 140 (1967)
- 26) Rennie, M. J. et al. : J. Appl. Physiol. , 37, 821 (1974)
- 27) 堤達也他：体力研究, 38, 13 (1978)
- 28) Costill, D. L. et al. : J. Appl. Physiol. , 31, 353 (1971)