

運動訓練期における白ネズミ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 Rats during the First Stage of Training

YUMIKO TANI

緒 言

労働熟練者の場合、筋労作負荷時における蛋白質要求量の増大はほとんどないと考えられている。従って栄養所要量において、蛋白質については、労働によるエネルギー増加が要求される場合、その増加エネルギーの約10%を蛋白質エネルギーで供給することが望ましいと記載されており、特に労作強度別付加量は規定していない。しかし未熟練者の場合、訓練期間中は、筋肉その他臓器の発育が促進されるため、蛋白質要求量が増大し、この時期に蛋白質の摂取が十分でないと、血液蛋白質は組織の形成の方へ流用されて、労働性貧血が現われると考えられている^{1)~6)}。しかし訓練期間中の蛋白質の増加は必要ないという報告もあり⁷⁾、摂取蛋白質の量および質が影響すると考えられる。そこで著者は白ネズミに水泳負荷し、食餌蛋白質レベルと運動訓練期間中の蛋白質の代謝の関係を明らかにし、運動未熟練者に対する蛋白質付加量の適量を検索するため本研究を行った。

実 験 方 法

1) 実験動物および飼育方法

生後9週齢の Donryu 系、雄白ネズミを蛋白質20%投与群と35%投与群の2種類に分け、各々非運動群(20-NE, 35-NE)と運動群(20-E, 35-E)の計4群とし、各群6頭で13週間(生後22週齢)飼育した。合成飼料の組成は表1に示すとおりで、1日20g/頭(但し生後11週齢は25g/頭/日)投与し、運動は生後10週齢より水泳を負荷したが、方法は毎日午後9時容ポリエチレン製容器に水道水(水温22±4℃)を入れ、6頭同時に正確に20分間水泳させた。蛋白質のエネルギー比は、蛋白質20%区が19%、蛋白質35%区が34%に相当した。運動負荷2日目、1, 2, 4, 8, 12週経過時に尾部採血を行い、ヘモグロビン量(Hb)、ヘマトクリット値(Ht)、血清蛋白質を測定し、さらに代謝ケージを用いて24時間尿を採取し、尿中クレア

表1 合成飼料の組成 (%)

| 飼 料 組 成 | 蛋白質20%区 | 蛋白質35%区 |
|---------------------|---------|---------|
| コ ー ン ス タ ー チ | 65 | 50 |
| カ ゼ イ ン | 20 | 35 |
| 大 豆 油 | 8 | 8 |
| セ ル ロ ー ス | 2 | 2 |
| ビ タ ミ ン 混 合 * | 1 | 1 |
| ビ タ ミ ン A (IU/100g) | 600 | 600 |
| ビ タ ミ ン D (IU/100g) | 60 | 60 |
| 塩 混 合 * | 4 | 4 |
| 塩 化 コ リ ン | 0.15 | 0.15 |

*ハーバー配合

チニン量，尿中総窒素量の測定を行った。飼育期間中は週2回体重測定を行い，生育状況を観察した。

2) 定量方法

Hb はシアンメトヘモグロビン法⁸⁾，Ht は毛細管法⁹⁾，血清蛋白質はアタゴ血清蛋白屈折計を用いて測定した。尿中クレアチニン量はピクリン酸による比色法¹⁰⁾により，体重100 g当たりの1日排泄量で示した。尿中総窒素はマイクロケルダール法で測定した。

実験結果

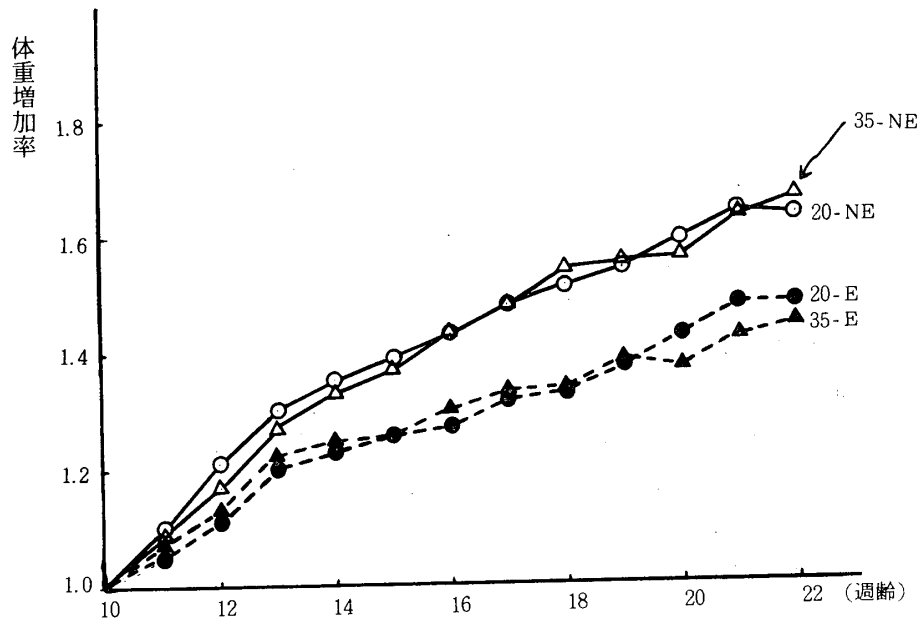


図1 生育曲線

体重増加率は図1に示す通り，各群とも順調に増加しており，エネルギー摂取量は十分であったと考えられる。いずれの蛋白質レベルにおいても，運動負荷1週間後より運動群の体重増加率が低く，非運動群においては，食餌蛋白レベルの差はほとんど認められないが，運動群では運動負荷10週以降（生後20週齢），蛋白質20%区の方が35%区より体重増加率が增大した。

Hbの測定結果は図2に示す通り，試験食投与後，非運動群では1週（生後10週齢）以降，運動群では3週以降（生後12週齢）ほぼ蛋白質35%区の方が20%区より高値を示した。

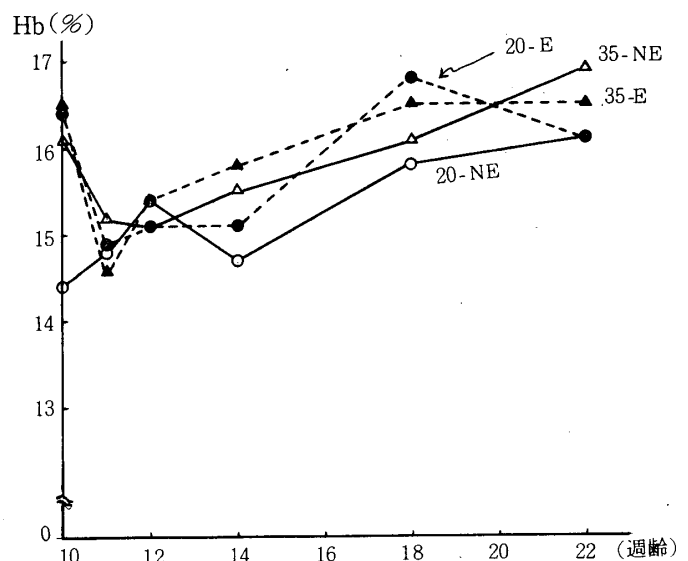


図2 ヘモグロビン量

運動による影響は、蛋白質20%区では運動負荷3週（生後13週齢）以降、35%区では運動負荷2週（生後12週齢）以降、運動群の方が高値を示した。

Htの測定結果は図3に示す通り、食餌蛋白レベルの影響は、非運動群、運動群とも試験食投与後2週（生後11週齢）以降、蛋白質35%区の方が20%区より高値を示した。また運動による影響は、蛋白質20%区では運動負荷直後より、35%区では運動負荷2週以降、いずれも運動群の方が高値を示した。

血清蛋白質については図4に示す通り、非運動群は試験食投与後3週（生後12週齢）以降、蛋白質35%区の方が20%区より高値を示し、運動群においても同様に、試験食投与後3週以降蛋白質35%区の方が20%区より高い傾向がみられたが、運動負荷12週（生後22週齢）では蛋白質20%区の方が高くなった。また運動負荷によって、蛋白質20%、35%区とも運動負荷2週（生後12週齢）以降運動群が高値を示し、運動負荷4週経過時に運動群が非運動群より低値を示したが有意差は認められなかった。

体重100g当たりの1日尿中クレアチニン排泄量は非運動群、運動群とも試験食投与1週（生後10週齢）以降蛋白質35%区の方が20%区より高値を示し、運動負荷によって蛋白質20%区は運動負荷2日目および1週経過時に、有意に（各々 $P < 0.005$, $P < 0.05$ ）運動群が高値を示した。蛋白質35%区は運動負荷2日目に運動群がわずかに高値を示したが、1週後に有意に（ $P < 0.005$ ）減少した。（図5）

1日尿中総窒素排泄量は図6に示す通り、非運動群、運動群とも試験食投与1週（生後10週齢）以降より蛋白質35%区の方が20%区より多かった。運動負荷の影響については、蛋白質20%区では運動群の方が、運動負荷2日目および1週後に各々1%と2%の危険率で有意に高値を示し、2週後に5%の危険率で有意に低値を示したが、その後は運動群、非運動群の間に有意差を認めなかった。蛋白質35%区では運動負荷2日目に運動群がわずかに増加したが、運動負荷1週後に運動群の方が有意に（ $P < 0.05$ ）減少

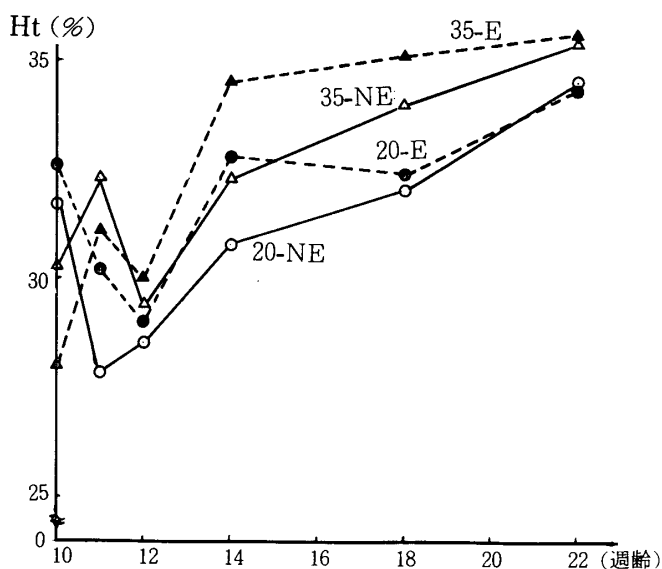


図3 ヘマトクリット値

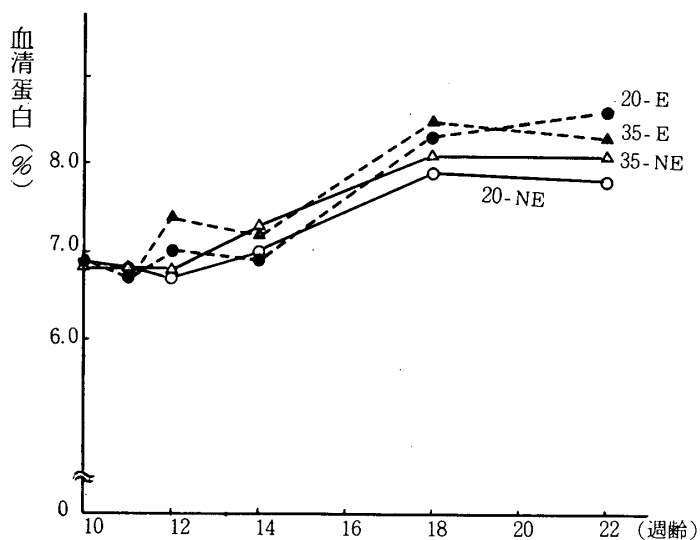


図4 血清蛋白量

し、その後は運動群、非運動群の間に有意差を認めなかった。なお、尿中クレアチニン排泄量および尿中総窒素排泄量が運動負荷1週後に急上昇しているのは、飼料投与量を1日1頭当たり20gより25gに増加した影響である。

考 察

食餌蛋白質のレベルを変えて、運動負荷（毎日水泳負荷20分）による血液性状および尿中クレアチニン、尿中総窒素排泄量におよぼす影響を、白ネズミを用いて運動負荷初期より熟練期まで経時的に測定した。その結果体重増加率は各群とも順調であったため、エネルギー摂取量は飼育期間中十分であったと考えられるが、運動群において運動負荷10週以降、蛋白質20%区の方が35%区より増大したのは、解剖時（生後28週齢）の体脂肪量（腎臓および副睪丸周囲の脂肪とその他腹腔内脂肪）が前者4.4g/体重100g、後者3.8g/体重100gより、飼料中糖質の多い蛋白質20%区の方が体脂肪の蓄積がおりやすいため、および蛋白質の特異動的作用によるエネルギーの消費が蛋白質35%区において、より多いためと考えられる。運動訓練が進むに従って、Hbは運動負荷3週以降、Htは2週以降、血清蛋白質は2週以降、いずれの蛋白質レベルにおいてもほぼ運動群の方が高値となった。吉村²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾、芦田⁴⁾らも運動開始初期または訓練途上の選手に、赤血球数や血色素濃度の減少を認めており、熟練した一流選手では赤血球数や血色素濃度が正常値より高くなる⁵⁾ことを報告している。従って本研究の場合、血液性状より運動負荷3週以降、運動に熟練したものと考察した。

血液性状におよぼす食餌蛋白質レベルの影響については、非運動群において、Hbは試験食投与後1週（生後10週齢）以降、Htは2週（生後11週齢）以降、血清蛋白質は3週（生後12週齢）以降、蛋白質35%区の方が20%区より高値を示した。血清蛋白質は運動群で、運動負荷12週（生後22週齢）において蛋白質20%区の方が35%区より高値を示したが、これは蛋白質20%区の

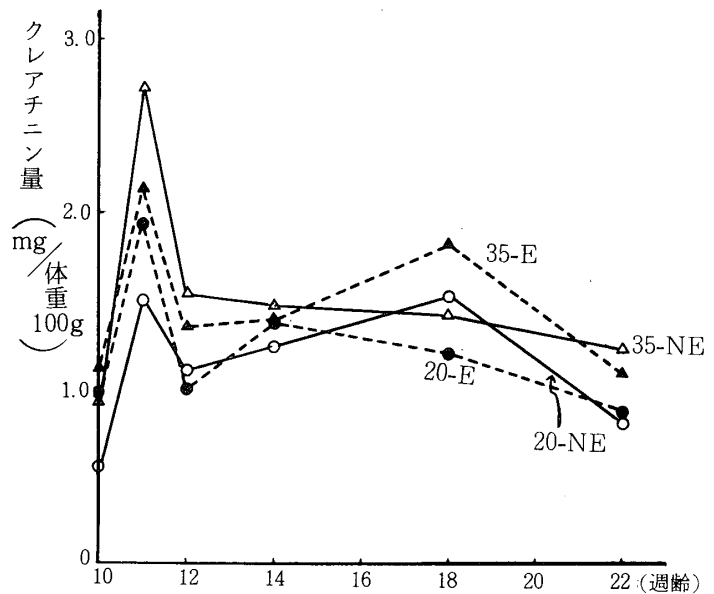


図5 1日尿中クレアチニン排泄量

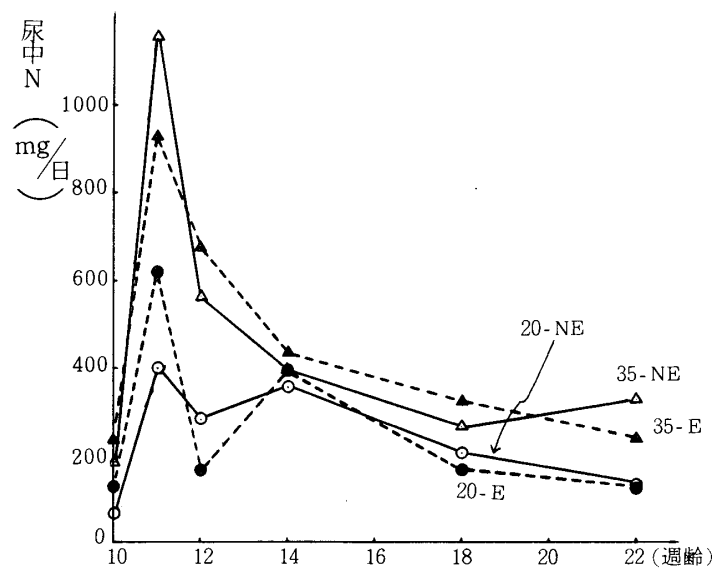


図6 1日尿中総窒素排泄量

方が35%区より蛋白質摂取量が少なく、さらに運動負荷の影響によって、血清蛋白質の減少傾向が高いことに対して、Homeostasis作用が亢進したものと推察する。山地¹⁾は食餌蛋白質量が多いほど労働初期の血清蛋白質の減少はわずかで、その回復も速やかであると報告しているが、本研究では水泳負荷1日20分と運動量が少なかったためか、血液性状に対する運動の影響において、食餌蛋白質レベルによる差は顕著には認められなかった。

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蛋白質量には影響されないといわれているが、非運動群、運動群とも飼育期間を通じて蛋白質35%区の方が20%区より高値を示した。辻¹¹⁾、山地ら¹²⁾は尿中クレアチニン排泄量に対する運動の影響はほとんど認められないと報告しているが、運動によって増加するとの報告もある^{13)~15)}。本研究では、運動訓練期初期において蛋白質35%区は運動負荷2日目のみ、蛋白質20%区は運動負荷1週まで運動群の方が高値を示した。尿中クレアチニン排泄量は原形質の蛋白代謝の尺度となるとの説¹⁶⁾もあり、一般に知られているように、運動初期においては蛋白質の異化作用が亢進²⁾³⁾¹²⁾するために、運動群におけるクレアチニン排泄量の増加を示したと思われる。なお食餌蛋白質レベルの低い方が運動の影響が顕著に認められた。

窒素代謝について、鈴木ら¹⁷⁾は白ネズミの腓腹筋蛋白質含量が運動負荷後1週間低下することを認め、低下度は6%カゼイン群の方が30%カゼイン群より大きいことを報告している。また山地¹¹⁾¹²⁾は尿中窒素排泄量は運動負荷2時間後に蛋白質の異化作用亢進による増加がみられ、異化亢進の刺激のため同化能が亢進して休息によって著しく減少することを認めており、耐労態勢が整うまで(1カ月以上)はふつうより多くの蛋白質の摂取が必要であるとしている。本研究において運動負荷1週目に飼料投与量を1日25g/頭に増加したため、各群とも1日尿中窒素排泄量が急増したが、運動群と非運動群を比較してみると、蛋白質20%区では運動負荷1週まで運動群が有意に($P < 0.02$)増加し、2週後にはかえって減少した($P < 0.05$)。これに対して蛋白質35%区の高蛋白質レベルにおいては、運動負荷2日目で運動群がわずかに増加したが、1週後には運動群の方が有意に($P < 0.05$)減少し、運動訓練期における体蛋白質の消耗は認められなかった。従って本研究においては血液性状より考察して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。

要 約

白ネズミを使用して、食餌蛋白質レベルを20%と35%の2種類とし、各々運動群(水泳20分/日)と非運動群にわけ13週間飼育して、運動初期より熟練期までの血液性状および尿中窒素排泄量を経時的に測定した。

- 1) 体重増加率は各群とも順調であり、非運動群では蛋白質レベルによる差はないが、運動群では運動負荷10週(生後20週齢)以降蛋白質20%区の方が35%区より大きかった。
- 2) Hbは試験食投与後非運動群では1週(生後10週齢)以降、運動群では3週(生後12週齢)以降蛋白質35%区の方が20%区より高値を示し、蛋白質20%区では運動負荷3週(生後13週齢)以降、35%区では2週(生後12週齢)以降運動群の方が高値を示した。
- 3) Htは試験食投与2週(生後11週齢)以降蛋白質35%区の方が20%区より高値を示し、蛋白質20%区では運動負荷2日目より、35%区は2週(生後12週齢)以降運動群の方が高値であった。
- 4) 血清蛋白質は試験食投与3週(生後12週齢)以降蛋白質35%区の方が20%区より高値を示し、いずれの蛋白質レベルにおいても運動負荷2週(生後12週齢)以降運動群が高値を示した。
- 5) 尿中クレアチニン排泄量は試験食投与1週(生後10週齢)以降蛋白質35%区の方が20%区

より多く、運動負荷によって蛋白質20%区は1週経過時（生後11週齢）まで、35%区は運動負荷2日目のみ増加した。

6) 尿中総窒素排泄量は試験食投与1週（生後10週齢）以降蛋白質35%区の方が20%区より多く、蛋白質20%区では運動負荷1週（生後11週齢）まで運動群の方が有意に増加したが、蛋白質35%区の高蛋白質レベルにおいては運動負荷による増加はほとんどなく、運動負荷1週（生後11週齢）後に運動群の方が有意に減少した。

本研究を遂行するにあたりご助言頂きました本学の青木みか教授ならびにご協力頂きました辻原命子助手に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 山地廉平：日本生理学雑誌，13，483（1951）
- 2) 吉村寿人：栄養と食糧，7，199（1954）
- 3) 吉村寿人他：生化学，29，143（1957）
- 4) 芦田輝子：栄養と食糧，25，380（1972）
- 5) 吉村寿人他：栄養と食糧，14，224（1961）
- 6) 吉村寿人他：栄養と食糧，14，230（1961）
- 7) Consolazio, C.F. *et al.* : Am. J. Clin., 28, 29 (1975)
- 8) 金井 泉，金井正光：臨床検査法提要，pVI-4 金原出版（1973）
- 9) 金井 泉，金井正光：臨床検査法提要，pVI-17金原出版（1973）
- 10) 石川清一他：栄養化学実験書，p88，光生館（1970）
- 11) 辻 悦子：栄養学雑誌，27，267（1969）
- 12) 山地廉平：日本生理学雑誌，13，491（1951）
- 13) 杉本精二他：医学と生物学，18，53（1951）
- 14) Sogo Katsutoshi *et al.* : Kumamoto Daigaku Taishitsu Igaku Kenkyusho Hokoku, 29, 149 (1978)
- 15) Sogo Katsutoshi *et al.* : Kumamoto Daigaku Taishitsu Igaku Kenkyusho Hokoku, 29, 171 (1978)
- 16) 井上五郎：日本生理学雑誌，16，326（1954）
- 17) 鈴木 健他：原子力平和利用研究成果報告書，16，212（1977）