

発育過程の運動トレーニング・ラットの 体力に及ぼす牛乳および砂糖の摂取の影響

～Ⅱ. 牛乳と脱脂粉乳の影響～

順天堂大学体育学部栄養生化学教授 山口 正 弘
日本女子体育大学 教授 黒 田 善 雄

日本人は欧米人に比べて、きわめて牛乳摂取量が少ない（米国人は3.4倍、スイス人は5.5倍）。幼児期より牛乳摂取量を欧米人並にすることにより、スポーツ競技での体力を欧米のレベルに改善することが出来るかどうかを検討するために、実験用ラットを用いて研究をつづけている。

平成元年度の実験結果より、多量の牛乳摂取ラットは成長するにつれ、自発的運動量が著しく減少することが見られた。

平成2年度はこの減少について調べた。

実験方法

発育過程にある雄運動トレーニングラットに船橋農場製のMM-1の飼料を基礎にカロリー、たんぱく質、脂肪、糖質、ビタミン、ミネラルなど等しく十分に満たされたものであるが、1)全脂粉乳を30%含んだ飼料（M飼料）、2)脱脂粉乳を30%含んだ飼料(MD飼料)、3)砂糖を30%含んだ飼料（S飼料）（図1）を、それぞれ与え、自由に運動できるグループ（Tグループ）と非運動グループ（Cグループ）に分け、それぞれのグループを次の様に名づけた。

M T：M飼料で運動しているグループ。

M C：M飼料で非運動グループ。

MDT：MD飼料で運動しているグループ。

MDC：MD飼料で非運動グループ。

S T：S飼料で運動しているグループ。

S C：S飼料で非運動グループ。

これらのグループについて次の項目を測定し比較した。

- 1) 体重
- 2) 水中体重
- 3) 自発的運動量
- 4) 筋グリコーゲン量
- 5) 解糖系の性質を反映している乳酸脱水素酵素 (LDH) の活性と isozyme

実験結果

1) 体重増加

Cグループにおいては、M飼料、MD飼料、S飼料ともほとんど同じ様に増加し、飼料による差はなかった。しかし、運動グループではMD飼料で有意に体重の増加が認められた (図2)。

2) 水中体重

Dhamsの式に示されるように、体脂肪の含量は比重の関数なので、各ラットの水中体重から体脂肪を推定した (表1)。各飼料とも運動ラットは非運動ラットよりも体脂肪が有意に少なかった。運動ラットにおいては体脂肪の量はM飼料>S飼料>MD飼料で、非運動ラットの体脂肪量はS飼料=M飼料>MD飼料であった。

3) 自発的運動量

運動グループに於けるM飼料グループ (MT)、MD飼料グループ (MDT) ST飼料グループ (ST) の運動量はそれぞれ $2.575 \times 10^4 \text{g.m/hr}$ 、 $3.528 \times 10^4 \text{g.m/hr}$ 及び $4.023 \times 10^4 \text{g.m/hr}$ であった (表2)。MTラットが著しく運動量が少ないことが示された。この時の危険率はMT/MDT、MT/STでそれぞれ1%と2.5%以下で有意であったが、MDT/STは有意でなかった。

4) 筋肉グリコーゲン含量

非運動グループ (C) ではM飼料、MD飼料及びS飼料ともGasやSolの筋肉中のグリコーゲン含量に有意な差はなかった。

しかし、運動グループ (T) では、M飼料グループ (MT) のGasとSolのグリコーゲン含量がMD飼料グループやSグループのそれら (MDTとST) に比べて著しく

有意に増加した (図3)。

5) 筋肉のLDH活性

運動グループ (T) のSol のみに顕著な変化が見られた。MTのSolのLDH活性はMDTやSTのそれぞれ60%及び47%と著しく低い活性を示した ($p < 0.01$) (図4)。

6) TestisのLDH-Xの活性

ヒト、ウサギ、ラットなどの成体の雄のtestisのLDHの中にはLDH-Xが存在する。LDH-Xは精子形成に関与するもので、LDH-Xの活性は精子形成能力の強弱を示すものである。電気泳動分析によると、ラットのLDH-XはLDH4とLDH5の間に現れる (図5 a, b, c)。

自発的運動量が少ないM飼料とS飼料のグループのLDH-Xの活性を調べた。図6に示すようにM及びS飼料ともトレーニング・グループのLDH-Xの活性が非運動グループのものより著しく高かった ($p < 0.01$)。しかし、両飼料間での違いは有意でなかった。

考 察

各飼料のもつカロリー、糖、タンパク質、脂肪、ビタミン、ミネラル等の含量は等しい。ただ、タンパク質が大豆タンパク又はガゼイン、脂肪が大豆油又は乳脂肪、でんぷんが砂糖又は乳糖+でんぷんと質的違いがある。

MTグループのラットのみ筋グリコーゲン濃度が高いのはどのような事によるのであろう。MC、MDC、SCのグループ間にあまり差がないこと、運動をしなければグリコーゲンが増加しないことなどから、M飼料と運動の二重効果と考えられる。また、MDTグループにはグリコーゲンの増加が見られないことから、乳糖の影響ではなく、おそらく、乳脂肪の影響でないかと考えられる。

ラットの雄はCastrationすることによって運動量が著しく減少することが知られている。この現象はtestisから分泌されるtestosteroneの減少によるものである。MTラットのtestisの成熟度は精子形成能力に関係する。LDH-Xの活性から考えるとMTラットの運動量の減少がtestosteroneによる影響とは思われない (図6)。

筋グリコーゲンの増加は持久的運動能力を高めることが、知られているが本実験で

のMTラットは筋グリコーゲン濃度が高いにもかかわらず自発的運動量、即ち、持久力が著しく少なく、解糖系の活性の指標となる乳酸脱水素酵素の活性も著しく低い。これらの事から、MTラットはグリコーゲンの利用が阻害されているためにグリコーゲンの増加や持久力の低下が生ずる可能性を示唆している。

表 1

Body Weight and Specific Gravity in Rats Bred with M-, MD- and S-Foods

| GROUP OF RAT | BODY WEIGHT (g) | | SPECIFIC GRAVITY | | | |
|--------------|-----------------|------------|------------------|---------|---------|---------|
| | in air | in water | | | | |
| M-t (n=5) | 319.3+-10.5 | 4.68+-0.20 | 1.015+-0.0005 | | | |
| M-c (n=5) | 322.6+-11.8 | 2.87+-1.64 | 1.009+-0.0052 | | | |
| MDT (n=5) | 299.6+-23.4 | 6.16+-2.46 | 1.021+-0.0059 | | | |
| MDC (n=5) | 271.2+-20.2 | 2.60+-1.56 | 1.010+-0.0048 | | | |
| S-t (n=5) | 297.4+-29.7 | 4.66+-1.61 | 1.019+-0.0035 | | | |
| S-c (n=5) | 291.3+-15.8 | 2.08+-1.61 | 1.007+-0.0052 | | | |
| | M-t/MDT | M-t/S-t | MDT/S-t | M-c/MDC | M-c/S-c | MDC/S-c |
| t | 6.615 | 7.382 | 1.906 | 8.580 | 1.778 | 2.480 |
| p | <0.001 | <0.001 | <0.05 | <0.001 | <0.10 | <0.05 |

表 2

BODY WEIGHT AND AMOUNT OF RUNNING IN M-t, MDt AND S-t RATS

| GROUP OF RAT | HOUSED (DAY) | BODY WEIGHT (g) | | AMOUNT OF RUNNING *10 ⁴ A.R (g*m/hr) |
|-------------------------------|--------------|-----------------|----------|---|
| | | BEGINING | FINAL | |
| M-t | 40 | 67.3 | 319.3 | 2.575 |
| | | + -4.57 | + -10.5 | + -1.278 |
| MDt | 40 | 53.6 | 299.6 | 3.527 |
| | | + -5.02 | + -23.37 | + -1.659 |
| S-t | 40 | 65.2 | 297.4 | 4.020 |
| | | + -5.34 | + -28.39 | + -1.072 |
| t value for amount of running | | | | |
| | | M-t/MDT | M-t/S-t | MDt/S-t |
| t | | 2.962 | 4.647 | 1.651 |
| p | | <0.01 | <0.01 | <0.1 |

FIG 1 COMPOSITION OF MILK, SKIM MILK AND SUGAR DIET FOODS

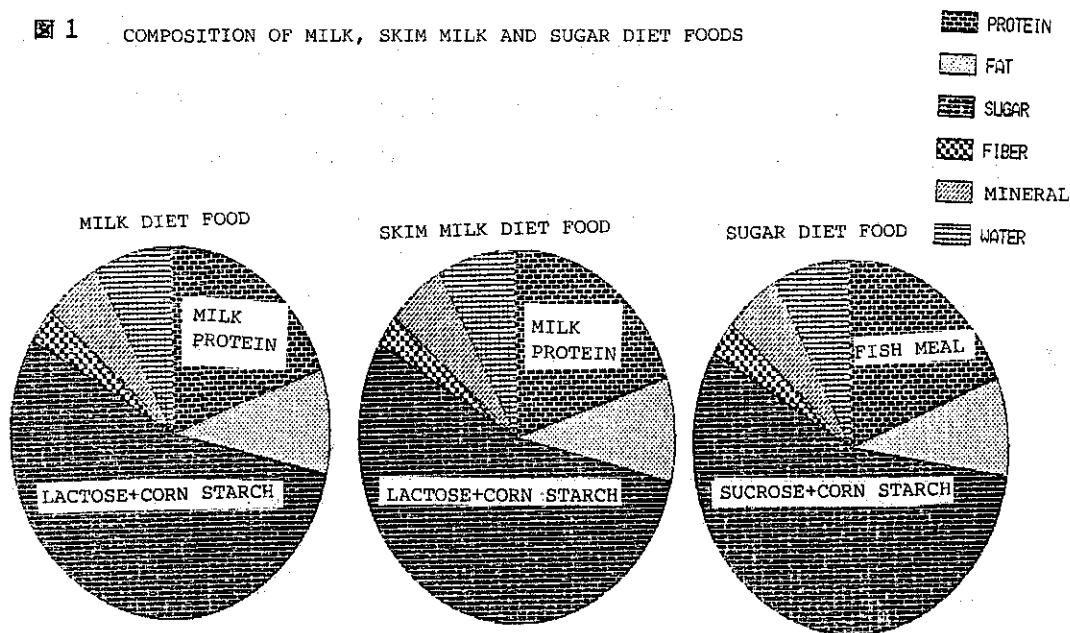


FIG 2

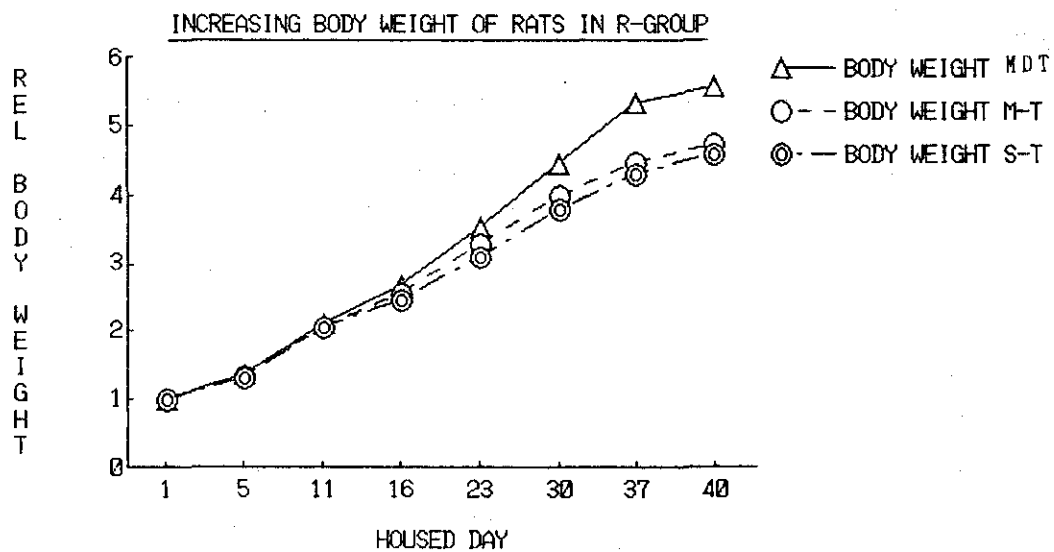


图 3

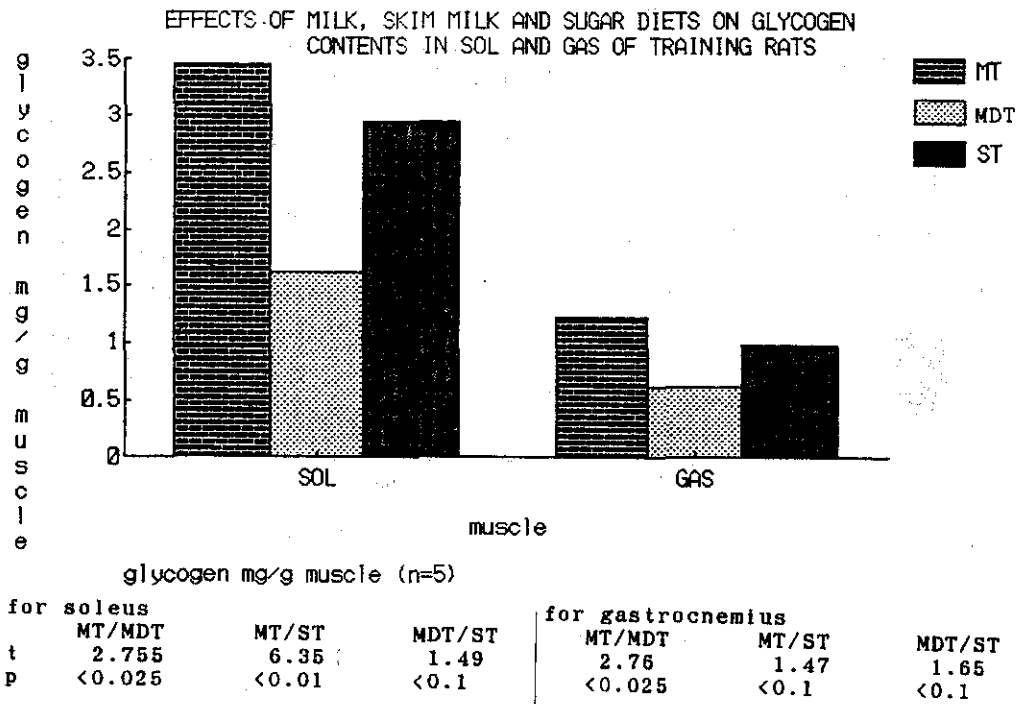
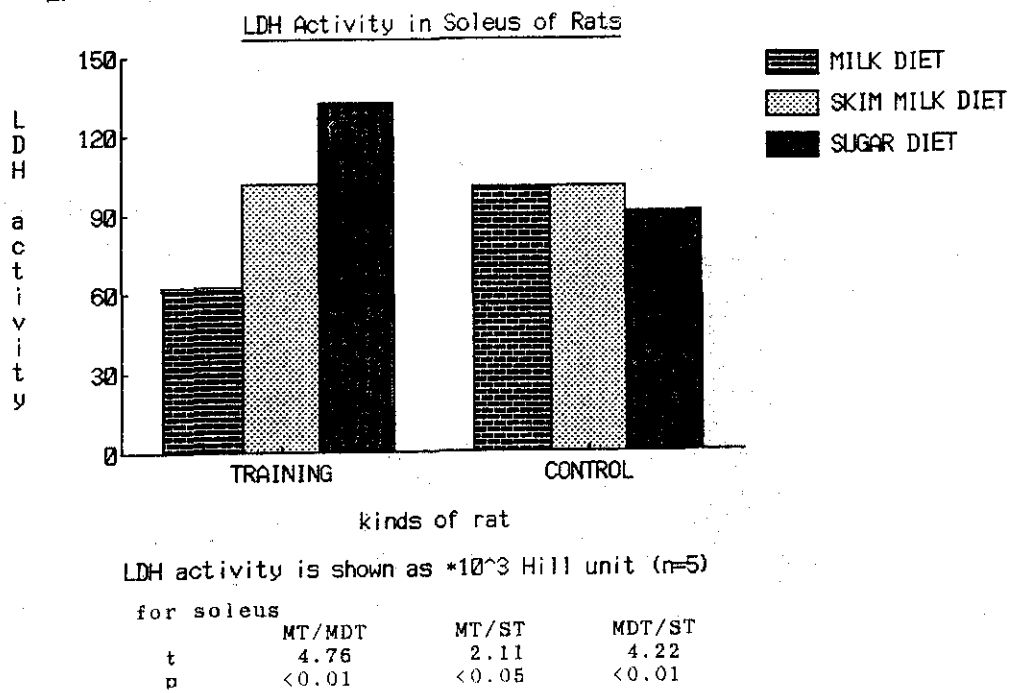
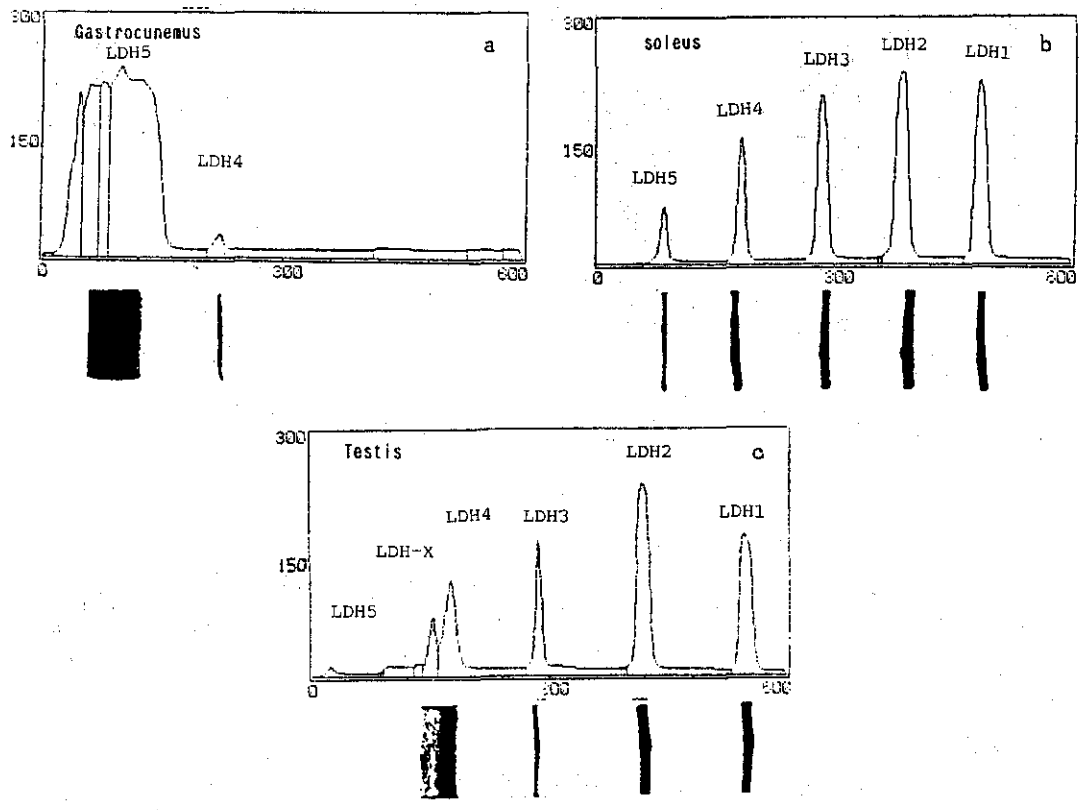


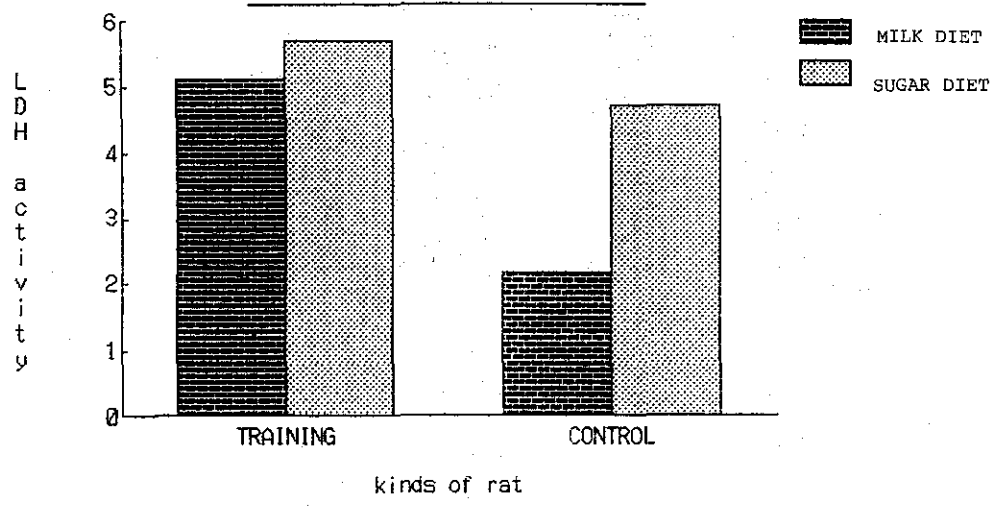
图 4



5 LDH ISOZYME PATTERNS AND DENSITOMETRIC TRACINGS OF GASTROCNEMIUS, SOLEUS AND TESTIS



6 LDH-X Activity in Testis of Rats



LDH activity is shown as $\times 10^3$ Hill unit (n=5)