

# 発育過程の運動トレーニングラットの体力に及ぼす 牛乳および砂糖摂取の影響

順天堂大学・体育学部

教授 山口正弘

学校法人・順天堂

理事 黒田善雄

いろいろの国際競技大会などで見られるように、日本人の体力は外国人より劣っている面が多い。このことは日本人の遺伝的なものもあるが、食生活による違いも見逃せない。欧米人と日本人の食生活の大きな違いの一つに牛乳摂取量にある（一人当たり、1987年度ではアメリカは日本の3.4倍、スイスは5.5倍）。

バランスのとれた栄養素を含んだ牛乳を発育期に十分与え、トレーニングすることで体力の改善が期待されるかどうかを検討した。

代謝機構がヒトと良く似ているラットを用いて、発育過程（ヒトでは幼児から青年期までに相当）での、運動トレーニング期間中に牛乳を多量に与えた時に、体力や筋肉の発達に対する効果はどのように成るかを、砂糖を与えたものを対照に調べ、牛乳の多量摂取のもつ運動トレーニングに対する影響を調べている。

## 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を等しく、タンパク質、ビタミン、ミネラルなどは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) 砂糖を30%含んだ飼料（S飼料）（表1）、をそれぞれ与え、自由に運動ができるグループ（運動グループ）と運動がほとんどできないグループ（非運動グループ）に分け、それぞれのグループを次のように名づけた。

M-t : M飼料で運動するグループ。 M-c : 飼料で非運動グループ。

S-t : S飼料で運動するグループ。 S-c : 飼料で非運動グループ。

これらの各グループを次の項目について調べた。

- 1) 体重増加の測定。
- 2) 水中体重からの体比重と体脂肪 (%) の測定。
- 3) M-t と S-t の自発的運動量の比較。
- 4) 筋肉のグリコーゲン含量。
- 5) 解糖系の性質を反映している乳酸脱水素酵素 (LDH) の活性とそのイソ酵素の測定。

#### 実験結果

##### 1) 体重増加

同種の飼料で飼育するかぎり運動グループ (M-t または S-t) と非運動グループ (M-c または S-c) は体重増加の点では有意な差は認められなかった。しかし消費飼料量は、共に運動グループが約10%有意に多かった。

また、運動グループでも非運動グループでもM飼料がS飼料よりも体重増加を高めた (図1、図2)。

##### 2) 体脂肪

Dahms の式に示されているように、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比重を求め体脂肪含量を推定した (表2)。両飼料とも運動ラットは体脂肪が有意に減少した。しかし、運動ラットではM飼料によってより体脂肪がつきやすく、非運動ラットではS飼料によってより体脂肪がつきやすいことが示された。

##### 3) 自発的運動量

運動グループにおけるM-t と S-t の自発的運動量はそれぞれ  $2.575 \times 10.4 \text{g} \cdot \text{m} / \text{hr}$ 、と  $4.02 \times 10.4 \text{g} \cdot \text{m} / \text{hr}$  であった。S-t のラットが運動量が多く、この差は危険率1%以下で有意な差であった (表3)。

##### 4) 筋グリコーゲン含量

ひらめ筋で顕著に見られた。M-t 及び S-t ラットはそれぞれ M-c と S-c ラットに比べて筋グリコーゲンの筋中濃度に増加の傾向が見られた。M-t と M-

cラットは有意であったが、S-*t*とS-cラットでは有意でなかった。また、M-*t*ラットのグリコーゲン量はS-*t*ラットより多かった ( $p < 0.10$ )。しかし非運動群では、M飼料とS飼料による有意な差ではなかった (図3)。

#### 5) 乳酸脱水素酵素 (LDH) 活性

ひらめ筋のみ有意な差が見られた。M-*t*ラットがS-*t*ラットに比べて約50% LDH活性の低下が見られた ( $p < 0.01$ )。また、LDHイソ酵素の分析から、M-*t*ラットは、Hsubunitの増加が、S-*t*ラットよりもかなり少なかった ( $p < 0.01$ ) (表4)。

#### 考 察

両飼料とも運動ラットは非運動ラットより体脂肪が少ない。しかし、M-*t*ラットはS-*t*ラットより体脂肪が多かった ( $p < 0.01$ )。M飼料はS飼料より多くの脂肪を含み、S飼料が不飽和脂肪酸を多く含む大豆油であるのに対し、M飼料は飽和脂肪酸を多く含む乳脂であることによると考えられる。

自発的運動量はM-*t*ラットがS-*t*ラットの約64%に低下していることは、M-*t*ラットがS-*t*ラットよりかなり疲労しやすいことを示している。

持続的走行に於て主役となる遅筋のひらめ筋について考えると、グリコーゲン量はM-*t*ラットはS-*t*ラットよりやや高いにもかかわらず、M-*t*ラットのLDH活性がかなり低下していること、LDHイソ酵素型が嫌氣的に傾いているために解糖系-TCAサイクル、または脂肪代謝系を介してのATP生産量に差があるためと考えられる。

以上の実験結果より、

- 1) 飼料の違いによる脂肪の代謝活性に変化がある可能性。
- 2) M-*t*ラットはS-*t*ラットに比べてLDHイソ酵素がM型に偏ることから、M飼料による運動の効果がS飼料によるよりも速筋繊維の促進する可能性。
- 3) S飼料による運動の効果は遅筋繊維の増加を著しく促進する可能性。
- 4) 運動をやらなければ、M飼料はS飼料よりも体脂肪が付にくい。  
などのことが示唆される。

表 1

## 特殊飼料（全脂粉乳・シヨ糖添加飼料）成分計算値

記

配合割合（コントロール飼料に対して）

一般成分 単位：%

原料名	全脂30%	シヨ糖30%
小麦粉	+ 1.0	--
ふすま	+ 1.0	- 1.0
脱脂大豆	- 9.5	+ 0.5
杓杓ミール(魚粉)	- 5.5	+ 0.5
大豆油	- 7.0	--
スターチ	- 10.0	- 30.0
全脂粉乳	+ 30.0	--
シヨ糖	--	+ 30.0

成分名	コントロール	全脂30%	シヨ糖30%
水分	8.0	8.0	8.0
粗蛋白	19.9	20.0	19.3
粗脂肪	9.2	9.3	8.7
粗繊維	3.3	2.9	3.1
灰分	5.8	6.0	5.6
可溶無窒素物	53.8	53.8	55.3
ME kcal/g	3.77	3.79	3.77
GE "	4.53	4.52	4.50

アミノ酸組成

単位：%

ビタミン添加量

ミネラル含量

アミノ酸名	コントロール	全脂30%	シヨ糖30%
アロニン	1.27	0.93	1.24
リジン	1.19	1.23	1.17
メチオン	0.32	0.34	0.32
シスチン	0.23	0.20	0.23
トリプトファン	0.22	0.23	0.23
グリシン	0.95	0.88	0.95
イロイシ	0.83	0.87	0.82
ロイシン	1.43	1.57	1.40
フェニルアラニン	0.86	0.83	0.84
スレオニン	0.73	0.74	0.73
バリン	0.91	1.04	0.90
ヒスチン	0.45	0.44	0.44
チロシン	0.61	0.77	0.60

ビタミン名	飼料100g中	ミネラル名	飼料100g中
ビタミンA	1,200 IU	カルシウム	1.10 %
" D3	200 IU	リン	0.70 %
" E	8 IU	マグネシウム	0.20 %
" K3	1 mg	カリウム	0.90 %
" B1	1 mg	ナトリウム	0.25-0.35%
" B2	1 mg	マンガン	4.00 mg
" B6	1.5 mg	鉄	11.0 mg
ナイアシン	10 mg	コバルト	0.03 mg
パントチン酸	3 mg	銅	0.7 mg
コリン	200 mg	亜鉛	3.7 mg
葉酸	0.06 mg	ヨウ素	0.06 mg
ビタミンB12	1.5 μg		
ビオチン	0.03 mg		

注：ME= 粗蛋白×4.0+粗脂肪×9.0+可溶無窒素物×4.0  
 GE= "×5.81 + "×9.86 + "×4.38 +粗繊維×5.06

ビタミン・ミネラルは全部ほぼ同一です。カリウムは全脂粉乳使用分が0.35%と少々高い。

コントロール飼料は市販飼料のMM-1に対してスターチ・大豆油を添加し、それにより蛋白が減少するので脱脂大豆・杓杓ミールを添加して調整したものです。

图 1

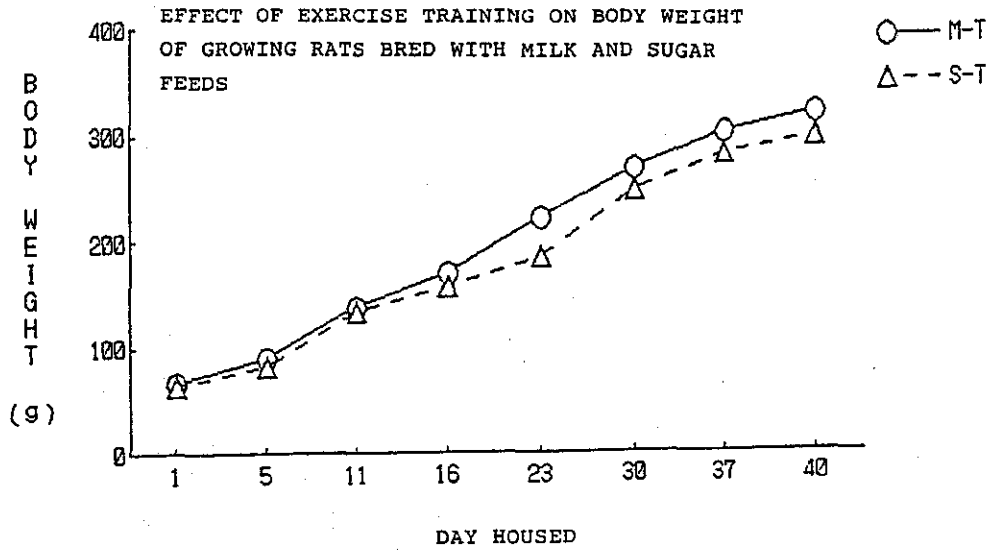


图 2

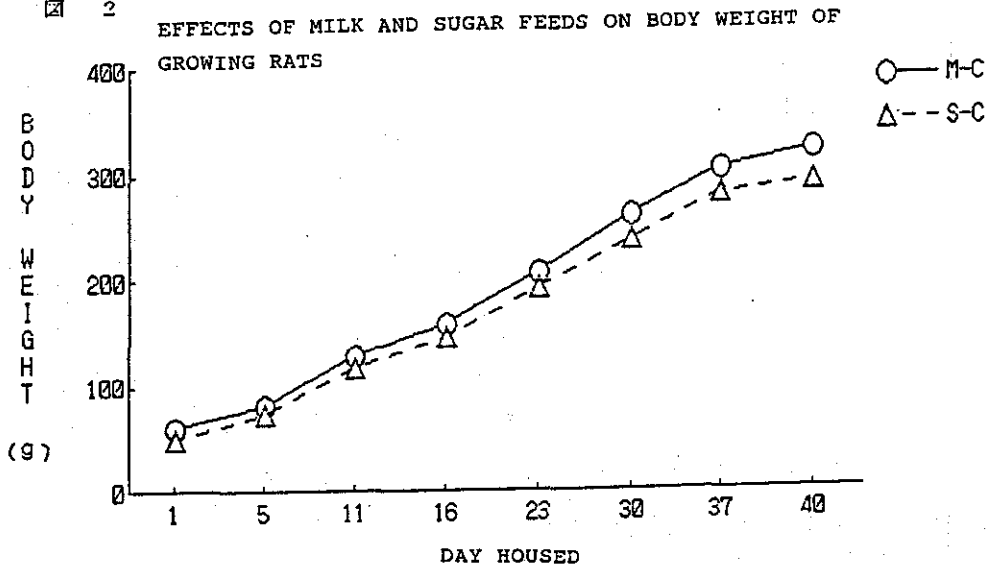


表 2

Body Weight and Specific Gravity in Rats Bred with M- and S-Feed

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			
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/M-c	M-t/S-t	M-t/S-c	M-c/S-t	M-c/S-c	S-t/S-c	
t	6.045	5.702	8.146	1.109	2.218	1.881
p	<0.001	<0.001	<0.001	<0.15	<0.05	<0.05

表 3

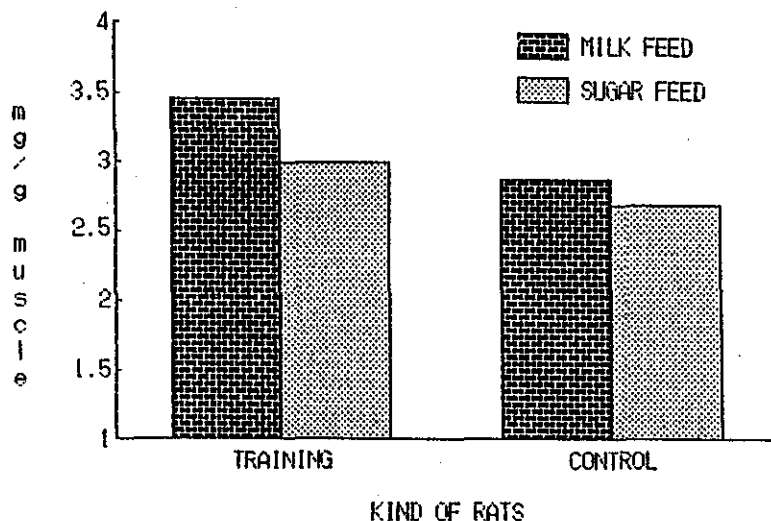
BODY WEIGHT AND AMOUNT OF RUNNING IN M-t AND S-t RATS

GROUP OF RAT	HOUSED (DAY)	BODY WEIGHT (g)		AMOUNT OF RUNNING *10 <sup>4</sup> A.R (g*m/hr)
		BEGINING	FINAL	
M-t	40	67.3 +-4.57	319.3 +-10.5	2.575 +-1.278
S-t	40	65.2 +-5.34	297.4 +-28.39	4.020 +-1.072

t value for M-t/S-t = 4.647  
p < 0.01

图 3

GLYCOGEN CONTENT OF M.SOLEUS IN RATS BRED WITH MILK AND SUGAR FEEDS



Glycogen content is mg/g muscle.

	M-t/S-t	M-c/S-c	M-t/M-c	M-t/S-c	S-t/S-c	S-t/M-c
t	1.427	0.343	2.86	1.548	0.511	0.319
p	<0.10	<0.40	<0.05	<0.10	<0.35	<0.40

表 4

LDH Activity and Its Ratio of H to M Subunits in M. Soleus of Rats Bred with Milk and Sugar Feeds

KIND OF RATS	TOTAL ACTIVITY OF LDH (Hill Kunit/g)	RATIO OF H / M SUBUNITS IN LDH
M-t	62.52+-28.52	1.88
S-t	132.32+-18.00	2.03
M-c	100.46+-17.21	1.56
S-c	90.75+-19.01	1.46

p	M-t/S-t	M-c/S-c	M-t/M-c	S-t/M-c
	<0.01	<0.3	<0.01	<0.01



日本動脈硬化学会推薦委託研究

新生児の血中コレステロール値と母親の牛乳摂取の関連

新潟大学医学部小児科

助教授 浅見 直

血管壁細胞機能活性化における牛乳中の

コレステロールとカルシウムの役割

帝京大学薬学部微生物・病態生化学教室

教授 高野 達哉

牛乳脂肪球皮膜物質による高コレステロール血漿防禦

効果に関する研究

日本獣医畜産大学

獣医内科学教室 教授 本好茂一

〃 講師 左向俊紀

乳学教室 助教授 伊藤 整

獣医衛生学教室 助教授 鎌田 信一

獣医公衆衛生学 助教授 林 正利



