

自発ランニング運動がラットの血清Triacylglycerol 濃度に及ぼす影響

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-05-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 章, 谷, 健二 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00008371

自発ランニング運動がラットの血清Triacylglycerol濃度 に及ぼす影響

The Effect of Voluntary Running Exercise
on Serum Triacylglycerol Concentration in Rats

山本 章・谷 健二
Akira YAMAMOTO and Kenji TANI

(平成元年10月11日受理)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of voluntary running exercise on serum triacylglycerol(TG) concentration in male rats. Rats were divided into two groups in age of 9 wk in experiment 1 and in age of 6wk in experiment 2. One group of rats was maintained sedentary and a second group of rats was allowed voluntary wheel running during darkness period. Both groups of rats were housed individually on a 12hr dark-light cycle and meal-fed twice a day. TG removal rate was measured on rats at the end of 3wk feeding period in experiment 1 and at the end of 5wk feeding period in experiment 2. TG secretion rate was measured on rats in one week after the measurement of TG removal rate.

Results were as follows.

1. Voluntary running activity of exercised rats averaged 3km/day in experiment 1 and 10km/day in experiment 2.
2. Weight of adipose tissue was lighter in exercised rats than in sedentary rats in both experiments.
3. Serum TG level and TG removal rate were not significantly different between sedentary rats and exercised rats in both experiments.
4. Hepatic-intestinal TG secretion rate was not significantly different between two groups in experiment 1, but was significantly lower in exercised rats than in sedentary rats in experiment 2.

These results suggest that the voluntary running activity may inhibit the accumulation of adipose tissue and depress the hepatic-intestinal TG secretion rate in young active rats.

緒 言

血中Triacylglycerol(TG)濃度は、肝臓及び小腸から血中へのVLDL-TG およびカイロミクロ

ン-TGの分泌速度と末梢体組織の毛細血管壁に局在する機能的リポタンパクリパーゼ(LPL)による血中のTG除去速度のバランスによって調節されている。そこで、前報^{2,8)}では、ラットを用いて、一過性の持久性遊泳運動による血中TG濃度の変化を、Triton WR-1339法¹⁵⁾による肝臓および小腸から血中へのTG分泌速度とIntralipid法⁶⁾による血中から末梢体組織へのTG除去速度から検討した。そして、血清TG濃度とTG除去速度には運動群と対照群の間で差が認められなかったが、肝臓および小腸からのTG分泌速度は運動群が対照群に比べ著しく低いことを報告した。一過性の運動ではなく、永続的な運動、即ちトレーニングが血中TG濃度を低下させることについても数多く報告されている^{1) 8) 13) 16) 24)}。しかし、運動のタイプ、強度、時間、頻度、トレーニング期間などについて検討されているものの、トレーニングの開始時期に焦点を当てたものは見あたらない。そこで、本研究では、週令の異なるラットにトレーニングとして自発ランニングを許し、自発ランニングが血清TG濃度に及ぼす効果を、前報同様、肝臓及び小腸からのTG分泌速度とIntralipid法によるTG除去速度から検討した。その結果、自発ランニングにより血清TG濃度やTG除去速度に差が見られなくとも、肝臓及び小腸から血中へのTG分泌速度は抑えられるが、それは、ランニング開始時期やランニング量に影響されることが示唆された。

方 法

1. 実験動物と飼育方法

実験 1

SD系雄ラットを用い、8:30-20:30時を明期、20:30-8:30時を暗期とする12時間の明暗サイクル下の飼育室で、8週令より1週間自由給餌で予備飼育した。9週令より体重の平均値が等しくなるように運動群(n=6)と対照群(n=6)に分け、8:30-9:30時と19:30-20:30時の1日2回の間欠給餌で個別に飼育した。

運動群には20:30-8:30時の間、自発ランニングを許した。自発ランニングは、飼育ケージに幅10cm、周囲116cmの回転かごを取り付け、飼育ケージと回転かごとの間の仕切り板を外すことによって実施させた。ランニング量は回転かごに取り付けたカウンターの回転数から求めた。対照群は仕切り板を外さず、回転かごでの自発ランニングを許さなかった。

飼料は粉末飼料CE-7(日本クレアK.K.)を用い、飲水は自由に摂取させた。

実験 2

SD系雄ラットを用い、8:30-20:30時を明期、20:30-8:30時を暗期とする12時間の明暗サイクル下の飼育室で、5週令より1週間、8:30-9:30時と19:30-20:30時の1日2回の間欠給餌で個別に予備飼育した。6週令より体重の平均値が等しくなるように運動群(n=6)と対照群(n=6)に分けた。その他の条件は実験1と同様にした。

摂食量は毎給餌後、自発ランニング量は毎日、体重は隔日に測定した。

2. TG除去速度の測定

運動群と対照群に分けてから、実験1では3週間、実験2では5週間飼育後にTG除去速度をIntralipid法⁶⁾で明期(休息期)後半の19-20:30時の間に測定した。体重kg当り2.5mlの10%Intralipid(実験1では大豆油10g、卵黄レシチン1.2g、グリセロール2.5gの比で0.15MNaClに溶かした溶液、実験2では大塚製薬K.K.製の溶液)を尾静脈より投与し、実験1では投与5分後と10分後に、実験2では投与10分後と30分後に採血し、600rpmで20分間遠

心して血清を分離し、TG濃度を分析した。

TG除去速度は、以下の式より求めた。

$$\text{実験 1 - TG除去速度 (mg/hr/rat)} = (\text{TG 5} - \text{TG10}) / (5/60 \times 100) \times \text{PVE}$$

$$\text{実験 2 - TG除去速度 (mg/hr/rat)} = (\text{TG10} - \text{TG30}) / (20/60 \times 100) \times \text{PVE}$$

TG 5はIntralipid投与5分後、TG10は投与10分後、TG30は投与30分後のTG濃度 (mg/100ml)を示す。

PVEは血漿量を示し、Bagdade ら³⁾の式 {PVE(ml) = 0.0276 × 体重 (g) + 3.380} より求めた。

3. TG分泌速度の測定

TG除去速度を測定して1週間後に、TG分泌速度をTriton WR-1339法¹⁵⁾で明期後半の18-20:30時の間に測定した。尾静脈より採血後、直ちに体重kg当たり 2.0mlの30% Triton WR-1339 (W/V 0.15MNaCl)を尾静脈より投与し、投与後120分に採血し、血清を分離し、TG濃度を分析した。

TG分泌速度は次の式より求めた。

$$\text{TG分泌速度 (mg/hr/rat)} = (\text{TG120} - \text{TGO}) / (2 \times 100) \times \text{PVE}$$

TGOはTriton投与直前、TG120はTriton投与120分後のTG濃度 (mg/100ml)を示し、PVEは血漿量を示す。

TG濃度の分析はFletcher法¹⁶⁾によった。

TG分泌速度測定後、断頭屠殺し、心臓、肝臓、腎臓、ひらめ筋、腎周囲脂肪組織、副睾丸脂肪組織を摘出し、重量を測定した。

成績の統計処理はStudentのT-testにより、有意性は危険率5%水準で判定した。

結果及び考察

1. 体重増加量, 摂食量, 自発ランニング量および組織重量 (Table 1, 2)

飼育期間中の体重増加量は、実験1では対照群と運動群の間で有意差が認められなかったが、実験2では対照群に比べて運動群が有意に低値を示した。また、飼育期間中の総摂食量は、いずれの実験でも、対照群と運動群の間で有意差が認められなかった。実験2で両群間の総摂食量に差がなかったにもかかわらず運動群の体重増加量が対照群に比べて少なかった。

Table 1. Body weight, food intake and voluntary running activity

	Experiment I		Experiment II	
	Sedentary	Exercised	Sedentary	Exercised
Body weight (g)				
Initial	245.0 ± 6.2	249.8 ± 7.9	93.5 ± 4.1	91.5 ± 3.2
Final	323.7 ± 14.7	320.7 ± 17.4	328.7 ± 4.4	269.7 ± 11.4 ^a
Gain	78.7 ± 9.4	70.8 ± 12.2	235.2 ± 10.6	178.2 ± 10.0 ^a
Food intake (g)				
8:30 - 9:30 hr	250.8 ± 10.3	230.8 ± 8.8	482.0 ± 19.9	477.8 ± 13.3
19:30 - 20:30 hr	307.7 ± 18.8	323.3 ± 16.4	455.3 ± 20.5	479.5 ± 16.4
Total	558.5 ± 23.8	554.2 ± 18.7	937.3 ± 38.4	962.3 ± 20.2
Running activity (m/day)		2958 ± 792		9680 ± 756

Values are means ± SE for 6 rats.

^a Significantly different from Sedentary (p < 0.01).

理由は、運動群が自発ランニングによってより多くエネルギーを消費したためであろう。

これまでに、自発ランニング運動群は対照群に比べて飼育期間中の総摂食量が多く、体重増加量は少ないと報告されている^{2) 16) 19)}。本研究で、両群間の総摂食量に差が認められなかった理由の一つは、これまでの報告ではラットを自由給餌で、しかも自発ランニングを24時間許す条件で飼育したのに対し、本研究ではラットを1日2回の間欠給餌で暗期だけ自発ランニングを許す条件で飼育したからではないかと考えられる。

運動群の飼育期間中の自発ランニング量は、1日平均走距離にして、実験1では約3 km、実験2では約10 kmであり、自発ランニング量と体重当りの摂食量との間には、いずれの実験でも、有意な正相関が認められた。

自発ランニング量は、SD系雄ラットでは、暗期に1日の90%以上を占め^{2) 19)}、飼育後4-5週でピークになり、7-8週と維持した後次第に低下し¹⁴⁾、ピークでのランニング量はおよそ8 km/日である^{14) 19)}、と報告されている。これまでの報告と比べ、実験1のランニング量が少なかった理由は明らかではないが、ランニングの開始週令が9週令とやや高かったことが理由の一つと考えられる。

組織重量についてみると、いずれの実験でも、腎周囲と副睾丸の脂肪組織の重量が、対照群に比べて運動群で有意に低値を示し、脂肪組織重量と飼育期間中の自発ランニング量との間には有意な負の相関が認められた。

Table 2. Weight of tissue

		Experiment I		Experiment II	
		Sedentary	Exercised	Sedentary	Exercised
Heart	(g)	1.35 ± 0.07	1.30 ± 0.10	1.09 ± 0.06	1.07 ± 0.04
	(%)	0.43 ± 0.03	0.42 ± 0.03	0.33 ± 0.01	0.40 ± 0.02 ^b
Liver	(g)	13.23 ± 0.79	13.00 ± 1.36	11.47 ± 0.80	10.35 ± 0.52
	(%)	4.15 ± 0.12	4.15 ± 0.14	3.48 ± 0.15	3.84 ± 0.08
Adrenals	(g)	1.37 ± 0.07	1.37 ± 0.05	1.12 ± 0.09	1.02 ± 0.05
	(%)	0.43 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.38 ± 0.01 ^b
Soleus muscles	(g)	0.12 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.11 ± 0.01 ^a
	(%)	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.00 ^a
Perirenal fat pads	(g)	2.97 ± 0.33	1.81 ± 0.32 ^a	1.54 ± 0.13	0.50 ± 0.04 ^a
	(%)	0.93 ± 0.10	0.56 ± 0.09 ^a	0.47 ± 0.04	0.19 ± 0.02 ^a
Epididymal fat pads	(g)	2.56 ± 0.20	1.79 ± 0.13 ^b	1.54 ± 0.11	0.85 ± 0.08 ^c
	(%)	0.80 ± 0.06	0.57 ± 0.01 ^b	0.47 ± 0.03	0.32 ± 0.03 ^b

Values are means ± SE for 6 rats.

^a, ^b, ^c Significantly different from Sedentary (^a p < 0.05, ^b p < 0.01, ^c p < 0.001).

Bagby ら²⁾は、7週間の自発ランニングを許した運動群は対照群に比べて最終体重が低値を示したが、その理由には運動群の副睾丸脂肪組織重量が少ないことがおそらく関係していると報告している。実験1の結果から、体重に有意な差が認められなくとも、運動群は対照群に比べて脂肪組織重量が低値を示すことが明らかにされ、興味深い。

2. 血中TG濃度、TG除去速度、TG分泌速度 (Table 3, 4)

運動トレーニングがラットの血清TG濃度を低下させることが数多くの研究者によって報告

されている^{1) 8) 13) 16) 24)}。しかし、本研究では、いずれの実験でも、対照群と運動群の間で有意な差が認められなかった。

トレーニングが血清TG濃度を低下させたというApplegateら¹⁾、Deshaiesら⁸⁾、Tanら²⁴⁾の報告では運動としてトレッドミル走を行わせており、Mondonら¹³⁾、ReavenとReaven¹⁶⁾の報告では運動として回転かごでの自発ランニングを行わせているが、飼育期間が10週間以上と長い。また、SimonelliとEaton²²⁾は3週間の自発ランニングにより、肥満ラットでは対照群に比べ運動群で低い血中TG濃度を示したが、やせラットでは両群間で差が認められなかったと報告している。従って、本研究では運動の負荷が弱く、トレーニング期間が短かったために、対照群と運動群の間で血清TG濃度に差が認められなかったのではないかと考えられる。

また、血清TG濃度は末梢体組織でのTG除去速度と肝臓および小腸からのTG分泌速度とのバランスによって調節されていることから、運動トレーニングにより血清TG濃度が低下するメカニズムは、血中から末梢体組織へのTG除去速度が増加したか、あるいは肝臓および小腸から血中へのTG分泌速度が低下したためであろうと考えられる。

そこで、体組織全体のTG除去速度を反映すると考えられるIntralipid法⁹⁾で、TG除去速度を測定した。しかし、実験1,2でいずれも対照群と運動群の間で有意差が認められなかった。

Table 3. Effect of voluntary running activity on TG removal rate

Experiment I			
Group (n)	Serum TG level (mg/100ml)		TG removal rate (mg/hr/rat)
	TG05	TG10	
Sedentary(5)	202.6 ± 29.6	151.5 ± 6.4	56.2 ± 14.9
Exercised(3)	193.4 ± 11.7	164.7 ± 4.2	45.8 ± 12.4

Experiment II			
Group (n)	Serum TG level (mg/100ml)		TG removal rate (mg/hr/rat)
	TG10	TG30	
Sedentary(6)	431.4 ± 22.5	303.8 ± 21.0	45.1 ± 10.1
Exercised(6)	599.4 ± 90.6	423.2 ± 80.8	87.6 ± 24.1

Values are means ± SE.

Sadyら²⁰⁾、Cohenら⁷⁾は、持久性トレーニングをつんだ人のTG除去速度は対照群より高値を示したと報告している。しかし、SimonelliとEaton²²⁾は、肥満ラットでは運動群のTG除去速度が対照群より速かったものの、やせラットでは運動によるTG除去速度の改善は見られなかったと報告し、Mondonら¹³⁾はトレーニングしたラットのVLDL-TG除去速度の増加は運動中だけに見られ、安静中には見られないと報告している。種の違いによっても得られる結果が異なる可能性があるが、本研究結果は肥満ラットではなくやせラットを用い、また運動時ではなく空腹期の安静時に測定したために両群間で差が認められなかった可能性が高い。

各組織での血中TGの除去に関しては、毛細血管壁に局在するLPLの活性が骨格筋や脂肪組織で検討されている。そして、骨格筋のLPL活性は運動群が対照群に比べて高い^{2) 4)}と報告されている。しかし、脂肪組織のLPL活性は運動群が対照群に比べて低い^{8) 21)}、変わらない²⁴⁾、

高い⁹⁾、と一定の見解が得られていない。また、空腹時には骨格筋や心筋のLPL活性が高まり、脂肪組織のLPL活性は低下するが、摂食後には逆に骨格筋や心筋のLPL活性は低下し、脂肪組織のLPL活性は高まる^{11) 12)}ことが明らかにされている。また、Terjungら^{25) 26)}は血中TGの取り込みは、運動中は筋肉で高く、安静時には脂肪組織で高いと報告している。このように組織により食餌や運動に対するLPL活性の応答に違いがあることから、血中TGの除去に関しては、体組織全体のTG除去速度から考えるのが妥当であろうが、その解釈は慎重にする必要がある。

最後に、肝臓および小腸から血中へのTG分泌速度をTriton法¹⁵⁾で測定した。その結果、実験1では両群間で有意な差が認められなかったが、実験2では対照群に比べて運動群が有意に低値を示した。

Triton WR-1339は血中TGの取り込みに重要な役割を果たしている各組織の機能的LPL活性を選択的に抑制し⁵⁾、投与3時間後まで血中TG濃度を直線的に増加させる¹⁵⁾ことが明らかにされている。そしてこれまでに、TG分泌速度は体重や血中インスリン濃度と有意な正相関を示し¹⁸⁾、普通食に蔗糖を加えた高炭水化物食を給餌すると高まる^{17) 23) 27)}ことが知られている。そして、自発ランニングは、普通食に蔗糖を加えておこった高TG血症をTG分泌速度の増加を抑えることで抑制する^{23) 27)}だけでなく、肥満ラットや正常ラットのTG分泌速度を低下させる²²⁾ことが報告されている。

本研究では食後約10時間の空腹時にTG分泌速度の測定を行ったので、主に肝臓からのVLDL-TG分泌速度を反映している²⁵⁾と考えられるが、実験2から、血清TG濃度に差が見られなくともTG分泌速度は運動群が対照群より低値を示すことが明らかにされた。また、実験1で両群間に差が認められなかったのは、運動群の自発ランニング量が1日平均走距離で約3kmと少なかったためではないかと考えられる。

Table 4. Effect of voluntary running activity on TG secretion rate

Group	Serum TG level (mg/100ml)		TG secretion rate (mg/hr/rat)
	TGO	TG120	
Experiment I			
Sedentary	207.9 ± 10.9	1158.5 ± 31.1	58.5 ± 2.3
Exercised	198.0 ± 8.0	1134.6 ± 24.8	58.3 ± 3.8
Experiment II			
Sedentary	277.9 ± 19.0	1567.8 ± 50.9	80.2 ± 4.1
Exercised	264.5 ± 20.9	1204.1 ± 49.8*	50.7 ± 2.7*

Values are means ± SE for 6 rats.

* Significantly different from Sedentary ($p < 0.01$).

以上のことから、自発ランニングは加齢に伴う脂肪組織重量の増加を抑えることが明らかにされた。また、血中TG濃度やTG除去速度に差が見られなくとも、肝臓および小腸からのTG分泌速度は抑えられるが、それはランニング開始時期やランニング量に影響されることが示唆された。

要 約

本研究は自発ランニングが血清TG濃度に及ぼす影響を、SD系雄ラットを用いて検討したものである。

実験1では9週令より、実験2では6週令より、運動群と対照群に分け、1日2回の間欠給

餌で個別に飼育し、運動群には暗期に自発ランニングを許した。また、飼育室は12時間の明暗サイクルとした。運動群と対照群に分けてから、実験1では3週間飼育後、実験2では5週間飼育後にTG除去速度をIntralipid法で測定した。さらに、TG除去速度測定の前1週間に、TG分泌速度をTriton WR-1339法で測定した。

結果は以下の通りである。

1. 飼育期間中の自発ランニング量は、実験1では約3 km/日、実験2では約10km/日であった。
2. 対照群に比べて運動群は脂肪組織の重量が少なかった。
3. 空腹期の血清TG濃度は対照群と運動群との間で有意差が認められなかった。
4. 末梢体組織によるTG除去速度は対照群と運動群との間で有意差が認められなかった。
5. 肝臓および小腸からのTG分泌速度は、実験1では対照群と運動群との間で有意差が認められなかったが、実験2では対照群に比べ運動群が有意に低値を示した。

以上の結果から、自発ランニングは脂肪組織重量の増加を抑えることが明らかにされた。また、血中TG濃度やTG除去速度に差が見られなくとも、肝臓および小腸からのTG分泌速度は抑えられるが、それはランニング開始時期やランニング量に影響されることが示唆された。

本稿を終わるに当たり、ご協力をいただいた本学部卒業生の林利幸君、芹沢さゆり（現在、林さゆり）さんに謹んでお礼申し上げます。

引用文献

- 1) Applegate, E. A., Upton, D. E., and Stern, J. D. Food intake, body composition and blood lipids following treadmill exercise in male and female rats. *Physiol. Behav.*, 28(5), 917-920, 1981.
- 2) Bagby, G. J., Johnson, J. L., Bennett, B. W., and Shepherd, R. E. Muscle lipoprotein lipase activity in voluntarily exercising rats. *J. Appl. Physiol.*, 60(5), 1623-1627, 1986.
- 3) Bagdade, J. D., Yee, E., Albers, J., and Pykalisto, O. J. Glucocorticoids and triglyceride transport: Effects on triglyceride secretion rates, lipoprotein lipase and plasma lipoproteins in the rat. *Metabolism*, 25(5), 533-542, 1976.
- 4) Borensztajn, J., Rone, M. S., Babirak, S. P., McGarr, J. A., and Oscai, L. B. Effect of exercise on lipoprotein lipase activity in rat heart and skeletal muscle. *Am. J. Physiol.*, 229(2), 394-397, 1975.
- 5) Borensztajn, J., Rone, M. S., and Kotlar, T. J. The inhibition in vivo of lipoprotein lipase (clearing-factor lipase) activity by Triton WR-1339. *Biochem. J.*, 156, 539-543, 1976.
- 6) Carlson, L. A., and Rossner, S. A methodological study of an intravenous fat tolerance test with intralipid[®] emulsion. *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 29, 271-280, 1972.
- 7) Cohen, J. C., Noakes, T. D., and Benade, A. J. S. Postprandial lipemia and chylomicron clearance in athletes and in sedentary men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, 443-447, 1989.
- 8) Deshaies, Y., Arnold, J., and Richard, D. Lipoprotein lipase in adipose tissues of rats running during cold exposure. *J. Appl. Physiol.*, 65(2), 549-554, 1988.
- 9) Deshaies, Y., Richard, D. and Arnold, J., Lipoprotein lipase in adipose tissues of

- exercise-trained, cold-acclimated rats. *Am. J. Physiol.*, 251, E251-E257, 1986.
- 10) Fletcher, M. J. A colorimetric method for estimating serum triglycerides. *Clin. Chim. Acta*, 22, 393-397, 1968.
 - 11) Gavin, L. A., Cavalieri, R. R., Moeller, M., McMahon, F. A., Castle, J. N., and Gulli, R. Brain lipoprotein lipase is responsive to nutritional and hormonal modulation. *Metabolism*, 36(10), 919-924, 1988.
 - 12) Kuwajima, M., Foster, D. W., and McGarry, J. D. Regulation of lipoprotein lipase in different rat tissues. *Metabolism*, 37(6), 597-601, 1987.
 - 13) Mondon, C. E., Dolkas, C. B., Tobey, T., and Reaven, G. M. Causes of the triglyceride-lowering effect of exercise training in rats. *J. Appl. Physiol.:Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 57(5) 1466-1471, 1984.
 - 14) Mondon, C. R., Dolkas, C. B., Sims, C., and Reaven, G. M. Spontaneous running activity in male rats: effect of age. *J. Appl. Physiol.*, 58(5)1553-1557, 1985.
 - 15) Otway, S., and Robinson, D. S. The use of a non-ionic detergent(Triton WR1339) to determine rates of triglyceride entry into the circulation of the rat under different physiological conditions. *J. Physiol.*, 190, 321-332, 1967.
 - 16) Reaven, G. M., and Reaven, E. P. Prevention of age-related hypertriglyceridemia by caloric restriction and exercise training in the rat. *Metabolism*, 30(10), 982-986, 1981.
 - 17) Reaven, G. M., Risser, T. R., Chen, Y-D. I., and Reaven, E. V. Characterization of a model of dietary-induced hypertriglyceridemia in young, nonobese rats. *J. Lipid Res.*, 20, 371-378, 1979.
 - 18) Robertson, R. P., Gavareski, D. J., Henderson, J. D., Porte, D., and Bierman, E. L. Accelerated triglyceride secretion. A metabolic consequence of obesity. *J. Clin. Invest.*, 52, 1620-1626, 1973.
 - 19) Rodnick, K. J., Reaven, G. M., Haskell, W. L., Sims, C. R., and Mondon, C. E. Variations in running activity and enzymatic adaptations in voluntary running rats. *J. Appl. Physiol.*, 66(3), 1250-1257, 1989.
 - 20) Sady, S. P., Cullinane, E. M., Saritelli, A., Bernier, D., and Thompson, P. D. Elevated high-density lipoprotein cholesterol in endurance athletes is related to enhanced plasma triglyceride clearance. *Metabolism*, 37(6), 568-572, 1988.
 - 21) Savard, R., and Greenwood, M. R. C. Site-specific adipose tissue LPL responses to endurance training in female lean Zucker rats. *J. Appl. Physiol.*, 65 (2), 693-699, 1988.
 - 22) Simonelli, C., and Eaton, P. Reduced triglyceride secretion: a metabolic consequence of chronic exercise. *Am. J. Physiol.*, 234(3), E221-E227, 1978.
 - 23) Suzuki, M., Satoh, Y., and Hashiba, N. Effect of voluntary running exercise on hypertriacylglycerolemic effect of sucrose in relation to its feeding timing in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 29, 663-670, 1983.
 - 24) Tan, M. H., Bonen, A., Garner, J. B., and Belcastro, A. N. Physical training in diabetic

- rats: effect on glucose tolerance and serum lipids. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 52(6), 1514-1518, 1982.
- 25) Terjung, R. L., Budohoski, L., Nazar, K., Kobryn, A., and Kaciuba-Uscilko, H. Chylomicron triglyceride metabolism in resting and exercising fed dogs. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 52(4), 815-820, 1982.
- 26) Terjung, R. L., Mackie, B. A., Dudley, G. A., and Kaciuba-Uscilko, H. Influence of exercise on chylomicron triacylglycerol metabolism: plasma turnover and muscle uptake. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15(4), 340-347, 1983.
- 27) Zavaroni, I., Chen, Y.-D. I., Mondon, C. E., and Reaven, G. M. Ability of exercise to inhibit carbohydrate-induced hypertriglyceridemia in rats. *Metabolism*, 30(5), 476-480, 1981.
- 28) 山本 章, 稲垣正男: 一過性の持久性遊泳運動が血清 Triacylglycerol 濃度に及ぼす影響. 静岡大学教育学部研究報告自然科学篇, 35, 77-84, 1984.