

Isotonic training の効果の考察

木 戸 喜 一 幸 山 彰 一

training の効果については、次のようなことが考えられる。

1. 神経と筋の協調
2. 同一仕事量における酸素消費量
3. 最大酸素摂取量
4. 心臓拍出量, 心拍数, 血圧
5. 換 気 量
6. 血 中 乳 酸 量
7. 回 復 時 間
8. 熱 放 散
9. そ の 他

本実験では、酸素消費量を主とし、効率を考察する補助手段として、筋電図を併用してみた。

Hettinger と Müller (Arbeitphysiol. 5 : 111—126, 1953) Müller と Rohmert (Int. Z. angew. physiol. arbeitphysiol. 19 : 403—419, 1963) は、筋力トレーニングに関する研究で新生面を開いた。

1日、6秒の最大筋力の2/3の isometric muscle contraction が筋力を増大させうるということである。これは、臨床医学の分野に大きな刺激を与えた。これは、興味をもって討議され、更には、体育生理学の分野で、スポーツマンのトレーニングに強い影響を及ぼした。

Clarke, David H. は、isometric の仕事量と酸素必要量との間に一定関係を見出している。

しかし、一般的に身体トレーニングを重ねる時、中程度の負荷の仕事遂行では、効率が高くなるということが報告されている。

本実験においては、3週間（日曜を除く）のトレーニングであり、その間に筋繊維の著明な肥大や毛細血管の発達は考えられない。従って、筋持久力の明確な改善はないものと思われる。

しかし、もし、酸素摂取量の点で同一仕事量に対して差が現れてくるならば、それは効率の向上という点でとらえられるであろう。これは、また、筋電図の上で何らかの形で現れるものであろうと考えて行なった。

方 法

実験に用いた負荷は、25kgのバーベルを15回、肩の高さから上挙する、いわゆる、Stand Press である。これは、サーキット、ウエイト・トレーニングの基本的な種目である。

この負荷率は、被験者各個人の最大筋力の40%から90%に相当した。

酸素消費量の決定のための呼気採集は Douglas bag を使用した。筋電図は上腕二頭筋を中心として三角筋・大胸筋・広背筋・僧帽筋上部を記録した。

これらの測定と記録は、日本光電 Multipurpose polygraph を使用したが、心拍数は、Stand Press 終了と同時にNEC日本電気 Heart rate telemeter の recorder へ切換え記録させた。

gas sample は Scholander gas analyzer を使用し、酸素摂取量を求めた。

本実験の被験者は、金沢大学教養部の健康な男子バレーボール部員8名であり、トレーニングを積んだ者（以下、鍛練者と呼ぶ）6名と、トレーニング未経験者（以下、非鍛練者と呼ぶ）2名である。

被験者の体格は表Iに示した。

表 I 被 験 者 体 格 表

被験者	年 令	身 長(m)	体 重(kg)	体表面積(m ²)	負荷率(%)
1	18	1.65	62	1.69	75
2	18	1.73	63	1.76	90
3	19	1.73	66	1.69	60
4	19	1.74	60	1.74	80
5	19	1.63	57	1.62	60
6	19	1.68	60	1.70	60
7	20	1.83	71	1.94	75
8	23	1.65	70	1.79	40

1,2 は非鍛練者, 3-8 は鍛練者

バーベル上挙は、メトロノームを使用し、2秒に1回の割合で行なった。しかし、結果としては、37秒から25秒までの拡りをみた。

回復期採気は、5分間とした。これは、数回の予備実験の結果、例外なく5分以内で安静状態に戻ることを確めた上に定めたものである。なお、本実験においても、心拍数が安静時に戻っていることを確めた上、採気を打ち切った。

結 果 と 考 察

表 II 酸 素 消 費 量 変 化

	O ₂ con. (l)	O ₂ con.	R. M. R.
		Body Surface area(l)	
開 始 時	1.206	0.709	13.23
第 1 週 末	1.223	0.708	11.78
第 2 週 末	1.086	0.647	10.18
第 3 週 末	1.105	0.663	10.25

表 III 酸素消費量の鍛練・非鍛練グループ別変化

	O ₂ con. (l)	O ₂ con.		R. M. R.
		Body	Surface area(l)	
開始時	鍛	1.259	0.728	12.47
	非鍛	1.185	0.886	12.02
第1週末	鍛	1.237	0.712	11.42
	非鍛	1.217	0.737	11.90
第2週末	鍛	1.315	0.791	14.38
	非鍛	1.010	0.599	8.77
第3週末	鍛	1.319	0.762	14.24
	非鍛	1.034	0.590	8.92

実験開始時の最大筋力（上挙回数）と実験終了時の最大筋力との間に明瞭な差は見出せなかった。筋持久力の増大については、3週間のトレーニングでは差がなかったといえよう。

もし、数10回の上挙をしうる低い負荷率で実験を行なっていたら、あるいは、その間にトレーニングの結果による差が見出せたかもしれない。

上挙技術面から、トレーニング効果をみるならば、次のようなことがいえよう。

筋電図からは、

1. トレーニング初期においては、負荷率の高い被験者の間に、15回ブレスの10回目頃から波形に乱れがみられる。（図I参照）
2. これに比して、負荷率の小であった被験者8（40%）では、その波形には殆んど変化がみられなかった。（図IV, V, VI, 参照）
3. トレーニングの結果として、漸次、波形にまとまりがみられた。（図I, II, III,）
4. 特に負荷率の高い被験者程、この変化は著明にみられた。

以上のことを、酸素消費量の変化と併せ考える時、このEMGの波形変化は次のことを意味するものと思われる。

1. 実験開始時、負荷率の高い被験者のシャフトの軌跡は、ジグザクであったと思われる。
2. トレーニングの結果、最短距離を通る上下運動に近付き、物理的仕事量も小さくなったと考えられる。
3. この結果、酸素消費量も減少の傾向を示したものであろう。
4. 多くの筋群のEMGを記録していたら、他の使用筋の使用群の減少とか、筋群間の発電順位等も併せ考えることが出来たであろう。

酸素消費量については、

1. 3週間のトレーニングの結果、減少の傾向がみられた。
2. 第1週末と第2週末との間に、特に大きな減少傾向がみられた。
3. 鍛練グループでは、特に、この傾向は強かった。

4. 非鍛練グループでは、トレーニング開始時と終了時の間に差はみられなかった。

効率については、表IVを参照

仕事量という点では、前述の如く、実験開始時と第3週末では、厳密な意味で差があることは想像に難くない。

本実験では、15回の上挙であるから、10回目以後のシャフトのジグザクも、かなりの仕事量の増と考えられる。

表VIは、床上15cm（プレートの中央、シャフトの床上高）から鎖骨までの距離と、上腕長を実測して、仕事量を算出して、効率を計算したものである。

表IV 効率の変化(%)

	全 体 平 均	非鍛練グループ 平 均	鍛 練 グ ル ープ 平 均
開 始 時	18.59	18.27	18.70
第 1 週 末	18.94	19.79	18.66
第 2 週 末	22.22	17.81	23.69
第 3 週 末	22.85	17.44	24.66

1. 実験開始後、10日前後で効率の面からも大きな変化がみられた。
2. 非鍛練者グループでは、差がみられなかった。
3. 鍛練者グループでは、第1週末から第2週末にかけて、大きく効率上昇傾向がみられた。
4. 当然のことではあるが、体表面積当酸素消費量、R・M・R共に同様傾向がみられた。

本実験にあつては、負荷は中程度か、それ以下と考えてよい。この程度の負荷の場合、前述したように、トレーニングは、効率を上昇させる結果をみるが、この負荷が大きくなった時、どのような傾向をみせるものであろうか。

これは、サーキット・トレーニングの結果が、他種目、特殊競技種目への転移をもたらすものであるかという疑問解決への一端となるように思われる。

どの程度の負荷が許容限界であろうか。個人差が大きくあるものだろうか。

結 論

諸般の事情のため予定していた実験のすべては完了していない。中間報告という形で一部を報告した。

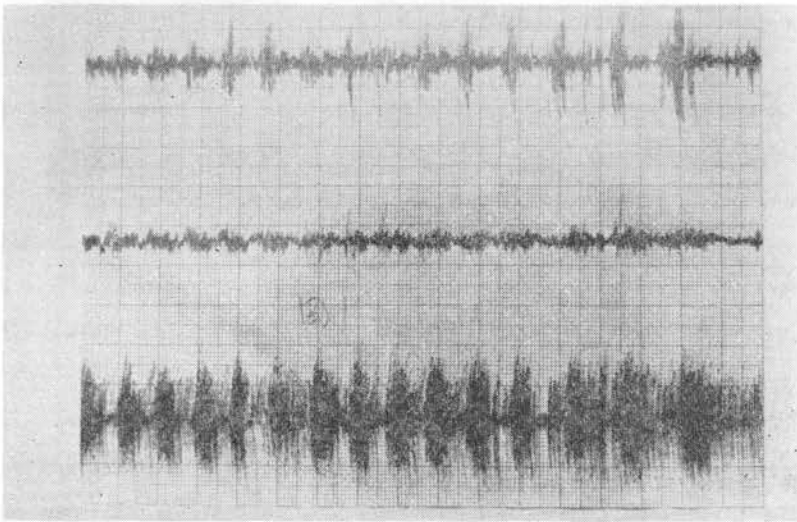
1. 酸素消費量 非鍛練グループでは、約3週間の上腕 **isotonic muscle contraction** では影響はみられなかった。
鍛練グループでは、減少傾向が著明にみられた。当然のこととして、R・M・Rも減少傾向を示した。

2. 筋電図 トレーニングの結果、波形にまとまりがみられ、開始時と終了時の波形の異りは減少した。
3. 効率 鍛練グループは上昇し、効率がよくなっているが、非鍛練グループでは変化がみれなかった。

今後 8 mm 映写機等を使うことによって、仕事量を再検討したい。

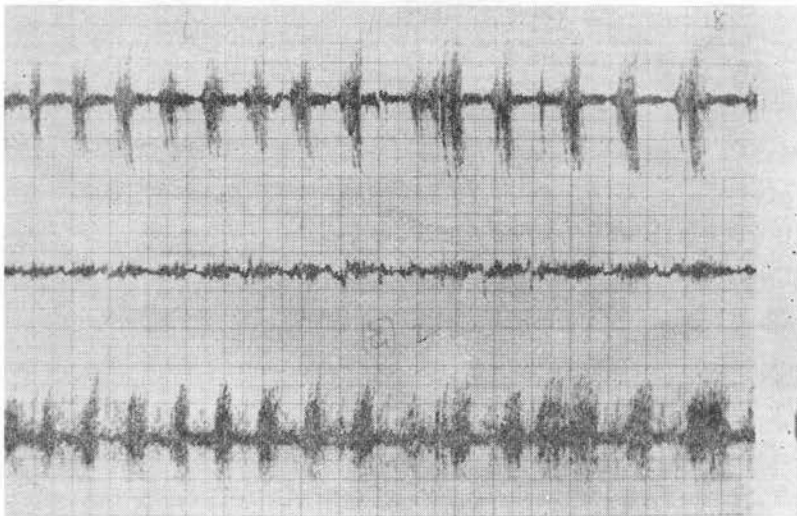
また、EMGを併用し、多くの筋群を測定し、その変動によって、効率上昇傾向の理由解明の手掛りとしたと考えている。

図 I 被験者 7 開始時 75% 負荷率

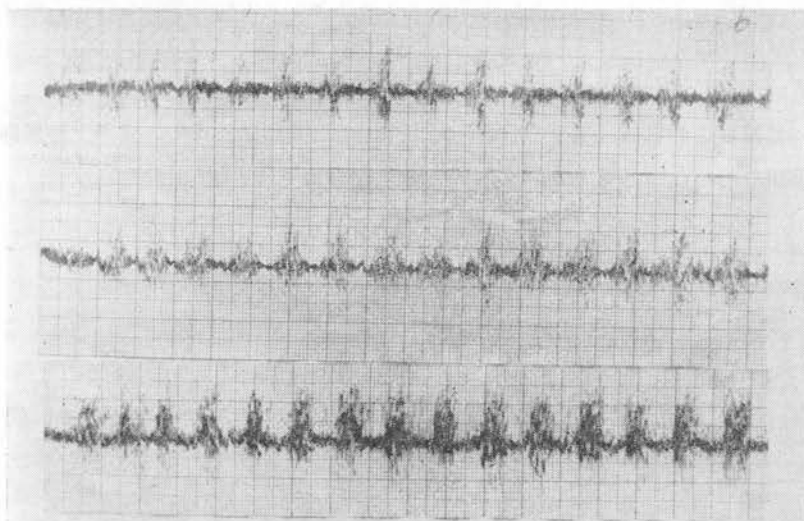


上より僧帽筋、大胸筋、上腕二頭筋、以下筋電図順は同じ

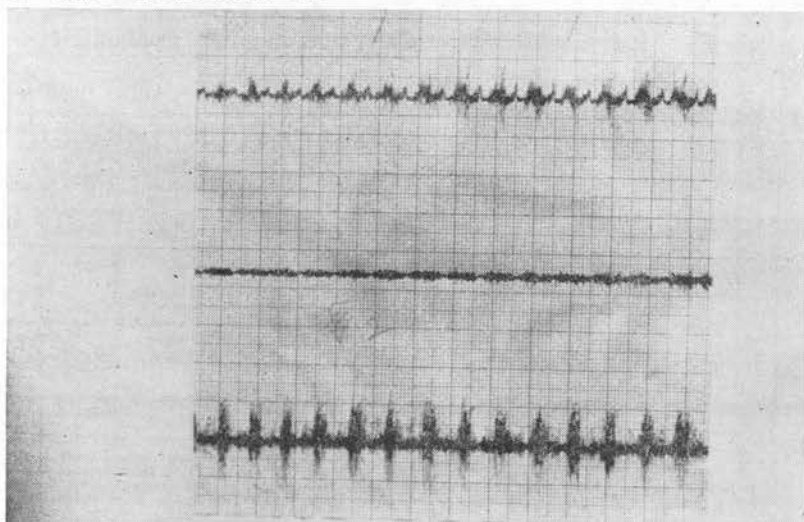
図 II 被験者 7 第 2 週末



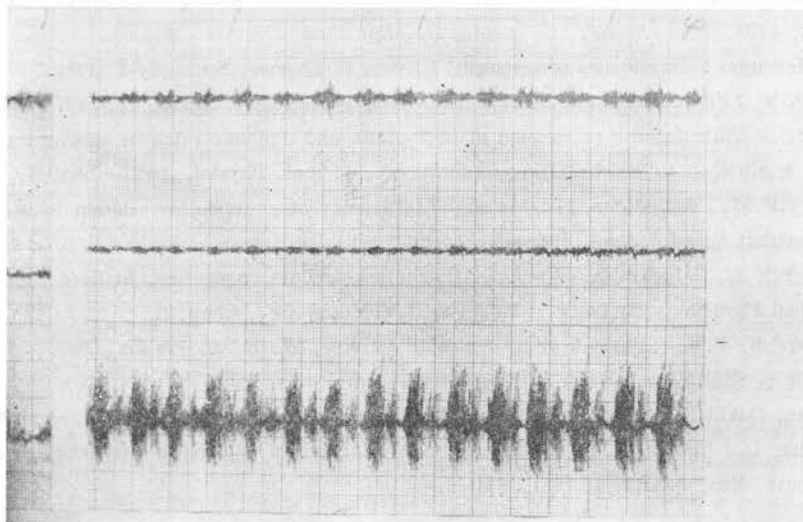
図Ⅲ 被験者7 第3週末



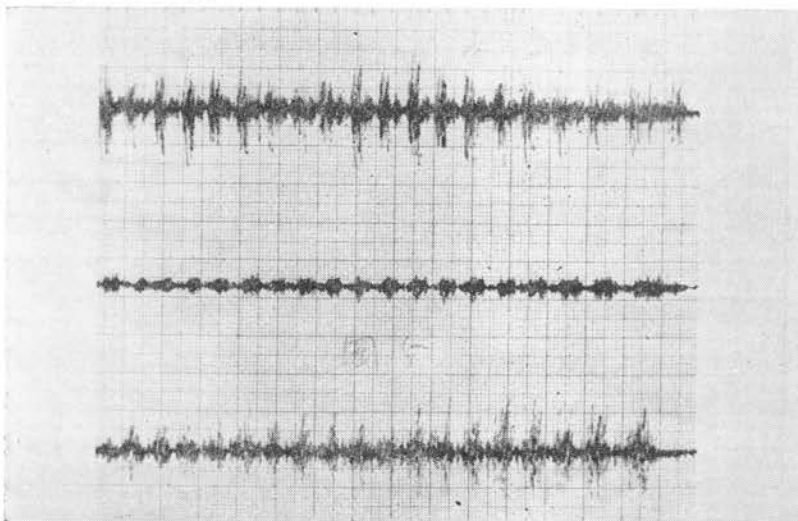
図Ⅳ 被験者8 第1週末負荷率40%



図V 被験8 第3週末



図VI 被験8 第3週末



参 考 文 献

1. Morehouse, L.E., & Miller, A.T. : Physiology of exercise, Mosby, New York, 1967.
2. Johnson, W.R. : Science and Medicine of exercise and sports, Harper and Row, New York, 1960.
3. Th.Hettinger : Physiology of strength, Charles C Thomas, Springfield, 1961.
4. Hill, A.V. : Production and Absorption of work by muscle, Science, 131 : 897—903, 1960.
5. Starr, I. : Units for the expression of both static and dynamic work in similar terms, and their application to weight lifting experiments, J. Appl. Physiol., 4 : 21—29, 1951.
6. Henry, F.M., & DeMoor, J. : Metabolic efficiency of exercise in relation to work load at constant speed, J. Appl. Physiol., 2 : 481, 1950.
7. Zierler, K.L. : Mechanism of muscle contraction and its energetics. In Bord, P., editor : Medical Physiology, St. Louis, 1961, The C.V. Mosby Co., Chap. 55.
8. Karpovich, P.V. : Physiology of muscular activity, W. B Sanders Co., 1959.
9. 児玉俊夫, 猪飼道夫, 石河利寛, 黒田善雄共著, スポーツ医学入門, 南山堂
10. Clarke, David H. : Energy cost of isometric exercise, Res. quart., 31 : 3—6, 1960.
11. Brouha, L., Fradd, N.W., & Savage, B.M. : Studies in physical efficiency of college students, Res. quart., 15 : 211, 1944.