

Development of The Physical Exercise Prescription System for Training Gym in Our University

Keishi TANAKA and Hideo SASAHARA

Abstract

The purpose of this study is to develop the system of physical exercise prescription for training gym in our university. By using polynomial regression analysis, relationships between percent of once repetition maximum and maximal repetition times in muscular exercise were determined. Optimal exercise loads for each subjects are calculated on the basis of their estimated maximal muscular strength. The difference between calculated load and real weight of training machine are adjusted by increasing or decreasing repetition times.

All data are handled and data-based by "File Maker Pro" for Macintosh computer system. After measurements, it is possible that each subjects get their training prescription in a few minutes. From these results, it can be concluded that our physical exercise prescription system will contribute for health and physical fitness of our university students and stuffs.

体育館トレーニングルームにおける 運動処方システムの開発

田 中 啓 之
笹 原 英 夫

は じ め に

本学体育館トレーニングルームは平成5年4月よりその運用を開始した。しかしながら、体力トレーニングを行なう機器は導入されたものの、それらを活用するためのハードウェア（測定機器）、ソフトウェア（体力評価ならびに運動処方作成プログラム）ともに未整備の状態である。

本研究は学生・教職員の健康増進、体力の向上を希求しつつ、限られた環境のなかで最良の運動処方システムを開発することを目的とする。

トレーニングの種類

ヒトの骨格筋の収縮は、エネルギー獲得機構の種類とその際の筋出力の高低との関係からフォックス（1982）により分類がなされ、さらに宮下（1980）によりそれぞれが以下の3通りに命名された。

- 1）ハイパワー：クレアチン磷酸（CP）の分解によるアデノシン三磷酸（ATP）の合成で高い出力を得るが短時間でエネルギー源が枯渇する。
- 2）ローパワー：酸素の利用による ATP の合成で出力は低いが長時間の運動ができる。
- 3）ミドルパワー：グリコーゲンの分解による ATP の合成で出力、持

持続時間ともにハイパワーとローパワーの中間の特性を持つ。

ヒトが最大努力下の運動を行った時、それぞれの関係は Sasahara たち (1988) によってモデル化されている (図 1)。

以上 3 種類の運動を自転車エルゴメータを用いて行う場合、体力測定モードがそれぞれの自転車エルゴメータ (コンビ社製エアロバイクならびにパワーマックス V) に宮下 (1986) の理論に基づいた内蔵プログラムとして備わっているため、それらが利用できる。

ハイパワーの中でもウェイト・トレーニング・マシンやフリー・ウェイトを用いたトレーニングを行う場合、本学には筋力測定機器が設備されていない。そこで、ウェイト・トレーニング種目そのものを最大努力下で繰り返すことにより、対象者のその種目における最大筋出力を推定し、適切な負荷値を決定する方法を開発した。

ウェイト・トレーニングに関する負荷算出の考え方

〈1 RM の推定〉

最大努力下の筋力発揮時における負荷と動作の反復回数との関係はマトヴェイエフ (1985) や松尾 (1972) の報告がある。マトヴェイエフの報告

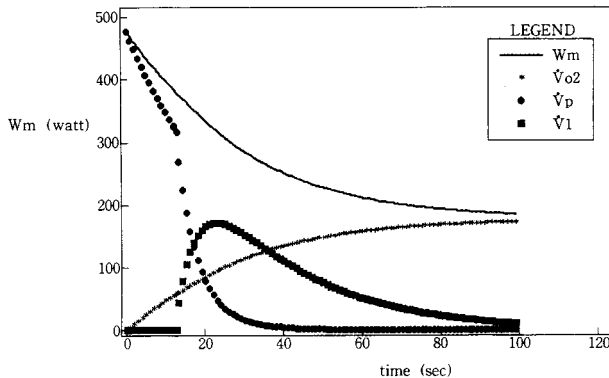


図 1 最大努力下運動中の総仕事量 (Wm), 酸素消費 (Vo2), CP 分解 (V1), 解糖 (V1) の変動 Sasahara et. al. (1988)

が松尾のものに対して反復回数が高めになっていることの理由としては、彼の被検者の多くが旧ソビエト連邦のオリンピック代表選手であることによると考えられる。よって、本研究では一般スポーツ選手を対象とした松尾のデータに着目した(表1)。

Percent of one Repetition Maximum (1回のみ挙上可能な最大重量に対する負荷の百分率, 以下% of 1 RM) と最高反復回数との関係では最高反復回数に幅が存在する。そこでその幅の最小値, 最大値, 中央値と% of 1 RM との関係が多項式回帰した。その結果, 中央値を3次回帰したモデルにもっともよい Fit が得られた (Fig. 2)。なお, その際の次数の決定は AIC (Akaike's Information Criteria: 1973) によるものである。得られた式は以下の通り。

$$\text{Est. \% of 1 RM} = 102.89 - 2.9119 \cdot \text{RT} + 3.19e^{-2} \cdot \text{RT}^2 - 3.5399e^{-5} \cdot \text{RT}^3$$

($r=0.999$)

ここで, RT : Repetition Times

〈負荷重量の決定〉

トレーニングのねらいが, 筋力重視か, 速さ重視かによって, 推定された RM の90%~40%の負荷重量を4段階にわたって算出した。

〈1セットの反復回数の決定〉

表1 負荷重量と最高反復回数およびその主たる効果
松尾 (1972)

% of 1RM	最高反復回数	期待できる主な効果
100	1	集中力
90	3~6	
80	8~10	筋肥大
70	12~15	
60	15~20	持久力: 最大敏速に行なえばパワートレーニング
50	20~30	
33	50~60	

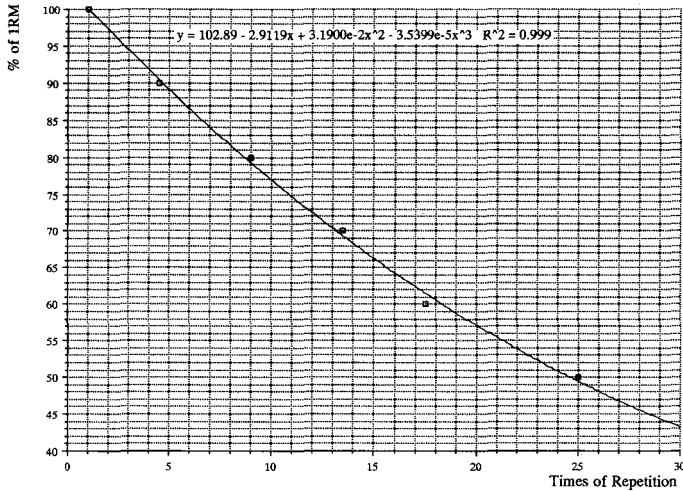


Fig. 2 Relationships Between Repetition Times and Percent of Maximal Load

算出された各々の負荷重量における最大反復回数の90%～45%を対象者のトレーニング水準によって4段階に分け、算出した。

〈反復回数の補正〉

算出された負荷重量はトレーニング・マシンの重りの値とは必ずしも一致しない。そこで両者の差は反復回数を補正する事によって補った。反復回数 Rep と % RM との関係は $1 \leq \text{Rep} \leq 25$ のとき、

$$\text{Rep} = 46.786 - 0.46714 * \% \text{RM} \quad (r=0.986)$$

で簡易に1次回帰できる。

最大反復回数に対する実際の反復回数を % Rep とすると負荷重量の差 Wdf (%) によって反復回数の増減 IncDec は以下の式で与えられる。

$$\text{IncDec} = -0.46714 * \% \text{Rep} * \text{Wdf}$$

ここから反復回数の増減の目安を導いた。

データ処理の手続き

図3に示す測定用紙を作成した。対象者は本学体育教員より十分な説明を受けた後、トレーニングのねらいが筋力重視なのか、スピード重視なのか、また現在のトレーニング水準がどの程度なのかを記入する。さらには皮下脂肪厚を測定することにより Nagamine (1964) の式より身体脂肪率を推定する。その際、皮下脂肪厚は測定方法と測定者の熟練度による誤差があるため、測定方法と測定者名を記録しておく。

広島経済大学体育館トレーニング・ルームのための体育研究室方式による
トレーニング・メニュー作成シート

測定日 19____年____月____日 所属_____

フリガナ_____

氏名_____男・女 19____年____月____日生まれ (歳)

トレーニングの目標: 筋力←□□□□→速さ (□を√印でチェック)

トレーニングレベル: 高い←□□□□→低い (現在のレベル)

体重_____kg 皮下脂肪厚: 上腕背部 _____mm 測定者: _____
肩甲骨下部 _____mm

種 目 名	重量(kg)	回数	種 目 名	重量(kg)	回数
ローイング(腕)			シットアップ		
ローイング(上半)			アーム・カール(右)		
プル・ダウン			アーム・カール(左)		
レッグ・レイズ			リスト・カール(右)		
多目的(上右)			リスト・カール(左)		
多目的(上左)			リスト・エクステンション(右)		
多目的(下右)			リスト・エクステンション(左)		
多目的(下左)			ベンチ・プレス		
レッグ・エクステンション			スタンディング・プレス		
レッグ・カール			スクワット		
フライ			その他		
カーフ・レイズ					
レッグ・プレス					
ショルダー・プレス					
インクライン・プレス					

自転車エルゴメータ・テスト(体力測定モード)

エアロ・バイク:

PWC75%HRMax評価値 _____ワット

最大酸素摂取量推定値 _____リットル/分

持久トレーニング目標値 _____ワット

減量トレーニング目標値 _____ワット

パワー・マックス:

最大無酸素パワー _____ワット

ハイパワー・トレーニング _____ワット

ミドルパワー・トレーニング _____ワット

図3 測定用紙

測定日 93.10.20 (水) 所属

ふりがな 氏名

性別 ☐ 女 ☒ 男 生年月日 74.1.24 (木) 体重 67 年齢 19

皮下脂肪厚: 上腕背部 11 mm 肩甲骨下部 10 mm 皮脂厚: 測定者

掲載する点は 高さ ☐ 90 ☒ 70 ☐ 50 ☐ 40 一階
トレーニング水準 高さ ☐ 90 ☒ 75 ☐ 60 ☐ 45 一階

新規 印刷 削除 終了 使い方 その他

重量	回数	重量	回数		
ローイング (腕)	63	11	ショルダー・プレス	63	11
ローイング (上体)	72	20	インクライン・プレス		
プル・ダウン	54	13	シットアップ		
レッグ・レイズ			アーム・カール (右)		
多目的 (上右)	37	6	アーム・カール (左)		
多目的 (上左)	37	5	リスト・カール (右)	12	15
多目的 (下右)	27	6	リスト・カール (左)	12	12
多目的 (下左)	27	7	リスト・エクステンション (右)	7	9
レッグ・エクステンション	63	14	リスト・エクステンション (左)	7	13
レッグ・カール	58.5	20	ベンチ・プレス		
フライ	50	10	スタンディング・プレス		
カーフ・レイズ	120	20	スクワット		
レッグ・プレス	36	13			
PWC	73		最大無酸素パワー	758	
VO2Max	1.6		ハイパワー・トレーニング	6.1	
持久トレーニング	66		ミドルパワー・トレーニング	3.7	
減量トレーニング	47				
体脂肪率	14.127741016	脂肪量	9.4655864809		
除脂肪体重	57.534413519	身体密度	1.06694		

図 4 入力画面

カラーボタンについて

新規 をクリックすると、新しいデータの入力状態になります。

印刷 をクリックすると、現在表示されているデータが印刷されます。

削除 をクリックすると、現在表示されているデータが永遠に消え去ります。

終了 をクリックすると、このプログラムが終わります。

その他の項目 をクリックすると、一覧表にない項目を入力できます。

入力について

- ・入力カーソル | が点滅している項目は数値を入力してください。
- ・生年月日は西暦で入力してください。 例) 72.5.5
- ・性別、トレーニングレベルは、該当する○印をクリックしてください。
- ・所属は入力ボタンをマウスで押すと一覧表がでます。該当する所属名へマウス・カーソルをドラッグしてください。

[入力画面へ](#)

図 5 ヘルプ画面

注) ディスプレイ上ではそれぞれのボタンは色分けされている。

自転車エルゴメータを用いたハイパワー、ミドルパワー、ローパワーについてはそれぞれに内蔵されたコンピュータより出力された結果、評価、トレーニング負荷値を記録する。

ウェイト・トレーニングについてはこの中で任意の種目を選び、それらがある重量の下で何回繰り返すことができたのかを記録していく。

データの処理は File Maker Pro for Macintosh を用いて入力、演算、トレーニング・メニューの出力をおこなうと共にデータ・ベース化した。図4に入力画面を示す。処理専用のコンピュータ・セット (Macintosh LC III) を体育館2階の体育教員控室に設置した。体育教員控室はトレーニング・ルームに近接しているため、迅速な処理が可能である。また、柳川研究室、笹原研究室共に本システムは稼働しているため、大量の処理を分散することができる。

經文太郎

93.10.20 (水) 作成

		種目	重量	月	日	回数	セット数													
腕屈		ローイング腕	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		フル・ダウン	54	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		アーム・カール 右		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		アーム・カール 左		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
腕伸		ショルダー・プレス	59	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		ベンチ・プレス		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		インクライン・プレス		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		スタンディング・プレス		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
腕その他		多目的「上右」	30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		多目的「上左」	30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		多目的「下右」	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		多目的「下左」	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
手屈		リスト・カール 右	13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		リスト・カール 左	12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
手伸		リスト・エクステンション 右	8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		リスト・エクステンション 左	7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
肩		フライ	45	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		シット・アップ重量		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
腰筋		シット・アップ回数		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		レッグ・レイズ回数		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
背筋		ローイング上体	88	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		スクワット		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
脚伸		レッグ・プレス	38	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		レッグ・エクステンション	85	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
脚屈		レッグ・カール	72	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		カーフ・レイズ	147	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
足伸				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
その他				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
持久力	エアロバイク																			
	持久力 負荷	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
筋持久力	重量 負荷	47	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	パワーマックス																			
筋持久力	ハイパワー 負荷	6.1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	ミドルパワー 負荷	3.7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

各種目の1セット毎の反復回数は10回を標準とする。その際、実際の負荷重量が±5%を超える場合は回数を±2回増減し、±10%を超える場合は±4回増減する。

図6 トレーニング・メニューの一例

コンピュータに不慣れなオペレータでも容易に操作できるようにテン・キー入力以外は、コマンドのボタン化によるマウスのシングルクリックのみで基本操作ができるようにすると共に使用方法に関するヘルプ画面を用意した(図5)。トレーニング・メニューの出力の一例を図6に示す。対象者は測定終了後、数分後にメニューを受け取ることができ、以降、トレーニングを実施した日付とその内容を記録し、全て記録が埋まった時点で再度測定を行うことになる。

システムの運用状況

本システムは3カ月間の試用期間を経て、平成5年5月より稼働し、11月末日までの7カ月の間に延べ206人の利用があった。内訳としては運動部々員181名、一般学生22名、教職員3名である。

運動部の利用が多いことは彼らのニーズを本システムが満たしているものと考えられる。この点に関しては彼らの体力の推移が競技力の向上にどのような貢献をもたらしたのかを今後調査する必要があると考えられる。

また、一般学生に関しては絶対数は少ないものの本システムの稼働後、その数は徐々にではあるが増加の傾向を示している。彼らの特徴としては運動部には所属してはいないものの、自分自身の健康問題に関しては多大な関心を持っていることがあげられる。すなわち、運動部がクラブ単位で測定を行なうのに対して、一般学生は自発的にわが研究室を訪れ、しばしば、大いに質問をした後、測定を行なうことから、その動機づけの高さが推察される。

教職員の例数が少ない理由としては彼ら自身、なかなか時間がとりにくいことと共に本システムの存在自体を知らないことが考えられる。この点に関しては今後、広報、普及活動を進める必要があると考えられる。

今後の展望

本システムが今後順調に稼働を続けることによって、本学の学生、教職

員の健康維持, 体力増進に大いに貢献するものと期待できる。

トレーニング・ルームを雨天時に正課の体育実技時間内に使用したところ, 多くの学生がはじめはトレーニングと聞くといやな顔をしたものの, 実際に行なうと, それは決して苦しいものではなく, むしろ快い身体活動であることに気づき, 大いに楽しみ, 授業終了後も半数以上が続行を希望することしばしばであった。すなわち, 「トレーニング」という言葉の持つイメージがあまりにも悪いようである。このことに関して, 我々は授業等を通じて, 苦しいだけの従来のトレーニングとは異なるシステムがあることを教えていかなければならない。

今後の課題としては, 広報活動を行ない, より多くの本学関係者の関心を引きつけると共に, より簡易な測定方法の開発を行ない, 誰もが気軽に利用できるシステムを構築する必要があると考えられる。すなわち, 測定データ件数が増えた段階で各種目間の相関をとり, 少ない種目数で全ての種目に関する適切な負荷を算出する方法を検討したい。

文 献

- 1) Akaike, H.; Information theory and an extension of the maximal likelihood method principle. *International Symposium on Information Theory*. Ed. by Petrov, P. N. and F. Csaki, Akademiai Kiado, Budapest, 267-281. 1973.
- 2) Sasahara, H., et. al.; Anaerobic power output during strenuous exercise. *Olympic Scientific Congress Proceedings*. 3-243, 1988.
- 3) Nagamine, S., et. al.; Anthropometry and Body Composition of Japanese Young Men and Women. *Human Biol.* Vol.36: 8-15, 1964.
- 4) フォックス, E., 渡部和彦訳: スポーツ生理学. 大修館書店, 1982.
- 5) 松尾昌文: 体力トレーニングの方法. *学校体育* 25 (3) - (5). 1972.
- 6) マトヴェイェフ・レフ・パウロウィチ, 江上修代訳, 川村 毅監修: ソビエトスポーツ・トレーニングの原理. 214, 白帝社 1985.
- 7) 宮下充正: トレーニングの科学. 講談社 1980.
- 8) 宮下充正, 他: 一般人・スポーツ選手のための体力診断システム, ソニー企業, 1986.