

静的瞬発握力発揮時の増張力局面における発揮パターンの
再現性と力-時間変数の信頼性の検討

出村 慎一¹⁾ 山次 俊介²⁾ 南 雅 樹³⁾
長澤 吉 則⁴⁾ 北 一 郎⁵⁾ 松澤 甚三郎⁶⁾

EXAMINING REPRODUCIBILITY OF FORCE-EXERTION PATTERN AND
RELIABILITY OF FORCE-TIME PARAMETERS IN THE DEVELOPMENT
PHASE DURING STATIC EXPLOSIVE GRIP EXERTION

SHINICHI DEMURA, SHUNSUKE YAMAJI, MASAKI MINAMI, YOSHINORI NAGASAWA,
ICHIRO KITA and JINZABURO MATSUZAWA

Abstract

The evaluation of muscular power function has been mainly limited to dynamic contraction, but force-time parameters in static explosive contraction may be useful. The purpose of this study was to examine the trial-to-trial differences of exertion pattern and the reliability of the force-time parameters in the development phase of static maximal explosive grip (SEG) using seventy healthy young male subjects (age 18.8 ± 2.3 yr). In SEG measurement, subjects were instructed to exert maximal isometric force with a dominant hand as fast and forcefully as possible. Data was collected from two trials with 3 minutes rest between trials. Eleven variables (time to fixed level, average force, integrated area, maximal rate of force development, and equivalent for mechanical power parameter) were selected as force-time parameters.

The reliability of maximal grip strength (MAX) was very high ($ICC=0.944$, $p<0.05$). In the above-stated instruction condition, the trial-to-trial difference expanded from 0.1- 0.4 sec, then reduced in the vicinity of MAX during SEG exertion. Significant differences, however, were not found at any exertion time and reproducibility of SEG exertion pattern was very high between the two trials. The trial-to-trial reliability in all force-time parameters was significant ($ICC=0.346-0.878$, $p<0.05$).

Reliability of the parameters measuring the earlier phase (about 0.1-0.5 sec) was low or moderate ($ICC<0.7$), while reliability of the parameters measuring the MAX vicinity tended to be high. The MAX relationship to force-time parameters in the MAX vicinity is high, but is low or moderate for the other parameters. It was suggested that the force-time parameters in the vicinity of MAX in SEG exertion might be useful for evaluating static power function in a clinical setting.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1999, 48 : 493-500)

key words : force-time parameter, static explosive grip, reliability

¹⁾ 金沢大学教育学部
〒920-1164 石川県金沢市角間町

²⁾ 福井工業高等専門学校
〒916-8507 福井県鯖江市下司町

³⁾ 金沢美術工芸大学
〒920-8656 石川県金沢市小立野

⁴⁾ 秋田県立大学短期大学部
〒010-0444 秋田県南秋田郡大湯村

⁵⁾ 東京都立大学理学研究科身体運動科学専攻
〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1

⁶⁾ 福井医科大学
〒910-1104 福井県吉田郡松岡町下合月

Kanazawa University, Faculty of Education Kakuma-machi, Kanazawa, Ishikawa (920-1164)

Fukui National College of Technology, Geshi-cho, Sabae, Fukui (916-8507)

Kanazawa College of Art, Kodatsuno, kanazawa, Ishikawa (920-8656)

Akita Prefectural College of Agriculture, Ohgata-mura, Minamiakita-gun, Akita (010-0444)

Department of Exercise and Sports Science Tokyo Metropolitan University, 1-1, Minami-Ohsawa, Hachioji, Tokyo (192-0397)

Fukui Medical School, Simoaitsuki Matsuoka, Yoshida, Fukui (910-1104)

I. 緒 言

瞬発的な静的筋力発揮において、仮に最大筋力発揮値(MAX)は同じであっても、MAXに到達するまでの発揮過程(増張力局面)に個人差が存在することが明らかにされている¹⁻⁶⁾。名取ら^{4,5)}はこの増張力局面⁷⁾の個人差に着目し、力-時間関係から瞬発的な筋力の評価指標を提案している。これまで静的瞬発筋力は、外部への仕事量が0であるため瞬発力の概念から除外されてきた。しかし、金子は「瞬発力は非常に短い時間に爆発的にエネルギーを発揮する能力」⁸⁾と定義し、瞬発力を仕事量の有無で規定するのではなく、発揮の素早さと大きさの二つの要素による筋機能として捉えている。この広義の定義に従えば、仕事量が0であっても、静的瞬発筋力発揮の増張力局面に瞬発力が大きく関与し、瞬発力の指標として、静的瞬発筋力が有効と考えられる。また、力学的に仕事量が0である静的な筋力発揮においても、筋収縮初期の局面では増張力性収縮という短縮⁷⁾がみられ、動的な筋力発揮と類似した筋収縮局面が存在すると考えられる。名取の研究以降、瞬発的な静的筋力発揮過程に着目した研究は数多くあり、力-時間曲線の発揮特性^{1,9,10)}、性差¹¹⁾、年齢差^{12,13)}、発揮条件差^{3,14-16)}、及び指示条件差^{17,18)}などが検討されている。その中で、静的瞬発筋力の評価の試みは、内野ら⁵⁾による追試やWalabiesら¹⁰⁾による力-時間評価変数の提案などにより行われている。しかし、提案された評価変数の妥当性や信頼性などの検討は十分になされておらず、実用的な指標として確立するには至っていない。

一般的な握力発揮では、最大握力値のみが注目されるが、静的瞬発握力の点から瞬発力を捉えようとする場合、増張力局面の発揮力量が問題とされる。増張力局面はMAXに到達するまでの短時間であるが、Caldwellら¹⁸⁾は発揮指示条件によりMAXや発揮パターンに差異が認められることを明らかにしている。しかし、各指示条件の発揮パターンの再現性については検討されておらず、同じ指示条件「一気に素早く」最大握力を発揮し

た場合、試行差の出現局面や発揮パターンの再現性は十分検討されていない。

本研究の目的は、一気に最大握力を発揮した場合、つまり静的瞬発握力発揮(SEG発揮; Static Explosive Grip 発揮)における増張力局面の発揮パターンの試行差、及び力-時間曲線から選択した変数の信頼性を検討し、いかなる局面、及び変数が静的瞬発握力の指標として有効かを示唆することである。

II. 方 法

1) 被験者

被験者は上肢に障害を持たず、且つ検者の指示条件を十分に理解し、握力発揮が可能な青年男子70名(年齢 18.8 ± 2.32 歳, 身長 172.2 ± 5.74 cm, 体重 64.8 ± 7.15 kg)であった。被験者の体格特性は、同年代の全国標準値¹⁹⁾とほぼ同等であった。各被験者には実験の目的・手順を十分に説明し同意を得た後、実験を行った。

2) 実験装置

握力計は、ストレインゲージ式デジタル握力計(ヤガミ:ED-D 100 R)を用いた。デジタル握力計からの握力発揮信号はA/D変換され、接続ケーブル(RS-232C)を介してパソコン(富士通:FMR-50 HE 3)に1/10秒毎に取り込まれた。SEG発揮に対する被験者の動機づけを高めるために、取り込まれたデータは即時に力-時間波形としてパソコン画面に表示し、被験者が発揮過程を確認できるようにした。なお、実験プログラムはBASIC言語を用いて作成し、解析に用いる握力発揮データは発揮終了と同時にパソコンにセーブするように設定した。また、データ解析はFORTRAN言語を用いて行った。図1は本研究の実験システムの概略を示している。

3) 実験手順

握力測定は、文部省の測定方法に準拠した。すなわち、被験者は握力計を大腿の横に自然に垂らした立位姿勢で握力発揮を行い、握力計を身体につけたり、振らないように注意した。全ての被験者がSEG発揮条件について十分説明を受けた後、SEG発揮を3分程度の休憩を挟んで2試行行っ

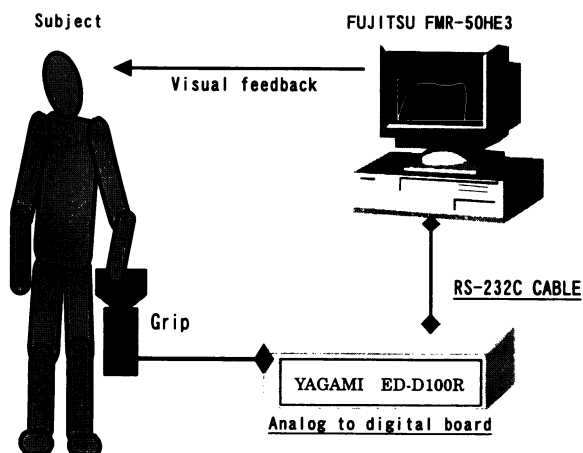


Fig. 1. The schema of data acquisition instrumentation used in this study.

た。被験者には、SEG 発揮に際して「パソコンの発信音の合図とともに一気に素早く最大握力を発揮する」ように指示した。実験は利き手でを行い、握り幅は、各被験者に対して各試行ごとに基節・中節関節が90度になるように調節した。利き手の判定については、Oldfield²⁰⁾が作成した利き手調査(Handedness inventory)を実施した。

4) 力-時間変数

握力発揮特性変数として最大握力値(MAX)を記録した。名取ら^{4,5)}は瞬発的筋力の評価指標として、MAX 到達前の増張力局面におけるアナログ信号の力-時間曲線から、時間軸を対数変換して力- $\log(t)$ 関数を導出した。本研究では握力発揮信号をA/D変換して記録し、名取らが着目した増張力局面を捉える力-時間変数を先行研究^{1~6,9~17,21)}及び理論的妥当性を考慮して11変数を選択した。図2はSEG発揮評価変数のいくつかを握力発揮波形に重ねて図示している。評価変数は(1)到達時間、(2)平均発揮力量、(3)一定時間までの力積、(4)最大増加量、及び(5)力学的パワー相当量の5つに類型される。(1)はMAXに到達するまでの時間(T-MAX)、及びMAXの90%に到達するまでの時間(T-90%)、(2)はMAXまでの力積をT-MAXで除した値(IntMAX/t)、MAXの90%までの力積をT-90%で除した値(Int90%/t)、及びMAXの25%から

75%までの力積をそれに要した時間で除した値(IntFT/t)、(3)は握力発揮開始から1秒間の力積(Int1s)、及び2秒間の力積(Int2s)、(4)はMAXに到達するまでの最大増加量(DFmax)、及び最大増加量を得た時点の発揮値(Vmax)、及び(5)は力学的パワーの定義(力×速度)に相当する変数として、 $MAX \times (MAX/T - MAX)$ 、 $MAX90\% \times (MAX90\%/T - 90\%)$ 、すなわち $MAX^2/T - MAX$ 、及び $MAX90\%^2/T - 90\%$ であった。先行研究において(Chengalurら¹⁴⁾、Gilbertら¹⁵⁾、Walamiesら¹⁰⁾、MAXをMAX到達時間で除した変数を発揮速度変数として利用されてきており、本研究では $MAX/T - MAX$ 、 $MAX90\%/T - 90\%$ を到達速度と仮定して算出した。なお、本研究における力積(Integrated area)は、記録された握力発揮波形に囲まれた面積で、発揮値を取り込む時間毎に一定区間まで加算することにより求めた。また、平均発揮力量は当該区間の力積を到達時間で除算することにより算出した。

5) 解析方法

解析は、SEG発揮の増張力局面における発揮パターンの類似性を検討するために、1/10秒毎に握力発揮値の平均値を算出し、2試行間の差を対応のあるt検定により検定した。SEG発揮における試行間の違いを検討するために、各被験者の2試行間の発揮値の差(試行差平均)を絶対値に換

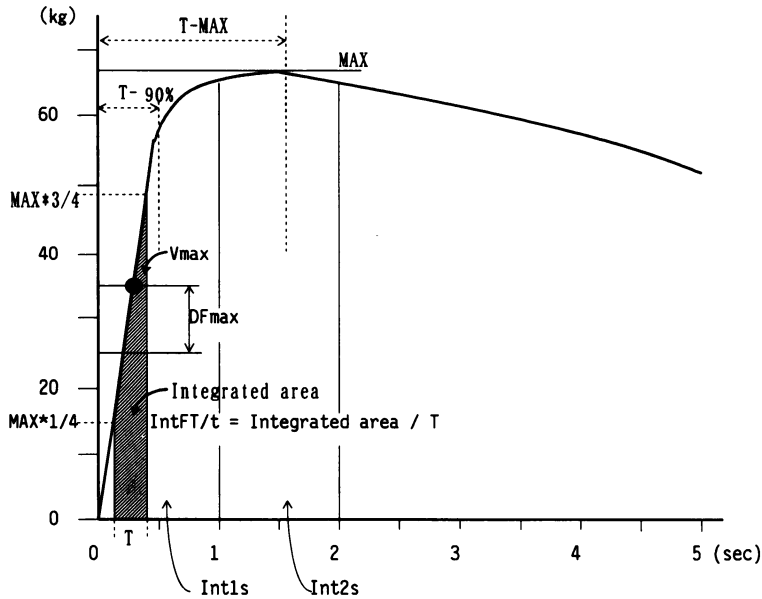


Fig. 2. The schema of force-time parameters for SEG.

Note : MAX, maximal grip strength ; T-MAX, time to reach MAX, T-90% , time to reach 90% of MAX ; IntMax/t, average force to reach MAX, Int90%/t, average force to reach 90% of MAX, IntFT/t, average force from 25% of MAX to reach 75% of MAX ; Shaded area shows the integrated area from 25% of MAX to reach 75% of MAX ; Int1s, from the onset of exertion to 1 sec, Int2s, from the onset of exertion to 2 sec ; DFmax, maximal rate of force development during 0.1 sec, Vmax, force at maximal rate of force development ; $MAX^2/T-MAX$, $MAX90\%^2/T-90\%$; equivalents for mechanical power parameter.

算して1/10秒毎に算出した。信頼性は級内相関係数(ICC)より検討した。本研究の有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結 果

図3はSEG発揮の典型例として、同一被験者の2試行を示したものである。SEG発揮の発揮パターンは握力発揮開始直後から一気にMAXに向けて増加し、MAX付近から緩やかな曲線を描いている。また、2試行の波形はほとんどの被験者においてほぼ同じ発揮パターンを示している。

図4は1/10秒毎に算出した平均握力発揮値をもとに描いた握力波形に1/10秒毎の試行差平均(全被験者の平均値)を重ねたものである。なお、試行差は試行間の発揮値の差を絶対値に換算して算出した。試行差平均はSEG発揮0.1~0.4秒後に拡大し、MAX到達付近(MAX90%~)で小さくなった。

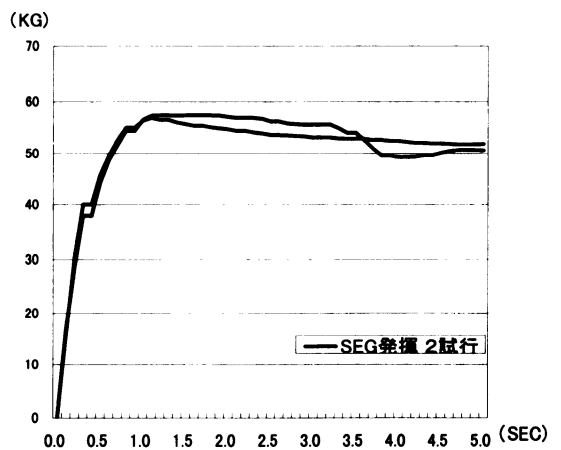


Fig. 3. Typical force-time curves for SEG in the same subject.

表1は、握力発揮開始から2秒間の握力発揮値について1/10秒毎に試行間の差の検定結果を示している。いずれの時間においても有意差は認め

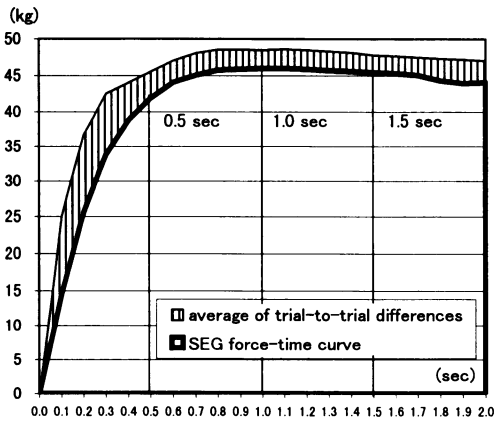


Fig. 4. Average force-time curve and average of trial-to-trial differences for SEG.

られなかった。

表 2 は本研究で選択した評価変数(力-時間変数)について, 力-時間変数の信頼性(ICC:級内相関係数), 及び試行間の差の検定結果を示している. MAX の信頼性は高かった(ICC=0.944). SEG 発揮の力-時間変数はすべての変数において有意な級内相関係数(ICC=0.396~0.878)が認められ, Int 2 s(ICC=0.878)が最も高かった. 平均値の差の検定の結果, 試行差は MAX²/T-MAX を除く, いずれの変数にも有意差は認めら

Table 1. Mean and SD of every 0.1 sec on the force-time curve and reliability between two trials for SEG (n=70).

	1st		2nd	
	Mean	SD	Mean	SD
0.1 sec	14.5	12.50	14.5	12.57
0.2 sec	24.5	14.37	25.6	13.58
0.3 sec	32.7	12.84	33.8	11.62
0.4 sec	38.5	8.20	38.8	9.51
0.5 sec	42.0	6.97	41.9	8.38
0.6 sec	43.7	7.30	44.1	7.50
0.7 sec	45.0	7.70	45.1	7.54
0.8 sec	45.7	7.75	45.8	7.62
0.9 sec	46.1	7.86	45.9	7.63
1.0 sec	46.3	8.09	46.0	7.75
1.1 sec	46.4	8.28	46.0	7.83
1.2 sec	46.4	8.38	45.9	7.84
1.3 sec	46.1	8.69	45.7	7.91
1.4 sec	46.0	8.76	45.6	7.95
1.5 sec	45.9	8.74	45.4	7.95
1.6 sec	45.7	8.80	45.3	7.92
1.7 sec	45.5	8.83	45.1	7.91
1.8 sec	45.4	8.85	44.3	8.80
1.9 sec	45.3	8.85	44.0	9.40
2.0 sec	45.1	8.82	44.1	8.46

Note: no significant difference at any time.

れなかった. また, SEG 発揮における MAX と力-時間変数との相関係数を算出した(表 2). 力

Table 2. Mean difference of trials (1st and 2nd), trial-to-trial reliability, and correlation between force-time parameters and MAX

parameter	unit	1st trial		2nd trial		t-test t-value	r	Reliability ICC	MAX × SEG
		Mean	SD	Mean	SD				
MAX	(kg)	47.5	7.90	47.0	7.54	1.67	945	944 *	—
T-MAX	(sec)	1.2	0.56	1.2	0.64	1.15	647	639 *	100
T-90%	(sec)	0.4	0.21	0.4	0.24	1.25	413	410 *	322 *
IntMAX/t	(kg)	381.4	76.19	374.1	76.01	1.01	697	695 *	821 *
Int90%/t	(kg)	293.6	76.96	281.6	81.53	1.16	433	431 *	613 *
IntFT/t	(kg)	258.5	64.77	268.9	62.82	1.23	400	399 *	596 *
Int1s	(kg·sec)	379.0	74.31	381.6	72.51	0.37	690	687 *	692 *
Int2s	(kg·sec)	836.7	147.13	833.0	136.90	0.44	881	878 *	918 *
DFmax	(kg)	14.7	5.96	14.8	6.62	0.10	402	396 *	273 *
Vmax	(kg)	31.3	8.96	31.5	8.65	0.17	525	521 *	273 *
MAX ² /T-MAX	(kg ² /sec)	223.0	95.51	260.6	148.56	2.29 *	454	422 *	491 *
MAX90 ² /T-90%	(kg ² /sec)	579.4	483.95	620.6	396.60	0.75	489	477 *	223

Note: ICC and r were multiplied by 1000, *: p<0.05. See Fig. 2 for force-time parameters.

Shaped portions show correlations over 0.5.

MAX×SEG: The correlation between MAX and SEG parameters.

一時間変数において試行間の平均値に差がほとんど認められなかったので、解析には2試行目の値を用いた。SEG 発揮における MAX と力一時間変数との間には T-MAX, 及び $MAX 90\%^2/T-90\%$ を除く変数に有意な相関係数(0.273~0.918)が認められた。

IV. 考 察

静的な瞬発筋力は外部への仕事量は0であり、力学的パワーの定義(力×速度)により評価されてきた瞬発力とは区別されてきた。しかし、金子の「瞬発力は非常に短い時間に爆発的にエネルギーを発揮する能力」との広義の定義⁸⁾に基づけば、SEG 発揮における最大握力(MAX)に到達するまでの局面(増張力局面)の力量が瞬発力と深く関係しており、瞬発力の指標となり得ると考えられる。垂直跳びや立ち幅跳びのような運動成就を手がかりとする動的な瞬発筋力の測定は、測定値に体格要因や技術的要因が関与するという問題点がある。また、等速性筋力測定器を利用すれば、高い精度で瞬発筋力の測定が可能であるが、この機器は高価で測定技術を必要とする。これに対して、本研究で用いた握力計を利用しての静的な瞬発筋力の測定は測定姿勢や動作を規定しやすく、また、体格要因や技術的要因の問題もほとんどなく、非鍛練者や体力レベルの低い者(e. g. 疾病・傷害から回復過程にある者)においても実施可能で、実用性が高い。さらに、握力計は安価で、携帯性に優れるという利点がある。一般に静的筋力はMAXにのみ着目し、その発揮過程(発揮パターン)にはほとんど関心が向けられなかった。そこで、我々は瞬発力を評価する局面である増張力局面において、握力を一気に(瞬発的に)発揮する過程の再現性はどの程度かを検討した。SEG 発揮の波形は名取らの報告⁴⁾と類似した波形を示し、MAX 到達付近から急激に緩やかな曲線を示した。本研究の結果より、発揮値の増加が緩やかになる局面はMAXの約90%であることが示唆された。Caldwellら¹⁸⁾は指示条件が明確ではない場合、発揮パターンは被験者自身の発揮戦略に委ねられる傾向にあり、再現性が低くなるが、明確な

指示条件を与えた場合、試行間で増張力局面に類似した発揮パターンが得られたと報告している。これは本研究でも確認された。Bembenら¹¹⁾は最大握力発揮には、ゆっくりと徐々に最大握力を発揮する様式と一気に素早く最大握力を発揮する様式があり、前者は、徐々に発揮することによって、より多くの筋線維を動員するように発揮するのに対し、後者は、一気に発揮することによって、張力レベルが増加する際、サイズの原理により閾値の低い運動単位から活動に参加(trade-off)し、閾値が高かったものから順に発射活動を停止する(drop-out)ことを最小限に止め、より多くの運動単位で集中的に発揮することを示唆している。SEG 発揮は指示条件から後者の発揮戦略をとるために発揮過程が規定されると推測される。SEG 発揮の平均試行差は約0.5秒から小さくなる傾向にあった。0~0.4秒までの区間では平均試行差が大きく、類似性が低いと考えられる。SEG 発揮において0.5秒の時点はMAXの約90%に到達している局面であり、この局面での類似性が高いと推測される。

Bembenら¹¹⁾は握力をゆっくりと徐々に発揮した場合より一気に力強く発揮した場合のMAXが大きいと報告している。これに対し、Caldwellら¹⁸⁾は「一気に力強く発揮する」、「徐々に力を発揮する」、「5秒間力強く握り続ける」の3条件におけるMAXを比較し、前者二つの指示条件間には差が認められなかったが、「5秒間力強く握り続ける」の条件では前者二つの指示条件よりも有意に大きいMAXを発揮したと報告している。また、出村ら¹⁷⁾は一気に発揮した場合と任意に発揮した場合、MAXに有意差は認められなかったと報告している。指示条件の違いがMAXに及ぼす影響について見解の相違がみられるが、いずれの報告においても指示条件による発揮パターンの違いが力一時間変数に反映されるという結論に至っている。今後、指示条件の違いが静的瞬発握力に及ぼす影響を検討する必要があると考えられる。

SEG 発揮の各変数の信頼性は、MAXでは0.9以上の級内相関係数であったが、力一時間変数で

はInt2sを除き、中程度以下($ICC < 0.7$)の信頼性であった。SEG発揮の力-時間変数の力量にしてMAX90%からMAXまで、時間にして0.5秒から2秒間の局面を捉える変数の信頼性は高かった。先行研究において静的瞬発握力発揮の力積(5秒間)の信頼性はいずれも高いと報告されている(Helliwelら⁹⁾、Walemiesら¹⁰⁾。本研究における力積に関する変数は、先行研究より若干低い値であったが、これは変動の大きいMAX到達付近までを中心に捉えている(Int1s)ことによると推測される。また、Walemiesら¹⁰⁾はMAXをMAX到達時間で除算した評価変数の信頼性は低い($r = 0.38$)と報告している。本研究ではMAX²/T-MAX、MAX90%²/T-90%が類似した変数と考えられるが、Walemiesらが示した信頼性に比べやや高かった($r = 0.454, 0.489$)。これは、評価変数が異なっていたこと、及びWalemiesらの場合では男女混みにして解析していたことなどによると推察される。Teepleら¹³⁾はGrip rateに関する変数の信頼性は0.43~0.73と年齢段階によって幅広いことを報告している。本研究と同年齢段階の信頼性は本研究のDFmax、Vmaxにおける信頼性と同程度であった。

SEG発揮におけるMAXと力-時間変数との関係は、IntMAX/t、Int1sのようなMAX到達付近を捉える変数において比較的高かった(0.613~0.918)。Clarkeら²⁾は瞬発的な握力発揮におけるMAXと増張力局面の変数との関係を検討し、指数関数式から算出した増加速度変数とMAXとの相関係数は-0.028と低かったと報告している。本研究ではMAXとDFmax及びVmaxとの間に有意な相関係数が認められたが、他の変数に比べ低かった(0.273, 0.273)。したがって、握力発揮初期局面(約0.1~0.4秒)の収縮速度を示す変数(DFmax, Vmax)とMAXの関係はそれほど高くはないと考えられる。また、MAX到達付近を捉える変数(IntMAX/t, Int1s, 及びInt2s)以外の変数は、MAXとの関係が中程度以下であったことから、これらの変数は最大握力と異なる筋機能を反映していると推察された。

本研究では、対象を青年男性として静的瞬発握

力発揮の発揮パターンや力-時間変数の信頼性を検討したが、これらの結果の性差、年齢差などを検討する必要がある。さらに、今後、静的瞬発握力の評価方法を確立するために、評価変数の信頼性、相互間の関係、評価変数と筋電図の関係、及び動的な瞬発力との関連性などの検討が必要であろう。また、Gravelら²²⁾は、静的筋力発揮における到達時間は筋の長さによるところが大きいことを指摘しており、到達時間に関する変数について、その他の部位との関連を検討し、発揮特性の相違を検討する必要性が示唆される。さらに、静的瞬発握力の評価方法に限らず、脚筋力や上腕屈曲力の評価方法の検討も必要と考えられる。

V. ま と め

本研究は瞬発的な最大握力を発揮(SEG発揮)する際の発揮パターンの再現性を検討し、いかなる局面の発揮パターン、及び変数が有効であるかを明らかにすることを目的とした。SEG発揮の増張力局面における発揮パターンは試行間で類似しており、再現性の高い傾向が窺えた。力-時間変数の信頼性は発揮パターンの試行差平均が小さい局面(0.5~1.0秒)を示す変数、つまりIntMAX/t, Int1s, 及びInt2sにおいて比較的高く、MAXとの関係も高かった。その他の変数の信頼性は中程度以下で、MAXとの関係もそれほど高くなかった。以上より、SEG発揮において再現性が高い局面における力-時間変数から瞬発力を評価する可能性が示唆された。

(受理日 平成11年5月31日)

参 考 文 献

- 1) Byrd R., Jenness M. E. Effect of maximal grip strength and initial strength on contraction time and on areas under force-time curves during isometric contraction. *Ergonomics.*, (1982), **25**, 387-392.
- 2) Clarke D. H. The correlation between strength and the rate of tension development of a static muscular contraction. *Int. Z. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol.*, (1964), **20**, 202-206.
- 3) Hakkinen K., Alen M., Komi P. V. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human

- skeletal muscle during strength training and de-training. *Acta. Physiol. Scand.*, (1985), **125**, 573-585.
- 4) 名取礼二, 五十島長太郎, 坪田修三, 馬詰良樹, 倉田博, 柳本昭人, 森下芳郎, 山本直道, 石井令三, 等尺性強縮時の張力時間関係からみた筋力指標について. *体力科学*, (1970), **19**, 75-85. Natori, R., Isojima, C., Tsubota, S., Umazume, Y., Kurata, H., Yanagimoto, A., Morishita, Y., Yamamoto, N., Ishii, R. On some indicators of the capability to exert muscle force of human body from the stand point of the time course of tension development of isometric tetanus. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.* (1970), **19**, 75-85.
 - 5) 名取礼二, 倉田博. 都市生活者の運動能力の特性—中高年者の運動能力を中心として—. *体力科学*, (1973), **22**, 148-156. Natori, R., Kurata, H. Motor ability characteristics of the urban adults—especially that of middle and high ages. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.*, (1973), **22**, 148-156.
 - 6) 内野欽司, 佐藤誠治, 小倉貢, 岩下聡, 饒村清司, 中村靖. 名取の方法による運動選手の瞬発握力の解析. *体力科学*, (1974), **23**, 54-59. Uchino, K., Sato, S., Ogura, M., Iwashita, S., Niyomura, S., Nakamura, Y. Analysis of grip strength exertion of athletes according to natori's method. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.*, (1974), **23**, 54-59.
 - 7) 森谷敏夫, 根本勇. *スポーツ生理学*, 初版, 朝倉書店, 東京, (1994), 1-11.
 - 8) 金子公有. *パワーアップの科学—人体エンジンのパワーと効率—*, 初版, 朝倉書店, 東京, (1988), 1-63.
 - 9) Helliwell P., Howe A., Wright V. Functional assessment of the hand: reproducibility, acceptability, and utility of a new system for measuring strength. *Annals of the rheumatic diseases.*, (1987), **46**, 203-208.
 - 10) Walamies, M., Turjanmaa V. Assessment of the reproducibility of strength and endurance handgrip parameters using a digital analyser. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1993), **67**, 83-86.
 - 11) Bembem, M. G., Clasey J. C., Massey B. H. The effect of the rate of muscle contraction on the force-time curve parameters of the male and female subjects. *Res. Quart.*, (1990), **61**, 96-99.
 - 12) Bembem M. G., Massey B. H., Boileau R. A., Misner J. E. Reliability of isometric force-time curve parameters for men aged 20 to 79 years. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, (1992), **6**, 158-164.
 - 13) Teeple J., Massey B. Force-time parameters and physical growth of boys ages 6 to 12 years. *Res. Quart.*, (1976), **47**, 464-465.
 - 14) Chengalur S. N., Smith G. A., Nelson R. C., Sadoff A. M. Assessing sincerity of effort in maximal grip strength tests. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, (1990), **69**, 148-153.
 - 15) Gilbert J. C., Knowlton R. G. Simple method to determine sincerity of effort during a maximal isometric test of grip strength. *Am. J. Phys. Med.*, (1983), **62**, 135-144.
 - 16) Smith G. A., Nelson R. C., Sadoff S. J., Sadoff A. M. Assessing sincerity of effort in maximal grip strength tests. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, (1989), **68**, 73-80.
 - 17) 出村慎一, 長澤吉則, 島田茂, 郷司文男, 指示条件の違いによる握力発揮特性の差異について. *教育医学*, (1991), **36**, 306-310. Demura, S., Nagasawa, Y., Shimada, S., Goshi, F. Difference of grip strength exertion traits under two conditions: -with direction (exerted until maximal strength at a stretch) and without direction-. *J. Educ. Health Sci.*, (1991), **36**, 306-310.
 - 18) Caldwell L. S., Chaffin D. B., Dukes-Dobos F. N., Kroemer K. H. E., Laubach L. L., Snook S. H., Wasserman D. E. A proposed standard procedure for static muscle strength testing. *Am. Indu. Hygiene Asso. J.*, (1974) 201-206.
 - 19) 東京都立大学体育学研究室編, 日本人の体力標準値, 第4版, 不昧堂出版, 東京, (1989), 98-101.
 - 20) Oldfield R. C., The assessment and analysis of handedness: the edinburgh inventory. *neuropsychologia.*, (1971), **9**, 97-113.
 - 21) Milner-Brown H. S., Mellenthin M., Miller R. G. Quantifying human muscle strength, endurance and fatigue. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, (1986), **67**, 530-535.
 - 22) Gravel D., Richards C. L., Filion M. Influence of contractile tension development on dynamic strength measurements of the plantar flexors in man. *J. Biomechanics.*, (1988), **21**, 89-96.