

指標追従による筋力発揮調整能と瞬発握力測定値の関係

長澤吉則¹⁾, 出村慎一²⁾, 内山応信³⁾, 辛紹熙²⁾, 青木宏樹²⁾

Relationship between controlled force exertion by a computing sinusoidal target-pursuit system and explosive grip measurements based on dominant and non-dominant hands

Yoshinori Nagasawa¹⁾, Shinichi Demura²⁾, Masanobu Uchiyama³⁾,
Shin Souhi²⁾, and Hiroki Aoki²⁾

Abstract

Purpose: This study aimed to examine the differences in and relationship between controlled force exertion by a computing sinusoidal target-pursuit system and explosive grip measurements based on dominant and non-dominant hands in 20 male adults aged 19 to 20 years (mean = 21.4 ± 2.2 yrs).

Methods: Maximal grip strength was measured twice. Eight parameters derived from the force-time curve were selected to evaluate the developmental phase of muscle contraction. The subjects matched their submaximal grip strength to changing demand values, appearing with a sinusoidal waveform on the display of a personal computer. The subjects performed the controlled force exertion test three times with 1-min intervals (each trial lasted 40 s), after one practice trial. The total of the differences between the demand value and the grip exertion value for 25 s was used as an evaluation parameter.

Results: Explosive grip parameters, except for time to fixed level and velocity of force development, showed significantly higher values in the dominant hand. The controlled force exertion parameter showed significantly lower values in the dominant hand. The integrated area for 1 sec, integrated area for 5 sec, and average force significantly correlated with the controlled force exertion parameter in the dominant hand. None of the explosive grip parameters correlated with the controlled force exertion parameter in the non-dominant hand.

Conclusion: The controlled force exertion parameter relates to the integrated area parameters for explosive grip in the dominant hand and may be useful for evaluation while allowing for the effect of maximal grip strength. The controlled force exertion test measures a somewhat different ability than that measured by the explosive grip test in the non-dominant hand.

(Bull. RECCS. Akita Pref. Univ. 2008, 9: 9~18)

Key word: humans, adult, hand strength, psychomotor performance

¹⁾秋田県立大学総合科学教育研究センター
〒010-0195 秋田県秋田市下新城中野字街道端西241-438

²⁾金沢大学大学院自然科学研究科
〒920-1164 石川県金沢市角間町

³⁾金沢美術工芸大学
〒920-8656 石川県金沢市小立野5-11-1

Akita Prefectural University,
Research and Education Center For Comprehensive Science
Kanazawa University,
Graduate School of National Science & Technology
Kanazawa college of art

I. 緒言

人間の運動成就是、筋と神経系の機能の影響を強く受ける。日常の活動において最大能力を発揮することは極めて少ないことから、最大下の能力をいかに有効に持続的に発揮しうるかに注目することも重要であろう (Halaney & Carey, 1989)。随意動作機能は、巧みに、効率的に行う最大下の動作に主として関与する (Henatsch & Langer, 1985)。随意動作機能を測定する代表的なテストとして、指標追従動作 (aimed movement) のような、視覚情報に対して正確に手を操作するテストが挙げられる。大脳における「力量感覚」と「指標マッチング」といった情報フィードバックに伴う素早い判断や制御が要求される手足の運動や目と手の協調等、いわゆる局所の動作の成就是には、随意動作系の調整能力、すなわち筋力発揮調整能 (Controlled Force Exertion: CFE) が深く関与する (Henatsch & Langer, 1985)。CFEテストは各課題に応じて筋力発揮を調整する運動制御機能を評価する重要なテストの一つである。運動制御機能を円滑に発揮するには、中枢および末梢神経系からの情報が脳で統合され、各運動器官において動作が正しく調節される必要がある。ターゲットの動きに応じて筋の収縮と弛緩がスムーズに行われ、変動性が減少し、正確性が増す場合、運動制御機能に優れると解釈される (Brown & Bennett, 2002)。この運動機能を調節する能力は運動経験による学習によって後天的に獲得される。

Nagasawa and Demura (2002) は、最大下発揮での追従動作を研究し、パソコンに接続した握力計を用いてCFEの重要な構成要素であるグレーディング、スペーシング、タイミングを合理的・客観的に評価するための新しいテストを開発した。新しく開発したテストは信頼性が高く (Nagasawa, Demura, & Nakada, 2003)、追従動作およびペグボードテストとは異なる能力を測定し (Nagasawa, Demura, & Kitabayashi, 2004)、また高齢者の神経-筋機能テストとして妥当である (Nagasawa, Demura, Yamaji, Kobayashi, & Matsuzawa, 2000) ことが報告されている。

我々が開発したCFEテストは、刻々と変化する要求値との誤差を最小にするよう最大下の筋力を調整発揮することが要求される。特に、要求値から大きく逸脱した場合には、できる限り短時間で制御することが求められる。一方、代表的な筋力テストとして、握力が挙げられる。近年、計測技術の発達により、最大値のみならず時系列データにより、瞬発的な筋機能を捉える幾つかの変数が提案され、その再現性や変数間の対応関係が明らかにされている (Demura, Yamaji, Nagasawa, Sato, Minami, & Yoshimura, 2003)。特に、力の応答や発揮効率をより正確に捉えることが可能となっている。瞬発握力テストも、できる限り素早く最大まで握力を発揮すること、即ち、最大値のみならず到達時間、力積 (力の応答) や平均発揮力量、増加量 (発揮効率) に優れることが求められる。CFEの合理的な測定法を確立するために、CFEテストと瞬発握力テストによって捉えられる変数との対応関係を明らかにすることが必要であろう。

一般に、男性は女性よりも筋力に優れる (Nagasawa, et al., 2000)、手を利用する運動制御機能も利き側が優れる (Demura, Yamaji, Goshi, & Nagasawa, 2001)。瞬発握力に優れる者は神経支配の密度が高く、多くの運動単位を即座に動員でき、CFEを発揮する場合、その神経支配によってスムーズな筋力の調整発揮が可能と考えられる。これまで両変数間の対応関係について利き手・非利き手別に詳細に検討した報告はみられない。本研究では、先行研究の結果に基づき、瞬発握力 (力の応答や発揮効率) に優れる者ほどCFEに優れ、その様相は利き手と非利き手で異なると仮説した。

本研究の目的は、指標追従を用いて測定されるCFEテストと瞬発握力テストの両変数の利き手・非利き手間の差異および利き手・非利き手別の対応関係を明らかにすることを目的とする。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、19~29歳の健常な成人男性20名

(年齢 21.4 ± 2.2 歳、身長 172.3 ± 5.5 cm、体重 68.9 ± 11.9 kg)であった。Oldfield (1971) の調査により、全員右手が利き手と判断された。身長および体重は、同年齢段階の日本人の標準値(東京都立大学体育学研究室編, 1989)と比較して、ほぼ同様の値であった。全ての者が手首の傷害や上肢に特別な障害はなく、健康状態は良好であった。測定の前に、実験の目的や手順を十分説明した。このプロトコルは金沢大学の倫理委員会に承認され、全ての被験者から書面による同意を得た。被験者はいずれも以前に瞬発握力およびCFEテストを行ったことのない者であった。

2. 実験計画

被験者内計画を用いた。疲労の影響を排除するため、各被験者は4つのテスト条件(利き手と非利き手でCFEテスト、および瞬発握力テスト)を約30分の間隔で行った。測定順序の影響を考慮して被験者に対して特定の順序でランダムに割り当てた。

瞬発握力およびCFEの測定は、0~979.7N(99.9kg)の測定が可能で、 $\pm 2\%$ の測定精度をもつスメドレー型のデジタル握力計(GRIP-D5101; 竹井社製、東京、日本)で測定された。デジタル握力計からの握力発揮信号は、A/D変換後、RS-232Cデータ出力ケーブルからコンピュータに10Hzのサンプリング周波数で取り込んだ。

3. 測定装置と測定手順

瞬発握力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カー時間波形としてコンピュータ画面に表示し、被験者が発揮過程を確認できるようにした。握力測定は、文部科学省の測定方法に準拠した。すなわち、被験者は手首を屈曲と伸展の間の自然

1) 瞬発握力テスト

瞬発握力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カー時間波形としてコンピュータ画面に表示し、被験者が発揮過程を確認できるようにした。握力測定は、文部科学省の測定方法に準拠した。すなわち、被験者は手首を屈曲と伸展の間の自然

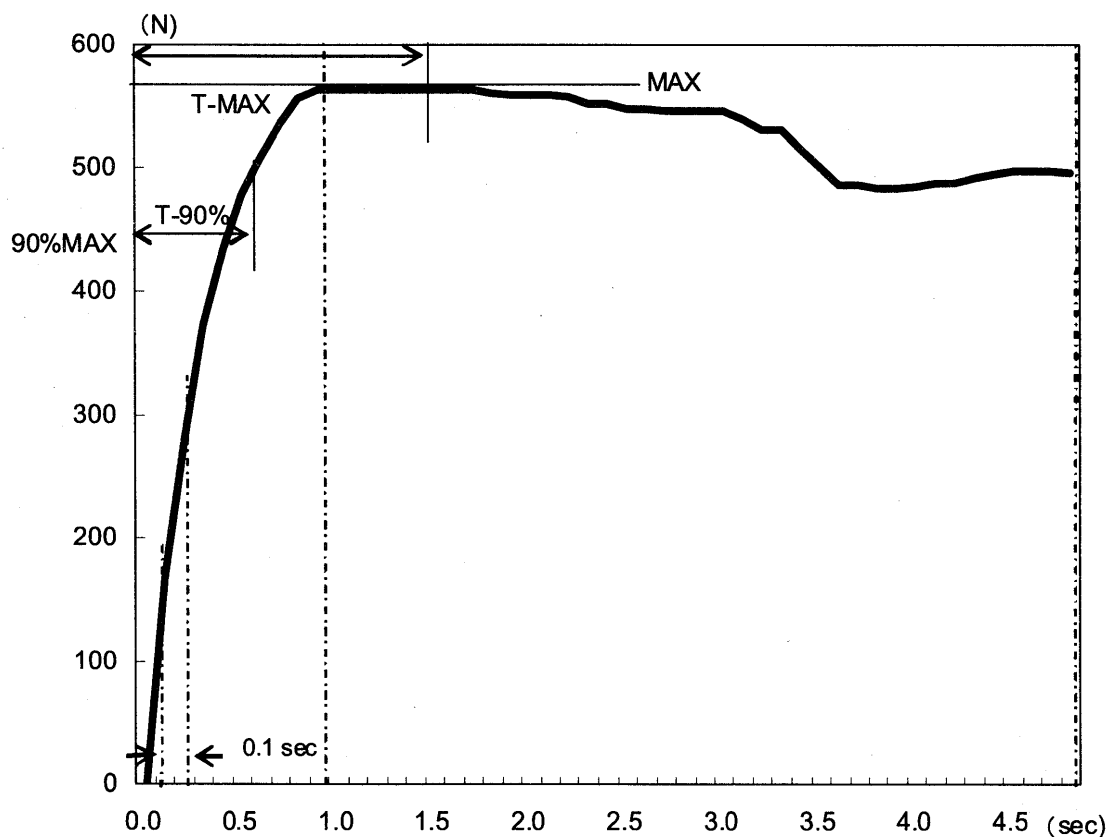


Figure 1. Force-time curve and parameters

Note.— Maximal grip strength (MAX); Time to reach the fixed level (T-MAX, T-90%); Average force (IntMAX/t, Int90%/t); Integrated area from the onset to the fixed time (Int1s, Int5s); Velocity of force development (MAX/t)

な位置にして直立し、肘を体幹の側に真っ直ぐ下ろした状態で握力発揮を行い、握力計を身体につけたり、振らないように注意した。全ての被験者が瞬発握力発揮条件について十分説明を受けた後、瞬発握力発揮を3分程度の休憩を挟んで2試行を行った。被験者には、瞬発握力発揮に際して「コンピュータの発信音の合図とともに一気に素早く最大握力を発揮し、開始5秒間それを維持する」ように指示した。実験は、利き手および非利き手で行い、実験の順番はランダムに配置した。把握部は、各被験者に対して試行ごとに基節・中節関節が90度になるように握り幅を調節した。

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(1970)および名取・倉田(1973)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(出村ら, 1999; Demura, et al., 2003)および理論的妥当性を考慮してMaxを含め8変数を選択した。図1は瞬発握力発揮評価変数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、および(4)発揮速度の4つに類型される。(1)到達時間はMaxに到達するまでの時間(T-Max)、およびMaxの90%に到達するまでの時間(T-90%)、(2)平均発揮力量はMaxまでの力積をMax到達時間で除した値(IntMax/t)、Maxの90%までの力積を90%Maxまでの時間で除した値(Int90%/t)、(3)一定時間までの力積は握力発揮開始から1秒間の力積(Int1s)、および5秒間の力積(Int5s)、および(4)発揮速度はMaxをMax到達時間で除した値(Max/t)であった。なお、本研究における力積は、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。1試行目と2試行目の平均値が分析のために利用された。

2) CFEテスト

本研究では、被験者がコンピュータ画面上に表示された要求値と握力の値の差異を最小にしながら握力発揮を行った。先行研究(Nagasawa & Demura, 2002)に基づき、波形の画面表示法を採用した。要求値と実際の握力値を同時に画面に出力した。実際の発揮値の変化は、要求値と同様に視覚的・空間的に時間とともに左から右への波形の変化として表示された。要求値は40秒の時間中、0.1Hzの周期で変動した。この変化の割合は、神経-筋系において最も容易に手本にされる(林, 1967; Meshizuka & Nagata, 1972)。図2は波形の画面表示法を示している。CFE測定装置については別途詳細に記されている(Nagasawa & Demura, 2002)。休憩は、疲労や事前のテストの影響を排除するため、十分に取った。測定条件は統一した。視覚の劣る人は、眼鏡をかけ、十分画面に直面し、何ら支障なく波形表示法の要求値を追従することが可能であることを確認し、測定を実施した。よって、個人の視覚が測定値に及ぼす影響はないと判断された。

各個人の体力や筋力は異なるので、絶対的要求値ではなく、相対的要求値を利用した。相対的要求値は最大握力の5~25%の範囲内で変動した。相対的要求値はスケール幅(握力)の違いが被験者間にみられるのにかかわらず、全ての被験者に全く同じ形の要求関数を示すように注意を払った。握力最大値の大小にかかわらず、相対的要求値は常にパソコンの画面上に一定の範囲を変動するようにソフトウェアのプログラムを設定した。本研究では要求値は周期的に変動する正弦波形を用いた(図2参照)。

把握部は、被験者が握りやすいと感じる幅に設定した。利き手による最大握力測定は各被験者に1分間の休憩を挟んで2回実施し、大きい値をその人の握力最大値とした(Nagasawa, et al., 2000; Nagasawa & Demura, 2002)。CFEテストは、練習1回後、各試行間に1分間の休憩を挟んで3回実施した。最大下の握力(握力最大値の5~25%)を持続的に発揮する以外、一般に行われている握力テストと同様の手順でCFEテストを行った(Walamies & Turianmaa, 1993; Skelton, Greig, Davies, &

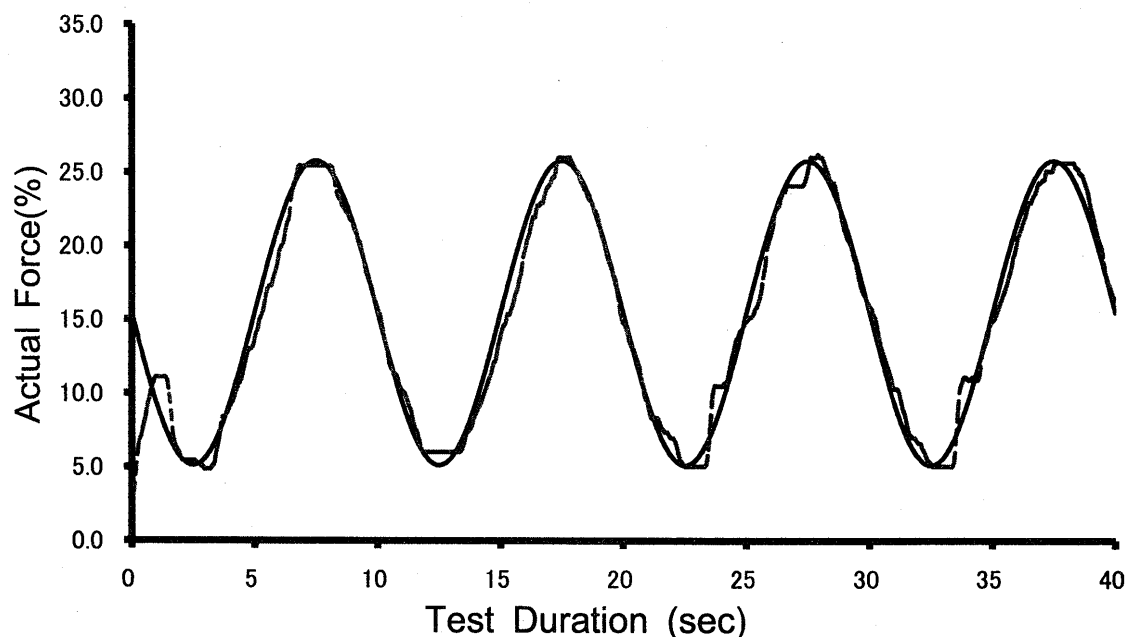


Figure2. Sinusoidal waveform display (100mmx140mm) of the demand value. The solid waveform (A) shows the demand value and broken waveform (B) is the exertion value of grip strength. The test was to fit line B (exertion value of grip strength) to line A (demand value), which varied in the range of 5-25% of maximal grip strength. The length on the display is 33 mm top to bottom. Frequency of change in demand value is 0.1Hz. The test time was 40 sec for each trial. The coordinated exertion of force was calculated using the data from 25 sec of the trial following the initial 15 sec of the 40-sec period.

Young, 1994)。被験者は手首を屈曲と伸展の間の自然な位置にして直立し、肘を体幹の側に真っ直ぐ下ろした状態で、握力を発揮した。Nagasawa, et al. (2000) の先行研究に従い、CFEテストの各試行における設定時間は40秒間とし、前半の15秒間を除外して、3試行から収集されたデータを用いて評価した。CFEの評価変数として、要求値と筋力発揮値との差の総和（測定値）を採用した（Nagasawa & Demura, 2002）。測定値が小さいほどCFEに優れると解釈した。被験者には、ディスプレイ上の要求値を最も見やすい位置へ任意に立つよう指示した（Nagasawa & Demura, 2002）。3試行のうち2試行目と3試行目の平均値が分析のために利用された（Nagasawa, et al., 2004）。

4. 解析方法

データはSPSS（version 11.5J for Windows）を用いて分析した。利き手と非利き手間の差を検討するため、対応のあるt検定を、各テスト変数間の関係を明らかにするために、ピアソンの相関係数を用いた。平均値の差の大きさ（ES：effect size）は0.2以下を小さ

い、0.5を中程度、および0.8以上は大きいと解釈した（Cohen, 1977）。相関係数が0.9以上を非常に高い関係、0.7~0.9を高い関係、0.4~0.7を中程度の関係、0.2~0.4を低い関係、および0.2以下をほとんど関係がないと解釈した。結果は特別な場合を除き、平均値と標準偏差で示した。有意水準5%が全ての解析に用いられた。なお、瞬発握力評価変数については変数毎の検定において、第1種の過誤を犯す全体の確率を管理するためにBonferroniの方法に従い、有意水準を調整した。

III. 結果

表1は、各評価変数における利き手および非利き手の基礎統計値、および差の検定結果を示している。瞬発握力評価変数において、到達時間および増加量に関する変数を除く4変数に有意差が認められ、いずれも利き手が有意に高い値であった。CFE評価変数は、利き手が有意に低い値であった。

表2は、CFE評価変数と瞬発握力評価変数間の関係を利き手および非利き手別に示したも

のである。利き手において、CFE評価変数との相関係数はIntMax/t (Maxまでの力積/Max到達時間)、Int1s (握力発揮開始から1秒間の力積)、およびInt5s (握力発揮開始から5秒間の力積) の3変数と中程度の有意な負の値が認められた。一方、非利き手において、CFE評価変数との相関係数はいずれの瞬発握力評価変数との間にも有意な値は認められなかった。

IV. 考察

人間の運動成就是筋機能と神経系機能の影響を強く受け (Nagasawa et al., 2004)、各種運動に対する両機能の関与度は異なる。つまり、重い物を持ち上げる際には、筋力の関与が高く、字を書く、ハサミを使う時は巧緻性の関与が高いと考えられる。利き手および非利き手は、課題を器用に遂行しうる程度や使用する頻度により決定されている (Oldfield, 1971; Touwen, 1972)。また、上肢の動作において、利き手は非利き手より大きな力を発揮しようと報告されている (Alan, Strizak, Gleim, Sapega, & Nicholas, 1983; Crosby, Wehbe, & Mawr, 1994)。本研究では、握力動作を用いて筋力の発揮様式が異なる瞬発握力と筋力発揮調整能における利き手と非利き手の優劣および対応関係を検討した。これらのテストとして、妥当性や信頼性の保証された瞬発握力テスト (Demura, et al., 1999, 2003) と筋力発揮調整能 (CFE) テスト (Nagasawa & Demura, 2002; Nagasawa, et al., 2000, 2003, 2004) をそれぞれ利用した。

CFEと瞬発握力評価変数 (到達時間および増加量に関する変数を除き) は、いずれも利き手が優れることが明らかにされた。Dolcos, Rice, and Cabeza (2002), Geschwind and Behan (1982), Gur, Turetsky, Matsui, Yan, Bilker, Hughett, and Gur (1999) や Roy, Bryden, and Cavill (2003) も、身体各部位の機能的な非対称性 (functional asymmetry) を検討し、利き手は非利き手より優れると報告している。Demura, et al. (2001) は、一般に、手指や上肢の巧緻性を要求する運動課題の成취には側性が生じ、利き手が優れると報告している。等尺性による瞬発握力発揮には、神経インパルスの伝達速度や大きさも影響するが、筋力の貢献が大きい (Demura, et al., 2003)。Yamamoto (2001) は、利き腕はmotor unitの動員数やFT線維の割合が多く、瞬発握力発揮における増張力局面の筋出力に優れると報告している。CFEに関与する調整的・持続的発揮は、日常生活において使用頻度が高く、利き手と非利き手の差がより顕著である (Chi, Dooling, & Gilles, 1977)。本研究の結果でも、両テストの評価変数において利き手が優れると推測される。

運動関連神経機構 (小脳と大脳基底核) における運動遂行に関与する機能的役割は異なり、一般に小脳は運動の巧緻性に、そして、大脳基底核、特に黒質線条体系は運動の遂行そのものに係わると考えられている (Kornhuber, 1974)。つまり、両テストの成취に関与する機能的役割はそれぞれ異なるのかもしれない。Roy, et al. (2003) をはじめとする先行研究 (Geschwind

Table 1. Differences between dominant and non-dominant hands for each parameter

Parameter	Dominant hand		Non-dominant hand		t-value	ES
	Mean	SD	Mean	SD		
1 Max, kg	45.50	5.99	42.15	6.36	4.52 †	0.54
2 T-Max, sec	1.03	0.38	1.10	0.46	0.59	0.17
3 T-90%, sec	0.40	0.15	0.43	0.16	0.96	0.19
4 IntMax/t, kg·sec/sec	760.55	116.12	687.73	125.66	3.70 †	0.60
5 Int90%/t, kg·sec/sec	585.43	100.96	528.10	129.67	2.21	0.49
6 Int1s, kg·sec	759.10	116.71	685.84	113.94	3.32 †	0.64
7 Int5s, kg·sec	4235.80	614.07	3902.52	635.13	4.46 †	0.53
8 Max/t, kg/sec	223.40	68.54	200.90	52.85	1.56	0.37
9 Controlled force exertion, %	806.49	198.36	916.71	259.5	3.08 *	0.48

Note.-ES: effect size. †:p<0.00625, *: p<0.05

Table 2. Correlation between static explosive grip and controlled exertion force parameters

Parameter	Dominant hand	Non-dominant hand
	r	r
1 Max	-0.42	-0.14
2 T-Max	0.03	-0.26
3 T-90%	0.39	0.07
4 IntMax/t	-0.49 *	-0.27
5 Int90%/t	-0.31	-0.12
6 Int1s	-0.53 *	-0.13
7 Int5s	-0.51 *	-0.20
8 Max/t	-0.09	-0.11

Note. -*: $p < 0.05$

& Behan, 1982; Gur, et al., 1999; Dolcos, et al., 2002) は、利き手は非利き手より優れると報告している。利き手の場合、CFE評価変数は力積に関する3変数と関係が認められたが、非利き手の場合、いずれの変数との間にも関係は認められなかった。つまり、利き手と非利き手ではCFEと瞬発握力評価変数との関係が異なることが確認された。本研究のCFEテストは最大下の筋力発揮により、緩やかな変動要求値の周期 (0.1Hz) で行われ、実際の握力発揮値は、要求値と同様に画面上を左から右へ移動する。本テスト課題の成就には、目と手 (握力) の運動調節機能が強く要求され (方法参照)、この機能発揮は「指標マッチング」、「力量発揮感覚」等フィードバックにより調節される。よって、被験者は随時試行中にフィードバック制御を行うことが可能である。一般に、目と手の協応性の練習効果には視覚によるフィードバック制御の影響が強く関与する。測定値に及ぼす視覚からのフィードバック制御の素早さとその適合性への影響は瞬発握力およびCFEテストのいずれも利き手において大きいと考えられる。つまり、利き手の場合、非利き手に比べ、要求値から大きく逸脱することが少なく、また仮に大きく逸脱した場合でも、できる限り短時間で制御し、発揮値を一致させることが可能である。従って、これらの影響が瞬発握力の単位時間の力積等に反映し、CFE評価変数と多くの瞬発握力評価変数間に関係が認められたものと推測される。

一方、手や腕では調整的・持続的筋力発揮に用いる側と瞬発的筋力発揮に用いる側が一致しているとの報告がある (Kitamoto, 1979)。日常生活において、最大下の筋力を調整的・持続的に発揮する機会は最大筋力を発揮する機会よ

りも多い (Halaney & Carey, 1989)。しかも、最大筋力発揮の場合、片手のみを使用することは稀で、多くの場合、両手を使用する。例えば、重い荷物を持つ、押す、および引き上げる、等の場合である。これに対し、最大下の筋力 (調整的・持続的) 発揮の場合、字を書く、箸を使う、ハサミを使う、爪を切る、等のように、両手を同時に使用することはなく、主に利き手を優先的に利用する。Ohtsuki, Hasebe, Okano, and Furuse (1997) は、調整的発揮 (グレーディング) 能力の利き側優位性は、後天的要因の影響を受け、拡大すると述べている。つまり、最大下の筋力の調整的・持続的発揮は、日常生活において偏重的に行われることが多い (Demura, et al., 2001)。利き手の使用頻度が高ければ、動作は巧みに行われ、動作の成就に関与する機能も発達し、利き手と非利き手の機能の発達差も顕著になる (Annett, 1975; Chi, et al., 1977; Yamamoto, 2001)。従って、例え慣れない課題や新奇な課題であっても、利き手は、非利き手に比べ、主に瞬発的発揮や調整的発揮が関与する動作に優れると考えられる。つまり、前述の機能の発達差が利き手と非利き手における発揮値やパフォーマンスの差を生み出すと推測される。また、瞬発握力と筋力発揮調整能との関係から、両機能テストは利き手よりも非利き手においてそれぞれ独自の能力を評価する可能性が示唆される。

Nakamura, Ide, Sugi, Terada, & Shibasaki (1995) は、追従運動の学習効果には、指標の軌跡の熟知 (陳述記憶) と、指標の動きに追従する手続きの上達 (手続き記憶) の両者が関連していると報告している。本研究のCFEテストは、各試行とも同じ内容 (同一軌跡、同一速度) であり、事前の情報が同一であったにも関わらず、測定値は非利き手の方が向上した。前述の両記憶の内、非利き手で発揮する場合、後者の記憶 (手続き記憶) の低下が学習を阻害し、発揮値を向上させると考えられる。

さらに、CFE評価変数は利き手および非利き手のいずれの場合も握力最大値 (Max) と有意な関係が認められず、CFE評価変数は最大握力の差の影響を考慮した評価が可能と推察される。以上より、利き手と非利き手ではCFE

と瞬発握力評価変数との関係は異なり、利き手の場合、握力発揮開始から1秒間の力積をはじめとする力積に関する変数と関係があると推測される。つまり、利き手による瞬発握力発揮での力積の大きな者が指標追従におけるCFEにも優れ、非利き手の場合は前述の傾向はほとんど認められないと推測される。

Nagasawa, et al. (2004) は、(CFEテストにおいて) 提示される要求値のタイプによっても発揮する能力は多少異なると報告している。よって、要求値が異なる場合、別途利き手・非利き手差や変数の対応関係を検討する必要がある。

V. まとめ

本研究は、指標追従を用いて測定されるCFEテストと瞬発握力テストの両変数の利き手・非利き手間の差異および利き手・非利き手別の対応関係を明らかにすることを目的とした。利き手と非利き手ではCFEと瞬発握力評価変数との関係は異なり、利き手の場合、1秒間の力積をはじめとする力積に関する変数と関係がある。両機能テストは利き手よりも非利き手においてそれぞれ独自の能力を評価する可能性がある。CFE評価変数は、利き手および非利き手のいずれの場合も最大握力値と有意な関係が認められず、最大握力の影響を考慮した評価が可能と推察される。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金(課題番号13780048および17700476)の一部を利用し行われた。また、本研究の成果の一部は日本教育医学大会第52回大会(於:兵庫大学)にて発表した。

《参考文献》

Alan, M., Strizak, A. M., Gleim, G. W., Sapega, A., & Nicholas, J. A. (1983) Hand and forearm strength and its relation to tennis. *American Journal of*

Sports Medicine, 11, 234-239.

Annett, M. (1975) Hand preference and the laterality of cerebral speech. *Cortex*, 11, 305-328.

Brown, S. W., & Bennett, E. D. (2002) The role of practice and automaticity in temporal and nontemporal dual-task performance. *Psychological Research*, 66, 80-89.

Chi, J. G., Dooling, E. C., & Gilles, F. H. (1977) Left-right asymmetry of the temporal speech areas of human fetus. *Archives of Neurology*, 34, 346-348.

Cohen, J. (1977) *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (revised edition). New York: Academic Press.

Crosby, C. A., Wehbe, M. A., & Mawr, B. (1994) Hand strength: normative values. *Journal of Hand Surgery*, 19, 665-670.

出村慎一, 山次俊介, 南雅樹, 長澤吉則, 北一郎, 松澤甚三郎 (1999) 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, 体力科学, 48, 493-500. Demura, S., Yamaji, S., Minami, M., Nagasawa, Y., Kita, I., & Matsuzawa, J. (1999) Examining reproducibility of force-exertion pattern and reliability of force-time parameters in the development phase during static explosive grip exertion. *Japan Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 48, 493-500.[in Japanese]

Demura, S., Yamaji, S., Goshi, F., & Nagasawa, Y. (2001) Lateral dominance of legs in maximal muscle power, muscular endurance, and grading ability. *Perceptual and Motor Skills*, 93, 11-23.

Demura, S., Yamaji, S., Nagasawa, Y., Sato, S., Minami, M., & Yoshimura, Y. (2003) Reliability and gender differences of static explosive grip parameters based on force-time curves. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 28-35.

Dolcos, F., Rice, H. J., & Cabeza, R. (2002) Hemispheric asymmetry and aging: right

- hemisphere decline or asymmetry reduction. *Neuroscience Biobehavior Review*, 26, 819-25.
- Geschwind, N., & Behan, P. (1982) Left-handedness: association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. *Proceedings of the National Academy of Science*, 79, 5097-5100.
- Gur, R.C., Turetsky, B.I., Matsui, M., Yan, M., Bilker, W., Hughett, P., and Gur, R.E. (1999). Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adults: Correlations with cognitive performance. *The Journal of Neuroscience*, 19, 4065-4072.
- Halaney, M. E., & Carey, J. R. (1989) Tracking ability of hemiparetic and healthy subjects. *Physical Therapy*, 69, 342-348.
- 林喜男 (1967) 制御作業における人間特性, 人間工学, 3, 265-274. Hayashi, Y. (1967) [Human factors on manual control system]. [*Japan Journal of Ergonomics*], 3, 265-274. [in Japanese]
- Henatsch, H. -D., & Langer, H. H. (1985) Basic neurophysiology of motor skills in sport: a review. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 2-14.
- 北本拓 (1979) 左右筋力の発現調節について, 人間工学, 15, 259-263. Kitamoto, H. (1979) [A study on the muscle control of right and left hand],[*Japan Journal of Ergonomics*], 15, 259-263. [in Japanese]
- Kornhuber, H. H. (1974) Cerebral cortex, cerebellum and basal ganglia, an introduction to their motor functions, In: F. O. Schmitt (Ed), *The Neurosciences III. Study Program*, MIT Press, Cambridge-Massachusetts, Pp. 267-280.
- Meshizuka, T., & Nagata, A. (1972) A method for measuring muscular group "control-ability" and its apparatus. *Research Journal of Physical Education*, 16, 319-325.
- Nagasawa, Y., & Demura, S. (2002) Development of an apparatus to estimate coordinated exertion of force. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 899-913.
- Nagasawa, Y., Demura, S., & Kitabayashi, T (2004) Concurrent validity of tests to measure the coordinated exertion of force by computerized target-pursuit. *Perceptual and Motor Skills*, 98, 551-560.
- Nagasawa, Y., Demura, S., & Nakada, M (2003) Trial-to-trial and day-to-day reliability of a computerized target-pursuit system to measure the ability to coordinate exertion of force. *Perceptual and Motor Skills*, 96, 1071-1085.
- Nagasawa, Y., Demura, S., Yamaji, S., Kobayashi, H., & Matsuzawa, J. (2000) Ability to coordinate exertion of force by the dominant hand: comparisons among university students and 65- to 78- year-old men and women. *Perceptual and Motor Skills*, 90, 995-1007.
- 中村政俊, 井手順子, 杉剛直, 寺田清人, 柴崎浩 (1995) ランダム変動視標を用いた手の追跡運動機能学習効果検査法の開発とその健常成人への摘要, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J78-D-II (3), 547-558. Nakamura, M., Ide, J., Sugi, T., Terada, K., & Shibasaki, H. (1995) [Method for studying learning effect on manual tracking of randomly moving visual trajectory and its application to normal subjects]. [The transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. D-II], J78-D-II (3), 547-558. [in Japanese]
- 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. (1970) 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, 19, 75-85. Natori, R., Isojima, C., Tsubota, S., Umazume, Y., Kurata, H., Yanagimoto, A., Morishita, Y., Yamamoto, N., & Ishii R. (1970) 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. *Japan Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 19, 75-89. [in Japanese]
- 名取礼二, 倉田博. (1973) 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, 22, 148-156. Natori, R., & Kurata, H. (1973) Motor ability characteristics of the urban adults: especially that of middle and high ages. *Japan Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 22, 148-156. [in Japanese]
- Ohtsuki, H., Hasebe, S., Okano, M., & Furuse, T. (1997) Comparison of surgical results of responders and non-responders to the prism adaptation test in intermittent exotropia. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 75, 528-531.
- Oldfield, R. C. (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Roy, E.A., Bryden, P., & Cavill, S. (2003). Hand differences in pegboard performance through development. *Brain and Cognition*, 53, 315-317.
- Skelton, D. A., Greig, C. A., Davies, J. M., & Young, A. (1994) Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age and Ageing*, 23, 371-377.
- 東京都立大学体育学研究室編. (1989) 日本人の体力標準値, 第4版, 不昧堂出版, 東京. Laboratory of Physical Education, Tokyo Metropolitan University. (Ed.) (1989) [Physical Fitness Standards of Japanese People]. (4th ed.) Tokyo, Japan: Fumaido. [in Japanese]
- Touwen, B. C. L. (1972) Laterality and dominance. *Developmental Medicine of Child Neurology*, 14, 747-755.
- Walamies, M., & Turjanmaa, V. (1993) Assessment of the reproducibility of strength and endurance handgrip parameters using a digital analyzer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67, 83-86.
- 山本利春 (2001) 練習および科学的コンディショニングにおける測定と評価. ブックハウス HD. Yamamoto, T. (2001) For practical and scientific conditioning measurement and assessment. Tokyo: Book House HD. 2001. [in Japanese]

《連絡先》

長澤吉則

〒010-0195

秋田県秋田市下新城中野字街道端西241-438

秋田県立大学 総合科学教育研究センター

TEL 018-872-1602 FAX 018-872-1672

e-mail: nagasawa@akita-pu.ac.jp