

Assessment of static maschlar endurance based on sustained maximal voluntary contraction

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/29374

持続性最大随意収縮による静的筋持久力の評価

長澤 吉則¹⁾ 出村 慎一²⁾ 山次 俊介³⁾ 松澤 甚三郎⁴⁾

Assessment of static muscular endurance based on sustained maximal voluntary contraction

Yoshinori NAGASAWA¹ Shinichi DEMURA² Shunsuke YAMAJI³ Jinzaburo MATSUZAWA⁴

キーワード：握力 静的筋持久力 最大随意収縮

I. 緒 言

筋持久力は筋力発揮形態により静的筋持久力と動的筋持久力に大別される^{9) 13)}。前者は主に最大努力で等尺性筋力発揮をした際の持続時間あるいはその低下度から捉えられ、後者は主に一定のリズムで反復作業を繰り返したときの作業回数あるいは持続時間で測定されてきた^{9) 12-14)}。筋持久力を捉えるためにこれまで筋線維、筋血流量、酸素飽和度等の生理学的指標を用いた研究^{1) 2) 4) 5) 7) 18)}や各種の負荷強度を用いてパフォーマンスからカー時間曲線を算出し、筋疲労度より捉える方法^{3) 5) 17) 23)}等が試みられている。特に、一定強度の筋力発揮を持続できる時間より筋持久力を評価する方法は数多くなされている^{4-7) 17) 18) 23)}。いずれにしても筋持久力はその筋力発揮強度の低下から評価されている。絶対的負荷強度を用いた場合、最大筋力の大小が起因となり個人により負荷強度が異なることから、筋力の個人差を消去する相対的負荷強度の方が筋持久力の評価には適していると考えられる。相対的負荷強度を用いて、負荷強度と持続時間との関係については報告されている^{1) 2) 11)}が、静的筋持久力の力

一時間曲線を一定強度の筋力発揮持続時間と発揮力量の関係から詳細に検討している研究はほとんどみられない。名取と倉田¹⁶⁾は、動的及び静的筋持久力を用い、開始30秒間の筋力曲線から5分間の筋力曲線を予測できるか検討しているが、十分な結論には至っていない。筋持久力を客観的に捉え、且つ実用性に優れるテストを作成するためには、カー時間パラメーターによる力量の変動パターンの分析、即ち発揮持続低下時間毎の力積変量相互の関連性を手掛かりに評価方法を検討することが重要と考えられる。負荷発生には、腕屈曲伸展や握力、把握力等種々の装置が考案されているが、握力は簡便で安全な測定が可能と考えられる。

本研究の目的は、持続性最大随意収縮による握力発揮を用いて、その握力発揮持続パターンを力積と継続時間の観点から分析評価し、握力発揮持続による静的筋持久力の評価法を検討することである。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は、19～21歳の活動的で健康な男子学

1) (財)金沢市スポーツ施設管理事業団
2) 金沢大学教育学部
3) 金沢大学大学院
4) 福井医科大学

1. Kanazawashi Sports Facilities Administrative Organization
2. Faculty of Education, Kanazawa University
3. Graduate School, Kanazawa University
4. Fukui Medical School

生4名(年齢 20.7 ± 0.91 歳), 女子学生6名(年齢 20.3 ± 0.68 歳)計10名であった。被験手は全員右手とした。男女の平均年齢間に有意差は認められなかった。表1は, 被験者の身体特性を示したものである。本研究における被験者の身長, 体重は男女ともに同年齢段階の標準値²²⁾と比較して, やや大きく, 握力最大値も男女とも標準値と比較して大きかった。

2. 実験手順及び方法

握力発揮持続以前に実施した2回の握力測定より各個人の握力最大値を決定した。持続性最大随意収縮による静的筋持久力を捉えるために, 握力最大値に対する相対的要求値として100%を選択した。最初の握力最大値計測時に利手及び握り幅を記録し, それ以降の測定には全て同じ幅を採用した。男子の握り幅は51~60mm, 女子のそれは48~62mmの範囲であった。筋持久力の測定は, まずパソコン画面上に対話式にて, 握力最大値, 測定時間, ファイル名, 要求値を入力後, 持続性最大随意収縮による12分間の筋持久力測定を1回実施した。被験者には, できるだけ長い間, 連続して要求ラインを維持するように握力発揮持続を行わせた。また, 握力発

揮持続中に握り直しのないよう注意し, 被験者が実験の持続が不可能と申告した場合は実験を中止した。

3. 実験装置

図1は本研究で用いた実験装置を示したものである。握力計はストレインゲージ式ヤガミ社製 ED-D100R を用い, 筋力発揮値を RS-232C 出力より, パソコン富士通社製 FMR-50HE3 に取り込む方法を用いた。パソコン画面上には要求値(握力最大値ライン)が水平線として描かれており, 被験者はその画面上に描かれた要求ラインを見ながら握力発揮持続を行った。すなわち, 被験者は視覚的フィードバックを行いながら握力発揮持続を行った。パソコン画面はカラー表示式であり, その大きさは縦165mm×横245mmである。

表1 被験者の身体特性

性	N	身長 (cm)		体重 (kg)		握力 (kg)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
男性	4	170.2	3.59	68.3	2.72	51.4	4.70
女性	6	158.5	4.95	53.8	4.15	33.6	4.18

注) Mean: 平均値, SD: 標準偏差

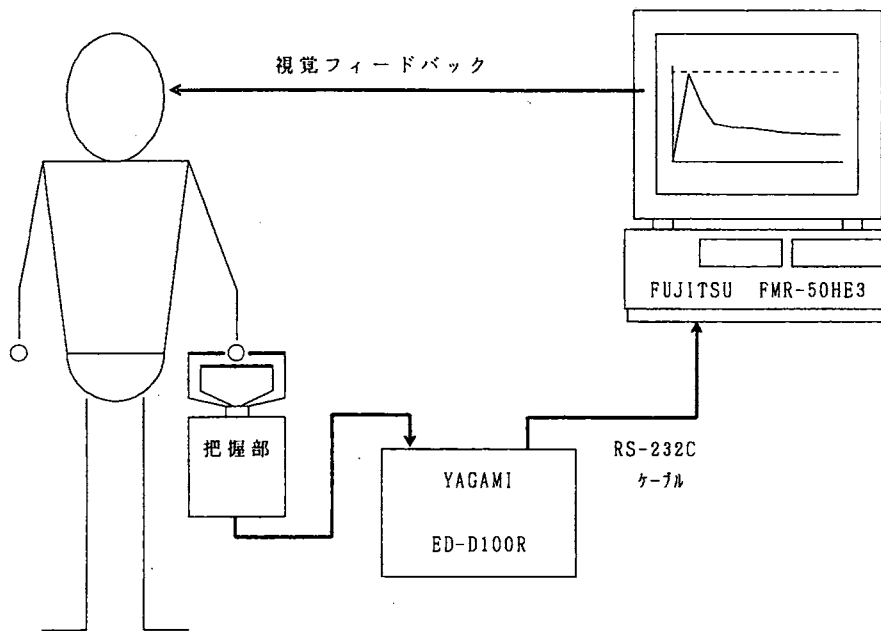
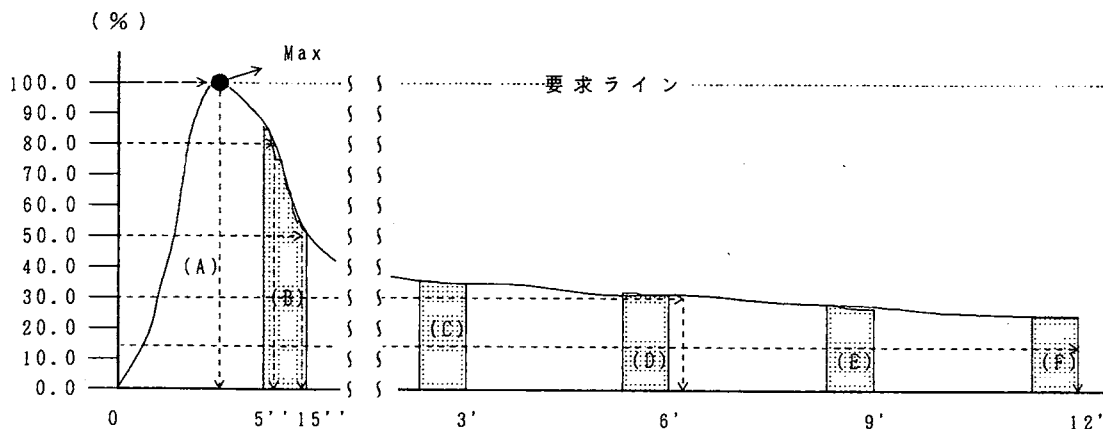


図1 本研究における実験システム

持続性最大随意収縮による静的筋持久力の評価



変量名	[単位]	
注) 1. 実験前の握力最大値 (Fmax)	[kg]	
2. 実験中の握力最大値 (Max)	[kg]	
3. 0 ~ 5 秒区間の力積 (A)	[%・sec]	
4. 5 ~ 15 秒区間の力積 (B)	[%・sec]	
5. 171 ~ 180 秒区間の力積 (C)	} (Impulse:IM) [%・sec]	
6. 351 ~ 360 秒区間の力積 (D)		
7. 531 ~ 540 秒区間の力積 (E)		
8. 711 ~ 720 秒区間の力積 (F)		
9. (C)の相対的力積 (C/B×100)		[%]
10. (D)の相対的力積 (D/B×100)		} (Percent Impulse:PI) [%]
11. (E)の相対的力積 (E/B×100)		
12. (F)の相対的力積 (F/B×100)		
13. 実験中の握力最大値到達時間 (Tmax)	[sec]	
14. Maxの80%低下時間	} (Percent Force Decrement Time:PT) [sec]	
15. 50%低下時間		
16. 30%低下時間		
17. 15%低下時間		

図2 本研究で用いた解析変量

データ入力部及び画面表示部のプログラムは島田・出村¹⁹⁾と同様の方法を用いた。画面表示域は縦130mm×横155mmであり、握力最大値で除した相対的筋力発揮値をリアルタイムで表示した。データは、100msec.毎にパソコンに取り込んだ。スケールの表示形式として、縦軸に相対的筋力発揮値を取り、10%で約10mmを移動するように設定した。また横軸に時間を取り、10秒間で約4cm進むように設定した。実験中は常に筋力発揮値が画面の中央に表示されるように、表示画面を横軸左方向へ1.6秒毎に約6.5mmずつ自動的にスクロールするようにプログラムを作成した。従って、最大12分間連続して測定す

ることが可能な装置であった。なお、データ入力部はBASICプログラムにより作成し、一度データをフロッピーに蓄積した後、解析を行った。

4. 変量

図2は、本研究で用いた変量について示したものである。まず、筋持久力測定前の握力最大値 (Fmax) を算出した。筋持久力測定から得られる力-時間パラメーターには、筋力、時間、及びこれらの結合である力積変量が含まれている。筋力パラメーターとして、実験中の握力最大値 (Max) が選択された。時間パラメーターとして、Max 到達時間 (Tmax)、実験開始以

表2 実験前と実験中握力最大値, 握力最大値到達時間及び力積低下時間の基礎統計値

ID	SEX	Fmax (kg)	Max (kg)	Tmax (sec)	PT (sec)				
					100%	80%	50%	30%	15%
1	F	29.3	28.2	3.2	5.1	19.7	65.6	171.2	
2	M	45.3	41.9	4.7	13.7	43.4	71.8	177.5	
3	F	31.1	26.3	2.1	2.7	13.1	66.7	223.7	
4	M	49.5	49.7	2.2	3.6	21.5	67.7	255.8	
5	F	32.0	28.5	4.3	5.4	24.3	183.8	720.0	
6	M	52.6	44.2	3.4	4.8	7.7	13.6	107.3	
7	M	58.2	57.1	2.1	4.0	7.8	23.3	191.9	
8	F	42.4	41.2	2.0	4.2	7.8	25.0	131.8	
9	F	33.5	32.7	2.8	5.7	15.0	27.6	83.6	
10	F	33.3	33.5	2.1	4.7	11.6	64.3	720.0	
Mean (SD)		40.7 (9.77)	38.3 (9.67)	2.9 (0.94)	5.4 (2.90)	17.2 (10.40)	60.9 (46.24)	278.3 (226.14)	

注) Fmax, Max, Tmax及びPTについては図2参照

表3 力積変量の基礎統計値

ID	SEX	IM (%・sec)					
		0-5	5-15	171-180	351-360	531-540	711-720 (s)
1	F	3455.3	7243.0	1645.4	1363.5	1241.0	2552.2
2	M	3877.0	8348.8	1629.4	1136.4	952.1	1705.1
3	F	3038.9	6019.0	1991.0	1529.3	1618.0	1653.4
4	M	3795.4	6825.3	2577.0	1611.1	1828.5	1584.0
5	F	3065.0	6627.8	3754.4	3271.6	2715.0	2953.8
6	M	3111.0	4507.2	1313.1	1129.1	1148.1	1266.7
7	M	3632.5	4557.7	1791.1	1477.7	1379.4	1362.4
8	F	3682.1	4546.0	1430.7	1561.6	1392.5	1302.4
9	F	2896.4	6786.9	2713.7	1540.0	1269.3	1805.4
10	F	3377.2	5689.8	3655.3	2694.9	2207.8	3876.9
Mean (SD)		3393.1 (331.71)	6115.1 (1230.56)	2250.1 (844.83)	1731.5 (658.62)	1575.2 (511.18)	2006.2 (811.53)

注) IM:力積 (詳細は図2参照)

表4 力積(低下率)変量の基礎統計値

ID	SEX	PI (%)				
		5-15	171-180	351-360	531-540	711-720 (s)
1	F	100.0	22.7	18.8	17.1	35.2
2	M	100.0	19.5	13.6	11.4	20.4
3	F	100.0	33.1	25.4	26.9	27.5
4	M	100.0	37.8	23.6	26.8	23.2
5	F	100.0	56.6	49.4	41.0	44.6
6	M	100.0	29.1	25.1	25.5	28.1
7	M	100.0	39.3	32.4	30.3	29.9
8	F	100.0	31.5	34.4	30.6	28.6
9	F	100.0	40.0	22.7	18.7	26.6
10	F	100.0	64.2	47.4	38.8	68.1
Mean (SD)			37.4 (13.26)	29.3 (11.09)	26.7 (8.77)	33.2 (13.23)

注) PI: 5-15秒区間の力積に対する相対的力積 (詳細は図2参照)

表 5 変量相互間の相関係数

変 量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Fmax																
2. Max	.996**															
3. 0- 5秒IM	.504	.614														
4. 5- 15秒IM	-.421	.371	.148													
5. 171-180秒IM	-.461	-.366	-.377	.210												
6. 351-360秒IM	-.446	-.390	-.299	.008	.900**											
7. 531-540秒IM	-.370	-.318	-.264	-.033	.871**	.955**										
8. 711-720秒IM	-.629	-.546	-.203	.253	.778**	.773**	.670*									
9. 171-180秒PI	-.255	-.173	-.338	-.221	.900**	.886**	.860**	.704*								
10. 351-360秒PI	-.197	-.156	-.254	-.428	.706*	.892**	.852**	.606	.894**							
11. 531-540秒PI	-.075	-.049	-.227	-.536	.625	.812**	.853**	.462	.847**	.959**						
12. 711-720秒PI	-.426	-.359	-.222	-.158	.698*	.761*	.699*	.910**	.810**	.784**	.679*					
13. Tmax (100%)	-.096	-.209	-.032	.589	.032	.085	-.043	.109	-.299	-.185	-.323	-.145				
14. 80%PT	.074	.047	.373	.637*	-.144	-.203	-.367	-.006	-.369	-.401	-.569	-.226	.763*			
15. 50%PT	-.127	-.122	.365	.891**	.084	-.008	-.064	.113	-.282	-.370	-.475	-.238	.760*	.842**		
16. 30%PT	-.473	-.475	-.154	.464	.656*	.765*	.762*	.555	.427	.462	.403	.332	.515	.129	.493	
17. 15%PT	-.381	-.334	-.154	.069	.863**	.944**	.908**	.855**	.853**	.833**	.761*	.841**	.116	.089	.090	.734*

注) 変量に関する詳細は図2参照。*:P<0.05 ** :P<0.01

降 Max の80%、50%、30%及び15%まで筋力発揮値が低下する時間(PT)を選択した。また、力積パラメーターとして、実験開始以降5秒区間、5秒～15秒区間、3分、6分、9分及び12分の直前10秒間の積分値(IM)をそれぞれ選択した。また、力積については Max から筋力発揮値が低下する初期段階(5～15秒区間)に対する低下率(PI)を3分、6分、9分及び12分の直前10秒間それぞれについて算出した。

5. 解析方法

前述した筋力、時間及び力積の各変量を個人別に求めた。次に、相対的筋持久力には性差、年齢差が認められない^{8) 20)}ことから、男女をプールし、これら各変量の平均値を算出した。静的筋持久力の低下度を捉えるため、力積及び時間変量について、対応のある分散分析により平均値間の差の検定を行った。有意差が認められた場合には多重比較検定を行った。さらに、筋力、時間及び力積の各変量間の関係を検討するために、ピアソン積率相関係数を算出した。なお、本研究の統計的有意水準は5%とした。

III. 結 果

1. 静的筋持久力測定時の握力最大値及び握力最大値到達時間

Fmax と Max の平均値は、それぞれ40.7±9.77kg、38.3±9.67kgであり、Fmax が有意に高い値であった(t=2.81, P<0.05)。また、静的筋持久力測定時には、10名中8名(80%)の者が目標値である100%相対的持続発揮ラインまで筋力発揮値が到達しなかった。Tmax(平均値±標準偏差)は2.9±0.94秒であった(表2参照)。

2. 低下時間からみた静的筋持久力

表2は、最大握力発揮持続における低下時間(PT)を各相対的目標値毎に算出したものである。分散分析による平均値の差の検定結果、各目標値のPT間に有意差が認められた(F(4, 9)=12.52, P<0.05)。多重比較検定の結果、15%PTの平均値が他のいずれの変量とも有意に高い値を示した。80%～30%のPT間には有意差は認められなかった。

3. 力積からみた静的筋持久力

表3は、力積(IM)変量の各個人の時間的推移を示したものである。開始以降5秒区間のIMの平均値(±標準偏差)は、3393.1(±331.71)

%・secであった。表2より Tmax の最大値が4.7秒であったことから、IM は5秒以降の区間で評価した。分散分析による平均値の差の検定結果、各区間の IM 間に有意差が認められた ($F(4, 9)=76.41, P<0.05$)。多重比較検定の結果、5～15秒区間の IM の平均値が他のいずれの変量とも有意に高い値を示した。3分、6分、9分及び12分の直前10秒間の各区間には有意差は認められなかった。

表4は、開始5～15秒区間の IM に対する相対的力積変量 (PI) の各個人毎の推移を示したものである。PI の平均値をみると、3分には約37%、6分には約29%、9分には約27%、12分には約33%であった。相対値の低下度からみると、6分以降には概ね約30%で筋力発揮持続力は変化しなかった。

4. 筋力、時間及び力積の各変量間の関係

表5は、筋力、力積及び時間変量相互の相関係数を示したものである。Fmax と Max とには有意に高い相関 (.965) が認められたが、両者とも Fmax 及び Max を除くいずれの変量とも有意な相関は認められなかった。また、0～5秒区間の IM は、他のいずれの変量とも有意な相関は認められなかった。3分以降の IM 及び PI 相互間には概ね有意な正の相関が認められた。5～15秒区間の IM と80%及び50%の PT とに有意な正の相関が認められた。また、Tmax と80%及び50% PT 間においても有意な正の相関が認められた。しかし、50%以上の PT と30%以下の PT 間には有意な相関は認められなかった。

IV. 考 察

従来、筋持久力はその筋力発揮強度の低下あるいは一定強度の筋力発揮の持続時間から評価されている。筋力の個人差を消去する相対的負荷強度を用いて、負荷強度と持続時間との関係については報告されているが、静的筋持久力の力-時間曲線を一定強度の筋力発揮持続時間と発揮力量の関係から詳細に検討している研究は

ほとんどみられない。筋持久力を客観的に捉え、且つ実用性に優れたテストを作成するためには、力-時間パラメーターによる力量の変動パターンの分析により、これら相互の関連性を手掛かりに評価方法を検討することが重要と考えられる。本研究では、持続性最大随意収縮による握力発揮を用いて、その握力発揮持続パターンを力積と継続時間の観点から明らかにすることを試みた。

本研究における Max は Fmax より有意に低い値であった。静的筋持久力の測定では、最大筋力が正確に測定されていない場合、負荷量が小さくなることから、以降の持続時間が不正確になる¹⁷⁾。石黒と北村¹⁰⁾は、5分間の最大把握作業を行わせたときの初期値は、3秒間の最大把握作業によって得られた値の約54.6～74.3%であったと報告している。本研究の平均値でみると、その低下率は94.1%であった。また、両者の相関が非常に高く (.965)、Tmax が 2.9 ± 0.94 (平均値 ± 標準偏差) 秒であることから、静的筋持久力の測定時においても持続性最大随意収縮がなされたと判断された。

静的筋持久力を低下時間からみると、本研究においては15% PT の平均値が他のいずれの力積とも有意に高い値を示し、80%～30%の PT 間には有意差は認められなかった。30% PT における平均値は60.9秒であった。Caldwell²²⁾は、60秒間最大筋力発揮を行わせ、腕屈曲による筋持久力は直線的に低下すると報告している。本研究における実験方法とは異なるが、本研究においてもほぼ同様の結果が得られた。

静的筋持久力を力積からみると、本研究においては5～15秒区間の IM の平均値が他のいずれの変量とも有意に高い値を示したが、3分、6分、9分及び12分の直前10秒間の各区間には有意差は認められなかった。Royce¹⁸⁾は、前腕について、Stephens と Taylor²¹⁾は、手の筋について、最大努力の筋収縮を継続して行わせたときの筋力は、作業開始後1分目で急速に低下し、その後はその水準を維持することを報告

している。本研究においてもほぼ同様の結果が得られ、これらの報告を支持するものと考えられる。

本研究においては、 F_{max} 、 Max 及び 0～5 秒区間の IM は、静的筋持久力の指標であるいずれの変量とも有意な相関を示さなかった。つまり、開始初期の握力最大値に到達する力及び力積変量は握力最大値到達以降の筋持久力低下のいずれとも関係がなく、これらの変量により、最大随意収縮による静的筋持久力の低下を評価することは困難であると推察される。一方、5～15秒区間の IM 及び T_{max} と 80%及び50%の PT とに有意な正の相関が認められた。また、3分以降の IM 及び PI 相互間には概ね有意な正の相関が認められた。しかし、50%以上の PT と30%以下の PT 間には有意な相関は認められなかった。Royce¹⁸⁾ は、血流を阻止する条件と阻止しない条件で90秒間の最大筋力発揮を行わせたときの低下曲線はほぼ類似していると報告している。Bonde-Petersen et al.¹¹⁾ は、筋への血流量を測定し、20% MVC 以上の負荷になると筋血流量が減少すると報告している。また、本研究における相対値の低下度をみると、6分以降には概ね約30%で筋力発揮持続力は変化しなかった。Monodo と Scherrer¹⁵⁾ を始めとする筋力発揮持続に関する研究^{11) 10) 21)} において最大筋力の約30%以下であれば一定レベルの筋力発揮の持続が数分間は可能であることを明らかにしている。本研究における結果もこれを支持するものであった。本研究においては12分間の持続発揮であり、従来の報告結果とは測定時間及び方法が若干異なるもののほぼ同様な結果が得られたと判断される。

以上のことから、最大随意収縮のような強い負荷では把握開始以降約1分程度までは毛細血管が閉塞することにより筋血流量が阻止され、無酸素的な筋持久力を評価し、それ以降は筋の張力も弱まり有酸素的な筋持久力を評価する²²⁾ と推察される。つまり、本研究における T_{max} 、80% PT ～30% PT が無酸素的な筋持久

力を測定し、30% PT 以降が有酸素的な筋持久力を測定しているものと推察される。また、171-180IM 及び171-180PI 両変量とも3分以降の静的筋持久力変量と関連が高く、最大随意収縮による静的筋持久力の評価は3分程度で可能と推測される。

今後は、被験者を増やすとともに、初期筋力の低下速度、低下速度が緩やかになる時間や強度等を指標として静的筋持久力をより詳細に検討する必要性が示唆された。

V. ま と め

本研究の目的は、持続性最大随意収縮による握力発揮を用いて、その握力発揮持続パターンを力積と継続時間の観点から分析評価し、握力発揮持続による静的筋持久力の評価法を検討することであった。以下の結論が得られた。

- 1) 筋力について、実験前と実験中握力最大値の平均値は、それぞれ 40.7 ± 9.77 kg, 38.3 ± 9.67 kg であり、実験前握力最大値が有意に高い値であった。
- 2) 開始初期の握力最大値に到達する力及び力積変量は握力最大値到達以降の筋持久力低下のいずれの変量とも有意な関係を示さなかった。
- 3) 持続低下時間では、握力最大値から15%までの低下時間が30%、50%及び80%までの低下時間よりも有意に高い値を示したが、30%～80%の低下時間には有意差は認められなかった。
- 4) 力積について、5～15秒区間の平均値が3分、6分、9分及び12分以前10秒間の各区間の平均値よりも有意に高い値を示したが、3分、6分、9分及び12分以前10秒間の各区間には有意差は認められなかった。
- 5) 5～15秒区間の力積の絶対値及び握力最大値到達時間と握力最大値から80%及び50%までの低下時間とに有意な正の相関が認められた。しかし、握力最大値の50%以上までの低

下時間と30%以下までの低下時間には有意な相関は認められなかった。
以上のことから、Tmax ~30% PT が無酸素的な筋持久力を測定し、30% PT 以降が有酸素

的な筋持久力を測定していると推察される。また、最大随意収縮による静的筋持久力の評価は3分程度で可能と推測される。

文 献 (References)

- 1) Bonde-Petersen, F., Mork, A. L., and Nielsen, E. (1975) Local muscle blood flow and sustained contractions of human arm and back muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.* 34:43-50.
- 2) Bowie, W. and Cumming, G. R. (1971) Sustained handgrip-reproducibility; effects of hypoxia. *Medicine and science in sports* 3:24-31.
- 3) Caldwell, L. S. (1964) Measurement of static muscle endurance. *Journal of Engineering Psychology*, 3:16-22.
- 4) Caffier, G., Rehfeldt, H., Kramer, H., and Mucke, R. (1992) Fatigue during sustained maximal voluntary contraction of different muscles in humans; dependence on fibre type and body posture. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64:237-243.
- 5) Clarke, D. H., Hunt, M. Q., and Dotson, C.O. (1992) Muscular strength and endurance as a function of age and activity level. *Res. Quart.* 63:302-310.
- 6) Heyward, V. (1975) Influence of static strength and intramuscular occlusion on submaximal static muscle endurance. *Res. Quart.* 46:393-402.
- 7) Hulten, B., Thorstensson, A., Sjodin, B., and Karlsson, J. (1975) Relationship between isometric endurance and fibre types in human leg muscles. *Acta Physiol. Scand.* 93:135-138.
- 8) 猪飼道夫・石井喜八・中村淳子 (1965) 血流量から見た筋持久力(その2)筋持久力の測定. *体育の科学* 15:281-287.
- 9) 猪飼道夫・浅川正一・石河利寛・松井秀治 (1985) スポーツ科学講座 1 近代トレーニング第37版. 大修館書店(東京):pp.67.
- 10) 石黒光祐・北村潔和 (1985) 競技者と一般学生の最大把握力と最大把握力の持続能力, *Jap. J. Sports Sci.* 4:61-67.
- 11) Kahn, J.F. and Monod, H. (1989) Fatigue induced by static work. *Ergonomics* 32:839-846.
- 12) 加賀谷淳子 (1994) 筋持久力-体力を捉える-過去から未来へ- *Jap. J. Sports Sci.* 13:233-240.
- 13) 万井正人・伊藤一生・大山良徳・菊地邦雄 (1966) 筋の持久力に関する研究(II)-筋持久力の評価方法についての検討-. *体力科学* 15:23-26.
- 14) 万井正人・伊藤一生・菊地邦雄 (1966) 筋の持久力に関する研究(III)-性差による筋持久力の相違について-. *体力科学* 15:27-30.
- 15) Monod, H. and Scherrer, J. (1965) The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 8:329-338.
- 16) 名取礼二・倉田博 (1973) 都市生活者の運動能力-中高年者の運動能力を中心として. *体力科学* 22:148-156.
- 17) 大中政治 (1977) 静的持久力の性差, 年齢差について. *体力科学* 26:159-164.
- 18) Royce, J. (1958) Isometric fatigue curves in human muscle with normal and occluded circulation. *Res. Quart.* 29:204-212.
- 19) 島田茂・出村慎一 (1990) パソコンを用いた握力測定と分析. 福井工業高等専門学校研究紀要自然科学・工学編 24:13-18.
- 20) Simonsen, E. (1971) Effect of age on work capacity and fatigue. In: Simonsen E(ed) *Physiology of work capacity and fatigue*. Thomas Publications, Springfield Ill:pp.406-436
- 21) Stephens, J.A. and Taylor, A. (1972) Fatigue of maintained voluntary muscle contraction in man. *J. Physiol.* 220:1-18.
- 22) 東京都立大学体育学研究室 (1989) 日本人の体力標準値第4版. 不昧堂出版(東京):pp.98-101.
- 23) Walamies, M. and Turjanmaa, V. (1993) Assessment of the reproducibility of strength and endurance handgrip parameters using a digital analyser. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67:83-86.