

握力におよぼす静的ストレッチングの効果

脇 田 裕 久 (三重大学教育学部)

Hirohisa Wakita

八 木 規 夫 (三重大学教育学部)

Norio Yagi

水 谷 四 郎 (三重大学教育学部)

Shiro Mizutani

小 林 寛 道 (名古屋大学総合保健体育科学センター)

Kando Kobayashi

The Effect of Various Static Stretching Exercises on the Exertion of Maximum Hand Grip Strength

Abstract

The stretching effect on the repeated exertion of maximum hand grip strength were investigated when the wrist joint stretching was added in different muscle groups and/or different frequencies. The subjects were six healthy males aged 18-22 years. They were asked to exert their maximum hand grip strength for 6 seconds, 20 times with 1 minute intervals between each bout. Subjects performed 6 series of experiments in different interval conditions such as, Condition-A : hold resting during each interval, B : add stretching of dorsi-flexion (7 sec \times 4 times), C : add stretching of palmar flexion (7 sec \times 4 times), D : add stretching both palmar and dorsi-flexions, alternately (7 sec \times 2 times each), E : hold resting until 10th trial, and then add stretching to 20th trial in the same way as in Condition-D during each interval, F : add stretching once every 5 intervals in the same way as in Condition-D.

Following results were obtained.

- 1) No significant differences in average impulses (kg \cdot sec) of 20 times in maximum hand grip strength were found among different conditions.
- 2) The greater impulses in 11-20th trials were observed in Condition-C and -D in comparison with Condition-A ($p < 0.05$).
- 3) The impulses in Condition-D were greater than Condition-B in 16-20th trials ($p < 0.05$).
- 4) The greater impulses were observed in 11-20th trials for Condition-D and -F in comparison with Condition-A ($p < 0.05$).
- 5) The impulses in 11-15th trials were greater in Condition-F than Condition-E ($p < 0.05$).

Therefore, stretching of palmar flexion or, both palmar and dorsi-flexions are effective to prevent the decrease of hand grip strength. Stretching of every 5 trials of 20 maximum bouts is eqally effective with that of every one trial.

研究目的

静的ストレッチング運動は、運動傷害の予防に効果的であるといわれており、スポーツやトレーニングなどの準備運動として、競技者ばかりでなく、一般人の間にも普及してきている。このストレッチングは、筋の痙攣や運動の24～48時間後に出現する筋肉痛の除去に対して、有効に作用することが報告されている²⁾。しかし、このようなストレッチングが繰り返し発揮される最大握力に及ぼす影響について観察した報告は、これまでにみうけられていない。

本研究は、最大握力を繰り返し発揮しようとする時、休息期に静的ストレッチングを加えることが、パフォーマンスとしての握力発揮に影響を与えるか否かを検討すること、ストレッチングを行う場合の時間や頻度、筋群の違いによる影響を考察することを目的として実施したものである。

研究方法

健康な男子6名(年齢18～22歳、平均身長172.0cm、平均体重65.2kg)を被検者とした。被検者には、立位姿勢をとらせ、検者の合図にしたがって、体側下垂位式による握力発揮を行わせた。握力計の握り幅については、握力計の把持部と被検者の利き手近位指節間関節とが直角になるよう調節した。握力は、最大努力で6秒間発揮する方法で⁶⁾、1分間の休息期をはさみながら20試行繰り返す方法をとった。1シリーズ(20回試行)での試行間の休息条件として、次に示す6条件のいずれかを指示した。

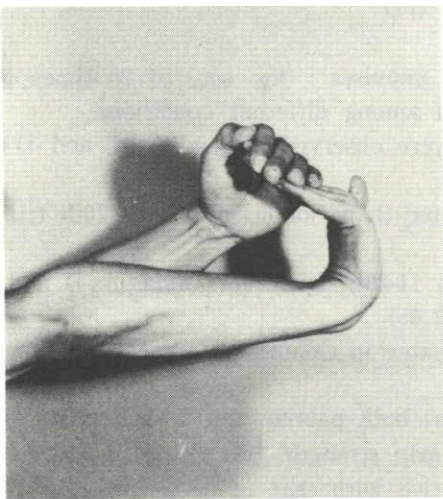


図1. 手関節を背屈させるストレッチング
(条件B)

- 条件A: 休息期ごとに安静休息を保つ。
 条件B: 休息期ごとに手関節を背屈方向へ7秒間ずつ4回の静的ストレッチングを加える(手根屈筋群のストレッチング、図1)。
 条件C: 休息期ごとに手関節を掌屈方向へ7秒間ずつ4回の静的ストレッチングを加える(手根伸筋群のストレッチング、図2)。
 条件D: 休息期ごとに手関節を背屈と掌屈の両方向へそれぞれ7秒間ずつ、交互に2回の静的ストレッチングを加える(手根屈筋群と手根伸筋群のストレッチング)。
 条件E: 第10試行までの各休息期では安静休息を保ち、第10試行目以後の各休息期では条件Dの要領で手関節に静的ストレッチングを加える。
 条件F: 第5、10、15試行終了時の休息期では条件Dの要領で手関節に静的ストレッチングを加え、その他の休息期では安静休息を保つ。

条件B、C、Dは、条件Aをコントロールとして、ストレッチングが加えられる筋群の違いによる最大握力発揮への影響を考察し、条件E、Fは、ストレッチングが加えられる頻度および時期の違いによる影響を考察する目的で設定した。

なお、指示条件間には、トレーニング効果を考慮して3日の間隔をとり、各条件については、それぞれ3シリーズずつ繰り返して行った。

握力測定には、電子握力計(八神製作所 ED100)を用いた。電子握力計の出力を連続記録し、握力を

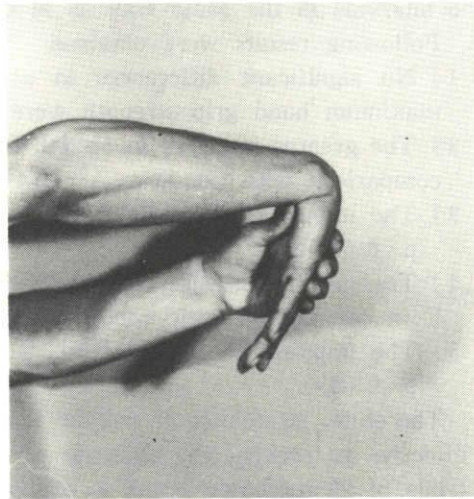


図2. 手関節を掌屈させるストレッチング
(条件C)

発揮した6秒間の力積を算出しパフォーマンスの指標として取り扱った。統計処理については、分散分析法を用いた。

実験結果

〈測定結果 I〉

条件 A、B、C、D の握力発揮時に得られた個人別、条件別の全試行平均力積を表 1 に示した。全被検者

の平均値についてみると、安静の休息時間をもった条件 A では、全試行の平均力積が最も小さく、静的ストレッチングを加えた条件では、条件 B、C、D の順に値が大きくなっている。しかし、各条件間の差は、統計的に有意なものでなかった。

安静の休息期間をもつ条件 A について、個人別にみた各試行の力積の推移を示すと、図 3 のようになる。最大の力積を示した被検者 YM では、第 1 試行

表 1 全試行の平均力積と標準偏差

Subj. Condition		FK	YM	NT	NY	TY	SY	Total
A	Mean	241.1	305.7	218.2	235.5	174.1	240.8	235.6
	S. D.	27.09	34.07	32.31	21.56	18.69	33.22	42.93
B	Mean	216.9	288.9	234.3	246.0	169.4	261.8	236.9
	S. D.	27.26	30.54	26.03	29.70	16.50	26.64	42.54
C	Mean	244.3	287.3	229.7	244.8	185.6	261.7	242.2
	S. D.	26.85	26.45	24.64	29.27	15.23	31.88	35.29
D	Mean	240.5	314.6	218.8	251.9	178.5	253.9	242.9
	S. D.	23.16	25.20	30.47	31.54	25.37	26.42	43.96
E	Mean	219.5	291.5	226.6	255.4	184.7	255.9	238.9
	S. D.	22.40	27.55	21.12	33.11	24.06	33.22	43.26
F	Mean	227.3	309.2	235.1	247.0	190.8	264.0	245.7
	S. D.	23.31	41.08	24.64	26.41	13.92	31.58	45.64

(単位: kg・sec)

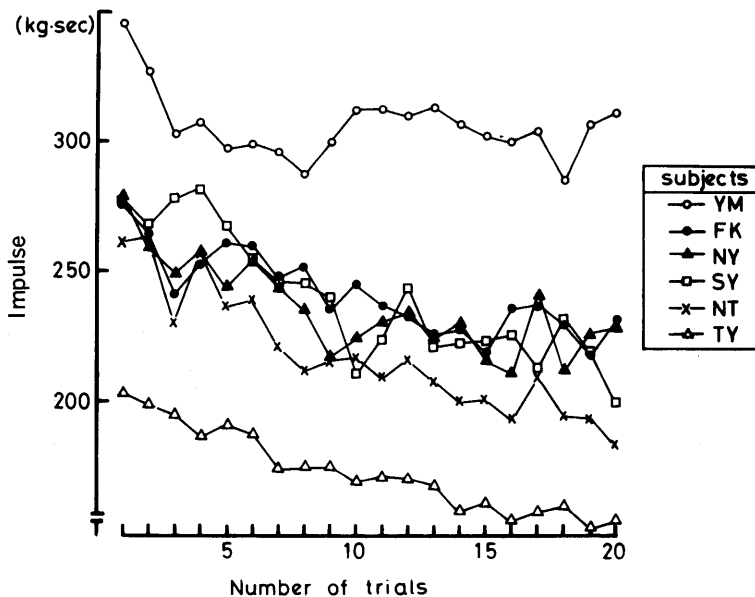


図 3. 安静の休息期間をもつ場合 (条件 A) における個人別力積変化

(358kg・sec) から第3試行 (310kg・sec) まで急激な減少がみられ、その後はおよそ300kg・secの値を示した。しかし、他の5名の被検者では、試行回数の増加にともなって力積が低下し、第1試行に対して第20試行では約20%の減少を示した。

条件 A、B、C、D における全被検者の各試行ごとの平均力積の推移を図4に示した。いずれの条件においても第1試行から第7・8試行までは急激な減少を示し、その後の減少はやや緩慢になるが、その減少の割合には条件間で異なった様子がみられてい

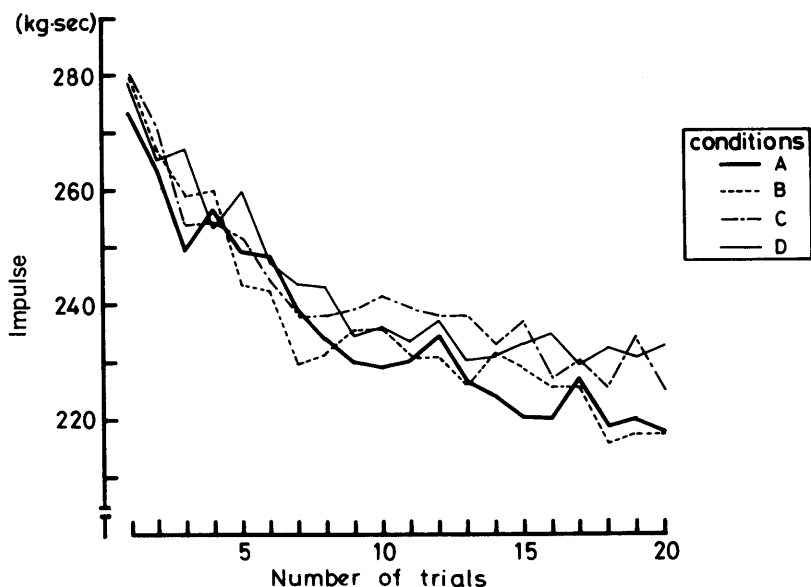


図4. 全被検者の平均値にもとづく各条件下 (A、B、C、D) での力積変化

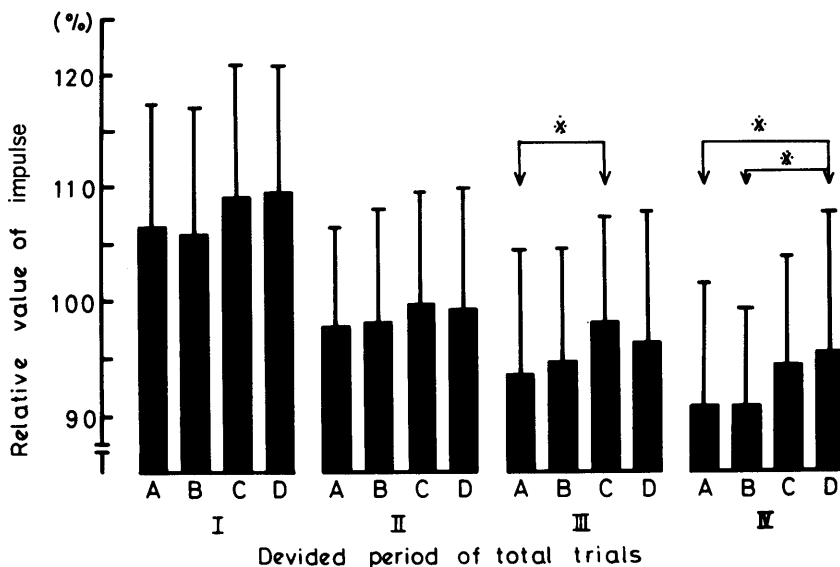


図5. 20試行を4期に分割したときの各期における4条件 (A、B、C、D) の力積比較

(縦軸は4条件 A、B、C、D の全試行における力積の平均値を基準値100とし、横軸はⅠ期：第1～5試行、Ⅱ期：第6～10試行、Ⅲ期：第11～15試行、Ⅳ期：第16～20試行を示す。＊は $P < 0.05$ である。)

る。

これらの条件間の差を20回の各試行ごとに比較することは、資料の分析が煩雑になるので、全試行(20試行)を5試行ずつⅠ期(第1-5試行)、Ⅱ期(第6-10試行)、Ⅲ期(第11-15試行)、Ⅳ期(第16-20試行)に分割し、各期の力積を比較することにし

た。

力積の比較にあたっては、各条件の初期値に変動がみられたため、初期値を基準とはせず、4条件(A、B、C、D)のすべての試行における平均値を基準値100とし、各期における相対値を比較する方法をとった(図5)。

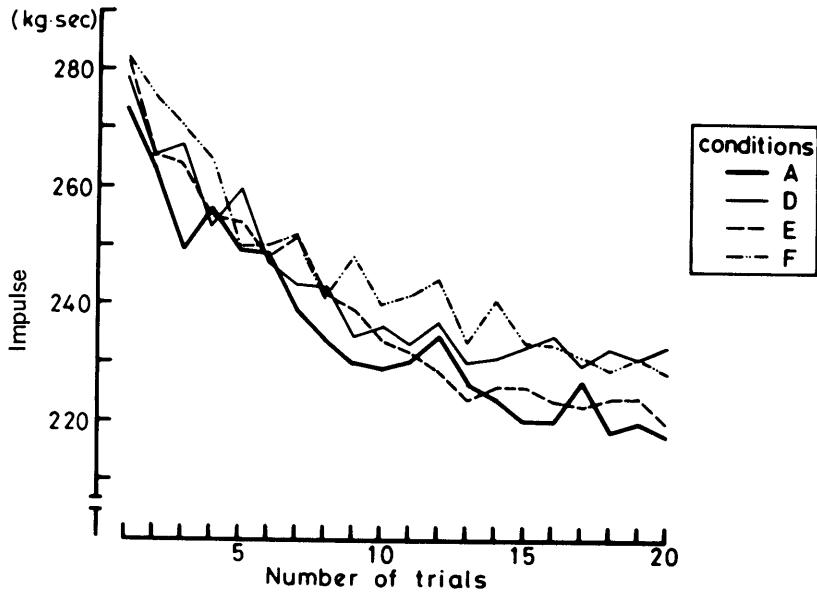


図6. 全被検者の平均値にもとづく各条件下(A、D、E、F)での力積変化

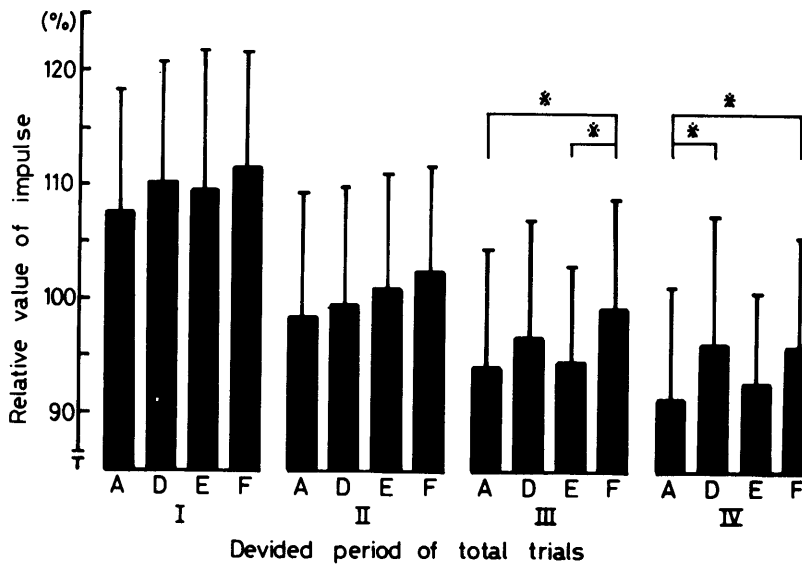


図7. 20試行を4期に分割したときの各期における4条件(A・D・E・F)の力積比較

(縦軸は4条件A・D・E・Fの全試行における力積の平均値を基準値100とし、横軸はⅠ期：第1-5試行、Ⅱ期：第6-10試行、Ⅲ期：第11-15試行、Ⅳ期：第16-20試行を示す。※は $P<0.05$ である。)

安静休息を行った条件 A に対して条件 B、C、D を比較すると、I 期、II 期においては有意な差が認められなかったが、III 期では条件 C が、IV 期では条件 D が条件 A より 5% 水準で有意に大きな値を示した。休息期に静的ストレッチングを加えた条件 B、C、D 間で比較すると、I 期、II 期、III 期においては有意な差が認められなかったが、IV 期では条件 D が条件 B より 5% 水準で有意に大きな値を示した。

〈測定結果 II〉

条件 A、D、E、F における全試行の力積を比較すると、条件 A が最も小さく、条件 E、D、F の順に大きな値を示した。しかし、条件 A、D、E、F 間の差は、統計的に有意ではなかった (表 1)。

条件 A、D、E、F について、全被検者の各試行ごとの平均力積の推移を図 6 に示した。いずれの条件においても第 1 試行から第 9-13 試行までは、急激な減少がみられるが、その後の減少は、やや緩慢である。

条件 A、B、C、D の比較の場合と同様に条件 A、D、E、F について 20 試行を I、II、III、IV 期に分け、その値を比較した (図 7)。

安静休息を行った条件 A に対して、静的ストレッチングを加えた条件 D、E、F を比較すると、I 期、II 期においては、統計的に有意な差が認められなかったが、III 期では条件 F、IV 期では条件 D と F が条件 A より 5% 水準で有意に大きな値を示した。

また、ストレッチングを加えた条件 D、E、F 間で比較すると、III 期で条件 F が条件 E に対して 5% 水準で有意に大きな値を示した。

論 議

最大努力によって繰り返し筋力を発揮した場合には、時間推移にともなって筋力低下が生ずる。この原因として、血流不足にともなう組織での酸素不足^{7,14,15)}、乳酸^{10,11)}の蓄積、フォスファゲンやグリコーゲンの枯渇^{4,11)}、神経系の疲労などが考えられている。本実験の各指示条件で発揮された握力も握力発揮の繰り返しにともなって減少したが、その減少の様子は、ストレッチングを加えることによって、影響される場合のあることを示している。本実験の各条件において発揮された握力の最大値の推移についても検討したが、条件間にストレッチングの影響による有意な差は認められなかった。このことは、静的ストレッチングの実施が握力の最大値に影響を与えるものではなく、6 秒間の最大努力という時間的要素を加

味した筋力発揮の場合に影響するものと考えられる。

ところで、第 10 試行までの静的ストレッチングの実施は、最大握力発揮の力積に影響をもたなかったことが注目される。このことは、静的ストレッチングが、脱制止によって起こるような一過性の筋力増大作用⁸⁾とは異った内容をもつことを示唆している。第 11-20 試行までの期間 (III、IV 期) では、静的ストレッチングを加えることが、各試行間で安静休息を保つ場合より力積の大きい結果が得られたが、これは、ストレッチングが筋力低下を抑制する効果をもっていることを意味している。

ストレッチングが筋に与える影響については、筋疲労の回復という面から研究が進められてきた。筋をゆっくり引き伸ばすことによって、疲労した筋の回復が早められることを最初に提唱したのは、De Vries²⁾である。彼は、運動の 24-48 時間後に出現する筋肉痛を spasm 理論から説明している。その理論によれば、①ある水準以上の運動が活動筋に虚血を生じる、②虚血が物質代謝の移動によって筋肉痛をおこす、③筋肉痛が反射的な持続性筋収縮をもたらす、④持続性筋収縮が虚血を延長する、という悪循環によって筋肉痛がおこるということである。さらに、このような筋肉痛の生じている部位では、筋電図の電気的活動水準が高く、その筋にストレッチングを加えると、筋肉痛の緩和にともなって、その活動水準の減少することを報告した。このことは、静的ストレッチングが血流となんらかの関係のあることを示唆していると考えられる。

福永らは、成人男子を被検者として、手関節の背屈ストレッチング運動を課し、ストレッチング時間が 40 秒の時には、前腕の血流量が安静時の約 3 倍に増加することを報告している。しかし、この原因については、血管圧迫からくる反応性充血によるものなのか⁵⁾、筋収縮による代謝の増大を表わしているものなのか、明らかでないとしている。これらの報告から、ストレッチングを加えると、最大握力の力積の低下の割合が少なくなるという本実験結果を血流量の増大と関連させて考えることができよう。

また、筋の伸長にともなう神経の活動については、筋が受動的に伸長されると、ゴルジ腱器官が興奮し、介在ニューロンを経て、その筋の運動ニューロンを抑制させるとされている。^{1,6)} 激しい運動で生じた痙攣の除去には、この反射に基づく静的ストレッチングが利用されている。この静的ストレッチングによる筋への抑制性インパルスの発射は、安静休息を保つ場合に比較して、より積極的な筋弛緩をおこし、こ

のことが、本研究にみられたように繰り返し発揮される最大握力の力積の低下に対して影響した可能性のあることも考えられる。しかし、ストレッチングによる神経系の活動様相と作業量の関係については、明確になされておらず、今後の課題であると考えられる。

本研究では、背屈・掌屈双方への静的ストレッチングを加えた場合に比較して、背屈方向のみへの静的ストレッチングを加えた場合には、IV期で有意に小さな値を示している。Humphreys⁷⁾らは、握力発揮には橈側手根伸筋、浅指屈筋、深指屈筋の役割が大きく、橈側手根屈筋、尺側手根屈筋の活動がみられないことを報告している。また、Ohtsuki^{12), 13)}は、握力発揮における各指の筋力と浅指屈筋、深指屈筋、尺側手根屈筋、橈側手根屈筋の筋電図積分値との関係を報告している。これらの報告から、握力発揮に関与するそれぞれの筋に対して静的ストレッチングを加えることが、背屈による手根屈筋群のみの静的ストレッチングに比較して、より効果的であったものと考えられる。

また、静的ストレッチングの方法について、福永³⁾らは、ストレッチング時間が長くなるにともなって、ストレッチング後の血流量は増大するが、その最大値は40秒であり、それ以上の時間を延長しても血流量の増大がみられないことを報告している。さらに、福永³⁾らは、被検者の主観によってストレッチングの強度を変化させた結果、強いストレッチングでは、弱いストレッチングに比較して、血流量が多くなる傾向のあることを指摘している。しかし、静的ストレッチングの時期や頻度と作業量の関係についての報告は、みうけられていない。本研究の測定結果IIは、背屈・掌屈双方の静的ストレッチングを毎回加える場合、疲労がかなり進行したとみられる第10試行後から加える場合、さらに5試行に1回の頻度で加える場合について比較したものである。その結果、疲労が進行した状態から静的ストレッチングを加えた場合では、その効果が少ないことが明らかになった。また、5試行に1回の頻度で静的ストレッチングを加えることが、毎回加えることとほぼ同様の結果を示したことから、各試行間に安静休息を保つよりは、疲労があまり進行しないうちに、時々静的ストレッチングを加える方が、筋疲労によるパフォーマンスの低下を抑制する効果のあることが示唆される。

要 約

健康な男子大学生6名(18-22歳)を被検者とし、1分間の休息期をはさみながら最大努力で6秒間の握力発揮を20試行繰り返させ、手関節へのストレッチングが握力発揮にどう影響するかを、方法、時期、頻度を違えて実施した。各試行間の休息期には、毎回安静休息を保つ条件(A)、と静的ストレッチングを加える条件(B~F)があり、後者には毎回手関節の背屈方向のみ(B)、掌屈方向のみ(C)、背屈・掌屈双方(D)、第10試行まで安静休息、その後毎回背屈・掌屈双方(E)、第5、10、15試行後にのみ背屈・掌屈双方(F)の5条件とし、合計6条件を指示した。

本実験結果は、次のようである。

- 1) 各条件における全試行の平均力積は、いずれの条件間にも有意な差が認められなかった。
- 2) 第11-20試行では、条件C、Dが条件Aより有意に大きな力積を示した($P<0.05$)。第16-20試行では、条件Dが条件Bに比較して有意に大きな力積を示した($P<0.05$)。
- 3) 第11-20試行では、条件D、Fが条件Aより有意に大きな力積を示した($P<0.05$)。第11-15試行では、条件Fが条件Eに比較して有意に大きな力積を示した($P<0.05$)。

以上の結果から、休息期に毎回掌屈または背屈・掌屈双方の静的ストレッチングを加えることは、安静休息を保つ場合に比較して、握力低下の抑制に効果的であり、また、その効果については、5試行ごとに加えられた静的ストレッチングと毎回のそれとの間に差のないことが明らかとされた。

文 献

- 1) DeVries, H. A., Electromyographic observation of the effects of static stretching upon muscular distress, Res. Quart., 32: 468-479, 1961.
- 2) DeVries, H. A., Prevention of muscular distress after exercise, Res. Quart., 32: 177-185, 1961.
- 3) 福永哲夫、矢田秀昭「ストレッチ運動における血流量の変化」デサントスポーツ科学、4: 192-195, 1983.
- 4) Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Stembrowich, W. L., Shepherd, R. E. and Saltin, B., Glycogen depletion pattern in human skeletal muscle fibers after heavy exercise, J. Appl. Physiol., 34: 615-618, 1973.

- 5) Grant, R. T., Observation on the blood circulation in voluntary muscle in man, Clin. Sci., 3: 157-158, 1938.
- 6) Hettinger, Th. 「アイソメトリック トレーニング」猪飼道夫・松井秀治 (共訳)、大修館書店、東京、1970.
- 7) Humphreys, P. W. and Lind, A. R., The blood flow through active and inactive muscle of the forearm during sustained handgrip contraction, J. Physiol., 166: 120-135, 1963.
- 8) Ikai, M. and Steinhaus, A. H., Some factors modifying the expression of human strength, J. Appl. Physiol., 16: 157-163, 1961.
- 9) 猪飼道夫、矢部京之助「筋力と疲労の研究 2 最大筋力と疲労」体育の科学、17: 166-172、1967.
- 10) Karlsson, J., Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man, Acta physiol. Scand. 72 Suppl. 358, 1971.
- 11) Karlsson, J., Nordesjö, L. O., Jorfeldt, L. and Saltin, B., Muscle lactate, ATP, and CP levels during exercise after training in man, J. Appl. Physiol., 33: 199-203, 1972.
- 12) Ohtsuki, T., Inhibition of individual fingers during grip strength exertion, Ergonomics, 24: 21-36, 1981.
- 13) Ohtsuki, T., Decrease in grip strength induced by simultaneous bilateral exertion with reference to finger strength, Ergonomics, 24: 37-48, 1984.
- 14) Start, K. B. and Holmes, R., Local muscle endurance with open and occluded intramuscular circulation, J. Appl. Physiol., 18: 804-807, 1963.
- 15) Start, K. B., Load and local muscular isometric endurance with occluded blood supply, J. Appl. Physiol., 19: 1135-1138, 1964.
- 16) 矢部京之助「運動の制御」猪飼道夫 (編) 身体運動の生理学、杏林書院、東京、1973.