



成人男性の握力に及ぼす運動効果に関する筋電図からの検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-03-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 谷口, 公二, 上村, 浩信, 小成, 英寿 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/2842

成人男性の握力に及ぼす運動効果に関する筋電図からの検討

その他（別言語等）のタイトル	Effect of physical activity on handgrip strength in adultmen by EMG
著者	谷口 公二, 上村 浩信, 小成 英寿
雑誌名	室蘭工業大学研究報告. 文科編
巻	39
ページ	1-23
発行年	1989-11-10
URL	http://hdl.handle.net/10258/2842

成人男性の握力に及ぼす運動効果に 関する筋電図からの検討

谷口公二 上村浩信 小成英寿

Effect of physical activity on handgrip strength in adultmen by EMG

Kozi Taniguchi Hironobu Kamimura Hidetoshi Konari

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of physical activity on forearm muscles in adultmen. Two adultmen who differ in the habit of physical activity served as subjects of this study. Subjects were employed in three types of handgrip strength. First, they repeated maximal strength 15 times, second sustained handgrip at a tension of 60% of MVC, last increased tensions at a rate of 5 kg/3 seconds. We recorded EMG during their trials. There was no difference in MVC. An active man was superior in endurance time at a tension of 60% of MVC. From the previous study, we obtain that the condition occurs intramuscular occlusion. Thus we concluded that FG muscle fibers transform FOG muscle fibers in forearm muscles by physical training.

はじめに

体力はいろいろな要素から成立しており、ヒトの行動に直接関与する要素群としての行動体力と生存に大きく関与する要素群としての防衛体力に分類される¹⁾。我々体育教師が主としてかかわるのは行動体力である。それには行動を起こす能力、行動を持続する能力、行動を調節する能力に分けることができる¹⁾。行動を起こす直接の原動力は筋の収縮力である⁹⁾。一般の体力測定でも握力・背筋力として1回ないし数回の試行を行い、その最大値をも

って個人の筋力値を求めており、筋力が評価されている³⁾。前述したように、行動体力には行動を持続する能力も含まれ、呼吸・循環機能を評価する全身持久力と筋収縮の持続力を評価する筋持久力に分類される¹⁾わけだが、一般の体力測定において行動持続能力は全身持久力を採用し、筋持久力は特別の器具を必要とされ、更に時間もかかることから測定されることはない。

握力・背筋力は最大筋力として測定されるものであるが、特に握力は容易に測定でき、被験者にダメージを与えることが少ないことから利用されている。さらに握力は主として前腕の筋群が関与する局部筋力ではあるが、脚力・背筋力・腕力と有意な正の相関がある³⁾とされている。先行研究において最大筋力測定として利用される握力であるが、持久力測定として国内では上腕や脚の筋が用いられることが多く、握力が用いられることは少ない²⁾。

日常生活がモータリゼーション等機械化されてきている⁶⁾ことから、目的意識をもって行うスポーツ活動を除いて身体活動を行う機会は日常生活の中から減ってきている⁴⁾。しかしながら握力に関しては日常生活の中で発揮する機会は多いように思われる。そのことから特別な筋力トレーニングを積んだ者を除いてスポーツ活動をよく実施している者と座業的生活者とで最大握力や持久的握力に関して差がないことも予測される。そこで我々は運動実施状況の異なる成人男性に反復最大握力・持続的握力・漸増握力を行わせ、張力発揮時の表面筋電図⁵⁾を測定して、成人男性の前腕表層諸筋と運動効果に関する基礎的資料を得ることを目的とした。

実験方法

(1) 被験者

被験者は日常的にスポーツ活動をよく実施する成人男性(36歳)と日常的に身体運動を行うことが少ない成人男性(37歳)の2名であり、共に握力発揮に影響を及ぼす偏向性のある運動や仕事を行っていない。

(2) 測定方法

被験者は机に面して椅座姿勢で、肘関節120度屈曲、前腕回内回外中間位

とし、前腕尺骨側を机から離さないことを指示され、デジタル握力計（竹井機器製）を用いて利き手（右手）の握力測定を行った。測定は次の三段階とした。第一段階として最大握力を5秒間発揮・10秒間休止を一組とし、それを15回反復する短時間の等尺性収縮を繰り返し測定した。この回数は反復握力の測定は15回でよいとした小野等⁷⁾の指摘から採用したものである。第二段階では第一段階よりその最大握力値を被験者の等尺性最大随意筋力（Maximum Voluntary Contraction：MVC）として、その60%発揮を課題とする持続的等尺性収縮を測定した。被験者はデジタル力量計（竹井機器製）から発揮筋力を読み取り60% MVC を維持できなくなるまで測定した。第三段階では験者の秒読みに従って3秒毎に5kgずつ筋力発揮を増加させる等尺性の漸増収縮を行い課題遂行ができなくなるまで測定した。筋力発揮情報は第二段階と同様に得ることとした。各測定間には疲労の影響を排除するために20分以上の休息を取った。この休息時間については最大握力の60%を持続させ筋疲労に追い込んだ後、10分で約100%に回復するとした Funderburk et al.⁸⁾の指摘から十分なものと考えた。各筋力発揮が最大努力となるように被験者に要求し、課題遂行中励ました。

筋電図（Electromyography：EMG）は前腕の屈筋として尺側手根屈筋（Flexor carpi ulnaris）、伸筋として長橈側手根伸筋（Extensor carpi radialis l.）と尺側手根伸筋（Extensor carpi ulnaris）を対象として表面双極誘導法⁵⁾を用いて記録した。直径5mmの銀塩化銀皿電極（ダイヤモンド社製）をFCUの筋腹上に、直径8mmの電極（日本光電製）をFCR・ECUの筋腹上に、約2cm間隔で筋線維の走行方向と一致するように装着した¹⁶⁾。生体増幅器の時定数は張力を1.5秒、EMGを0.03秒とした。電極間抵抗はすべて30kオーム以下であった⁵⁾。測定によって得られたEMGと張力はカセットデータレコーダに収録し、後に再生しパーソナルコンピューター（PC9801 VX, NEC）を利用してA/D変換後、フロッピーディスクに保存しEMG信号をフーリエ変換して、パワースペクトルを算出した。分析を行った周波数帯域は1Hz～500Hzであった。筋電図は、他に橈側手根屈筋

(Flexor carpi radialis)、浅指屈筋 (Flexor digitorum superficialis) を測定したがこの二つについては別のデータレコーダに収録したためレコーダの周波数特性が異なることとなったため、今回は前述の三つについて報告する。

サンプリングした箇所は反復握力では1回目、5回目、9回目、12回目、15回目で、5秒間のうち前半の2秒間とした。60%持続握力では持続時間を

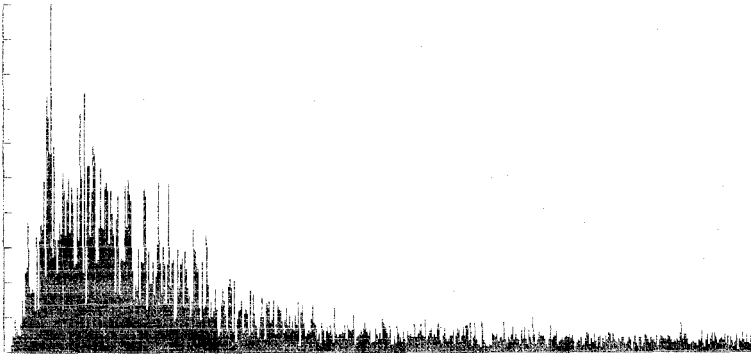


Fig. 1 An example of power spectrum at intermitted maximum contractions.

5秒間で区切り、その前半2秒間とした。漸増握力では各3秒間のうち後半の2秒とした。

結 果

図1はEMGののパワースペクトルの一例である。各測定でパワースペクトルを求め、MPF算出に利用した。

Table 1. Measurement of subjects.

	N . S	K . T
最大握力値	43.3kg	42.2kg
60%握力値	25.8kg	25.2kg
60%MVC持続時間	43秒	76秒
漸増収縮回数	6回	7回

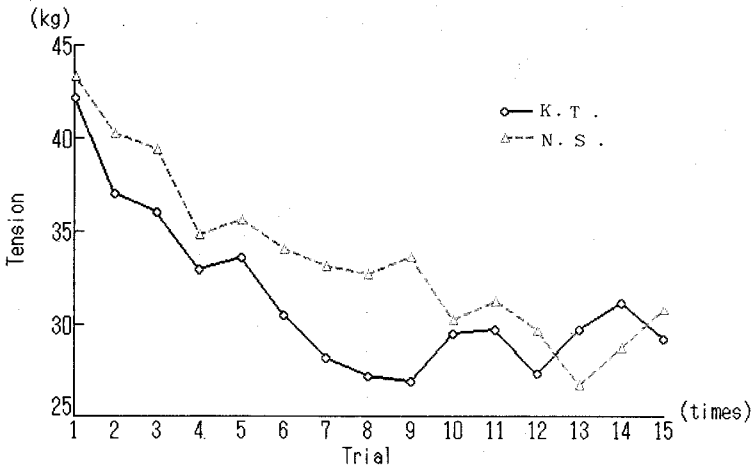


Fig. 2 Changes of handgrip strength at intermitted maximum contractions.

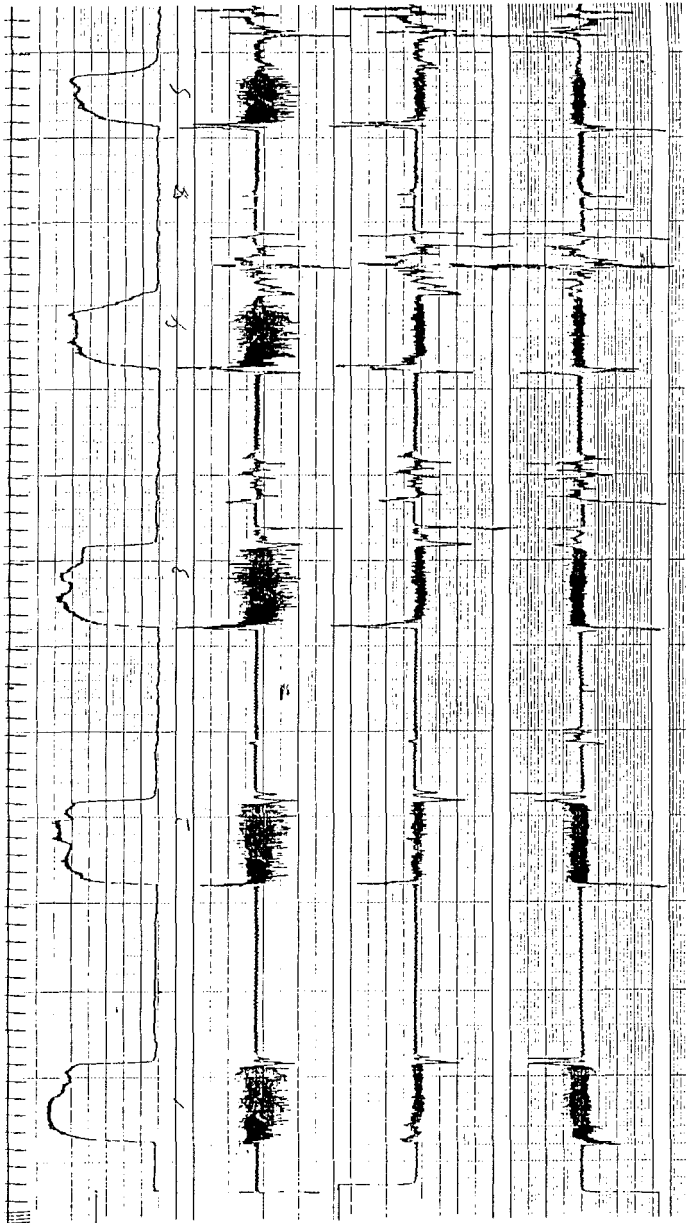


Fig 3-1 Force-curve and EMG at intermitted maximum contractions in subj. N.S.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

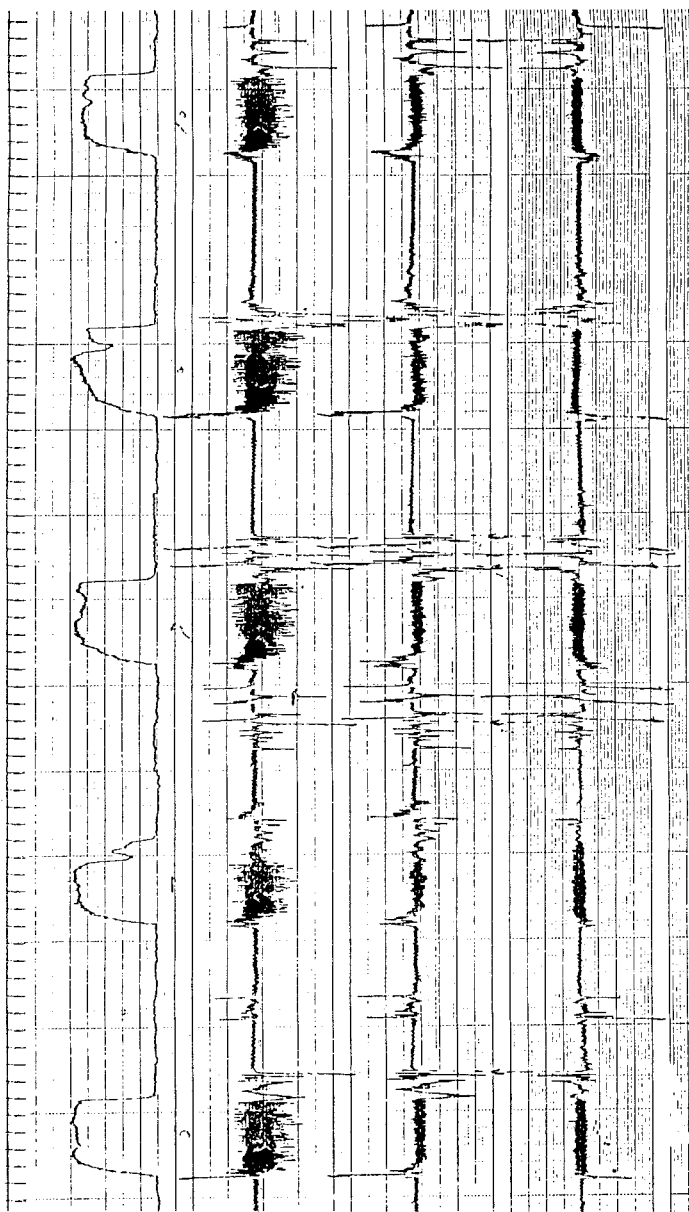


Fig. 3-2 Force-curve and EMG at intermitted maximum contractions
in subj. N.S.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third
row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

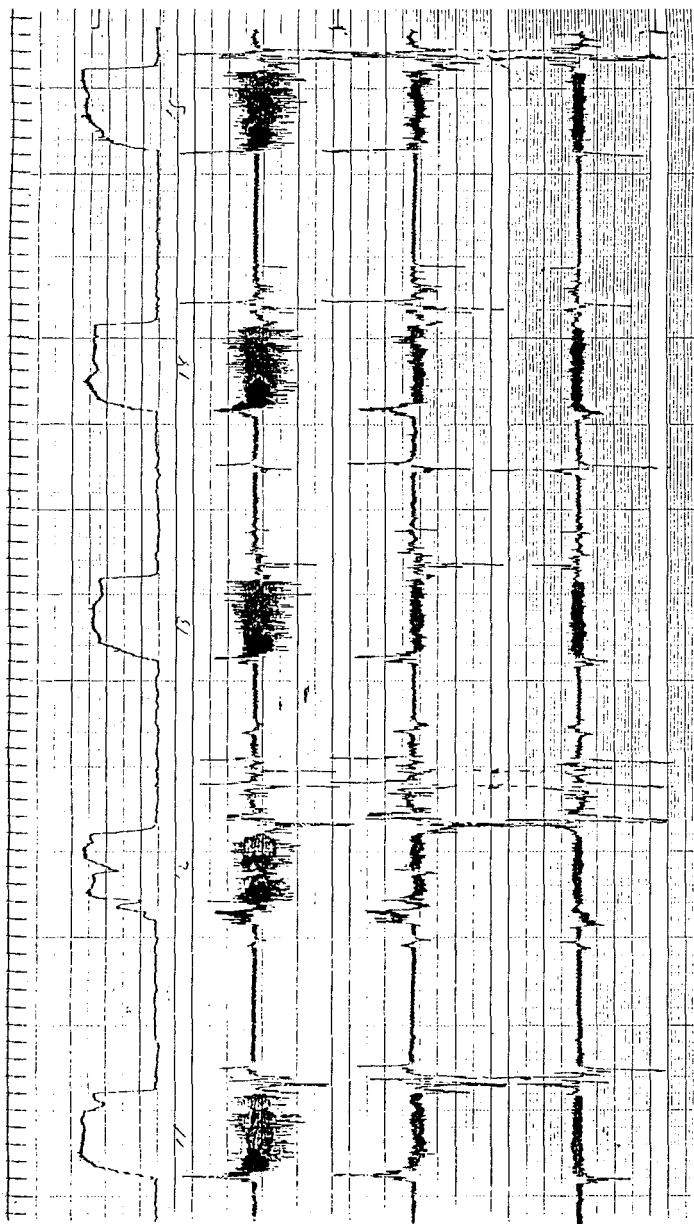


Fig. 3-3 Force-curve and EMG at intermittent maximum contractions in subj. N.S.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

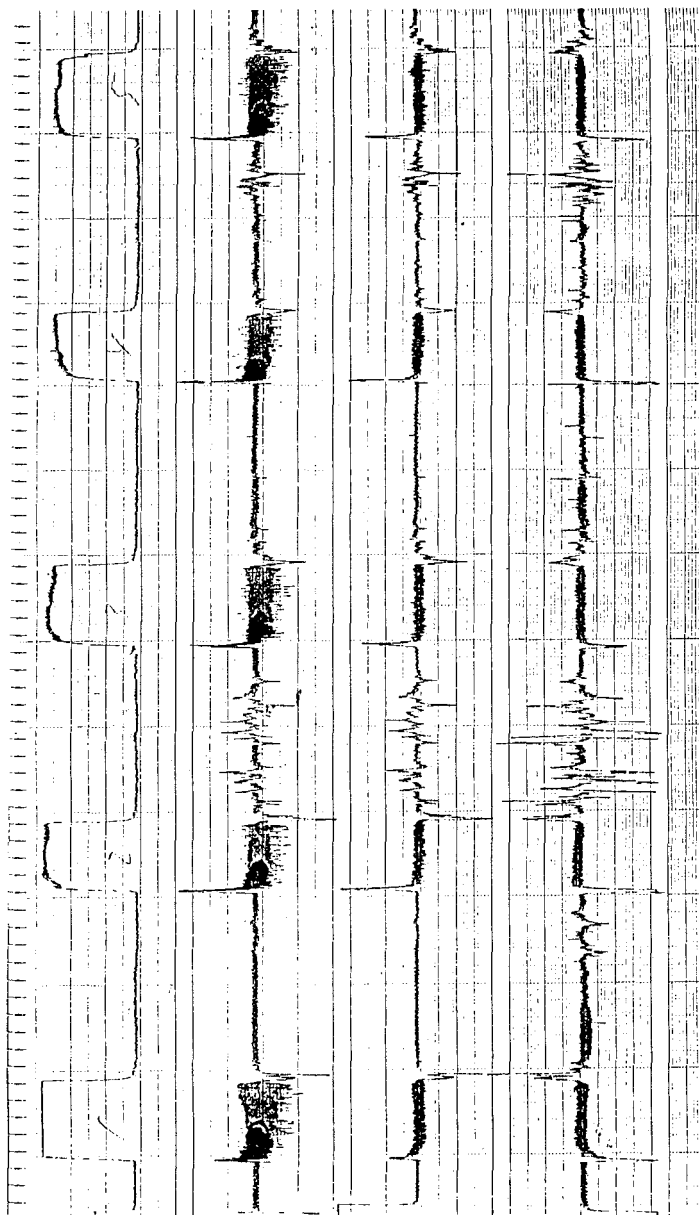


Fig. 4-1 Force-curve and EMG at intermittent maximum contractions in subj. K.T.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

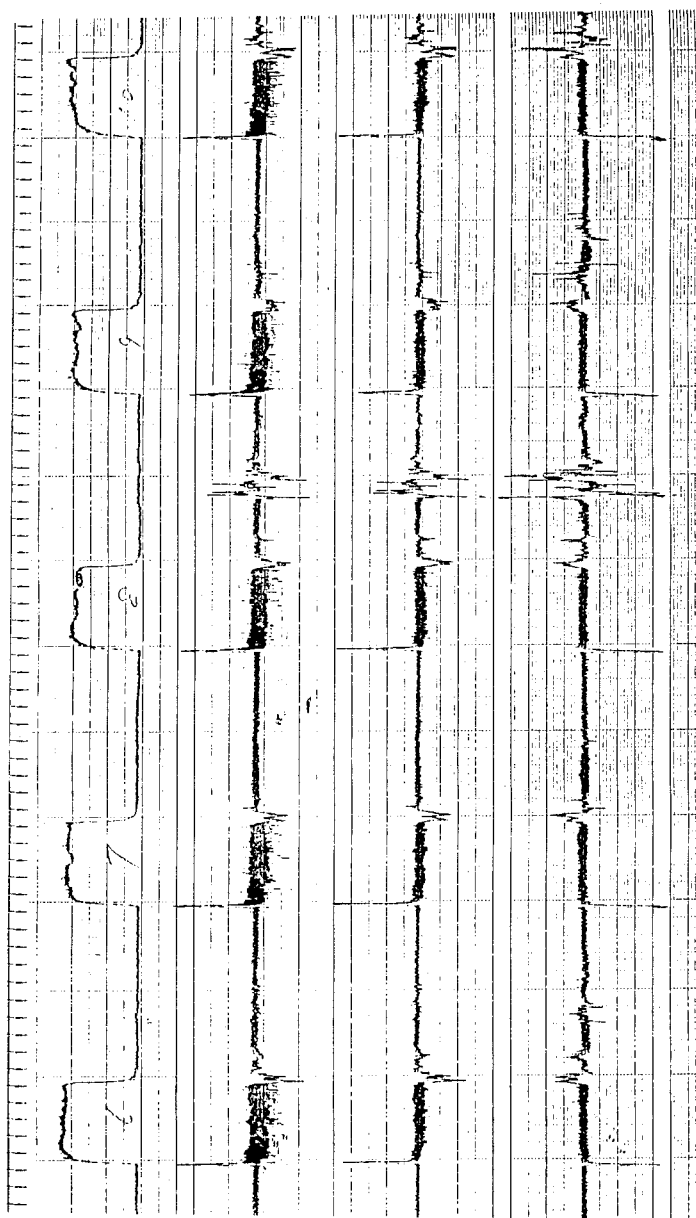


Fig. 4-2 Force-curve and EMG at intermittent maximum contractions in subj. K.T.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)



Fig. 4-3 Force-curve and EMG at intermitted maximum contractions
in subj. K.T.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third
row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

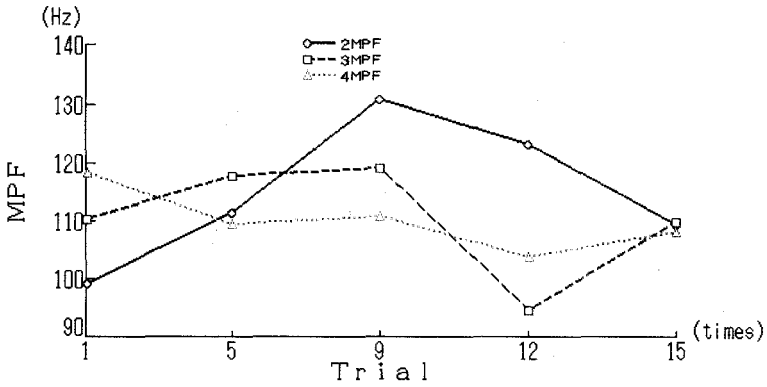


Fig. 5 Changes of MPF at intermitted maximum contractions in subj. N.S.
(2 : FCU, 3 : ECU, 4 : ECR)

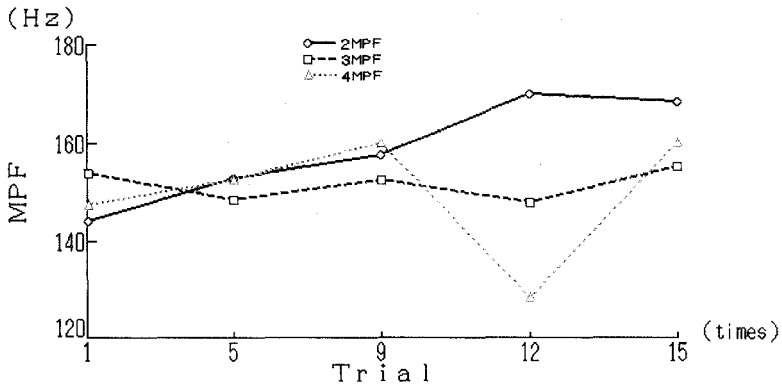


Fig. 6 Changes of MPF at intermitted maximum contractions in subj. K.T.
(2 : FCU, 3 : ECU, 4 : ECR)

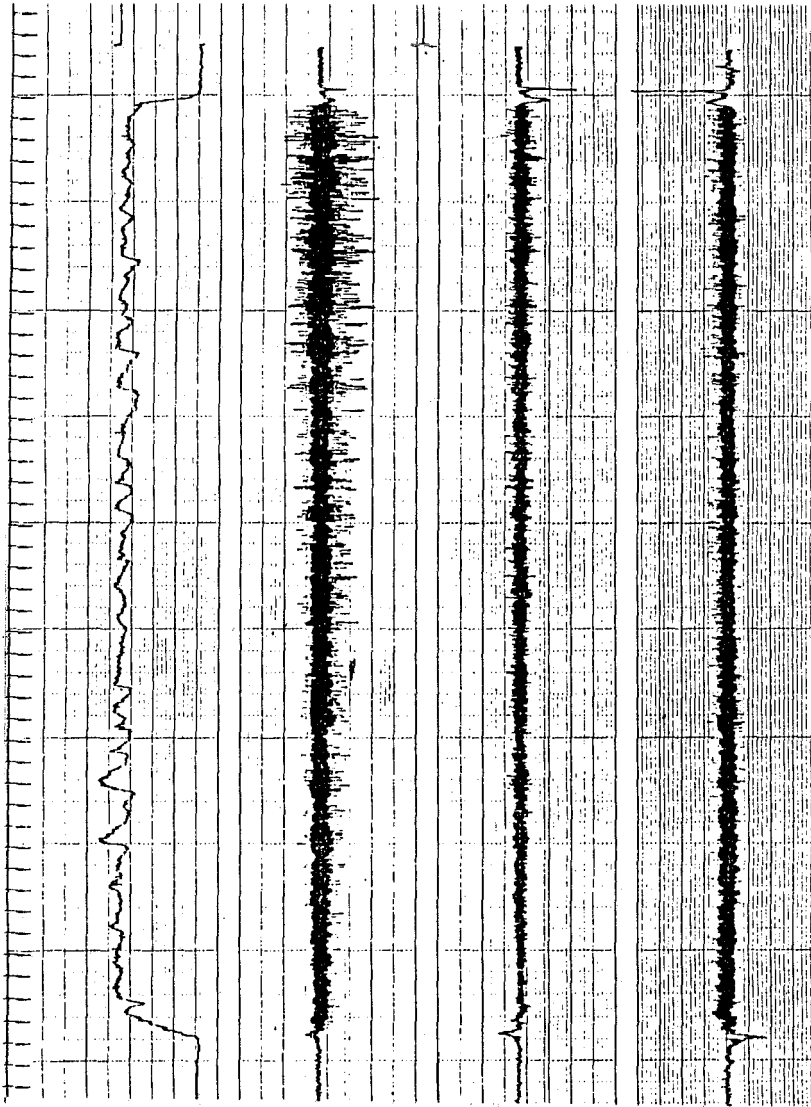


Fig. 7 Force-curve and EMG at sustained 60% MVC
in subj. N.S.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG,
third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

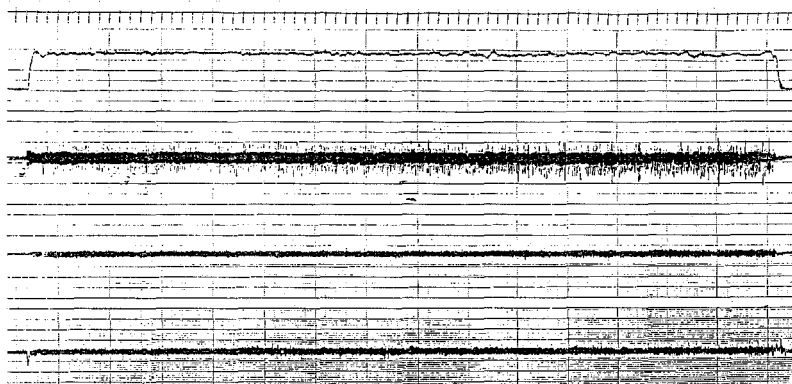


Fig. 8 Force-curve and EMG at sustained 60% MVC in subj. K.T.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

(1) 反復最大握力について

図2は被験者の握力値の推移を示している。1回目にそれぞれ最大値を記録した後減少し、K.Tは9回目で最少値を示した。握力維持率（最終回値／初回値×100）⁷⁾はともに70%であった。今回の測定姿勢は通常の握力測定²⁾と異なるものであるが同年齢の代表的値³⁾を示すものと思われる。両被験者で最大値は同じ値を示した。図3・4に反復握力時の張力曲線と筋電図を示す。K.Tは5秒間良く張力を維持していた。さらに張力の立ち上がりの良さが特徴的であった。サンプリングした各筋の平均周波数（Mean Power Frequency : MPF）の変化を図5・6に示す。K.TにおいてMPFは全て高い値であり、FCUで漸増傾向が見られただけである。小野等⁷⁾が指摘した回数と休息时间については張力の維持についてであり、今回の方法で筋電図上から情報を得るには反復回数と休息时间に検討を要する必要がある、課題を残した。

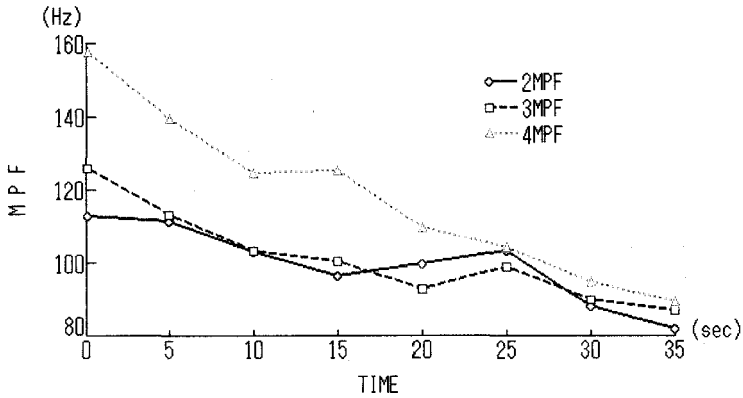


Fig. 9 Changes of MPF at sustained 60% MVC in subj. N.S. (2 : FCU, 3 : ECU, 4 : ECR)

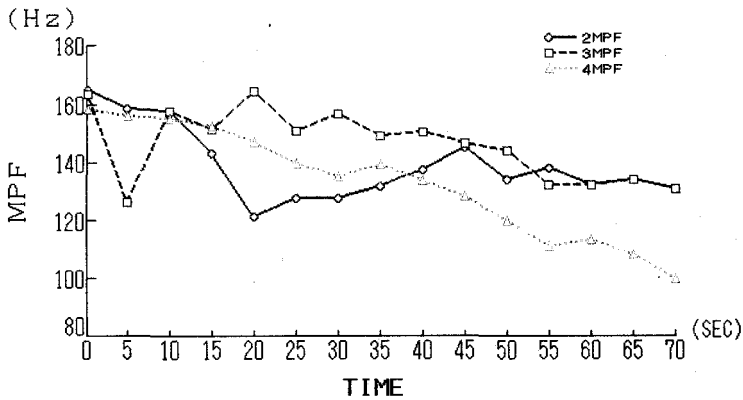


Fig. 10 Changes of MPF at sustained 60% MVC in subj. K.T. (2 : FCU, 3 : ECU, 4 : ECR)

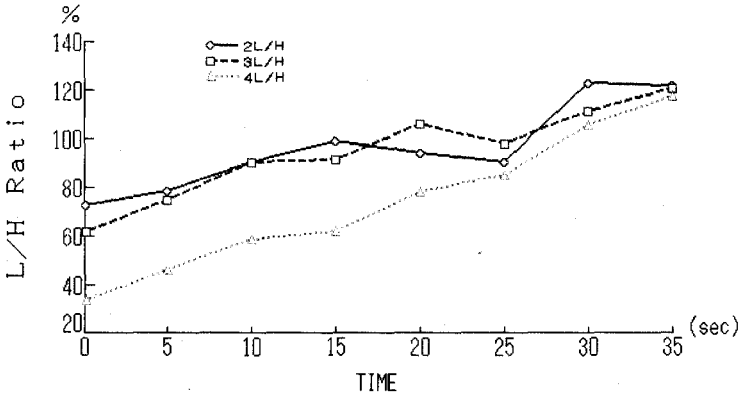


Fig. 11 Changes of L/H ratio at sustained 60% MVC in N.S. (2 : FCU, 3 : ECU, 4 : ECR)

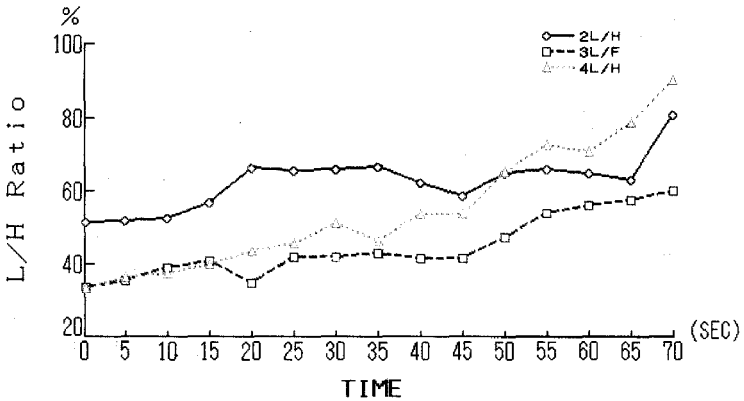


Fig. 12 Changes of L/H ratio at sustained 60% MVC in K.T. (2 : FCU, 3 : ECU, 4 : ECR)

(2) 60% MVC 持続収縮

図7・8に持続収縮時の張力曲線と各筋の筋電図を示す。K.Tは持続時間が長く、また良く張力を維持していた。N.SのFCUに大きな電位変動が見られた。表2に平均周波数の減少率¹⁰⁾を示す。平均周波数は共に減少したがN.Sが2倍の減少を示した。ECRの減少率が共に高く、握力動作ではECRが伸筋として張力発揮に参加していることが予測され、また伸筋にFT線維が多くMPF減少率が高いとした岡田等¹⁰⁾の結果と一致した。

Table 2. The reduction rate of MPF during sustained 60%MVC.

	N . S	K . T
F C U	68.2%	27.6%
E C U	77.5%	26.7%
E C R	108.3%	49.4%

図9・10は持続収縮の平均周波数の変化を表したものである。また図11・12は低周波帯への移行を見るために低周波/高周波の比を見たものであり、60% MVCの持続収縮においてよく筋特性が表現されることが示された。

(3) 漸増収縮について

図13・14は漸増収縮の張力と筋電図である。K.Tがよく課題遂行をしていたことが示された。またFCUの電位変動が大きく、集中的に筋力発揮に貢献していた。漸増収縮については課題が3秒毎に5kg増加させることであったが、課題の遂行が特にN.Sで難しいものとなり験者の秒読みに合わせる事が困難なものとなったため、サンプリングタイムの設定方法に課題を残すこととなった。

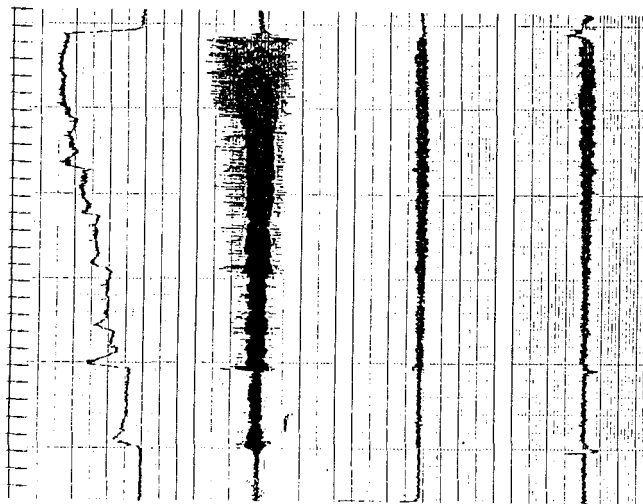


Fig. 14 Force-curve and EMG at contraction with increasing load in subj. K.T.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

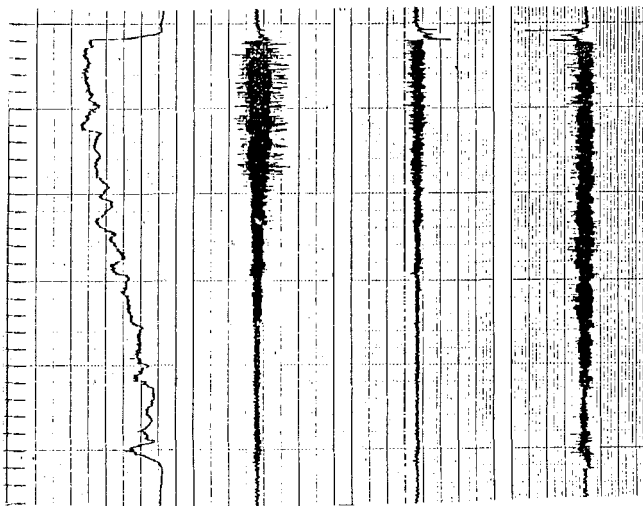


Fig. 13 Force-curve and EMG at contraction with increasing load in subj. N.S.
(First row : force-curve, second row : FCU EMG, third row : ECU EMG, fourth row : ECR EMG)

考 察

最大筋力の30%、60%、75%の負荷で筋持久時間と筋力を比較したHeyward¹¹⁾は最大筋力の高い者は低い者より持久時間が劣ることを報告した。また小野等⁷⁾はウェイトリフティングの選手が筋力の集中的発揮の繰り返しから逆に筋の持久性がなくなると報告している。このように筋力トレーニングを積んだ選手や明らかに最大筋力を異なるもので最大筋力と持久時間の間に負の相関があることは予想に反することのように思える。本研究では一般の成人男性を対象として日常的に運動をよく行う者と座業的生活者の前腕表層筋の特性を検討した。

筋繊維は収縮速度から大きく速筋線維 (Fast twitch fiber : FT線維)、遅筋線維 (Slow twitch fiber : ST線維) に分けられるが、バイオプシ・テクニックにより速筋・遅筋線維を生化学的・組織化学的に分類することもなされており、そのことから筋線維が収縮速度、持久時間、張力の発揮程度、筋収縮のエネルギー供給、運動単位等のタイプで分けられる¹²⁾。速い収縮・大きな張力・無酸素的解糖能力・疲労のしやすさを特徴とする速筋線維 (fast st twitch glycolytic : FG)、緩やかな収縮・ミトコンドリア酸化能力の良さ・乳酸のエネルギー利用・耐疲労性を特徴とする遅筋線維 (slow twitch oxidative : SO)、両者の中間の特性をもつ筋線維 (fast twitch oxidative glycolytic : FOG) に分類されるのが一般的である⁹⁾¹²⁾とされる。さらに最近では非観血的方法によって筋線維タイプが同定される¹²⁾ようになってきており、また身体トレーニングが筋に及ぼす効果についても報告がなされてきている⁹⁾¹²⁾。しかしながら先行研究においては上腕、下腿、脚の筋を用いることが多く¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾、握力動作の主働筋が深層にあることもあり、表面筋電図により前腕の報告がなされているものは少ない。

短時間に高いパワーを必要とする筋ではFT線維が多く、持久的な筋ではST線維が多いと指摘した金久⁹⁾は反復収縮において張力立ち上がりがよくことは筋にFT線維が多く、神経からのインパルスの集中的伝導と運動単位

(MU)の集約的活動によると指摘し、トレーニング効果が早く強化されるのもFT線維であるとした。永田¹²⁾は筋の収縮速度がミオシンATPase活性に比例するとした。反復収縮時の10秒間の休息で筋の血液還流がなされる²²⁾ことが考えられることから、K.Tの立ち上がりの良さからFGの働きの良さや持久面からSOの働きの良さが推測される。さらに5秒間の張力維持に優れていたことは、MUのrotationとrecruitmentも関係していることが考えられる。筋疲労時に平均周波数が減少する¹⁰⁾¹⁷⁾とされているが5秒間の反復収縮15回と10秒間の休息の組み合わせでは筋電図からは指摘できず今後の検討課題となった。

60% M V Cの持続時間に大きな差が見られた。Heyward¹¹⁾は60% M V Cで筋の血流が阻止されるとした。そのことから60% M V Cでの筋収縮制限因子は無酸素的解糖能力にあると考えられる。Margaria²³⁾は非乳酸性と乳酸性機構によるエネルギー供給は理論的に約41秒とした。K.Tの持続時間が70%長いことはATP再合成に有利な筋グリコーゲンの量と乳酸蓄積抑制に優れていることを意味している。これはATP-CP系と解糖系を動員させる経験の差によるものであろう。金久⁹⁾は自転車競技選手には脚筋、水泳・カヌー選手には腕にグリコーゲン含有量が高いとしている。さらに筋疲労時には低周波成分が増加することが知られている¹⁷⁾。外側広筋を用いて筋疲労時の平均周波数からST並びにFT線維特性を検討したViitasaloとKomi¹⁵⁾によると、30、50、70%の負荷の順で、FT線維を多く含む筋の平均周波数が減少し、70%の負荷で%FTの高い筋で減少が最も著しいことを報告している。筋電図情報に個人差がある²⁴⁾とされてはいるが、表2に示したようにN.Sの平均周波数の減少率が高いことはFT線維の多いタイプであることを推定させる。屈筋と伸筋を比較した岡田等¹⁰⁾は屈筋にST線維が、伸筋にFT線維が優勢であるとしたが、共にECRで減少率が高いことはECRがFT比率の高い筋であり、握力動作時の張力発揮に貢献していることを示している。Gollnick et al.¹⁸⁾は20% M V Cより強い負荷ではFT線維のグリコーゲンが選択的に枯渇するとし、60% M V CではFTの動員が主と考えられることが

ら、60% M V C時の持続時間が優れていることはF TのS T (F O G) 化がなされていることが予測される。

AndersonとHenriksson²⁰⁾ は持久性トレーニングがヒトの筋線維でTYPE A (F O G) が増加するとしている。さらにAndersonとHenriksson²⁵⁾ は持久的運動の各筋線維タイプへの毛細血管の補給について述べている。このことは座業的生活者と日常的に運動を実施する者では有酸素能力、持久的運動に違いが見られる¹⁾ ことから予測されることでもあり、本被験者にも指摘できることであろう。

漸増収縮においてK.Tが% M V Cの高いレベルでも課題遂行をよく行っていることは金久⁹⁾ が指摘したM UのF R, F Fタイプの動員が効率良くなされていることが推測される。

Mero. et al.¹⁴⁾ は最大等尺収縮と% F Tに正の相関があり、持久時間と% F Tには負の相関があるとした。N.Sを例にすると60% M V Cの持続時間から% F Tが高く、反復収縮から% S Tが高いこととなり、相反する結果となる。ViitassloとKomi²¹⁾ は本被験者と同年令 (34.0yr.) のuntrainedな一般男性と瞬発力に優れているskijumper (24.0yr.) を比較して100 % M V Cが同じ値を示し、さらに筋組成が同じであるにもかかわらず張力時間曲線に違いが見られ、生理学的に異なる性質をもつことを報告している。また、HakkinenとKomi²⁶⁾ はトレーニングに慣れているもの間での筋組成の差による持久時間とM P Fの関係を述べている。このように座業的生活者では持久的運動の不足から誘因すると思われる筋収縮特性が見られる。Vanderhoof. et al.¹⁹⁾ は筋力トレーニングでは筋力のみが向上し、持久トレーニングでは筋力と持久力が良くなることを指摘している。日常生活の中で握力発揮の機会が多いことが筋にトレーニング効果をもたらしているが、持久的効果が非運動者に見られないことが指摘できる。このように反復収縮と60% M V Cの知見から成人男性の前腕表層諸筋への運動の効果は筋線維のF O G移行にあることが推測された。

引用・参考文献

- 1) 池上晴夫、運動処方、朝倉書店、1982. Pp.244.
- 2) 松浦義行、体力測定法、朝倉書店、1983. pp.180—183.
- 3) 東京都立大学身体適性学研究室、日本人の体力標準値、第3版、不味堂出版、1980. p.116.
- 4) H. クラウス、W. ラーブ、運動不足病、1977. Pp.230.
- 5) 掘 浩、筋電図の手引き、南山堂、1981. pp.1—5.
- 6) 今野道勝、栄養と運動と健康、朝倉書店、1982. Pp.160.
- 7) 小野三嗣・宮崎義憲・渡辺雅之・原 英喜・湊久美子「握力の反復連続測定の運動生理学的研究」体力科学、30：114—21, 1981.
- 8) Funderburk, C.F., Hipskind, S.G., Welton, R.C. and Lind A.R., "Development of and recovery from fatigue induced by static effort at various tensions," J. Appl. Physiol., 37—3 : 392—96, 1974.
- 9) 金久博明、筋のトレーニング科学、高文堂出版社、1989. Pp238.
- 10) 岡田修一・生田香明・黒田英三・栗原崇志・猪熊 真・川合 悟「筋力とEMG解析からみた屈筋と伸筋の特性の比較」体育学研究、31—3 : 227—34, 1986.
- 11) Heyward, V.H. "Influence of static strength and intramuscular occlusion on submaximal static muscle endurance," Res. Quart., 46 : 393—402, 1975.
- 12) 永田 晟、筋と筋力の科学、不味堂出版、1984. Pp.278.
- 13) Tesch, P.A., Komi, P.V., Jacobs, I., Karlsson, J., and Vitasalo, "Influence of EMG frequency spectrum during repeated concentric contractions," Acta Physiol. Physiol. Scand., 119 : 61—67, 1983.
- 14) Mero, A., Luhtanen, P., Vitasalo, J.T., and Komi, P.V., "Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production," Scand. J. Sports Sci., 3—1 : 16—22, 1981.
- 15) Viitasalo, J.T., Komi, P.V., "Isometric endurance, EMG power spectrum, and fiber composition in human quadriceps muscle," in Asmussen, E. and Jorgensen, K. (Eds.), Biomechanics VI-A, Univ. Park Press : Baltimore, 1978, 244—50.
- 16) Zipp, P., "Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography," Eur. J. Appl. Physiol., 50 : 41—54, 1982.
- 17) 山崎昌広・山崎和彦・久永 孟「運動単位活動の変化からみた筋疲労の研究」人類誌、85—3 : 229—236, 1977.
- 18) Gollnick, P.D., Karlsson, J., Piehl, Karin, and Saltin B., "Selective glycogen depletion in skeletal muscle fibers of man following sustained contractions," J. Physiol., 241 : 59—67, 1974.

- 19) Vanderhoof, E.R., Imig, C.J. and Hines, H.M., "Effect of muscle strength and endurance development on blood flow," *J. Appl. Physiol.*, 16-5, 873-77, 1961.
- 20) Andersen, P. and Henriksson, J., "Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibers," *Acta Physiol. Scand.*, 99-123-25, 1977.
- 21) Viitasalo, J.T. and Komi, P.V., "Force-time characteristics and fiber composition in human leg extensor muscles," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 40 : 7-15, 1978.
- 22) 永見邦篤・藤瀬武彦・吉岡利忠・中野昭一「短時間の筋収縮後の血流変化について」
体力科学、36-6 : p512, 1987.
- 23) Margaria, R., 金久博明、筋のトレーニング科学、高文堂出版社、1989. p40.
- 24) Lawrence, J.H. and De Luca, C.J., "Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles," *J. Appl.*, 54-6 : 1653-1659, 1983.
- 25) Andersen, P. and Henriksson, J., "Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise," *J. Physiol.*, 270 : 677-90, 1977.
- 26) Hakkinen, K. and Komi, P.V., "Effects of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force- and relaxation-time characteristics of human skeletal muscle," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55 : 588-96, 1986.