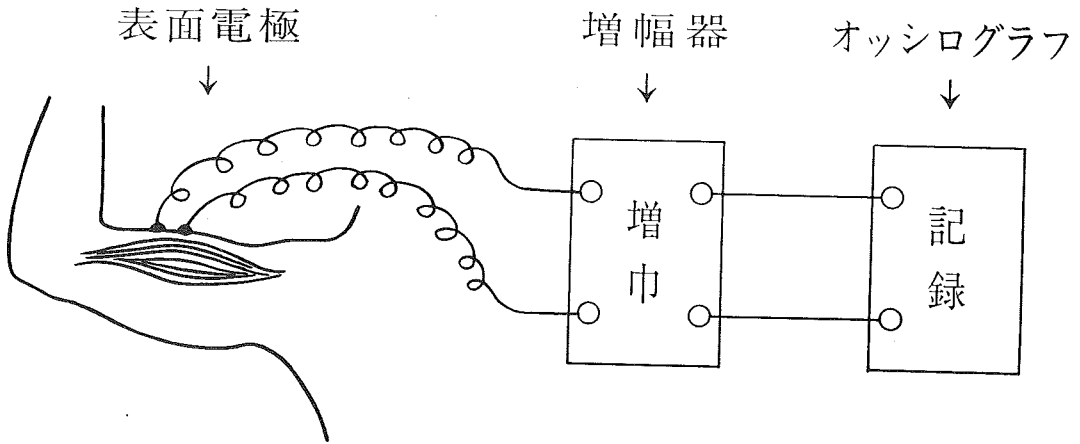


柔道投技の筋電図学的研究

東京医科歯科大学 佐々龍雄
 東京大学 猪飼道夫 浅見高明
 金子公宥
 東京教育大学 松本芳三

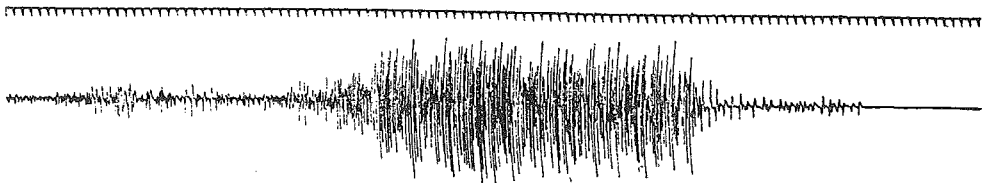
1963年講道館内にウェイト・トレーニングセンターが出来て、たくさんのトレーニング器具が設備された。これからいよいよ本腰を入れて筋力のトレーニングが始められることであろう。そこで選手の筋力トレーニングを計画実施するに際しては、**施技時に使用される筋肉を明らかにした上で、特に柔道ではどこの筋肉が最も使用されるかを明確にしてしっかりとトレーニング方式をうち立て常にまどをはずさないようにしなければならない。**と同時に動作分析として各種投技の運動経過の間に筋の緊張・弛緩の相が時間的空間的にどのように変化するかという点を確認することも大切なことである。従来、動作分析には映画や重複露出撮影などが一般に行なわれている。しかしこのような視覚的方法のみに頼ったのでは実際に活動している筋の働き方を知ることは出来ない。運動の軌跡を追跡すると同時にその時の身体各部の筋の働き方を正確につかむことが必要である。そのために筋電図が欠くべからざる武器として登場してきた。

第1図 筋電図記録法



第2図 収縮の強さと筋電図のパターンとの関係

収縮を次第に強めていく。(上腕二頭筋、負荷20kg)



ここで筋電図 (electromyogram 略して E. M. G) の大略について説明しておこう。

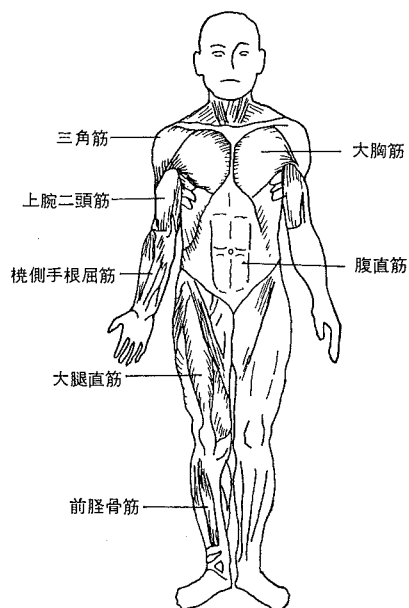
筋肉が活動する時には電気が発生する。だがこの電気は極めて微小であり、これを観察記録するためには非常に感度の高い増巾器によって拡大しなければならない。この電気(活動電流)のとり出し方には、針電極によるものと表面電極によるものと二種類がある。針電極は直接筋の中にさして個々の神経筋単位(運動神経細胞と神経線維、それにつらなる筋線維とからなる)の活動電流を誘導する場合に用い、表面電極は筋の皮膚面にあてて活動電流の合成されたものを皮膚を通して誘導する場合に用いる。しかしながら針電極は主に医学の方面で深部の筋にさして各種の病氣(運動失調症、筋無力症、脳疾患、小児まひ)の診断、生理学の面では疲労検査、反射等に利用されており、筋活動としては静的運動に限られる。最近は柔軟な銀鍍電極が使用されるようになり大変改善されたが、依然として疼痛や針の破損の危惧の念を伴うためにスポーツのようなはげしい運動における筋活動の観察には適当でない。それ故運動中の筋電図の記録にはほとんど表面電極が使用されている。表面電極は普通直径10mmの円型銀板でこれを2個電気糊で被検筋上の皮膚表面にはりつけ、これを介してあらわれる活動電流を誘導し、観察記録するものである。このようにして記録されたものが一般に筋電図と呼ばれている。(第1図、筋電図記録法参照)

ここ2・3年来、筋電図はスポーツ科学の方面で盛んに利用されるようになり(注1)「水泳中の筋電図」(注2)「重量挙げの筋電図」等大変に興味深い研究が行なわれている。特に水泳中の筋電図はほとんど誘導不可能と考えられていたものだけに世界でも類をみない貴重な研究である。又柔道の筋電図に関しては昨年の体育学会に「柔道投技の筋電図学研究」として学習院大学の佐藤氏が発表されているものが唯一である。

ここでもうすこし筋電図から何がわかるのかという点について述べておこう。

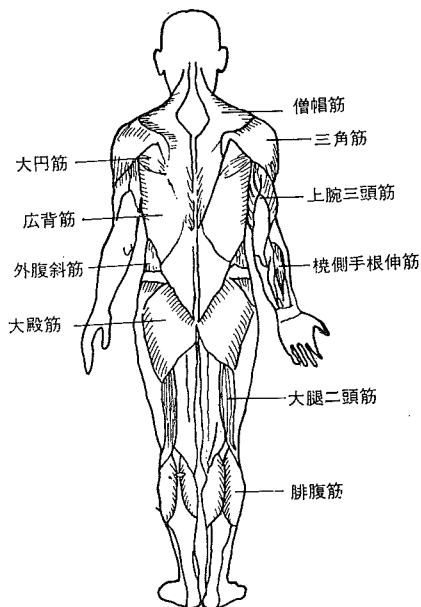
第3図 被検筋肉名称図

(前面)



第4図 被検筋肉名称図

(後面)



我々の運動動作は、すべて骨格系の機構を骨子として運動神経系と筋系との微妙な働きによって始めて成立するものである。しかし筋肉自身は自動的に働くことはほとんどなく、すべて運動神経からの興奮を受けて活動するものである。従って筋の収縮に伴って現われる活動電流即ち筋電図は、筋の収縮の様態だけでなくその背後にある運動神経系の活動状況を間接的に示しているのである。この運動神経系は、最終共通路である脊髄の運動神経細胞（前柱細胞）を境として中枢性と末梢性に区別することが出来る。大脳からの興奮は、まず前柱細胞に伝達され、ここが興奮するとそれからのびる神経線維に一定の間隔で反復し短時間に経過する神経活動電流が伝導し、その神経線維の支配する筋に活動電流（スパイク放電）を生ずる。このスパイク放電は表面電極法によると第2図に示すように干渉波形としてあらわれる。（第2図、収縮の強さと筋電図のパターンとの関係参照）従って筋電図の濃度と振巾とをみるとその時の収縮の程度が推定出来る。いいかえると筋電図の振幅の高さとスパイクの密度から筋の活動の強弱を知ることが出来るのである。そして放電の密度と振幅とが筋力とどのような関係にあるかについては東京大学医学部時実教授が表面電極法により荷重が20kgまでは振幅が直線的に増加し、それ以上になると振幅は一定の値を保つと述べている。又東京大学農学部野村教授も負荷の増量と筋電図の記録電位とは、概観して直線的関係にあるというよりもむしろ階段的であるといながらも両者の相関を認めている。そこで各選手について握力の測定を行ない、主働筋である橈側手根屈筋、伸筋の平均振幅と握力の増加との関係を調べてみたところ明らかに握力の増大に伴い振幅の増加が認められた。

被検者、日時、場所

被検者は昭和37年度の全日本選手権者竹内善徳五段を初めとして柔道五輪候補選手10名について得意技の筋電図をとった。選手名と技は次の通り。

竹内善徳五段…右大外刈，左釣込腰，左跳腰，左大外刈，右小内刈，右小外刈

田中章雄五段…右跳腰，右大外刈，右払腰，右小内刈

関 勝治四段…左釣込腰，左体落，左大外刈，左大内刈

中谷雄英三段…左小外刈，左大外刈，左大内刈，左大外返

芳垣修二四段…右背負投，右釣込腰，右払釣込足，左体落

平石正則四段…右大外刈，右大内刈，右小内刈

猪熊 功五段…右一本背負，右体落，右大内刈

白崎淳悦四段…右大外刈，右大内刈，左払釣込足，左払腰

前田行雄四段…左大外刈，左大内刈，左内股

坂口征二三段…右大外刈，右内股，右払腰，右小内刈，右大内刈

測定期日、場所は、昭和37年6月から8月にかけて東京大学教育学部体育学研究室において行なった。

実験方法

被検筋は、（3図、4図参照）上肢（橈側手根屈筋、橈側手根伸筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋）胴体（大胸筋、腹直筋、僧帽筋、大円筋、広背筋）下肢（大殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋）の筋について左右十五対を選んだ。電極は直径10mmの円型銀板電極を用い、被検筋の筋腹に筋線維の方向に沿って3cm間隔に2個をプラスチックバンソウコウで固定した。記録器は10万倍に増巾可能な三栄測器製12要素の多元電氣的記録装置を用いた。被検者には出来るだけ試合時の施技に近く技を掛けるように指示した。

結果及び考察

次に各選手の代表的得意技について、筋の活動の強弱を模式図で示しながら考察していく。

右大外刈 第5図に平石選手の放電模式図を示したが、**崩し**では橈側手根伸筋(右)、上腕二頭筋(右)、僧帽筋(右)が強く放電を示し、**掛け**では上腕二頭筋(左)、三角筋(右)、僧帽筋(右)、大腿直筋(左)が強く働く。(写真右大外刈参照)この左の上腕二頭筋は橈側手根屈筋、伸筋(左)と共に相手の体を更に崩すために働いており、僧帽筋(右)、三角筋(右)は相手を抜き上げようとして働いていると考えられる。この時大腿直筋(左)の強い放電は瓜先立ちとなり全体重を左足一本にかけるためである。**掛け**から**投げ**の段階では主として上腕三頭筋、大円筋、広背筋、大腿二頭筋などの身体背部の筋肉が主働筋として働く。大分時間的に遅れてあらわれている橈側手根屈筋(左)、伸筋(左)、上腕二頭筋(左)、大胸筋(左)は投げた相手を左手で支持していることを示す。

右一本背負 (第6図、右一本背負参照)猪熊選手の一本背負は独特のものであり、まず相手を左手一本で前方に崩し釣り出すために上腕二頭筋(左)、三角筋(左)が強く働く。(写真右一本背負参照)次に相手の右腕の固定のために上腕二頭筋(右)、三角筋(右)、僧帽筋(右)が強く働き、同時に左手で相手の右腕の固定を更に確実にするために左肘をしめるので、上腕三頭筋(左)大円筋(左)が働く。**投げ**の場面では上腕三頭筋、大円筋、広背筋などの背部の筋肉が主に働く。

芳垣選手の背負投は双手背負であり、猪熊選手ほど相手を崩すために左腕の筋群が使用されない。(第7図、右背負投参照)しかし**掛け**では相手をしっかりと引きつけるために左の橈側手根伸筋、上腕二頭筋がよく働いている。(写真右背負投参照)又低い姿勢でとび込み相手をかつぎあげるために大腿直筋が強く働く。

左釣込腰 竹内選手、関選手とも左半身の筋群の働きの顕著であり、特に相手を釣り込むために上腕二頭筋(左)、三角筋(左)、僧帽筋(左)が強く働く。(第8図左釣込腰参照)

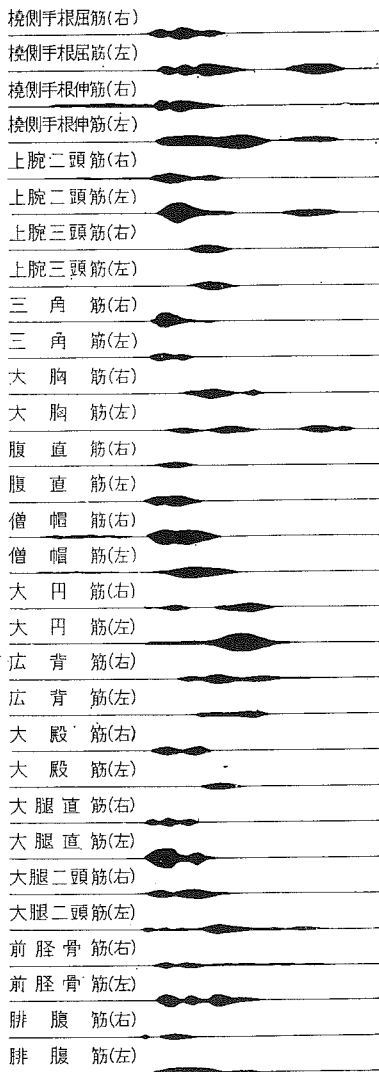
竹内選手の釣込腰は写真に示すように左手の働きの特徴的で左の三角筋僧帽筋の放電が激しい。(写真左釣込腰参照)特に左僧帽筋は施技時は勿論のこと、施技時以外でも著しく放電している点が独自である。関選手の場合には(第9図左釣込腰参照)相手を崩す時に上腕三頭筋、大円筋が働き**掛け**の動作を起すと同時に放電が消失して上腕二頭筋(左)三角筋(左)、僧帽筋(左)、大殿筋(左)がかかわって強く働く。

左体落 関選手の体落しは(第10図左体落参照)左釣込腰と同様に**崩し**の段階では背部の筋群(橈側手根伸筋、上腕三頭筋、大円筋)が働き**掛け**の動作を起すと同時に上腕三頭筋の放電は消失してかわりに拮抗筋である釣り出すための上腕二頭筋(左)、三角筋(左)、僧帽筋(左)が強烈に働く。**投げ**ではもう一度身体背部の筋群が働く。下肢の筋群は二拍手で施技するために二つの放電叢を示しており、体重を支える大腿直筋(右)、前脛骨筋(右)の放電が著しい。(写真左体落参照)関選手の特徴は、筋の緊張・弛緩の相が非常にはっきりしていることでこれは神経支配の点で極めて大事なことである。

右跳腰 田中選手の跳腰は、右とびこみ内股とまったく同種のものであり跳ねあげる脚が相手の右脚にかかるかそれとも真中をはねあげるかで名称が変わるだけである。(第11図右跳腰参照)**崩し**から**掛け**では上腕二頭筋(左)三角筋(左)が瞬間的に強く働き、右手では僧帽筋(右)が相手を浮かすために積極的に働く。相手をはねあげる時には脚を挙上伸展するので大腿二頭筋(右)腓腹筋(右)の放電が顕著なのは当然であろう。

第5
図

右大外刈
平石正則三段

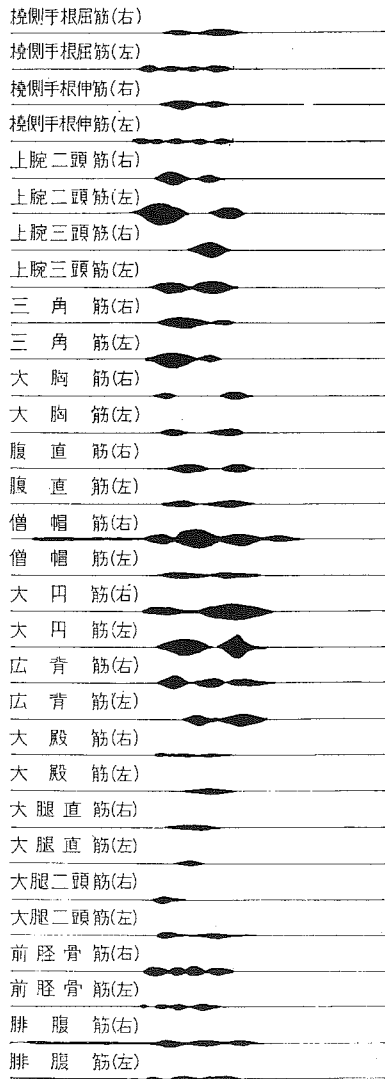


1 sec. 2mV

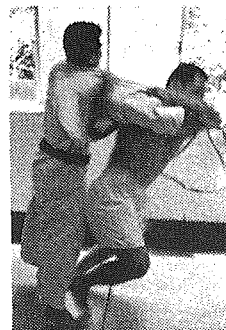


第6
図

右一本背負
猪熊 功五段



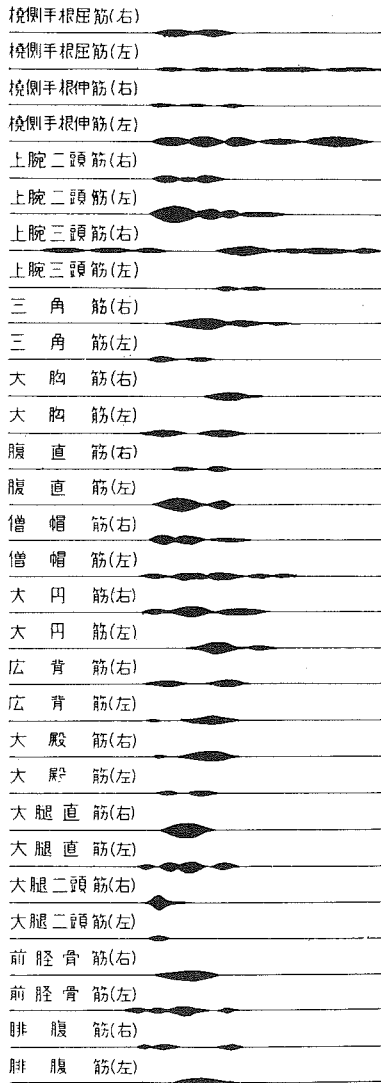
1 sec. 2mV



右背負投

芳垣修二四段

第7
図



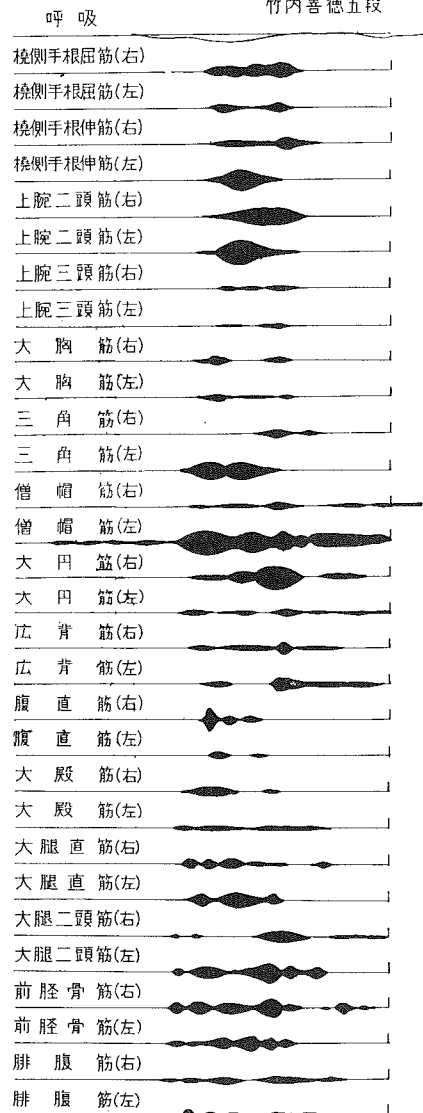
1 sec 2mv



左釣込腰

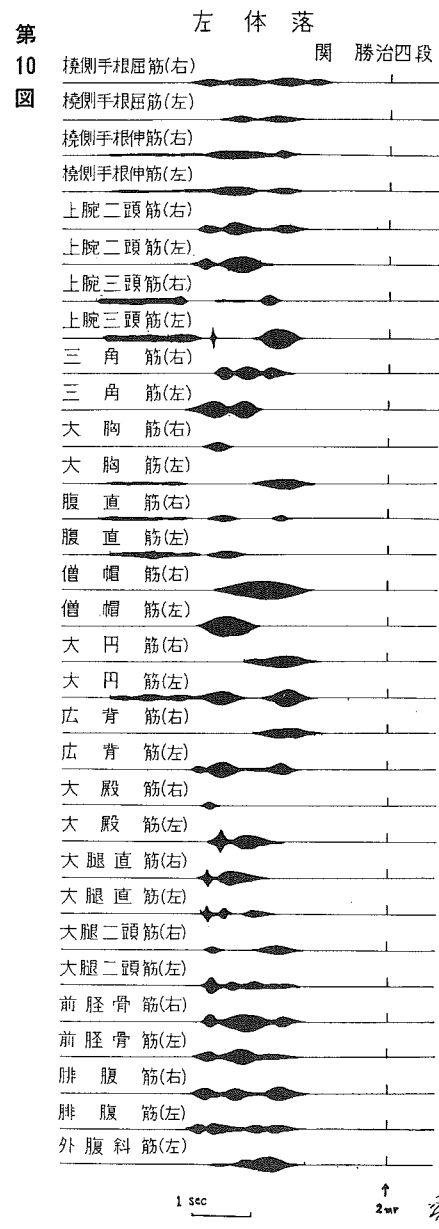
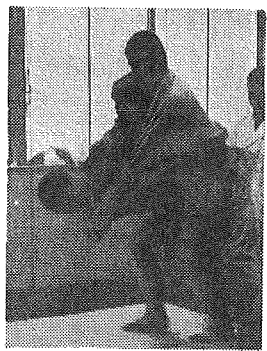
竹内善徳五段

第8
図



1 sec 2mv



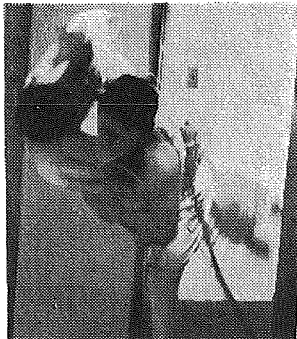


第11圖

右 跳 腰
田中章雄五段

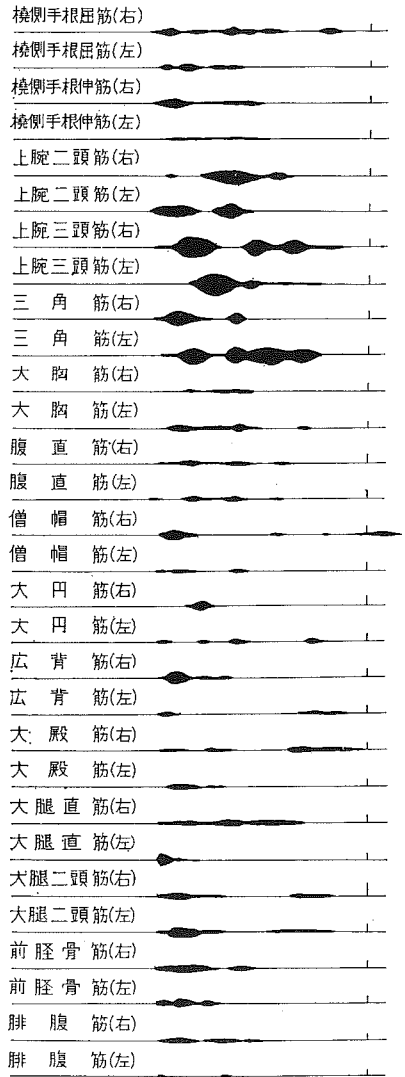


1 sec 2mv



第12圖

右 大 内 刈
白崎淳棧四段



1 sec 2mv



右大内刈 白崎選手の右大内刈は、自分の右手で（手首を返して）相手の左肩口を押して左後隅に崩そうとするために右手伸筋群である橈側手根伸筋（右）上腕三頭筋（右）が強く働く。同時に左の上腕二頭筋、三角筋の放電が強いのは、相手をアンバランスにするように右手の働きを助けているのであろう。（写真右大内刈参照）この左の上腕三頭筋、三角筋の放電が激しいのは後方への崩しがよくきいていることを示す。（第12図右大内刈参照）

総 括

- (1) 「崩し」から「作り」、「掛け」においては、身体前部の筋群が関与し、「投げ」では背部の筋群が強く働く。
- (2) 「崩し」では右技得意の者は左側の筋群の働きが大切であり、「掛け」では右側の筋群の活動が激しい。
- (3) 前腕部の筋群では、あまり拮抗的働きを認め得なかったが、上腕二頭筋と上腕三頭筋とでは著明に拮抗的な働きが認められた。つまり運動と無関係な筋は弛緩し、動作に必要な筋のみが収縮することが大切である。
- (4) 筋の収縮・弛緩の相がはっきりしていることは活動筋肉の調整に関与する神経系のすぐれていることを示す。
- (5) 内股、跳腰、払腰のように相手を前方に崩して自分は一本足でかけるような技では、上腕二頭筋、三角筋、僧帽筋などが主働筋として働く。
- (6) そして釣込腰、背負投、体落のように二本足でかける技では、その上に大円筋の活動が加わる。
- (7) 更に大内刈、小内刈のような相手を後方に崩して掛ける技では、上腕三頭筋、三角筋が主働筋となり橈側手根伸筋、上腕二頭筋、僧帽筋が補助として働く。

以上のように柔道の主働筋は、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋、僧帽筋、大円筋、大腿直筋などであるが投技の種類によっては筋肉の働き方がかなりちがうので、選手の得意技にマッチした筋力トレーニングの方式をつくる必要がある。

文献

- (1) 猪飼道夫、石井喜八、宮下充正「水泳中の筋電図」オリンピック、1961年10月号
- (2) 野村晋一、小野三嗣、窪田登、「筋電図による Weight-Lifting の基本動作の解析」スポーツ科学研究会報告、1963