

筋電図による Weight-Lifting の 基本動作の解析

—身体機構学の立場から—

財団法人 日本体育協会
東京オリンピック選手強化対策本部
スポーツ科学研究委員会

筋電図による Weight-Lifting の基本動作の解析

——身体機構学の立場から——

スポーツ科学研究委員

野 村 晋 一
小 野 三 嗣
窪 田 登

はじめに

運動学 Kinesiology の研究に応用することが筋電図の大切な目的の一つであったと思う。実際筋電図が今日の普及をみる以前は、この立場からの研究が多く研究者の興味をとらえていたのであった。しかし運動学への応用には、われわれもしばしば経験したのであるが、方法論的な若干の隘路と筋電図の解釈上の困難さが障害になったものであった。たとえば、(1)筋電図の誘導、なかんづく深部の筋からの活動電位の誘導は針電極をもってしなければならない。したがって病いの診断、特定の静的筋活動の観測に使用することができても、活動のはげしい運動の筋活動の観察には適しない。たとえ、柔軟な銀鍼電極を使用しても、疼痛や針の破損の危惧のために、検者、被検者ともに抑止感を感ずる。(2)生体に侵襲を加えない表面電極は、従来の方法によれば、容積の限定された電気的遮蔽室以外では使用できない。(3)表面電極は表層の、しかも筋体の明瞭な一部の筋の活動の観測に限られており、被検筋以外の筋からの活動電位の混入の有無を厳密に判別できないから成績が不確定である。(4)筋の活動の強弱がわかつても、これを直接運動に結びつけて解釈の材料とすることができないなど、基本的な問題が残っており、これらが筋電図の運動学への応用をいちじるしく阻害したものである。

しかしそのような応用上の制約にもかかわらず、筋電図はやはりなお筋活動の観察方法として第一義的な意義をもっていることは疑うべくもない。使用できる電極が表面電極に限られるとしても、(1)体表に所在する数十個の筋の活動は、適当な Function test によって明確に識別し得、他の筋から独立に活動をとり出すことが可能である。(2)ある程度の容積（高さ 2.5 m × 幅 3 m × 奥行 3 m）の電気的遮蔽室があれば、基本動作における筋活動の観測が可能である。(3)現在はただ一つの筋の活動をとらえているだけであるが、Radiotelemeter を利用することによって、野外運動時の筋活動を記録することができる。

この研究は、競技動作の解析に筋電図を応用することによって、従来の解剖学的な記載を根拠とする推論としての説明を再検討し、なかんづく一つの動作または一連の運動における筋活動の経時的な変化を詳しく記録して、関節機構学 Joint-mechanics または身体機構学 Body-mechanics の立場からの説明を試み、筋の強化、鍛練の方法に正確な拠り所を与えるようとしているものである。

ここでは電気的遮蔽室内でも行ないうる定位置運動として代表的な Weight-lifting の基本的動作 9 種類を対象にとった。それぞれの種目には、その動作によって主として駆動されるいくつかの筋がす

でに考えられており、この中の適当な種目を組み合せて行なうことによって、重要な筋はひととおり運動させることができるとされている。しかし、実際競技者がしばしば経験しているように、ある同一の動作を何回もくりかえすことによって、予想外の筋に強い疲労を感じたり、疼痛を覚えたりすることがある。このことは理論的な立場からすれば、いずれも説明のつくものであって、ある動作を行なわせるためには、その基礎として、身体の他の部分の固定とか、伸展とかのために、その動作に直接関係がないと思われる部位の筋群が動員され、時にはその方がむしろ強く、しかも長時間活動しなければならない場合がしばしば起るからである。また一つの動作、たとえば、肘の屈曲を行なうには、上腕の屈筋群が収縮することはもちろん必要であるが、負荷される重量が過大である場合は、肘関節の固定のために、その拮抗筋である伸筋群にも活動が要求される場合がある。このような現象は記載解剖学的な知識のみによって予め推定することはできないのであって、実際にその筋の活動をとらえてみて初めて、運動の基底としての体部位の機構上の特徴とか、実際の運動の現われてくる修飾の実態に説明を加えることができるるのである。このような詳細についての解析において筋電図の果しうる役割はきわめて大きいのである。

しかし注意しなければならないことは、筋電図に記録される放電の密度、あるいは活動電位の積分曲線の振幅と、俗にいう筋力とは必ずしも並行しないということである。このことは後にふれるが、筋の活動電位の粗密は、その筋において活動に動員される運動単位 Motor unit の数の大小を示すものであって、いわばその筋の活動の強弱の示標にすぎないのである。したがって、当然個人的な差も大きいであろうし、筋の質的な面での差異も加わるであろうし、皮膚の抵抗や皮下織の厚さの大小にも関係するし、また同一個人でも体の部位によって多少の相違が現われるであろう。より偏差が少ないという意味で、同一個人の筋相互間の活動の強弱を比較することができても、異った個人の間では比較し難いと考えなければならない。またいわゆる筋力は、筋が外部に向かってなす仕事の大小によって考えられるべきであるから、生活体において観察する限り、その力は骨格系と筋系との協同作業の結果発現されるもので、姿勢や動作から想像した筋がほとんど活動することなしに、骨格系とその固定を行なう韌帯群の成形的なはたらきが力の発現に主な役割を演ずる場合もあると考えなければならない。要するに、筋電図はその動作なり、運動なりに動員される筋の活動の強弱を表現するものであって、それだけを示標にして筋力を推定するというわけにはいかないのである。生活体が発現する力に対しては、筋自体の質的な面はもちろん、その動作に横杆として、または軸心として参加する骨格系の抵抗、関節の運動あるいはその固定様式などを併せて考えなければならない。

この報告の内容は、おののの種目においてどの筋がどのような強さで活動に参加するか、その活動がその種目の運動にどのような意義をもっているかなど、活動する筋およびその強弱の分布を明らかにして、機構学的な意味づけをすることを目的にしているのである。

被検者および実験方法

被検者は著者の中の 2 名 (K および N) が分担した。K は現在 Weight-lifting の選手として競技に参加し、日常の Training を行なっており、この実験では各種目の連続運動を行ない、N は学生時代陸上競技をした経験をもっているが、その後格別のスポーツは行なっていない。この実験では各種目の分節運動を行なった。

被検筋は電極を貼布する前、もしくは貼布してのちに Function test を行なって一個一個を確認し、また動作中に電極がその筋腹からはずれないように注意した。

観測はすべて電気的遮蔽室内で行なった。活動電位は $2\text{ cm} \times 1.5\text{ cm}$ の方形銀板電極 2 枚を約 2 cm 離して、観測すべき筋の表面に貼布し、別に $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ の銀板電極を下腹部に貼

布して接地するいわゆる双極誘導法によって、同時に 2 つの筋から誘導し、ブラウン管オシロスコープに投入して観察しながら、インク書きオシログラフによって記録した。

まず N が規定の種目につき軽い重量 (15~25 kg) で一連の動作を数節に分解して行ない、各節の姿勢を約 15 秒間持続してそのときの筋電図を記録し、ついで K が重量を増加して (35~50 kg) 同じ動作を行ない、この際全体の経過が 20~30 秒にわたるようにして、全経過の筋電図を記録した。

記録した筋電図は各種目、各筋ごとに整理して 1 つの表にまとめ、活動の強さを比較対照し、また連続運動の筋電図を併列して考察の材料にした。

実験成績および考察

1. 筋のはたらきかた (収縮の強さ) と筋電図

収縮の原因は何であってもよい。筋が収縮活動すると同時に、筋の内部には電気的な変化がおこる。これが活動電位 Action potential または活動電流 Action current であって、これを体外に誘導、記録したものが筋電図である。記録された筋電図はいわゆる スパイク放電であって、筋の収縮が弱ければ、放電の密度が低く、収縮が強ければ、その強さの程度に応じて密度が高くなるのであるが、健康な筋では、個々のスパイク放電はいかに全体の密度が高くなつても、互いに同期、すなわち放電がかさなりあうことはないと信ぜられている。個々のスパイク放電は 1 つの運動神経細胞の発火によって生ずるインパルスが、その運動神経細胞の支配する数十本の筋線維を同時に収縮させ、そのときに現われる各筋線維内の電気的变化が集積して 1 本のスパイク放電になると考えられているから、この放電自体はおおむね悉無律によって律

せられることになる。そこで筋電図に画かれた放電の疎密の度合い、または画かれた筋電図の濃淡は、個々の運動単位 (1 つの運動神経細胞、それから出る 1 本の運動神経、その支配下にある筋線維群の総称) の反覆活動の頻度およびそのときに動員される運動単位の数の多寡によつて決定されることになる。換言すれば、筋のはたらく強さが強くなることは、筋電図に現われる放電の密度の高低、すなわち同一の運動単位の反覆活動の頻度の大小とその筋の活動に参加する運動単位の数の大小として現象するのである。

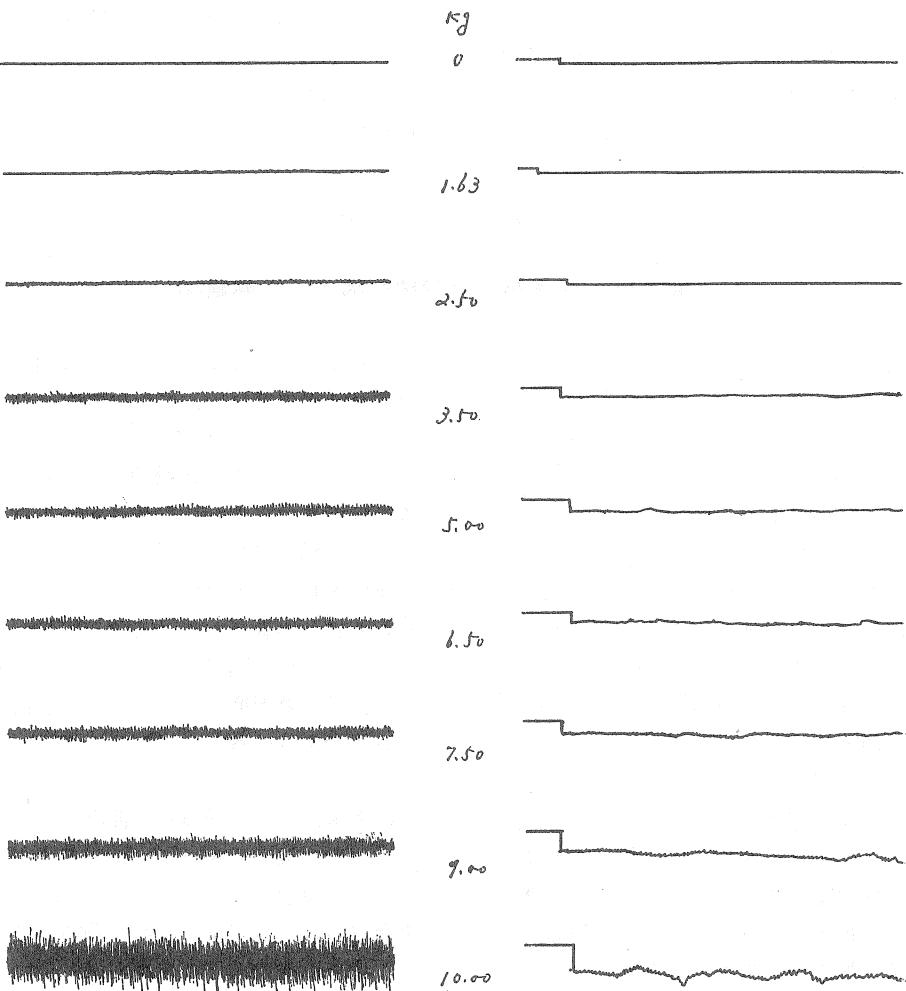
針電極によって誘導した健康な 1 つの運動単位の放電は電圧 $500\text{ }\mu\text{~mV}$ 、持続時間 10 ms 以下の、波形の簡単なスパイク放電であるが、表面電極によってとらえた筋電図は、各個体の、またはその部位の皮膚の厚さや皮下織の抵抗の大小によって若干の差を生じ、個体差や誘

導部位の差も加わり、電位も遙かに低く、また放電は互いに干渉しあって、複雑で、不規則な波状の電位として現われる。ブラウン管オシロスコープによる直接撮影、もしくは電磁オシログラフによる記録は 50~位の波を含む放電叢 Burst であるが、慣性の遙かに大きなインク書きオシログラフによって記録したものは疎密の度合いの異った、無数のスパイクの寄り集まりの画になる。そして筋の収縮が弱ければ、画に現われているスパイクの密度が低く、おのとのスパイクの長さも短く、収縮の強さが増大すれば、スパイクの密度の増加とともに個々のスパイクの長さが長くなってくるのである。記録器の性能が 45~50~ 程度であって、個々の運

動単位の放電頻度および数多くの運動単位の放電に忠実に付随できないのは当然であるから、画に表われたスパイクはいくつかの放電が積分されていると考えなければならない。

第1図は以後使用するインク書きオシログラフによって記録する放電群を同時に電圧積分計に分流して記録したもので、画に現われた放電叢と積分曲線によって表わした曲線の高さ（振幅）とがほぼ対応していることがわかるのである。

この実験の目的は1つの動作を行なうためにはたらく筋とそのはたらきかたの強弱、またははたらきかたの変遷を知ることであるから、方法論的な厳密度に難点を多くもっているにもか

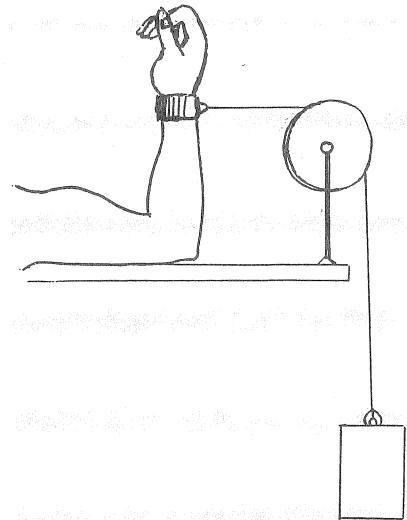


第1図 負荷の增量による放電叢の変化とその積分曲線（被検者N）

かわらず、実用には十分耐えうるという了解のもとに、収縮の強弱の判定は図の左側すなわちインク書きによる放電叢の記録によつたのである。

既知のことであるが、筋のはたらく強さと放電叢の密度または記録された筋電図の振幅の大きいとの関係は次のようにある。

前腕を直角に屈曲し、手首に紐をかけ、滑車を介して、これに水平な牽引力を加え、水平においた上腕の屈筋群の収縮によってこれをひきとめるような装置を作り、このときの M. biceps brachii の静的活動の強さを筋電図によって表わした場合、負荷 10 kg までは負荷の重量と放電叢の密度（または振幅）との間に直線的な相



第 2 図

関係が成立し、以後この直線関係の勾配が減少するといわれている。このことに関する追試はなされていないようであるが、前述したように、表面電極による記録にはかなり著明な個体差があることおよび第 1 図の積分曲線からわかるように、曲線の上昇と重量の増加との関係が必ずしも直線的でなく、階段的に上昇しているとみられることおよびこの実験の論拠になるのが、とりもなおさず、この関係であるということなどの理由から、まったく同様の実験を再び試みたのである。

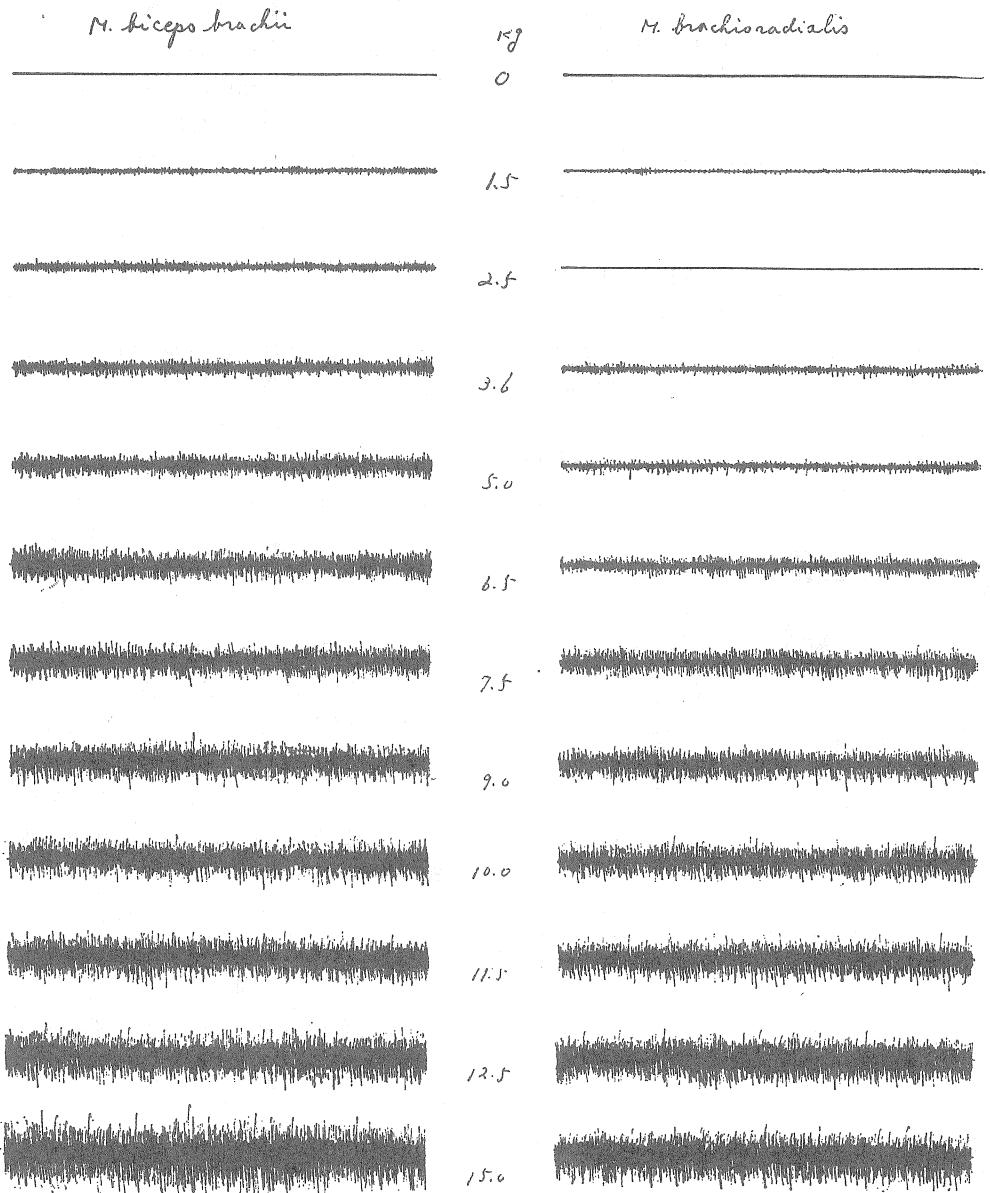
第 2 図のよう、負荷は滑車を通して、水平

に前腕の遠位部をひき、上腕は水平に台上に保持されている。手指はかるく屈して、できるだけ前腕にある手の屈筋群を収縮させないようにし、負荷の牽引中、前腕は垂直に保つよう補助者をして注意せしめる。負荷の重量は 0 kg から 10 kg までを 9 段階に分つてしだいに增量するが、各增量の間に 1 分間の無負荷の時間を設ける。M. biceps brachii の筋電図は約 12 秒宛記録する。

ただしこの場合の被検筋の収縮は緊張的であるから、実際に運動を行なっている途中の筋のはたらきかたとは多少異っている。

7 名の健康な成年男子について行なった実験によると、記録された活動電位の振幅にかなり大きな個人差が認められるが、同一個人については負荷の增量に伴つて、密度と振幅の増加がみられる。しかし負荷の重量と筋電図の記録電位とは、概観して、直線関係にあるというよりはむしろ階段的で、負荷 4 kg まではおおむね類似した軽度の活動状態、5 kg でやや放電が強くなり、7 kg ないし 9 kg の負荷でさらに強い放電活動がおこるが、放電の密度と振幅に著差はなく、10 kg の負荷によって初めて放電に急激な増強が現われてくる。そこで放電電圧を積分して基線と積分曲線のかこむ面積として表現すれば、放電活動の強さを定量的に示すことができる。同一個人の筋について放電叢の状態から無活動、軽度、中等度、強度、最強度などの区分を設けてもさしつかえないと思われるが、この関係はあくまでも同一個人の筋について相対的な意味でいえることであつて、別の個体をこの種の筋電図で比較することはできないと思われる。

第 3 図は同様の実験を K について行なったものであるが、負荷を 0 kg から 15 kg まで 12 段階に分つてしだいに増加し、M. biceps brachii と M. brachioradialis から同時に誘導してある。K は前の被検者と異って鍛練者であるが、やはり同様の階段的な筋活動の増加がみられ、負荷 10 kg を超えてなおかなりの増強が持続しており、被検者によって負荷重量と放電叢の密度の相関関係を表わす曲線のプロトの位置はかな



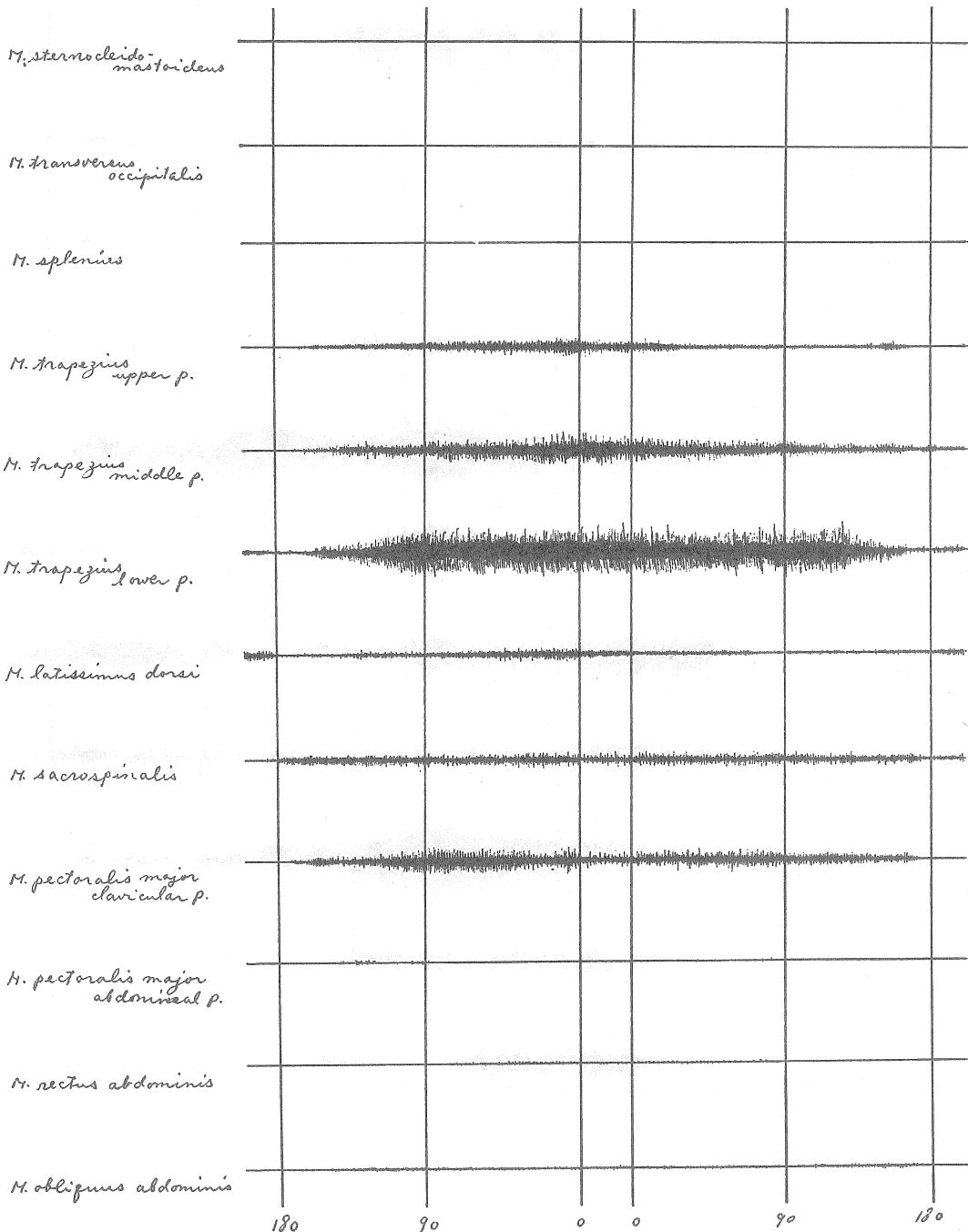
第3図 負荷の增量による放電叢の変化（被検者K）

り異ってくると思われるが、このことについては特に論議しない。

要するに、この実験によって筋の収縮の強さを前述の数段階に分って規定することは実用的

に意味があると考えられるので、以下記述する9種の基本動作における筋活動の強さの判別はこの実験の成績を示標にしたのである。

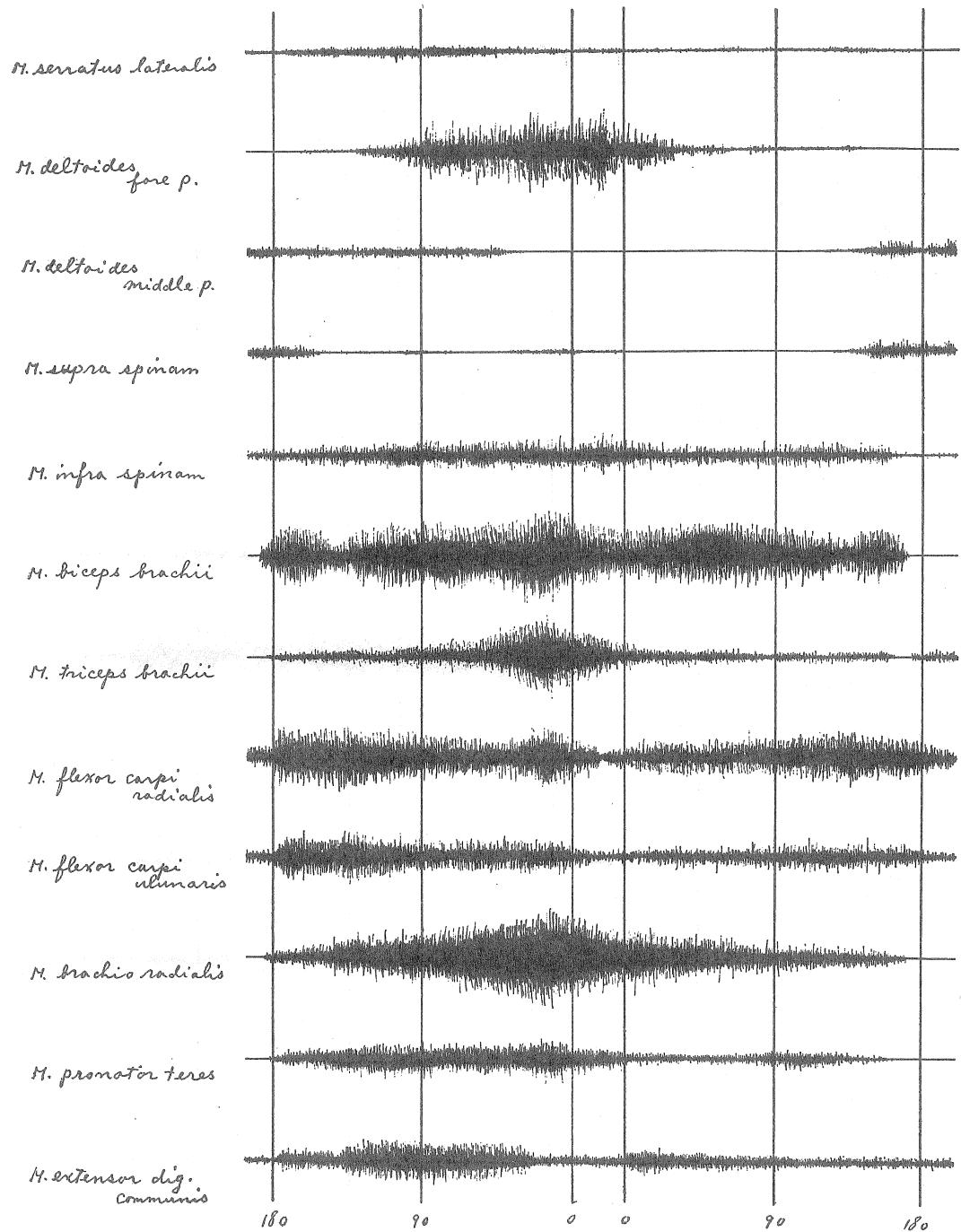
2. Two Arm Curl の筋電図 (第1表および第4図)



第4図 Two Arm Curl の筋電図 (1)

いわゆる Thigh rested position でバーベルを

Over grip (Pronated grip) または Under grip



第4図 Two Arm Curl の筋電図 (2)

(Spinated grip) で把握し、上肢を伸展垂下した位置からしだいに屈曲して、肩の位置まで揚挙し、再び元位置にもどす運動である。肘を体側に固定し、背すじは正しく伸ばして起立しな

ければならない。主働筋はいうまでもなく肘関節の屈筋群すなわち *M. biceps brachii*, *M. brachioradialis*, *M. brachialis* などであるが、シャフトを強く把握し、まき挙げと同時に手首を屈

曲するようになるから、指の屈筋群や手関節の屈筋群にも強い収縮活動が要求されると説明されている。

概括して肘関節 Art. cubiti と称するが、詳しくは Art. humeroulunaris (上腕骨滑車 Trochlea humeri と Incisula semilunarlis ulnae が構成する) と Art. humeroradialis (Capitulum humeri と Fovea capituli radii が構成する) および Pars radioulunaris articuli cubiti (Circumferentia articularis radii と Incisula radialis ulnae が構成する) が共通の関節囊に包まれて構成している複関節 Art. composita であって、前腕は屈伸と同時に僅少ながら内転または外転運動を行なうから、螺旋関節 Art. cochlearis といつてもよいのである。

肘関節は上腕骨滑車の運動中心軸を軸として屈伸運動を行なうが、この軸は上腕および前腕

の長軸いずれに対しても斜位をとっている。手を回外して伸展すれば、前腕は上腕の長軸に対して橈骨側に傾斜し、上腕骨と尺骨の長軸のなす角はほぼ 170° になる。上腕を屈曲すれば、前腕はしだいに尺骨側に傾き、上腕の前面と相対するようになる。

上肢を外側に自然に垂下した Pronation の状態では、前腕部の橈骨と尺骨が互いに交叉するが、Spination の状態では両者がほぼ平行し、肘関節の伸、屈筋群の作用方向は上腕の前面または後面に平行するようになる。

生活体における肘関節の運動範囲はほぼ 140° であるが、屈筋群の極度に発達した競技者ではこれより遙かに狭く、また尺骨頭 Olecranon や橈骨小頭 Capitulum radii の発達の十分な成人男子では過度伸展はほとんど起らない。

螺旋関節といつても運動軸方向への移動ははな

第 1 表 Two Arm Curl における筋の働き方

筋名、肘関節角(度)	180	150	129	90	60	30	0
M. Sternocleidomastoideus	-	-	-	-	-	-	-
M. splenius	-	-	-	±	±	+	+
M. trapezius							
upper p	-	-	±	+	+	±	±
middle p.	-	+	+	+	+	+	+
lower p.	-	++	++	++	++	++	++
M. supra spinam	++	+	+	+	+	+	++
M. infra spinam	-	-	±	±	±	±	±
M. deltoides	-	±	±	+	+	±	±
M. biceps brachii	-	+	+	++	++	+	-
M. triceps brachii	-	±	+	+	±	-	-
M. brachioradialis	-	++	++	++	++	++	+
M. pronator teres	-	+	++	++	++	++	+
M. flex. carp. rad.	+	++	++	++	++	++	+
M. flex. carp. ulun.	+	++	++	++	++	++	+
M. ext. dig. comm.	-	±	±	±	±	±	+
M. pectoralis major							
sternal p.	-	+	+	+	+	+	±
clavicular p.	+	++	++	++	++	++	++
abdominal p.	-	±	+	+	+	+	±
M. serratus lat.	-	-	±	+	+	-	±
M. latissimus dorsi	-	-	-	±	±	+	±
M. rectus abdominis	-	-	-	-	-	-	-
M. obliqu. abd. ext.	-	-	-	-	-	-	-
M. sacrospinalis	±	+	+	+	+	+	±

はだ僅少であるから、この関節の運動は単純な蝶番関節 Ginglymus としての性質が主部を占めている。されば、その作用筋もすこぶる簡単で、関節の屈伸軸の掌側を通過する筋群は屈筋であり、背側を通過するものは伸筋である。すなわち M. biceps brachii, M. brachialis, M. brachioradialis が主要な屈筋、M. triceps brachii, M. anconaeus が主要な伸筋である。また理論的には上腕骨の橈側および尺側上顆 Epicondylus radialis および ulnaris に付着する M. pronator teres, M. flexor carpi radialis および ulnaris, あるいは M. extensor carpi radialis longus および brevis などもこの関節の屈筋となりうるが、その作用は微力である。前腕の諸筋は、この種目ではむしろシャフトを把握、保持するために活動を要求されると考えてよい。

まず分節運動すなわちバーベルを垂下した位置から完全にまき挙げを終るまでの角度の変化を 30° ごとに区分し、各位置で 15 秒間その状態を維持したときの筋の活動の強さを表にまとめてみると、第 1 表のとおりである。

観察した筋の中で特に強いはたらきを要求されているのは、肩帯に関係する M. trapezius の下部筋束、M. pectoralis major の鎖骨部筋束、肘関節の屈筋となる M. brachioradialis、前腕の M. flexor carpi radialis および ulnaris であって、いずれも肘関節が 30° ないし 60° 屈曲した位置からしだいに活動が強くなり、肘関節の角度が 90° ないし 30° 位になったときに最も強い活動が起っている。これらの筋について強くはたらくのは肘関節の屈曲に直接関係する M. biceps brachii, M. pronator teres などであるが、負荷に対抗して肩帯を固定するために M. supra spinam, M. trapezius の中部筋束、M. pectoralis major の胸肋部、軀幹を垂直に保持するために M. sacrospinalis、あるいは下肢の伸筋群にも軽度の活動が現われている。分節運動に使用したバーベルは 15 kg であるから、重量の遙かに重い連続運動における筋のはたらきかたと多少の相違が認められるが、以下各筋のはたらきかたについて関節および筋の機構学的な性質を中心にして説明を加えてみたい。

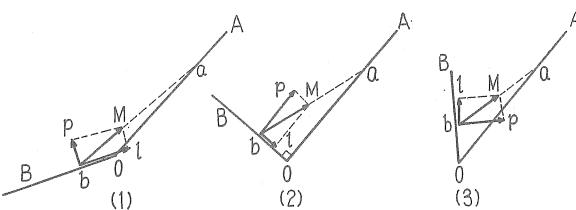
(1) M. biceps brachii は Tuberolateralis に付着する長頭 Caput longum および Processus coracoides につく短頭 Caput breve によって肩胛骨に起り、上腕骨の上 3 分の 1 の付近で 2 頭が相合して下行し、付着部の腱は橈骨側に偏倚して Tuberolateralis radii に終る。肘関節の屈曲によって手掌が内側に向かうように移動するのは、この筋の終止点が橈骨側に偏っているためである。この筋の一部の起始点が肩胛骨にあるために、その収縮によって肘関節が屈曲すると同時に上腕骨頭は関節窩に圧定され、重量の負荷によって起る関節面間の開離を防止するのに役立つのである。

生体における骨格筋系のはたらきかたの強さと外部からの作用力との関係は、一般に横杆の法則によって説明できる。身体の一部に加えられた外力に抗して一定の運動が行なわれる場合、外力の加わる点を重点、作用筋の付着部を力点、荷重または筋の力によって骨が移動する運動の中心を支点として力の相互関係を論じるのである。横杆に作用する力の効果はその大きさと方向によって異なるから、実際には関節の屈伸に伴って、横杆臂としての骨に加わる荷重および筋の作用力は刻々変化する。したがって同一の重量のバーベルを垂下の位置からまき挙げる場合について、筋のはたらきかたと重量の作用との相互関係を論ずるには、それぞれの位置における荷重と筋の作用力の効果または平衡関係を考慮しなければならない。

いま A, B 2 つの臂が 1 点 O において関節し、筋 M によって屈曲する場合を考える。筋 M の起源を a、付着を b とし、臂 A は固定骨、臂 B は動骨とする。

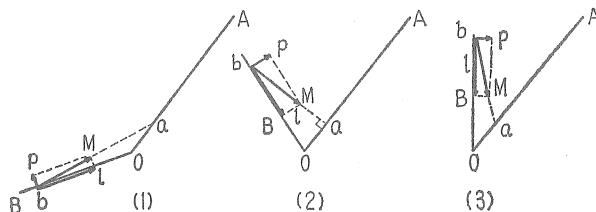
筋 M の牽引力 F を臂 B に垂直な分力 p と臂 B に平行な分力 l とに分つ。分力 p はいわゆる回転分力で、関節 O を屈曲する直接の力であり、分力 l はいわゆる長径分力で、動臂 B を関節 O に向かって圧するか、またはひき離すようにはたらく力となる。p, l の大きさおよび方向は筋 M の作用方向と臂 B のなす角 α の大きさによって変化する。

(a) Oa が Ob よりも長い場合 (M. biceps



第5図 $Oa > Ob$ なる場合、関節角 $AOB = \alpha$ と筋の牽引力 M の効果との関係

brachii の肘関節に対する作用はこれに当る)
(第5図) 関節Oが伸展位にあるときは、回転分力 p は小さく、長径分力 l はいちじるしく大きいから、動骨Bは強く関節Oに圧定される。関節Oの屈曲について回転分力はしだいに大きさを増し、長径分力は逆に減少し、角 α が 90° の場合、回転分力は最大となり、長径分力はOとなる。すなわち筋力Fは全部回転分力となり、最も効果のあがる位置である。さらに屈曲すれば、角 α は鈍角となり、回転分力はしだいに減少し、長径分力は増加するが、このときの長径分力の作用方向は前と逆になり、関節を離開させるような力となってはたらくのである。



第6図 $Oa < Ob$ なる場合、筋の牽引角 baO と筋の牽引力 M との関係

(b) Oa が Ob に比較して短い場合(肘関節に対する $M.$ brachioradialis がこれに当る)
(第6図) 関節Oが伸展されている場合、回転分力は極めて小さいが、長径分力はいちじるしく大で、関節Oを圧定する方向に向かう。関節Oが屈曲するにしたがって回転分力は漸次増大し、長径分力は逆に減少する。回転分力が最大となるのは、筋の作用方向が固定骨Aに垂直になったときである。しかしこの場合は筋の作用方向と動骨Bのなす角は鋭角であって、長径分力は前例のようにOにもならないし、また関節を離開させるようにはたらく力にもならない。さらに屈曲を続ければ、回転分力は減少し、長

径分力の占める割合が大きくなり、関節は再び強く圧定されるようになる。

(c) Oa と Ob とが等しい場合、四肢の筋にはこれに相当するものはないが、軀幹の筋ではこのような仮説を設定して論じる場合がある。容易にわかるように、関節がいかのような状態をとっても角 α が 90° またはそれ以上になる場合は起きない。

したがって回転分力が(a)の例のように筋力と同等となることもなく、長径分力が関節を離開させるようにはたらくこともない。

筋の収縮が運動のうえに表わす効果は上述の3種の場合によってすべてつごうよく説明しうるのである。たとえば、上肢を体側に垂下して(肘関節を伸展位において)手にバーベルを握れば、その重量は垂直に下げた上腕の骨軸に沿って、肘関節を離開せしめるようにのみはたらくが、屈曲を開始すると、回転分力が生じて前腕を元位置に復するようにはたらき、また同時に肘関節を離開せしめる長径分力も生ずるのである。屈筋群の牽引力はこれに対抗して前腕を

屈げた位置にひきとめ、関節を圧定するのである。屈曲が進行するにつれて、回転分力はしだいに増強し、長径分力は逆に減弱し、前腕が水平の位置でその回転分力は最大となり、長径分力はOとなる。さらに屈曲を続ければ、回転分力はしだいに減少し、前と逆方向すなわち関節を開離させる方向にはたらく長径分力が現われはじめ、上腕が垂直になったときには回転分力はOとなり、荷重とまったく等しい長径分力のみが残り、関節を離開させるようにはたらいてくる。

以上の説明からわかるように、荷重をえた場合の関節運動は、荷重の回転分力と筋の収縮によって生ずる回転分力との平衡関係を基礎として論ずることができるのであるが、前掲の表中の筋のはたらきかたはいずれの場合も、筋が一定の負荷に対して受動的に緊張的な収縮を行なっていると考えができるから、先述した静的活動における荷重の大きさと放電電位の大きさとの比例関係が当てはまる。よって第1

表の筋のはたらきかたに関する説明は上述の横杆の法則に準拠して行ないうると思われる。しかし後述する連続運動の場合は同時に随意的な運動の要素が加重してくるので、全体の結果が常に分節運動における結果と一致するとは限らない。

回転分力とともに生ずる長径分力の平衡関係は筋が発現する力のみによって消去されるわけではない。何となれば、荷重と筋の回転分力が平衡した場合にも、長径分力は一般には平衡しないからである。荷重と筋の長径分力の大きいさに差がある場合、その効果は関節面の開離または圧定としてはたらくから、関節の構築、関節周辺装置の成形的なはたらきによって拮抗されると考えなければならない。実際肘関節では関節の開離を尺骨の Proc. anconaeus の鈎としてのはたらき、尺骨頭の縁辺部と Fossa olecrani との密着および関節囊前壁の緊張などによって防止し、過度の圧定は橈骨小頭と上腕骨滑車との密着、側副韌帯や関節囊後壁の緊張などが防止し、このような機構上の諸要素の成形的なはたらきが平衡関係の成立に大きな役割をもっているのである。もっとも生活体では関節の一つの運動はただ 1 個の、または同種類のいくつかの筋がはたらくのではなくて、同様の（協同筋）または逆のはたらきをする筋（拮抗筋）が数多く参加して表現するのであるから、表現された運動の効果から 1 個の筋のはたらきかたを量的に規定することははなはだむつかしいのである。

なお前述したところから明らかなように、動臂に加えられる荷重が最大の回転分力を生ずる位置と筋力の回転分力が最大になる位置との間には多少のずれがある。このことは筋のはたらきかたからみても、後に多くの例があげられるように、明らかに差別ができる場合もあるが、大ざっぱには実際に動作を行なっている被検者が同一の重量をいちじるしく重く感ずる位置やそうでない位置があることに気がつき、これから負重の回転分力の最大の部位を知ることができるのである。このことは筋電図に表われた結果を照合する場合の手がかりとして、一応の示

標にとることも考えにいれておく必要があろうし、実際上の応用にとっては、この方がむしろ遙かに重大な意義をもっている場合もあると思われる。

第 1 表にしたがって、Under grip による Curl の場合の M. biceps brachii のはたらきかたをみると、肘関節が 180° すなわち伸展位にあるときはこの筋はまったくはたらかないが、約 30° 屈曲した位置では中等度の活動が認められ、最初のひき上げに要する回転分力を発生するためにかなりの力がいることがわかる。ついで筋のはたらきかたはやや減少し、90° すなわち前腕部が水平の位置では、荷重の回転分力が最大になり、筋の活動が最も強く要求される。さらに肘関節が屈曲度を増加し、この筋の作用方向が前腕の骨軸にはば直角になれば、筋の回転分力の効果が最大となり、活動はむしろ減弱し、さらに荷重の回転分力の減少とともにこの筋の活動はますます弱くなって、完全なまき上げの位置で、肘をやや前出した状態では放電はまったく消失している。Curl におけるまき上げの終了では、上腕の骨軸が垂直に保たれ、前腕との間に上肢の屈筋が介在するから、前腕の骨軸はこれと 15° ないし 20° の角度をなし、したがってこの筋の活動がまったくやむ状態になることはないはずであるが、ここでは荷重を持続して保持しているので、上腕がやや前出し、前腕がほぼ垂直となり、また腕関節が屈曲して荷重を支えているために、この筋からの放電がやんでいるとみることができる。

第 6 図は被検者が実地に行なう規定の方法にしたがって、この動作ができるだけ緩徐に連続して行なった場合である。バーベルの重量は 25 kg である。図に付記した肘関節の角度を参考すれば明らかなように、M. biceps brachii にはまき上げの開始時にかなり強い放電活動が現われ、ついで急激に放電が減弱し、再び活動が増強して 90° ないし 120° で最大になっている。完全に重量のまき上げを終る直前に極めて強い放電が現われているが、この放電はまき上げに要する筋のはたらきの増加によるというよりは、むしろ運動の終局に節度をつける動作と

して、前腕と上腕の屈筋が互いに相接してから、さらに意志的に強く肘関節を屈曲する動作を行なうために現われたものである。まき上げた位置で約3秒間その状態を持続し、ついでしだいに元位置にもどすのであるが、このときは放電の密度や振幅が急速に減少している。この場合の肘関節の角度は約18°で、上腕の骨軸はほぼ垂直である。肘関節を静かに伸展して元の状態にもどす動作では、この筋のはたらきかたはむしろ緊張的で、重量によって被動的に肘関節が開張されている。しかしこの場合にも荷重の回転分力が最大になる90°の位置では放電がやや増強し、その後しだいに減少している。肘関節が完全に伸展する前後の分節では、運動の終局に節度をつけるための意志的な肘関節の伸展によって、一時強い放電が現われているが、動作の終了とともに放電はまったく消失する。

(2) *M. brachialis* 上腕骨体の中央よりやや下方で内外側縁に広く起り、*Tuberositas ulnae* に付着する。肘関節の固有の屈筋であるが、表面電極でその活動を独立にとらえることはむつかしい。

(3) *M. brachioradialis* *Curl* の動作では *M. biceps brachii* よりもむしろ強い活動が要求される。この筋は上腕骨の遠位外側縁に起り、橈骨茎状突起 *Proc. styloideus radii* に付着し、手の回外位において拇指側すなわち橈骨側の膨大部を作っている筋である。この動作では固定臂（上腕部）に比べて動臂（前腕部）がいちじるしく長いので、筋の収縮力の大部分は長径分力として消費される。バーベルを垂下または完全にまき上げた位置で活動がやんでいる他、全経過中強度に活動し、なかんづく前腕が水平の位置では、重量の回転分力に対抗するために、前腕部の屈筋群とともに最も強くはたらいているのである。

連続して重量のまき上げと垂下とを行なったときの筋電図を見てみると、まき上げの開始と同時に活動が始まり、しだいに活動を増強し、肘関節が60°ないし100°の屈曲位にある間、強度の活動が持続し、ついでやや減少するが、まき上げの終了における意志的な屈曲で、急激

に強い放電活動が起っている。しかし最大屈曲の持続の合図とともに放電は急激に減少し、肘関節の伸展中、なかんづく前腕が水平の位置を通過すれば、活動はいちじるしく減弱して、垂下と同時にまったくはたらかなくなる。

(4) *M. triceps brachii* *M. anconaeus*とともに肘関節の固有の伸筋である。3頭をもって起り、長頭 *Caput longum* は肩胛骨の *Margo axillaris* にある関節下粗面 *Tuberositas infrarticularis* から起り、他の2頭すなわち内側頭 *Caput mediale* と外側頭 *Caput laterale* は上腕骨後面から広く起り、3頭は相合して肘関節の伸側で尺骨頭に広く付着する。伸筋であるから *Curl* にはまったく関係がないはずであるが、表で見るよう、負重による前腕の回転の効力の最も大きい屈曲角90°前後では軽度ないし中等度の活動が見られる。長径分力の作用による関節面の密着と側副靱帯、関節囊などの成形的な緊張のみによって負重の下掣作用に拮抗しがたい部分を補足するために、もしくは長径分力の過度の圧定を逆方向にはたらく伸筋群の長径分力によってひき離し、関節の円滑な可動性を保持するためにはたらくものと思われる。1つの関節に対する拮抗筋の同時的な活動はしばしば観察されるが、機構学的には、身体の内部、もしくは外部に発生する作用力による関節の脱臼を防止したり、あるいは過度の関節面間の圧定を抑制して、なめらかな運動を保持する目的をもっているものと解釈される。

(5) *M. flexor carpi radialis* および *ulnaris*ともに本来は手関節の屈筋である。前者は上腕骨の橈側上顆から出て、第2、第3指骨に付着している。したがって、筋の走向からみれば、手の屈筋であると同時に外転筋でもあり、また回内筋としてのはたらきも考えられるし、さらに肘関節の屈筋としてもはたらきうるのである。後者は2頭を有し、一方は上腕骨の橈側上顆に発する *Caput humerale*、他方は *Facies posterior olecrani* または *Margo dorsalis ulnae* から発する *Caput ulnaris* で、その付着部は豆状骨であるが、さらにここから2つの靱帯を發して有鉤骨と第4、第5中手骨の基底についてい

る。やはり手の屈筋であるが、内転筋としてのはたらきも同時にもち、また肘関節の屈曲にも関係する。

表にみるように、この2筋の活動のしかたは、この動作の場合ほとんど同等であって、動作の全経過中かなり強くはたらき、なかんづく荷重の回転分力の最も大きな、肘関節の屈曲度90°の位置で、極めて強い収縮が起っている。手関節Art. manusは8個の小骨が前腕骨と5本の中手骨との間に2段に配列して形成する複関節であるが、一般に手関節という場合には、腕骨間のArt. intercarpicus、近位列にある腕骨の近位関節面と橈骨の関節面および関節盤の下面にできるArt. radiocarpicusなどを指している。後者の関節面の形および運動様式からすれば、典型的な橈円関節Art. ellipsoideaであって、長径は横位をとり、短径は前後位をとっているから、橈、尺側屈に比べると、屈伸運動の範囲の方が遙かに広く、実際約170°に達する。この関節の固有の屈筋はこの2つの屈筋とM. palmaris longusであって、それ以外の前腕掌側の屈筋は手関節と指関節の共通の屈筋である。

Curlの場合、この筋に活動が起るのは、シャフトを把握し、手首を僅かにまきこんで、屈曲位におくためであって、重量が増加すれば、さらに強い活動が要求されるのである。しかもその上に、両筋ともに起源を上腕骨にもっているから、肘関節の屈曲運動にも当然参加するし、関節の圧定のための長径分力は前腕が水平の位置を越えてから、これらの筋群によって形生されるので、その活動の意味は極めて重大である。

動作を連続して行なった場合の筋電図によれば、まき上げの開始から最大屈曲までかなり強い活動が認められるが、まき上げの終了とともに急激に活動を弱め、下降する重量を支持する持続的な放電が現われ、やがて垂下によって最初の弱い収縮状態に移行し、重量の回転分力の変化に呼応してはたらく実態がすこぶる明瞭である。

(6) この他に前腕の筋としてM. pronator teresとM. extensor digitorum communisの活

動を記録してみた。表に掲げたとおり、前者では軽度または中等度の活動が現われ、肘関節の屈曲度が増加すると、かなり強くはたらいてくるのである。前者は上腕骨の橈側上顆とSeptum intermusculare radialeおよびProc. coracoideus ulnaeから発し、橈骨のTuberousitas pronatoriaに終わっており、橈骨の強力な回内筋であると同時に、前腕を屈する力をもっている。Over gripで肘関節を屈曲すると、前腕は自然に内側に偏移するので、シャフトを握ってこの作用を抑止すると、肘を深くまげるほど、また握りの幅を広くとるほど活動は被働的に強まってくるのである。

後者は起源を上腕骨の尺側上顆とFacies antebrachiiにおき、筋腹は4個に分かれ、おののおのの腱は第2ないし第5指骨に付着する。この活動はもちろん軽度であるが、屈筋群と拮抗して手関節を固定するために、緊張的に収縮を持続するのである。

図によって連続動作を行なったときの上述の2筋の筋電図を見てみると、前述したとおり、ともに活動は受働的であるが、M. extensor digitorum communisは手関節の固定のために屈側の筋が強くはたらけばはたらくほど、これに拮抗して受働的に収縮を強くし、またM. pronator teresには、肘関節の運動軸の傾斜のために、屈曲と同時に前腕が内側に移動するのをシャフトのGripが妨害し、その結果起る強い緊張によって被働的に活動が現わてくる。活動は肘を深く屈曲するほど増強している。

Two arm curlは上腕および前腕の屈筋群の活動を主として要求する種目であって、上述したように肘関節および手関節の屈筋群はどの1つをとらえても強い活動が起っていることを知るのであるが、さらに手に重いバーベルを荷いながら、正しい起立姿勢を保持するためには、同時に他の多くの軸幹筋にも活動が要求されていると考えなければならない。なかんづく、肩、胸部の筋は上腕を体側に固定するために、終始または特定の位置で強力にはたらいているかもしれない。表に付記した上体の筋群はこのことを明らかにするために観測したものである。

頸部の筋 (7) M. sternocleidomastoideus (屈側) M. trapezius, M. splenius (伸側)

被検者は頸の固定をかなり強く意識しているのであるが、これらの筋には前腕がほぼ水平の位置に達してから、まき挙げを終るまでに軽度の活動が現われているだけである。重量が増加すれば、頸を起すために伸側の筋群には相当強い活動が現われると考えられるが、表在する筋群はむしろ相動的な運動を行なうものであるから、この方法でとらえた筋には持続的の活動は認められない。

肩部の筋 肩帶は肩胛骨と鎖骨とからなり、前者は後方、後者は前方にあって胸廓上口を囲み、Art. acromioclavicularis で関節し、軀幹の連絡は鎖骨が Manubrium sterni と接合する Art. sternoclavicularis で行ない、肩胛骨は第1肋骨から第8肋骨までの背側に主として筋をもって結合し、外側にある関節窩 Fossa articularis と上腕骨頭 Caput humeri との間に Art. humeri を作って、上肢と連結している。

肩の運動は主として上下、前後方向への弧状運動であるが、上肢の複雑にして微妙な運動の基礎は、この部分の極めて自由な多方向への可動性にある。肩帶の運動の詳細についてはここではふれないが、肩帶に付着する筋の活動状態の説明に必要な場合、そのつどこれに関連した説明を加えたいと思う。

(8) M. trapezius 肩胛骨はおおむね筋のみによって固定されているから、肩が変位するたびにその運動に関与する筋の作用方向も変化し、筋のはたらきかたに関する説明は極めてむずかしくなる。肩胛骨に対する筋の作用はその方向を論ずるよりはむしろこれに加わる他の力、たとえば上腕を牽引する力の方向や拮抗筋の作用方向などを基礎にして説明した方が正確である。

M. trapezius は軀幹の骨部に広く分布し、上部は後頭部の上項線 Linea nuchalis および Lig. nuchae に沿って起り、下部は第1胸椎から第12胸椎までの Lig. supraspinae および棘突起 Proc. spinae に起っている。一般にこれを3部の筋束に分つ。

上部は後頭骨から起って、鎖骨の外方3分の1につき、頭部の側傾、後方伸展および鎖骨の後上方牽引を行なうのである。Curlの場合にはまき挙げ動作の後半部で活動が現われている。

中部は項の部分から外側下方に走り、肩峰 Acromion および肩胛棘 Spina scapulae に付着する。肩部の上縁に隆起した筋がそれである。肩胛骨全体を内方にひいて脊椎に近づけ、同時に肩胛骨を外旋させて、肩峰を拳上する作用をする。この動作の場合には、肘の屈曲が開始すると同時に軽度の緊張的な活動が現われる。上肢に加えられた荷重による肩端部の下降を抑えるためにはたらくのである。

下部の筋束は胸椎棘突起から起って外上方に向かい、肩胛棘の根部に集中する。この部分の活動によって肩胛骨は内下方にひかれ、全体が外方に旋回することによって肩峰部が拳上するのである。この部分が Curl の場合極めて強く収縮活動することは特記すべきである。すなわちまき挙げの開始と同時にかなり強い活動が現われ、前腕が水平に近づくと、活動はいよいよ増強し、まき挙げの終了するまで極めて強い収縮が持続し、前腕を垂直にして重量を支えている間もかなり強くはたらいている。このことは重量の保持によって、上肢の近位端、したがって関節角 Angulus articularis がひき下げられ、肩胛骨が内方に旋回するのを防ぐために、外旋筋としてこの筋の活動が要求されることを意味する。肘関節の屈筋が重量をまき挙げるために強く収縮する場合は、当然その肩胛部の付着が固定点にならなければならない。重量が重ければ重いほど肩がひき下げられ、肩胛骨は内方に旋回してくるから、これに拮抗するために活動が強まっていくものと考えられる。

図によって3部の筋束の活動を併列して見てみれば、上の状態がよく現われていることがわかる。

(9) M. supra spinam および M. infra spinam M. supra spinam は M. deltoides とともに上腕の外転筋であって、肩胛骨の棘上窩 Fossa supraspinam から起り、上腕骨の大結節 Tuberulum majus の上部に付着する。この筋の特徴

は上腕骨頭を関節窩に強く圧定して、*M. deltoides* が上腕を外転させている運動中、関節窩内で下降するのを防止していることである。

また *M. infra spinam* は肩胛骨の棘下窩 *Fossa infraspinam* から起り、前外上方に走って、大結節の中央の部分に付着しており、上腕の外旋筋としてはたらく。

上肢を垂下した位置で、負重のために上腕骨の頭部が関節窩内を下降するのを防止するのは *M. supra spinam* のはたらきのみによるから、かなり強い活動が現われてくる。まき挙げが始まると、肩胛骨に起源を有する他の筋の活動も加わるので、やや活動を弱めるが、動作の終始、緊張的に収縮をつづけ、まき挙げの終了と同時に再び上腕骨をひき上げておくために活動を強める。*M. infra spinam* は前述したとおり、上腕の外旋筋であるから、胸の前部において荷重が挙上され、上肢全体を前方に回転するようすれば、その内方旋回を防止するためにはたらいてくるのである。この例では重量がかなりひき挙げられてから弱い活動が現われているが、重量が増大し、Grip の幅が狭い場合には非常に強い活動が見られる。

(10) *M. deltoides* この筋は *Portio acrominalis* (中央部) *Portio clavicularis* (前部) よび *Portio scapularis* (後部) の 3 部に分つことができるが、いずれも上腕骨体中央にある狭い三角筋粗面 *Tuberousitas deltoidea* に付着している。

中央部は肩峰から外下方に下がって付着に達し、上腕骨の外転と肩胛骨の内旋を行なうが、生活体では肩胛骨の旋回は *M. serratus*, *M. trapezius* などの干渉によって防除されている。前部は鎖骨の外側 3 分の 1 に起り、後外下方に走っている。上腕はこの筋の収縮によって前内方に挙上される。後部は肩胛棘から前外下方に走って付着に達し、上腕を後方に挙上するが、上腕がやや挙上された状態では、むしろ下掣筋としてはたらくと考えられる。*M. deltoides* は *M. supra spinam* とともに上腕を挙上する主な筋であるが、水平以上に上腕をあげるために、*M. serratus lateralis* が肩胛骨の下角 *Angulus cau-*

dalis を前外方に牽引し肩胛骨を固定してその回旋を防がなくてはならない。

(11) *M. serratus lateralis* 第 1 ないし第 10 肋骨に起り、胸廓の側面をおおっている。起始部は鋸歯状に突出し、そのうち第 5, 6 肋骨のものはもっとも凸彎している。付着は肩胛骨の椎骨像 *Margo vertebralis* の全長にわたっており、ほぼ上、中、下の 3 部の筋束に区分することができる。この筋は肩胛骨を前外上方に牽引して脊柱から遠ざけるが、特に下部の筋束は肩胛骨を前下方にひき、これを旋回して関節角を挙上するはたらきをもっている。

表における *M. deltoides* と *M. serratus* の態度を見ればわかるように、この両者のはたらきはほぼ拮抗している。Curl を行なう際に、肩胛骨および上腕骨を軸幹に固定することが動作の基礎になるから、次に述べる *M. pectoralis major* が上腕の上部を強く軸幹にひきつけると同時に、重量によって下方に牽引される上腕骨をひき挙げるために、この 2 つの筋が同時にはたらいてくるのである。

(12) *M. pectoralis major* 鎖骨の内側半部前縁、胸骨および第 1 ないし第 6 肋軟骨、*M. rectus abdominis* の *Vagina* から広く起り、上腕骨の *Crisra tuberculi majoris* に集中して付着する。起始部によって 3 部に分つ。

鎖骨部 *Pars clavicularis* と胸肋部 *Pars sternocostalis* の上半部は、鎖骨および胸、肋骨の上部に付着する筋束で、上腕を軸幹にひきつけ、肘を前内上方に移動し、また肩胛骨を挙上して前移せしめる。上腕を垂直に挙上している場合は、この筋の収縮によって上腕が水平の位置まで下掣される。

胸肋部の下部と腹部 *Pars abdominalis* は胸、肋骨下部および *M. rectus abdominis* の筋膜に起源する部分である。上腕が下垂した位置では肩胛骨を下方にひき、上腕が挙上されている場合は水平位以下に上腕を下掣する。表で見るよう、この筋の筋束の Curl におけるはたらきは極めて重要であって、なかんづく最上部の筋束すなわち鎖骨部に強い活動が現われている。バーベルが水平位から斜上方にひき挙げられて

いる場合は、上腕を体側にひきつけるためにこの筋のはたらきが最も強くなるのである。M. deltoides が上腕を後上方にひくのに対して、この筋のはたらきは前内方に上腕をひきつけるから、この筋のはたらきが大きければ大きいほど、肘は胸前に移動してくる。負重をやや長い時間、肘を半ば屈曲した状態で支える場合には、重量によって後方に圧しつけられる肘を体壁にあてて抑止しなければならなくなるから、この筋のはたらきはますます強くなっていくわけである。

(13) その他の軀幹筋 M. latissimus dorsi は上腕骨の小結節稜 Crista tuberculi minoris の外側部に付着する軀幹背面の広大な筋で、その筋束の走向からみて上腕の下掣筋であるから、この動作ではあまり重要でない。負荷がかなり挙上されてから、軽度の、むしろ被働的な緊張によると思われる放電が現われているだけである。

M. sacrospinalis は脊椎を固定する筋であって、直立姿勢を保持するために、恒常的な軽度の活動が見られる。

M. obliquus abdominis および M. rectus abdominis には活動はまったく認められない。下肢の筋群には、直立姿勢保持のために必要な抗重力筋群の恒常的な活動がみられる。

以上を要するに、Two arm curl において主として活動する筋群は、当然のことながら、肘関節の屈筋群としての M. biceps brachii, M. brachioradialis, (M. brachialis), 手関節の屈筋としての M. flexor carpi radialis および ulnaris, 橋骨の回内筋である M. pronator teres, さらに肩帯の旋回と下降を制止する M. trapezius, 特にその下部筋束、上腕を前内方に牽引固定する M. pectoralis major などであるということができる。

3. Bench Press の筋電図 (第2表および第7図)

長椅子の上に仰臥し、下肢を床にふん張ることなく、胸上に支えたバーベルを垂直に上下する運動である。主として肩、胸の前面と上腕の背面に分布する筋群の鍛錬を目的にしている。すなわち肩関節周辺の筋では M. pectoralis major, 特にその鎖骨部および胸肋部, M. deltoides の前部筋束, M. coracobrachialis, M. serratus, 肘関節の筋では M. triceps brachii などである。動作中、背や腰に力をいれてそり上がらないよう注意しなければならない。

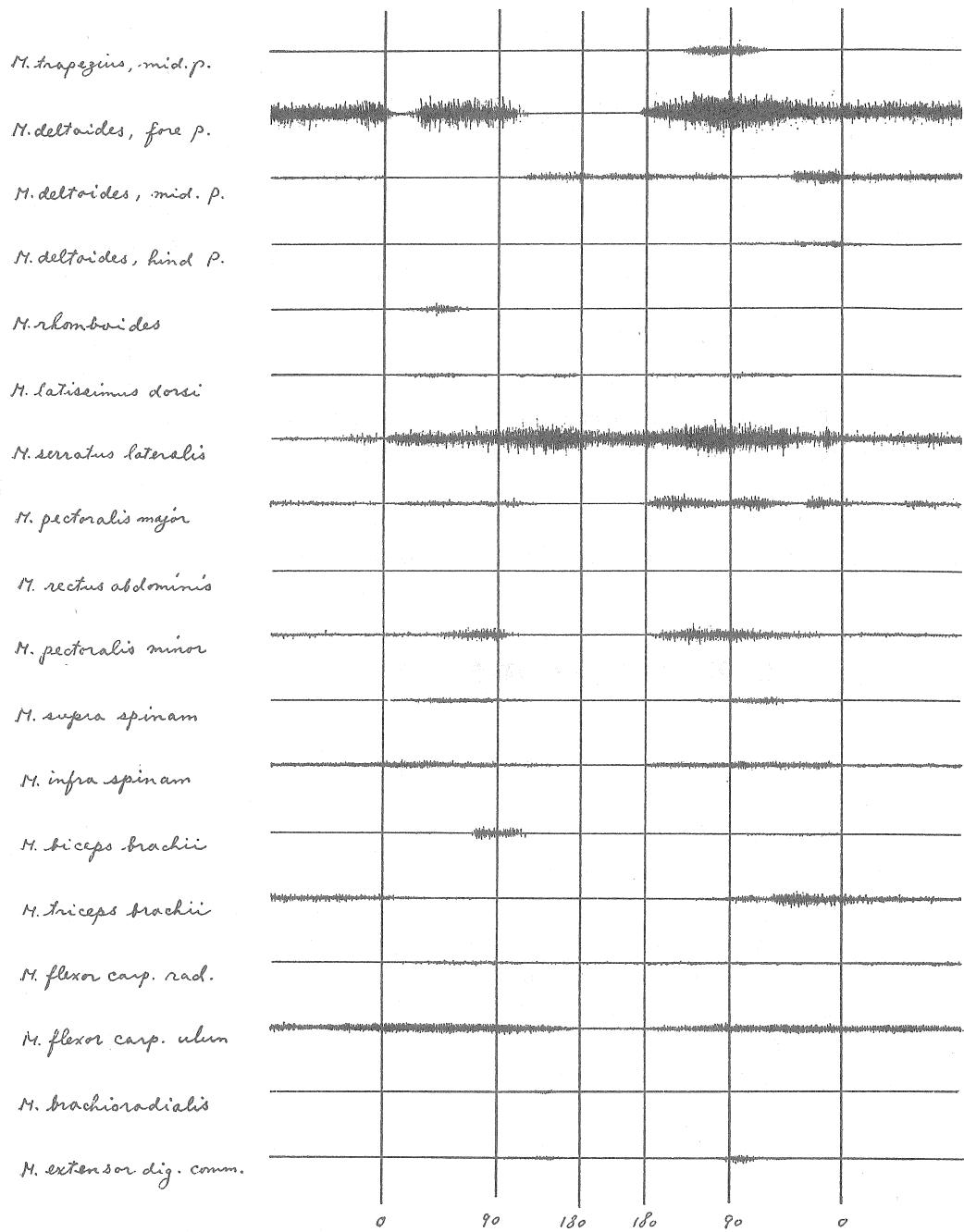
第2表は軀幹周辺の表層にある主な筋について、Rest position すなわち肘の完全な屈曲位から肘関節をしだいに伸展し、45°ごとに動作を15秒間その位置でとめて筋電図を誘導記録し、そのはたらきかたの強さを階級づけてまとめたものである。

(1) M. pectoralis major すでに記述したように、この筋は鎖骨および胸骨のほぼ全縁から起って、上腕骨の小結節稜に付着している。したがって、全体が一齊にはたらけば、上腕は内方に旋回することになる。バーベルを胸

前で支えた Rest position では、その重量が肘

第2表 Bench Press における筋の働き方

筋名、肘関節角(度)	max.	45	90	135	180
M. trapezius					
upper p.	—	—	—	—	—
middle p.	—	±	+	+	±
lower p.	—	—	±	±	—
M. deltoides					
fore p.	±	++	+++	++	++
middle p.	—	±	+	+	++
hind p.	—	—	±	±	+
M. biceps brachii	—	±	+	+	+
M. triceps brachii	—	±	+	+	++
M. flexor carp. rad.	+	++	+	+	±
M. flexor carp. ulun.	+	++	+	+	±
M. extensor dig. comm.	—	±	±	±	±
M. pectoralis major					
sternal p.	+	+	+	±	+
clavicular p.	+	++	++	++	++
abdominal p.	+	±	±	—	±
M. serratus lateralis	+	++	+++	+++	+
M. rectus abdominis	±	±	—	—	±
M. latissimus dorsi	—	±	±	±	±



第7図 Bench Press の筋電図

を下方におし下げ、この筋は強制的に伸展され、なかんづく、この状態では胸肋部すなわちこの筋の中部の筋束の活動が要求される。肘をしだいに伸展しはじめると、肩胛骨がやや外方に旋回し、肩峰部が前方に転移してくるから、

中部の筋束の活動はしだいに弱まって鎖骨部の活動が漸次増大し、上腕が水平位を越え、肘関節の角度が 90° を過ぎて、単純な伸展が開始されると、鎖骨部の筋束の活動が急激に増大して、上腕の近位部を内方にひきつけ、真上に拳

上した重量による上肢の下降をひきとめるために、強い放電活動が起るのである。肘関節が完全に伸展した状態では、重量の下掣作用に対抗するためにこの筋の上部が収縮し、下部の筋束の活動はむしろ遙かに弱くなってくる。

(2) M. serratus lateralis 前述したとおり、この筋は第1ないし第10肋骨から起って胸廓の側面をおおう広大な筋である。線維の走向によって Pars superior (第1, 第2肋骨から起り、肩胛骨の Angulus medius に付着する) Pars media (第2, 第3肋骨から起り、Margo vertebral scapulae 全体にわたり散大的に付着する) Pars inferior (第4肋骨以下に起り、肩胛下角に集中する) の3部に分つ。表面電極によって活動を記録できるのは下部の筋束である。この筋全体が同時にはたらけば、肩をすばめる動作となり、肩胛骨を脊柱から遠ざけることになるが、下部の筋束は肩胛骨の下部を前外方にひいて外方向に旋回させ、関節角と肩峰をひき上げるようにはたらく。

Bench Pressにおける荷重は肩関節および肩胛骨外側を下方におし下げ、両側の肩胛骨を近接させて、胸前を強制的に拡大するようにはたらくから、これに対抗して重量を挙上するためには、まずこの力を抑圧しなければならない。表に見るように、この筋の活動は極めて強く、Rest position の緊張的な活動の場合でも中等度以上である。重量の挙上とともに活動はますます強くなり、上腕が水平位を通過して肘関節の最大伸展に近づくと、最強度の放電活動が現れてくる。肘を完全に伸展すれば、垂直に肩関節をおし下げる力に対抗するだけであるから、むしろ M. pectoralis major, M. deltoides などの活動がその役割をひきうけ、この筋の活動は急速に減弱する。

この動作を連続して行なったときの筋電図をみると、M. serratus は肘関節がほぼ 90° になり、重量の肩関節に対する回転力が最も大きい部位では、はなはだしく活動が増強している。肩関節の固定に強大な力が必要であることがよくわかる。肩関節の固定はほとんどこの筋のみによってなされるから、重量が増大すれば、活

動はさらに増強するのである。

(3) M. deltoides 既述したとおり、3部に区分できるが、Bench Press の場合、最も強い活動が現われるのは、肩峰部すなわち肩峰から下方に走って上腕骨に付着する筋束である。肩峰部の作用は上腕骨の外転と肩胛骨の旋回を同時にに行ない、下角を脊柱に近づけつつ上方に移動せしめ、肩峰を下掣することである。しかし M. serratus lateralis の下部の筋束が同時に収縮すれば、肩胛骨の旋回運動はまったく起らなくなり、肩胛骨は軸幹の外背側に固定される。表で見るよう、Press の動作が開始されると同時に、急激にこの筋の活動が始まるが、収縮活動の強さは M. serratus の活動とほぼ並行して変化し、肘関節を完全に伸展した状態でも、活動はなおかなりの強さで持続している。この筋の活動はまた Grip の幅の広さにかなり大きな影響をうける。すなわち握りの幅が広くなるほど重量を挙上し終ってからの活動が強く、また M. triceps brachii を強く収縮して最大伸展位に肘関節を固定すれば、激しい放電活動が起るが、肘関節に加える力を僅かにぬくと、肩峰部の活動は急激に弱まる。鎖骨部は上腕の前内方挙上筋であり、肩胛部は上腕の後方挙上筋であるから、バーベルの提拳中は前者に弱い活動が現われ、後者にはほとんど活動が認められず、肘関節が完全に伸展して、バーベルが垂直に支持されたときに初めて、肩関節の固定のために活動が増強してくるのである。

連続動作の筋電図からわかるように、重量の提拳の途中、もしくは降下の途中に肩峰部が強くはたらき、肘の伸展時にはこの部位の活動がやんで、鎖骨部に弱い収縮が現われる。肩胛部は終始まったくはたらかない。

(4) M. trapezius この動作において活動が現われるのは、中部と下部の筋束であるが、後者はほとんどはたらかないといつてよい。すでに述べたように、この筋は肩峰と肩胛棘に付着し、肩胛骨全体を内上方にひき、肩胛骨を外旋して、その外側端を挙上するはたらきをもっている。したがって、この動作において、肘関節がしだいに伸展し、上腕が水平位を越

え、荷重が肩端部を下方におし下げるようにはたらいで初めて活動を開始してくる。肘関節が伸展してしまうと、活動は急速に減弱するか、もしくはまったく休止する。筋の収縮の強さは全運動を通じてあまり強くない。

(5) M. latissimus dorsi 肩胛骨を下掣する筋であるから、被働的に微弱な活動が現われる。肩帶の固定に参加するだけである。

(6) M. rectus abdominis 動作の開始時および荷重を垂直に支持している間、弱い活動が見られる場合がある。この動作のために活動が積極的に要求されることはない。

(7) M. triceps brachii 肘関節の伸筋として M. anconaeus とともににはたらく筋である。この運動の鍛練の目標の一つはこの筋にある。しかしこの筋に限らず、四肢の伸筋のはたらきは、Stabilization すなわち動作の最終段階において、四肢の位置を決定するために極めて短い時間、相動的に活動するか、もしくは持続的な運動の場合、関節の過度伸展を行なうように意志的に努力したときに初めて強い収縮が現われるものである。表に掲げてある動作中の軽度の活動は、一定の位置で動作をやめ、その状態を持続する間、肘関節を固定しているために、屈筋群と拮抗して現われているのである。完全にバーベルの拳上を終って肘関節を伸展すれば、活動はかなり増強して Stable な放電が現われ、伸展側の筋のみによるいわゆる一側性固定が行なわれることになる。

(8) M. biceps brachii この動作では被働的な役割しか演じない。分節運動では M. triceps brachii に拮抗して肘関節を固定するための活動が誘発されるが、連続運動ではほとんどはたらいていない。

図についてこの動作を連続して行なったときの M. triceps brachii と M. biceps brachii の活動の有様を見ればわかるように、後者が活動しないのは当然であるが、運動の途中では、前者のはたらきかたも極めて弱いし、また肘関節の最大伸展時すなわちバーベルを拳上している状態でも全然はたらいていないように見える。拳上の動作が緩徐であることと、拳上時に肘関節

の強い伸展を行なわなかったとみるべきであるが、競技者は軽量の場合、しばしばこのような動作を行なうのである。緩徐な肘関節の伸展はむしろ深部の M. anconaeus が行なうのであって、表在の M. triceps brachii は相動的な運動に従事すると考えることができる。動作の開始および終了時における放電の増強はむしろ強制伸展による反射的な収縮活動とみるべきである。Bench press を用いて M. triceps brachii の鍛練を行なう場合は、重量の拳上時に意志的に強く肘関節を伸展することを命じなければならぬ。

前腕の筋として M. flexor carpi radialis および ulnaris, M. extensor digitorum communisなどを観察した。前者は Over grip でシャフトを握る場合、前腕の前面から前外面に位置してその膨隆部を作るが、重量のために手関節が伸展されているので、Rest position および上腕が水平位以下的位置にあるときにやや強くはたらき、肘関節の伸展とともに、しだいに活動の強さが減弱し、拳上の完了と同時に活動が極めて微弱になる。いずれの場合も、手関節の強制伸展による反射的な活動であるが、重量が増加すれば、この活動はかなり強くなる。動作を迅速にくりかえすときは、この筋の鍛練効果を十分期待できる。またシャフトの握り方によって尺骨側により強い放電が現われる場合もあり、逆に橈骨側に強い放電が現われる場合もある。

M. extensor digitorum communis は手関節の固定のために屈筋群と拮抗して弱い活動を続けるのであるから、この運動において積極的にはたらくことはない。

以上を要するに、Bench press は胸部の筋群なかんづく M. pectoralis major の上部、M. serratus lateralis, M. deltoides の前部および上腕の M. triceps brachii の鍛練を目標にして行なわれる運動であるが、上述したところから明らかのように、M. triceps brachii に対する効果は、重量の拳上の終了時に意志的に肘関節の過度伸展を行なうか、あるいは降下の際に強く肘を屈曲して、強制的な筋の伸展を加えるか、いずれかの動作を行なわなければ意味がない。む

しろ緊張的な収縮によって鍛練するという点では、前腕の屈筋群に対する効果の方が遙かに大きいと考えられる。特にシャフトを意識的に強く把握すれば、これらの筋の活動は遙かに強化

4. Calf Raise の筋電図 (第3表および第8図)

踵をあげるという日常行なっている簡単な動作であるが、関節の機構を問題にすると、その解釈は必ずしも容易でない。足部 Pes は Ossa tarsi, Ossa metatarsi および Ossa digitorum pedis など 26 個の小骨が集合し、Art. talocruralis, Art. talotarsalis, Artt. intertarsei, Artt. tarso-metatarsi, Artt. metatarso-phalangici あるいは Artt. digitorum pedis など多種類の小関節の連合を介して可動的な全体がまとめあげられているからである。この部位の多数の関節のうち、運動性の最も大きいものは Art. talocruralis および Artt. digitorum pedis であるが、Calf raise は起立中、足蹠全体にかかっている体重をやや前方に移動せしめ、Artt. digitorum pedis を強制的に伸展位において、負重の支持面を趾の部分に集めて Art. talocruralis の伸展、いわゆる蹠屈 Plantar flexion を足に行なわせることである。Art. talocruralis, Artt. intertarsei の部がいわゆる足根部で、ここでは主に前述の蹠屈を含めて、屈伸運動、内外転運動および内外旋運動が可能である。Calf raise による足部の運動は、これらの運動の複雑な組み合せによるものであるから、足の位置によってそれぞれの運動の態度に大きな影響が現われる。もちろん個々の運動を惹起する原因は、下腿ないし足部にある大小數十個の筋群の活動の強弱の組み合せによるものであるが、表面電極をもって探知しうる筋はこの中の少数の一部に限られる。

足尖を 40~45° 外転し、踵を 10 cm ほど離して膝を伸し、踵をあげた状態を約 3 秒維持してからこれを降す動作を数回くりかえしたときの筋電図を下肢の筋群について記録し、既述の規準にしたがって強さを規定し、それぞれの筋のはたらきかたの強さをまとめて第3表に示した。

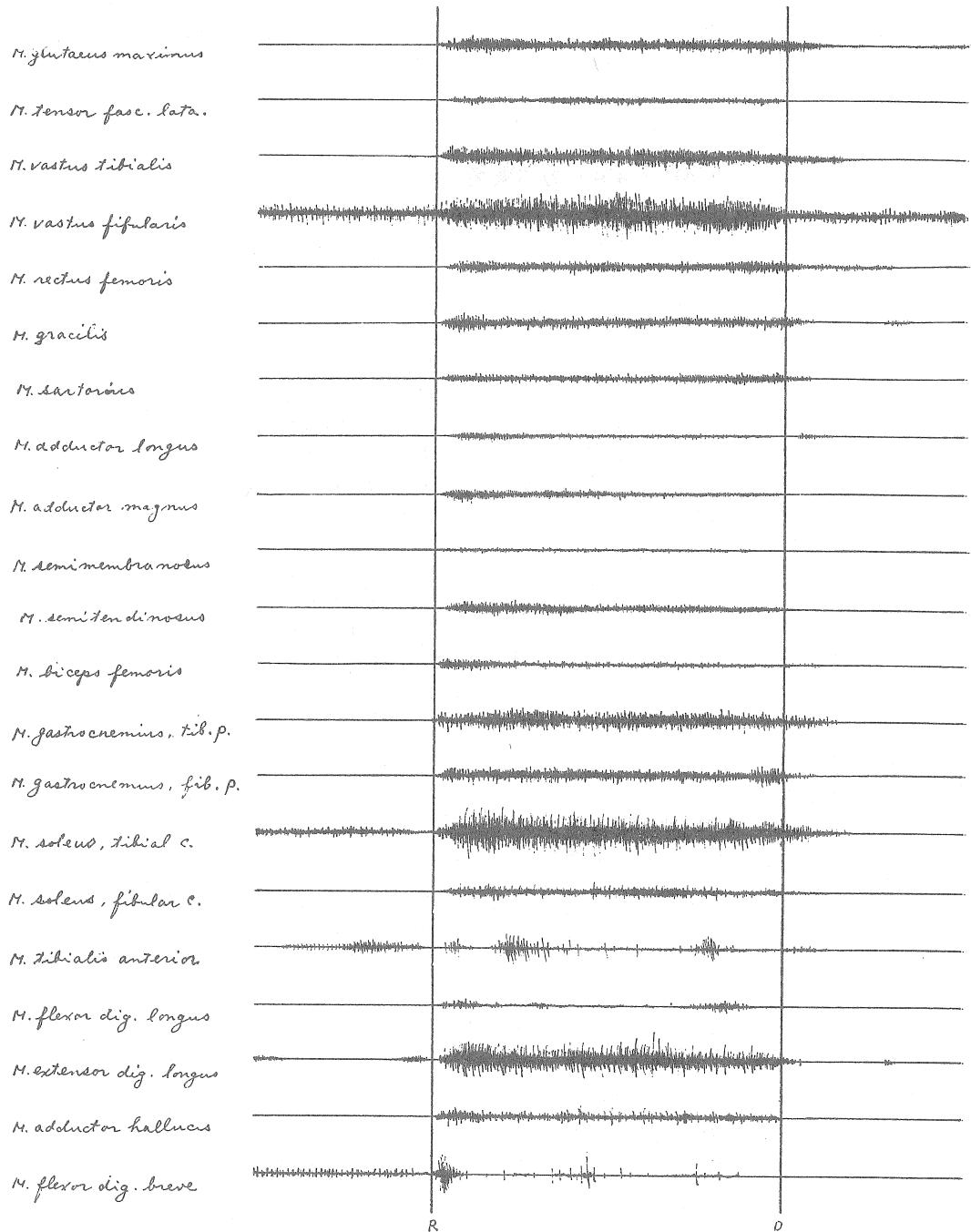
されるし、また拳上する重量を増加することによって、極めて大きな鍛練効果をあげうるものと考えられる。

第3表 Calf Raise における筋の働き方

筋 名	降下	拳上
M. glutaeus maximus	—	++
M. vastus tibialis	—	++
M. vastus fibularis	+	++
M. rectus femoris	—	+
M. tensor fasciae latae	—	±
M. biceps femoris	—	±
M. gracilis	—	±
M. sartorius	—	±
M. semitendinosus	—	+
M. adductor magnus	—	±
M. adductor longus	—	±
M. semimembranosus	—	±
M. gastrocnemius		
fibular head	—	++
tibial head	—	++
M. soleus		
fibular side	—	+
tibial side	+	++
M. extensor dig. long.	±	++
M. flexor dig. long.	—	±
M. adductor hallucis	—	±
M. tibialis anterior	±	±
M. flexor hallucis brevis	±	±

踵を降したときの状態は体重が僅かに前方にかかり、いわゆる Millitäre Stellung に近いものになるが、足を僅かに開いた状態では、M. vastus fibularis, M. soleus の脛骨側が軽度に収縮しているだけで、他の下肢の筋群は大部分弛緩しており、下腿の M. extensor digitorum longus, M. tibialis anterior, 足蹠の M. flexor hallucis brevis などが身体の動搖に随伴して弱い収縮を断続しているだけである。

踵をできるだけ上げると、下肢のほとんど全部の筋が多かれ少なかれ能動的に、または関節



第 8 図 Calf Raise の筋電図

の固定のために被動的に活動するのであるが、足部を外転した位置では、なかんづく *M. vastus fibularis*, *M. soleus* および *M. extensor digitorum longus* などが強く収縮し、また *M.*

glutaeus maximus, *M. vastus tibialis*, *M. gastrocnemius* の内外側頭など、股、膝、足関節の伸筋群にもかなり強い活動が現われてくる。関節を最大伸展位に維持すると、特に膝関節がそ

であるが、M. semitendinosus および M. semimembranosus, M. biceps femoris などの屈筋にも軽度の収縮が持続的に現われてくるのである。主な下肢筋のはたらきかたについて機構学的な意味を考えてみよう。

(1) M. vastus fibularis および M. vastus tibialis はいわゆる M. quadriceps femoris の内外側の2頭であるが、前者は Labium fibulare lineae asperae femoris および大転子 Trochanter major femoris の基底から起って、大腿骨の外側面をおおい、また後者は Linea aspera femoris の Labium tibiale および Linea intertrochanterica の下側に起って大腿骨の内側面を包み、他の2頭と共同の腱をもって下腿骨の脛骨粗面 Tuberousitas tibiae に終っている。この共同腱は一度膝蓋骨の基底に付着し、この骨の尖端 Apex patellae から膝蓋骨靱帶 Lig. patellae となって下腿骨に付着するのである。ゆえにこの2筋は膝蓋骨を内上方または外上方にひき、膝関節を伸展させるはたらきをもつものであるが、起立している場合は、膝関節は過度伸展の状態となっているから、それを維持するのはむしろ屈筋 (M. gastrocnemius) の緊張と靱帶の成形的なトーススである。Calf raiseにおけるはたらきは足底にかかる体重を起立の位置から前方に移動させて、踵の負重を免除するための膝の強力な伸展（大腿骨の前傾）を起させることであると考えられる。

(2) M. gastrocnemius および M. soleus 前者の内外側頭と後者は共通の腱 Tendo musculi tricipiti surae (Achillis) によって跟骨につく。両者を集めて M. triceps surae と称している。M. gastrocnemius は大腿骨の遠位端の腓側および脛側上顆 Epicondylus fibularis および tibialis から起る2関節性筋で、足関節の伸展とともに膝関節の屈筋としてはたらく。M. soleus は腓骨小頭 Capitulum および腓骨骨体 Carpus fibulae, 膝窩筋線 Linea poplitea および脛骨の Margo tibialis から起り、M. gastrocnemius の腱と合流する1関節性筋で、足関節の伸展を行なう。足部を地上につけていたときは、下腿を後方に倒し、しからざるときは足関節の躊躇を

行なうのである。

Calf raise は主としてこれらの筋群の収縮によって行なうのであるが、このうち前者はむしろ運動を開始する当初における相動的な動作を行ない、躊躇の持続は1関節性筋である後者によって行なわれるものと考えられる。

M. gastrocnemius の2関節性筋としてのはたらきは、膝関節の伸展による受働的な伸張を足部に波及して、足関節の躊躇を誘発すると考えられ、膝関節に対する屈曲作用は極めて弱いとみるべきである。

(3) M. glutaeus maximus 股関節の伸筋であるから、前方に傾斜を増加する大腿骨を支点にして骨盤をひき起すようにはたらき、膝関節の伸展による体重の過度の前方移動に対して転倒を防除する作用をしていると解釈される。

(4) M. extensor digitorum longus Condylus tibialis, Capitulum および Crista anterior fibulae, Septum intermusculare anterius, 下腿の筋膜などから広く起って、第2ないし第4趾の Aponeurosis dorsalis pedis に移行する。趾を伸展する他に、足関節の背屈 Dorsoflexion を行ない、また足を外転せしめる力をもっている。強い Calf raise では支持面を広くするために趾の背屈を行なうのである。M. triceps surae とともに Calf raise を発現する基礎になる筋である。

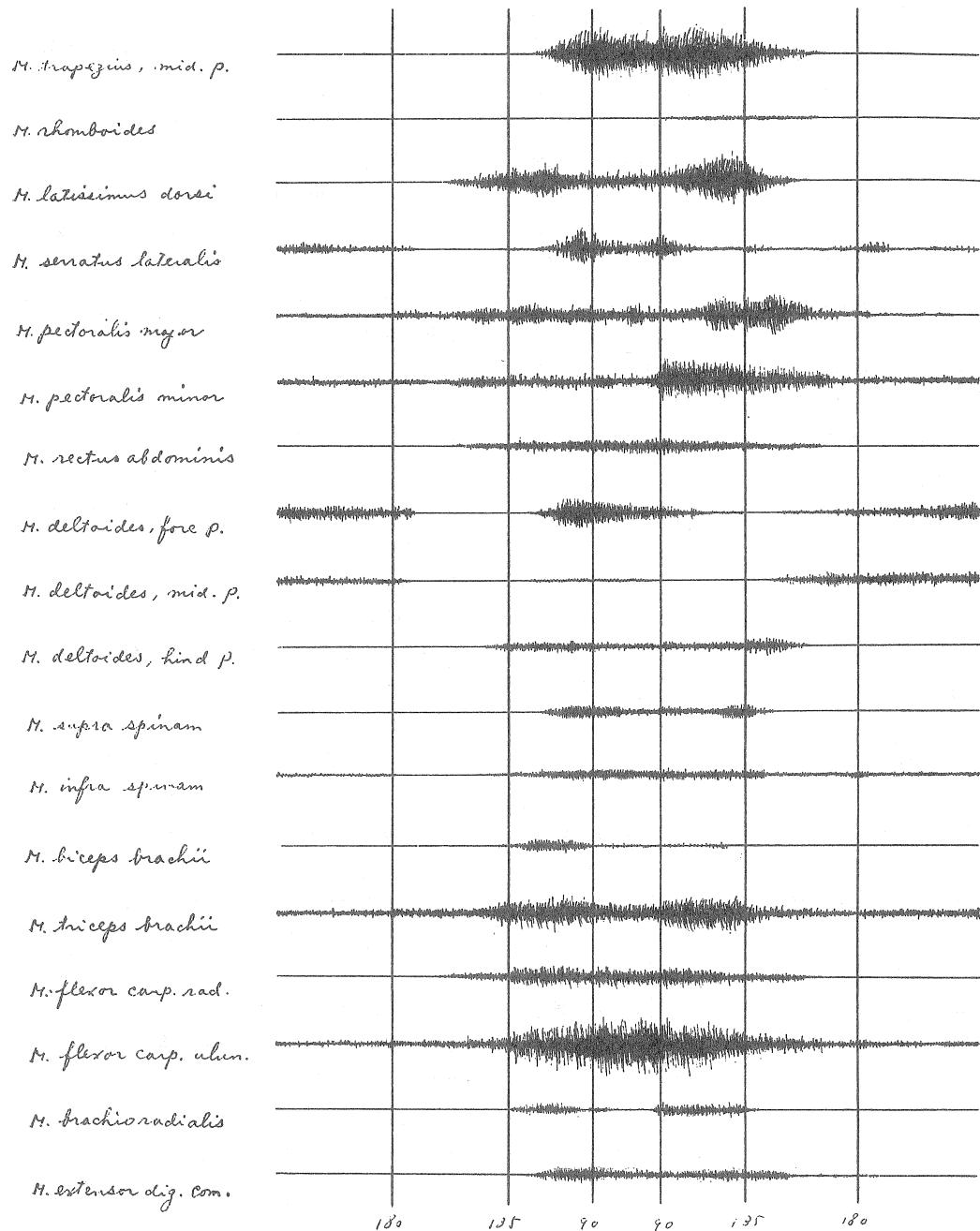
(5) 大腿の屈筋群および足部の屈筋群は前移した体重の動搖と支持面の減少による姿勢保持の不安定さを除き、全体の平衡をとるためおよび関節の固定のために被働的に活動するから、そのはたらきかたは常に消長を伴っているか、もしくは被働的に軽度の緊張が現われている。

以上述べたように、Calf raiseにおいて主として活動する筋は M. quadriceps femoris, M. triceps surae および M. extensor digitorum 群と考えられるが、この動作の目的は主として大腿部の伸筋群の強化にある。したがって体重の前移による筋の鍛錬には肩もしくは腰に相当重い重量を荷わせることが効果的であり、またこのことは足の躊躇を行なう M. triceps surae の

ごとき下腿の筋群を鍛練するためにも役立つものと考えられる。

5. Straight Arm Pull Over の筋電図 (第4表および第9図)

Bench press と同様に長椅子に仰臥する。頭 はできるだけ椅子の端におき、脚は垂下して、



第9図 Straight Arm Pull Over の筋電図

床に力を入れないようにする。肘関節は十分伸展してシャフトを Pronated grip で把握する。この位置から肘を伸展したままバーベルを挙げて胸の真上までひき上げ、ついで再び元の位置に戻す。この動作を反覆することによって、胸前部の筋すなわち M. pectoralis major, 特にその下部, M. pectoralis minor, M. serratus lateralis, 肘関節の伸筋としての M. triceps brachii の鍛練ができると考えられている。腰の関節の固定と肘関節および胸部の固定とが基礎になる。

分節運動と連続運動の成績を併せて、筋のはたらきかたを 1 表にまとめてみた。分節運動は伸展位 45° および垂直位、その逆の場合など 5

第 4 表 Straight Arm Pull Over における筋の働き方

筋名, 上肢と軸幹との角度	180	135	90
M. sternocleidomastoideus	—	—	—
M. trapezius	—	—	—
upper p.	—	—	—
middle p.	—	—	++
lower p.	—	—	—
M. supra spinam	—	—	+
M. infra spinam	—	±	+
M. deltoides			
fore p.	++	—	++
middle p.	+	—	±
hind p.	—	—	+
M. latissimus dorsi	—	±	+
M. pectoralis major			
clavicular p.	±	+	+
sternal p.	±	+	+
abdominal p.	+	±	—
M. rectus abdominis	—	+	+
M. obliquus abdominis	+	+	±
M. sacrospinalis	—	—	—
M. triceps brachii	±	++	++
M. biceps brachii	—	—	±
M. flexor carpi radialis	—	+	++
M. flexor carpi ulnaris	±	+	++
M. extensor carpi ulnaris	—	—	±
M. extensor carpi radialis	—	—	—
M. pronator teres	±	±	—
M. ext. dig. comm.	—	—	+
M. adductor pollicis breve	—	—	—

段階に分ち、各位置の筋の活動の強さを記録した。バーベルの拳上と降下の 45° の位置で筋のはたらきかたに多少の差が現われている場合がある。特に連続運動でそうであるが、筋の随意的な収縮と強制的な伸展が重積してくる位置であるから、このような差異が現われてもさしつかえないわけである。筋別に活動の態度を觀察してみよう。

(1) M. trapezius バーベルのひき上げ自体にはほとんど関与しないのであるが、ひき上げを完了して、その状態を持続する場合、もしくは降下を開始してからまもなく、かなり強い活動が認められる。なかんづく中部の筋束のはたらきかたが強い。この筋束の作用は肩胛骨全体を内上方にひき、肩胛骨を脊柱に近づけると同時にこれを外旋して肩峰を挙上するのである。すなわち荷重のために下方に圧定される肩端をひき上げ、上腕近位の前部に位置する M. deltoides, M. pectoralis major の上部の筋束と協同して、上腕骨頭を関節窩内に強く圧定して、下方に移動することを防除しているものと思われる。

(2) M. deltoides この運動はこの筋の 3 つの筋束のはたらきかたに差異のあることを明瞭に識別させる。分節運動についてみると、運動の開始前最も強く活動しているのは肩峰部で、鎖骨部がこれに次ぎ、肩胛部はまったくはたらかない。

ところで上腕骨を矢状面内で前方に挙上すると、肩胛骨は平生の位置から前方に移動し、旋回運動が起って肩胛下角が外前方に転移し、さらに上腕を垂直に挙上すると、鎖骨の肩峰端 Extremitas acrominalis が後退し、かつ挙上されて、肩胛骨自体は外方に旋回するのである。この位置では上腕骨頭は腋下の関節囊の緊張によって関節窩内へ下方に転移すると考えられる。この筋の筋束の活動は強制的な伸展による反射的なものであるが、上の動作によって肩峰部の筋束は、極端に外旋する肩胛骨の内上方を牽引し、上腕骨をひき上げて、関節窩内に圧定するようにはたらき、鎖骨部の筋束の収縮もまた鎖骨の外側端の挙上を制御していると考えられ

る。

バーベルのひき上げと同時にこの筋の活動はまったく消失し、垂直すなわち起立位における水平位に達して、再び前部にやや強い活動が出現し、後部ではこれよりも弱く、中央部ではさらに微弱な収縮がみられる。全部の筋束が同時に活動することによって上腕骨頭を関節窩内に固定しているわけであるが、このことはこの運動に主としてはたらく *M. triceps brachii* の長頭が肩胛骨関節窩の下方にある *Tuberositas infraspinatus* から起っていることを考慮すれば、容易に説明できる。この固定がなければ、肩胛骨全体が内方に旋回して、床に付着すると同時に肘関節も重量のために屈曲してしまうのである。

上肢全体が垂直の位置から幾分でも前方に傾けば、この筋の前部および中部は急激に活動を増強して、重力によって下降する荷重に対抗し、また同時に肩胛骨の下角が内方に旋回するのを防除するために、拮抗筋としての鋸筋の活動がいちじるしく強まってくるのである。

(3) *M. supra spinam* および *M. infra spinam* 前者は棘上窩から起って、上腕骨大結節の上部に付着し、後者は棘下窩から起って前外上方に向かい、上腕骨大転子の中央部に付着する。筋の位置からみれば、両者は拮抗筋であるが、前者は肩胛骨に激烈な旋回運動を起し、上腕骨をやや前方に傾けて外転させ、後者では上腕骨の外旋筋としての役割が重要である。

Pull over には直接関係しないが、重量を垂直に保持した場合、上腕骨頭を関節窩に圧定するためには軽度の収縮が認められる。

(4) *M. pectoralis major* 付着からみて *Pull over* では軀幹部の筋として最も強い活動が要求される筋である。起立位において上腕を垂直に挙上した場合、鎖骨部と胸肋部の上部は鎖骨の外側端を下方において、上腕を水平位まで下降せしめ、胸肋部の下部と腹部の筋束は挙上された上腕を水平以下まで下降させる作用をもっているとされている。

この動作の開始前は上腕が完全にまき上げられており、この筋全体に引張力が加わっている

ために、反射的に、軽度の、恒常的な活動が現われている。上腕の前方回転を開始すると、この筋全体の活動がしだいに強まり、挙上された鎖骨外端をひき下げ、上腕を前方にひいて、垂直の位置に移動せしめるためにはたらくのである。垂直の位置に重量を保持している間は、主として *M. trapezius* および *M. deltoides* と拮抗して活動し、上腕の固定を行なうのである。バーベルの下降すなわち上腕の上方回転が始まると、重力に抗して上腕の急速な降下を抑えるのは、この筋のはたらきであるから、一時活動がかなり増加し、ついでしだいに減少し、元位置に復すると同時に再び引張による反射的な放電活動に移行する。

(5) *M. latissimus dorsi* この筋は軀幹の背面にある濶大な筋で、第 7 ないし第 12 胸椎の *Processus spinosi*, *Facies lumbodorsalis*, *Crista iliaca* および第 9 ないし第 12 肋骨から起って、上腕骨の小結節稜の外側についている。この筋の作用は肩関節部において上腕骨を下掣することであるが、固定の部位を上腕骨にとることによって、肩帯にも運動を起すことができる。すなわち上部の筋束は肩胛骨を後方にひき、下部の筋束は肩峰を下方にひく力をもっている。

動作の開始前にはこの筋は活動していないが、上腕骨を前方に牽引して動作の最初の段階を作るのはこの筋であるから、急激に強い活動が起り、これによって上腕の後内方への転移がおさえられる。ついで上腕はこの筋の牽引によって内方に旋回しながら垂直の位置に移転する。垂直支持の位置では、上腕の固定のための収縮になるから活動は遙かに弱くなり、ついでバーベルのひき降しと同時に再び活動を強めて、荷重による上腕の急激な下降を抑制し、元位置にバーベルが復帰すると同時に活動をやめるのである。上腕骨を内転させて下掣する筋は *M. latissimus dorsi* と *M. pectoralis major* の下部の筋束であるが、この 2 筋はともに上腕骨を下方にひいて、肩胛骨の関節窩から離脱させる力をもっている。この作用を抑止するのは、*M. triceps brachii* の長頭および *M. coracobra-*

chialis である。後述するように、バーベルを最初の位置から垂直の位置に移動させる場合、これらの筋が同時に活動を強め、一方の活動が減弱すれば、他方の活動もまた同時に減弱または消失しているのはこのためである。

(6) M. rectus abdominis および M. obliquus abdominis externi ともに Rest position では活動が消長しているが、動作の開始と同時に弱い持続的放電活動が起り、腹部の Stabilization がこの動作の基礎になっていることがわかる。重量が増加すれば、胸部の拳上を抑制するために活動が強まるのである。

(7) M. serratus lateralis 肩胛骨の下掣筋として、その固定のために弱い活動が消長している。動作が急激に行なわれる場合、特に垂直の位置から元位置に帰る場合の速度が速ければ、肩胛骨の下角の外転を抑えるためにかなり強い活動が現われる。

(8) M. triceps brachii この筋の長頭は肩胛骨と尺骨にわたっており、その作用線が上腕骨軸とほぼ並行している。この実験では検索しなかったが、M. coracobrachialis もまた上腕骨の Margo radialis と肩胛骨の Processus coracoideus を結び、作用線は同様に上腕骨軸に並行しているから、ともに上腕骨頭を上方にひく作用をもっているものと思われる。Pull over における動作は上腕骨を下方に牽引する筋群によってなされるので、これらの筋は上腕の下掣筋と拮抗して、骨頭部の下方脱臼を防禦するためにはたくらるのである。

M. triceps brachii は肘関節の固有の伸筋であるから、この動作において肘を最大伸展位におくように命ぜれば、当然強い活動が現われる。肘の筋群の活動を弱め、肘をやや屈曲した状態におくと、前腕の屈筋群の活動が異常に強まり、この運動の目的を達しない。規定の方法でこの動作を行なえば、上肢を前方に回転すると同時に、この筋の活動は急激に増強し、垂直支持にはいって、肘関節の固定のための恒常的な活動が持続し、バーベルの下降と同時に再び強い活動が起り、元位置に復して活動が弱まるのである。

(9) M. biceps brachii 肘の屈筋であるから、上肢を垂直の位置に移動した場合、肘関節の固定のために M. triceps brachii に拮抗して弱い活動が消長する。

(10) M. brachioradialis やはり肘関節の屈筋であって、前者と同様にその固定のために被動的に活動を要求されるだけであるが、シャフトを Under grip で把握する場合は、橈骨遠位端が回内位をとるので、筋の走向が骨軸に対して螺旋状となり、重量が増大するとかなり強い活動が起ってくる。ことに重量の拳上および降下の動作の途中においてそうである。

(11) M. flexor carpi radialis および ulnaris 手関節の屈筋であるから、シャフトを把握し、手首をやや屈曲した状態で支持すると、終始活動が起っている。なかんづく M. flexor carpi ulnaris は手を屈しつつ、手の尺骨側を掌面にひきつけるはたらきをするので、シャフトを Under grip で握ると、強い伸張力が加わり、特に重量の垂直支持時に極めて強い活動が要求される。

(12) M. extensor carpi radialis および ulnaris この動作では、元来はたらかない筋群であるが、動作の開始、または終了時に把握したシャフトの平衡をとるために、意志的に活動させて、屈筋群と拮抗させことがある。活動はしたがって相動的で、軽度である。

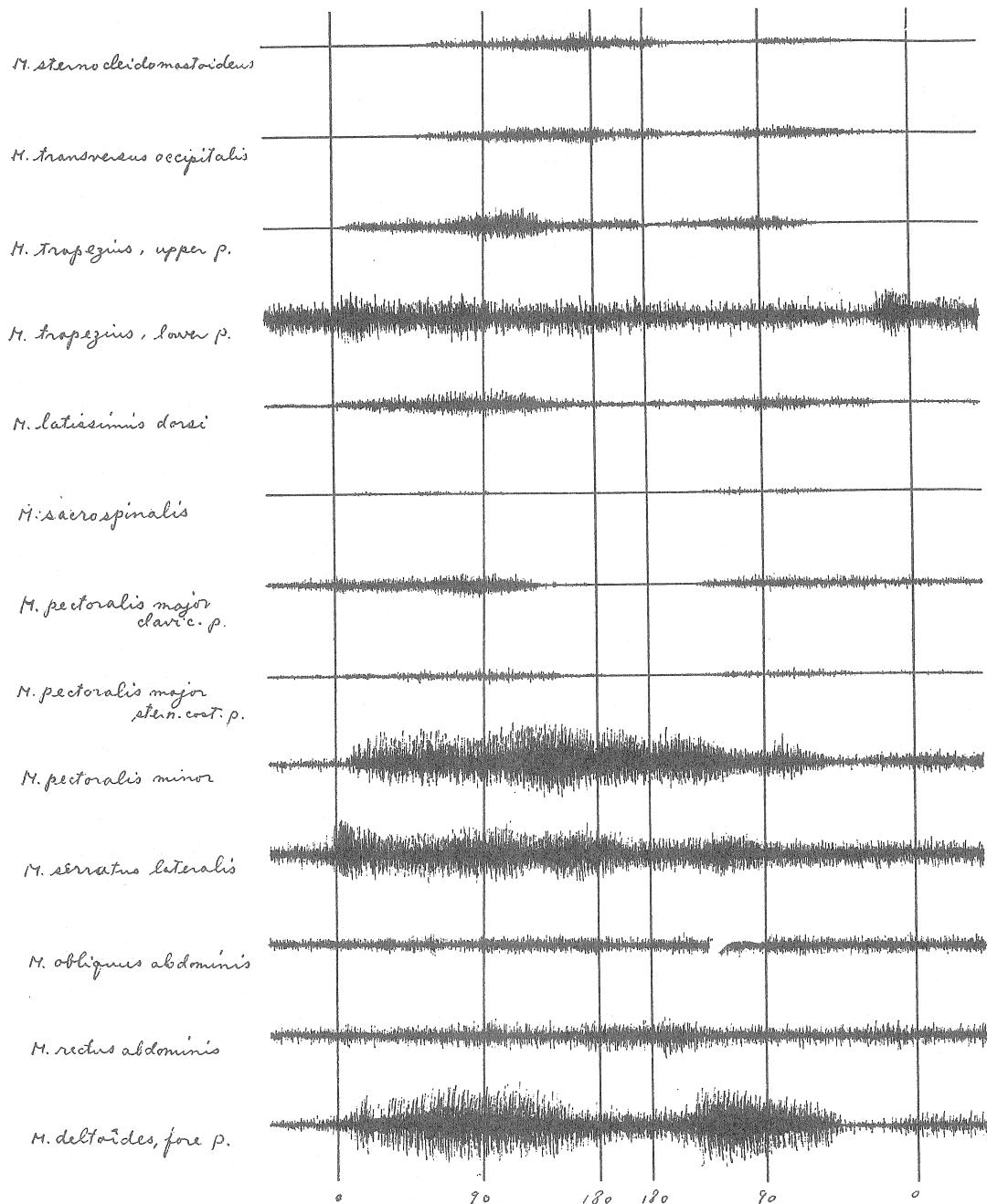
(13) M. extensor digitorum communis 手の握力を加減するために、意志的に、または無意識的に活動するので、多くは動作の終了時に屈筋と拮抗して軽度の収縮が見られる。

以上を要するに、Straight arm pull over において主として活動する筋は、肩帯周辺に所在する M. trapezius なかんづくその中部、M. deltoides、この運動において上腕を前方に牽引し、同時に肩帯の運動を起させる M. pectoralis major の全部の筋束、M. latissimus dorsi、肘の伸展と肩帯の拳上を防止する M. triceps brachii、バーベルの把持のために手関節を屈する M. flexor carpi radialis および ulnaris などである。肘関節の伸筋としての M. triceps brachii の鍛練と胸部の筋の鍛練を目的にするのであるか

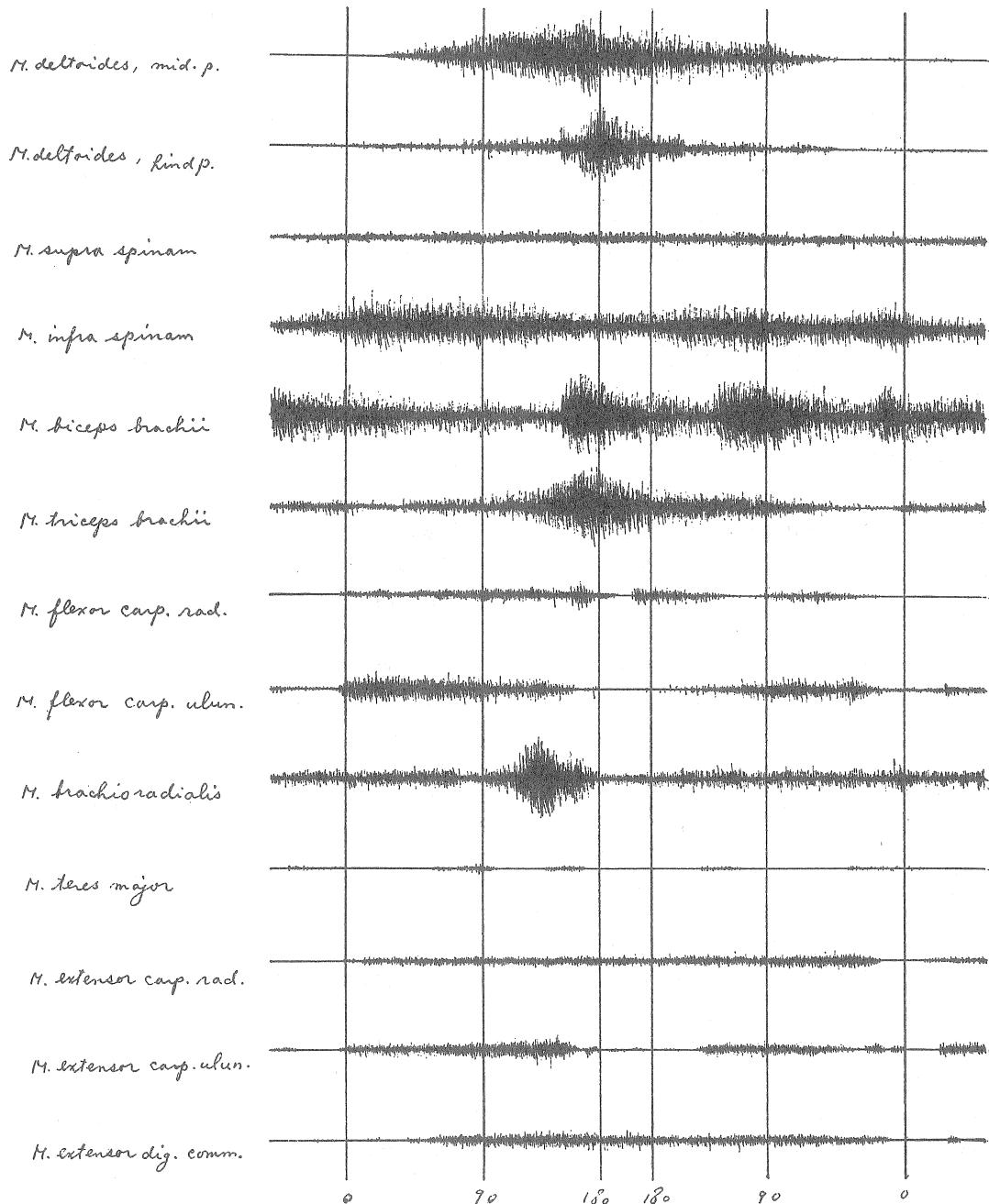
ら、肘を十分に引き伸ばして行なわなければ、
負荷が前腕の屈筋に偏重して、所期の効果をあ

げることができない。

6. Press の筋電図 (第5表および第 10 図)



第 10 図 Prese の筋電図 (1)



第 10 図 Press の筋電図 (2)

Pronated grip でほぼ肩の幅にバーベルを保持し、肘関節を十分屈曲して胸前に重量を支え、ついで肘関節を伸展して頭上にバーベルを挙上し、再び元位置に戻す運動である。シャフトはできるだけ身体に近づけておくことが必要

である。この運動によって駆動される筋は肩帯の固定を行なう M. trapezius, M. serratus, 肩関節の運動に関与する M. deltoides の肩峰部および鎖骨部, M. pectoralis major の鎖骨部, 肘関節の伸筋 M. triceps brachii であるとされて

いる。

この実験では、電気的遮蔽室が立って Press を行なうだけの高さをもつていなかったので、ベンチに腰かけ、腰を十分に伸ばして、上体を垂直にし、両足を自然に前に伸ばし、踵を床につけて爪先を床から離した状態で行なった。

分節運動は肘関節の角度 45°ごとに 5 節に分ち、各位置で 15 秒停止し、10 秒間の記録をとった。

(1) M. trapezius この筋の 3 つの筋束のうち、上部は Linea nuchae superior と鎖骨の外側 3 分の 1 を結び、鎖骨を後上方にあげるはたらきをもち、中部は上腕骨頭と肩胛棘を結んで、肩胛骨を脊柱に近づけ、全体を内上方にひき、同時にこれを外旋して、肩峰を拳上する。また下部の筋束は胸椎棘突起から広く起って、肩胛棘の根部に集中して付着し、肩胛骨の内側角を下降し、肩峰をあげる作用をする。この動作では M. trapezius の全部の筋束が活動して、肩胛骨の固定と肩峰部の拳上とを同時に行なうのである。表で見るように、胸前にバーベルを支持している間は、肩胛骨外側端が下方にひき下げられるために、3 つの筋束がいずれも軽度または中等度に収縮して、肩胛骨をひき挙げておくように恒常的にはたらいている。上腕の前方拳上とともに、上部および下部の筋束はやや活動を弱めるが、中部の筋束はしだいに活動を強め、肘関節が 90° の位置で、上腕がほぼ水平となり、重量の回転分力が最大になると、活動はいちじるしく増強して、肩峰部を高くひき挙げておくためにはたらいてくる。さらに上腕を拳上すれば、肩胛骨はしだいに外方に旋回し、この筋束は付着部を強く牽引して、重量によって肩胛骨が内方に旋回し、肩端が降下するのを防止し、完全に肘関節が伸展して、重量が頭上に高く支えられれば、拳上した肩端と外旋した肩胛骨をその位置に固定するために、M. deltoides の牽引による上腕骨の前回転に協力して、恒常に活動を持続する。しかしこの場合の活動の強さは遙かに弱くなっている。

(2) M. deltoides この動作の主働筋であるが、起始部が肩峰 Acromion、肩胛棘 Spina

scapulae および鎖骨の肩峰棘の 3 個所であって、肩をとり組んで、胸廓の上部と前後に広く分布しており、しかも付着が上腕骨の三角筋粗面に狭く集中しているので、上腕骨の位置によって活動の効果がかなり変化していく。筋束の方向から見れば、この筋全体がはたらくことによって上腕骨の外転、前部筋束によって上腕の前方拳上、後部筋束によって後方拳上が行なわれ、同時に前部筋束は上腕を内方に旋回し、後部筋束は外方旋回を行ないうと考えられる。表で見るように、バーベルを胸前に支持した位置では、前部の筋束の活動が最も強く、中部は弱く、後部はさらに弱く、重量によって生ずる肘または上腕骨の後方回転がまず抑止されている。バーベルの拳上と同時に前部のはたらきは急激に増強し、中部も活動がしだいに強くなってくるが、後部には前部の筋束の牽引による上腕骨の内方旋回を抑えるための軽度の活動が現われるのにとどまる。重量の回転分力が最大となる上腕の水平位では、さらに中部が強度に活動して、前部の筋束とともに重量による上腕の後方回転を防ぎ、さらに拳上すれば、中部の筋束がますます活動を強め、また前部筋束の収縮に伴って起る上腕骨の内方旋回を抑えるために、後部筋束の活動も増強していく。重量を完全に拳上した状態では、上腕骨の頭部が関節窩の中で下方に移動するために、前部筋束の活動はむしろ減弱し、後部の筋束と拮抗して上腕骨の旋回を防止する程度にとどまり、上腕の拳上、固定は主として上腕骨をひき上げる中部筋束の活動によって行なわれるのである。

この動作を連続的に行なった場合の 3 つの筋束の活動を比較対照すれば、上腕の前方拳上における微妙な交互作用がよくわかるのである。

(3) M. supra spinam および M. infra spinam 上腕骨を水平位まで拳上するのは M. supra spinam と M. deltoides の収縮活動によるのであるが、この場合同時に肩胛骨に旋回が起り、肩胛下角が内方に転位してくるから、M. serratus lateralis がこれを前外方に牽引して肩胛骨を固定しなければならない。第 5 表にみると、これらの 3 つの筋の同時的な収縮活

動がそのことを示している。水平位からさらに上腕を拳上する場合には肩胛骨を旋回しなければならない。そのためには肩胛骨の外旋筋としてはたらく *M. serratus lateralis*, 肩端を拳上する *M. trapezius* の中部筋束の強い収縮が加わらなければならぬ。*M. supra spinam*, *M. deltoides*, *M. trapezius* および *M. serratus* の極めて強い収縮活動が同時に起っていることがこれを立証している。

M. supra spinam 自体はあまり大きな筋ではなく、その横杆臂もはなはだ短い。他の筋の干渉がなければ、この筋だけでも上腕を拳上することができるが、生活体ではむしろ肩関節を強く圧定して、*M. deltoides* によって上腕が拳上されている間に、上腕骨頭の下降するのを防ぐ役割が大切である。

M. supra spinam に比べれば、*M. infra spi-*

第5表 Pressにおける筋の働き方

筋名, 肘関節角度(度)	0	45	90	135	180
<i>M. sternocleidomastoideus</i>	—	—	±	±	—
<i>M. trapezius</i> {upper p.	±	+	++	++	+
middle	++	++	+++	++	++
lower p.	++	+	++	+	+
<i>M. deltoides</i> {fore p.	++	++	++	++	++
middle p.	+	++	++	++	++
hind p.	±	+	+	++	++
<i>M. supra spinam</i>	++	++	++	++	++
<i>M. infra spinam</i>	—	—	±	+	+
<i>M. pectoralis major</i>	—	—	—	—	—
clavicular p.	++	++	++	—	—
sternocostal p.	—	—	—	—	—
<i>M. serratus lateralis</i>	++	++	++	++	+
<i>M. latissimus dorsi</i>	—	—	—	±	—
<i>M. rectus abdominis</i>	—	—	—	—	—
<i>M. obliquus abdominis</i>	—	—	—	—	—
<i>M. sacrospinalis</i>	+	+	+	—	±
<i>M. triceps brachii</i>	—	±	+	+	++
<i>M. biceps brachii</i>	+	±	—	±	+
<i>M. brachioradialis</i>	—	—	—	+	±
<i>M. flexor carpi radialis</i>	—	+	±	—	—
<i>M. flexor carpi ulnaris</i>	±	±	+	±	±
<i>M. extensor carpi radialis</i>	—	—	±	±	—
<i>M. extensor carpi ulnaris</i>	—	+	+	+	+
<i>M. extensor dig. communis</i>	±	+	++	++	+

nam, はその付着からわかるように、活動が遙かに消極的で、また被働的である。重量が軽い場合には、上腕が水平位を越えてから、*M. deltoides* の前部および中部、*M. serratus* などの強大な収縮活動が起り、上腕骨が内方に旋回する力をうけてそれを駆動し、これを外方に旋回させるようにはたらいて、上述の筋群の旋回力に対抗し、上腕骨頭を関節窩内に圧定するのである。重量が増加すれば、これを拳上するためにはたらく筋群の回旋作用もいちじるしく強大となるので、この筋は拳上の開始と同時にかなり強く収縮を起すものである。

連続動作における両筋のはたらきかたを分節運動の場合と比較すれば、この実情を知ることができる。

(4) *M. pectoralis major* 既述したように、この筋の大部分を占める中部および下部の筋束は、上腕を内転するのが主な役割であるから、この運動に参加するのは上部の筋束だけである。上腕を直立に下垂している場合は、この筋束の収縮によって上腕は体側に近づきつつその遠位端が前内方に拳上され、同時に鎖骨の付着が牽引されて、肩峰部が内前方にあがってくる。しかし上腕が水平位まで拳上されてしまうと、この筋束には上腕を内転する作用しか残っていない。第5表に見るように、*M. pectoralis major* の筋束のうち、活動が現われるのは鎖骨部のみであって、中、下部の筋束はまったくはたらかない。しかも前者のはたらきは肘関節が直角となり、上腕が水平位をとるまでであって、それ以上に上腕を拳上するときにははたらかなくなるのである。

(5) *M. rectus abdominis* および *M. obliquus abdominis externi* 腹部の筋群はこの運動に積極的に参加することはない。

(6) *M. latissimus dorsi* 肩胛骨の下掣筋であるが、重量が上腕の水平位以上に拳上された場合、その固定のために強い収縮活動が現われることがある。

(7) *M. serratus lateralis* この筋の起始部は極めて広い体側の部分であるが、付着

は肩胛骨の椎骨縁および下角に集まっている。特に下角に付着する筋部は厚くて丈夫である。この筋全体が同時にはたらけば、肩胛骨は前部上方に牽引されるが、下角に集まる筋束のみが収縮することによって、肩胛骨は前外上方に牽引される。また内方旋回が抑えられて、内側角が固定されるために、その周囲で骨全体が旋回し、外側角と肩峰部が提起されることになる。

上腕を前上方に拳上するため、M. trapezius や M. deltoides がはたらく場合は、同時に肩胛骨の内方旋回を伴うものであるから、これを抑え、むしろこれを外方に旋回せしめることによって肩峰を提起し、上腕の拳上を有利にするためにこの筋束が特に強く活動するのである。表に見るよう、この筋の収縮活動は運動全体を通じて極めて強く、なかんづく上腕が水平位を超えると、そのはたらきかたが極度に増強していくのである。

(8) M. sacrospinalis 起立位を保持するためには脊柱を垂直に立てて固定しておくことが必要である。この筋の活動はしたがって恒常的である。

(9) M. triceps brachii 内、外側頭は肘関節の強大な伸筋であるが、長頭はむしろ上腕骨頭の過度の下降を防止し、肘関節を提起する作用をもっている。

肘関節の伸筋には、この他に上腕骨の尺側上顆から起り、尺骨頭の外側縁に終る M. anconeus という小筋がある。これは小形の筋であるが、筋の力、ことに肘関節を一定の伸展位において固定する力が極めて強いといわれている。この筋の筋電図は記録していないが、恐らくこの動作の開始時の肘関節の伸展には大きな役割を果していると思われる。

M. triceps brachii は胸前にバーベルを支えた時期にははたらかず、肘関節の伸展の開始とともに活動し、しだいにその強さを強めるが、はたらきかたは軽度であって、バーベルを完全に頭上にあげ、肘を十分に伸展したときに初めて強い収縮が起る。ただし拳上を終ってから思いきり強く肘を伸ばさなければ、この活動は認められない。

(10) M. biceps brachii および M. brachioradialis ともに肘関節の屈筋であるから、この動作に積極的な役割は演じない。分節運動において観察される放電は、関節を半ば屈曲した位置で肘関節を固定するために、伸筋群と拮抗することによって現れる。

(11) M. flexor carpi radialis および ulnaris いずれも屈筋であるからはたらきかたは軽度であり、また被働的である。上腕が水平になる位置でやや活動が強まっているが、手関節の固定の場合に伸筋群と拮抗するのである。

(12) M. extensor carpi ulnaris および radialis 前者は上腕骨の尺側上顆、Fascia ante-brachii などから起り、第5中手骨基底の後内側の結節に終る。ゆえに手関節の伸筋であると同時に、肘関節の伸筋としてもはたらき、また手関節の尺側屈（外転）も行なう。後者は上腕骨の外側縁から起る第2中手骨基底の外側にある結節に終る長筋と上腕骨の尺側上顆に起り、第3中手骨基底の Processus styloideus に付着する短筋とに区別される。長筋は作用力が遙かに強いが、ともに手関節の橈側屈（内転）を行なう。

これらの筋は肘関節の伸筋としてもはたらくことができるが、この動作の場合は手関節の固定のために前腕の屈筋群との拮抗的なはたらきが重要である。はたらきかたはいずれも微弱である。

(13) M. extensor digitorum communis 手関節の背屈筋はシャフトを強く握ることによって予め指の関節の伸展をさまたげられているために極めて強く活動する。バーベルをしだいに拳上する場合、手を漸次背屈して、掌全体に重量をかけるように操作すると、活動はかなり強化される。また指の伸筋群の活動はこのような観点からすれば、むしろ強制伸展による反射的な活動とみることもできるわけである。

要するに、Preseにおいて主として活動するのは M. trapezius, M. deltoides, M. supra spinam, M. serratus など肩帯に付着を有する筋群であって、動作から想像するような、上腕や前腕の表面に所在する長大な筋群ではなく、上肢自由

部が重量の負荷にさからって伸展する場合、特にその速度が緩徐である場合は、むしろ緊張的にはたらく深部の小筋群であろうと思われる。

実際の競技中の動作の筋のはたらきかたとこの実験で得た結果は、そのような観点からすると、多少の差があるかもしれない。

7. Sit Up の筋電図 (第6表)

長椅子または床上に仰臥し、下肢を十分に伸展する。足関節または膝関節を助手におさえてもらうか、またはバーベルに足背をかけて体を起し、上体を垂直にたてる。この運動をくりかえすのである。頭の後にバーベルのプレートを提げるか、またはバーベルを保持すれば、いちじるしい効果をあげることができる。この運動では膝は終始十分に伸展し、曲げてはならない。

この運動によって鍛練される筋は、主として M. rectus abdominis, M. obliquus abdominis, M. iliopsoas および頸部の M. sternocleidomastoideus であって、軀幹を前屈する場合に、左肘を右膝に、右肘を左膝につけ、軀幹を交互に捻転すれば、特に M. obliquus abdominis の鍛練に効果があるとされている。腰筋の鍛練のためには、くりかえし運動ができるだけ緩徐に行なうほうがよい。

第6表は軀幹筋、肩帯、上肢上部の筋群、下肢の主な筋群の活動を一括したものである。

(1) 脊柱の運動 脊柱の運動は頸椎、胸椎および腰仙椎の運動に3分して考えるのが便利である。頸椎は椎間軟骨が厚く、関節面間の相対運動の範囲が広いので、全体の運動は他の部分に比較して遙かに自由である。なかんづく前屈および後屈の範囲は 160° ないし 170° の広さに達し、側屈も 60° 以上、捻転は左右にそれぞれ 50° ないし 60° である。頭部の重心は頸椎の前部に落ちるようになっているから、前屈に関与する筋群に比べて後屈を行なう筋群の方が遙かによく発達している。

胸椎は頸椎に比較すると、関節軟骨がうすく、しかも胸廓が付着し、各椎骨の上、下の関節突起が互いに相対するように傾斜しているために、屈伸運動の範囲はいたって狭い。ただし側屈および捻転運動は、関節突起の関節面間の滑動がかなり広いので、かるく前屈した捻転を

第6表 Sit Up における筋の働き方

筋名、下肢と軀幹の角度	0	45	90
M. sternocleidomastoideus	—	±	—
M. trapezius (upper p.)	—	—	—
M. pectoralis			
clavicular p.	—	—	—
sternal p.	—	—	—
abdominal p.	±	++	—
M. deltoides (fore p.)	—	—	—
M. latissimus dorsi	—	—	—
M. serratus lateralis	±	+	±
M. sacrospinalis	—	—	—
M. rhomboiliacus	—	++	±
M. rectus abdominis	—	++	—
M. obliquus abdominis	—	++	—
M. semimembranosus	—	—	—
M. biceps femoris	—	—	—
M. adductor magnus	±	+	—
M. tensor fasciae latae	—	—	—
M. sartorius	—	—	—
M. vastus fibularis	—	+	+
M. vastus tibialis	—	+	+
M. rectus femoris	—	++	—
M. gastrocnemius			
fibular h.	—	—	—
tibial h.	—	—	—
M. tibialis anterior	—	±	±
M. extensor dig. long.	—	±	±
M. flexor dig. long.	±	—	—
M. soleus	—	—	—

行なえば、 150° に近い範囲で運動を行ないうる。

腰椎の関節軟骨はかなり厚く、しかも関節面が前、後屈に適するような形態をもっているので、その範囲は広く、前屈約 30° 、後屈約 80° に達する。しかし腰椎の捻転および側屈は極めて狭く、まったく行なわれないともいわれている。

第5腰椎は下位の仙骨と関節するが、この間

の関節軟骨はすこぶる厚く、その突出部は岬のように前出し、断面は楔形である。したがって屈伸運動はかなり広範囲に行なうことができるが、側屈や捻転はさほど大きくない。

Sit up は脊柱の前屈および捻転を伴った上体の前屈運動によって主として腹部の筋群の鍛練を行なうものであるが、頭の後部に重量を負荷する場合は、頭頸部の前屈筋群の鍛練方法としても有効である。

(2) *M. sternocleidomastoideus* 胸骨の上端、鎖骨の内側端から起つて、側頭骨の *Processus mastoideus* および後頭骨の上項線に付着し、その走向は前下方から後上方に向かい、この筋の収縮によって頭部が側屈と旋回を同時に行なうことになる。たとえば、右側の筋束が収縮すれば、頭は右に傾き、同時に顔は左側に向かう。Sit up の場合は左右の筋束を同時に収縮せしめることになるのであるが、このときは頭部は前方に屈曲し、頭の重心がはなはだしく前出し、これが軀幹全体を提起する要因になる。

表で見るように、Sit up の開始前および終了時にはこの筋はまったくはたらいていないで、軀幹の提起中、頭部重心の前移のための活動がみられるが、その強さは弱く、捻転および側屈のはたらきかたと比べものにならない。活動はむしろ緊張的である。

(3) *M. pectoralis major* および *M. latissimus dorsi* 軀幹に配置された筋群であるが、ともに付着は肩帯である。これらの筋群は肩帯および上肢の運動に関与するものであつて、軀幹の運動に積極的に参加することはない。

(4) *M. pectoralis minor* 第3ないし第5肋骨から起り、斜めに外上方に向かって肩胛骨の *Processus coracoideus* に付着する。この筋の収縮によって肩胛骨の下角が脊柱に近づき、外側角が前下方に向かうのである。体重を前方に移動するためには肩を前出しなければならない。上肢を牽引するような力を別に加えなければ、この動作は主にこの筋のはたらきによって行なわれる。Sit up の開始と同時に活動がかなり増強していることは表にみるとおりであ

る。

(5) *M. serratus lateralis* 付着からわかるところ、この筋の収縮によって肩胛骨は脊柱から遠ざかり、下角は前外方に牽引される。つまり *M. pectoralis minor* の活動と拮抗するようにはたらくわけである。Sit up における活動はこれらの2筋の相互牽引によって肩胛骨を固定し、肩胛骨の旋回を防除し、同時に前方に向かう分力を軀幹に加えて、これを前出せしめるにはたらくものと考えられる。

(6) *M. sacrospinalis* 脊柱の伸筋であるからこの運動には参加しない。

(7) *M. rectus abdominis* および *M. obliquus abdominis externi* 前者は恥骨から起り、胸骨の *Processus ensiformis* および第5ないし第7肋軟骨に付着し、腹部の保定を行ない、その強い収縮によって、腰椎の屈曲をひき起す。後者は内外2層からなる *M. obliquus abdominis* の外層であつて、第5ないし第12肋軟骨から起り、*Crista ilica* および *Linea alba* の全長にわたって付着し、腹壁の収縮、脊柱の屈曲および旋回などのためにはたらく。

Sit up の運動は腹部に配置されたこれらの筋群の収縮活動によって行なわれるものであるが、鍛練の目標をこれらの筋におくなれば、動作はできるだけ緩徐に行ない、また頭部もしくは肩部に相当量の負荷をかけた方が効果を期待できる。

(8) *M. iliopsoas* この筋は *M. psoas major* と *M. iliacus* とを総称している。前者は第2胸椎以下の椎体側面と腰椎の *Processus transversus* から発し、後者は *Fossa iliaca* から広く発し、*Lig. unguinale* の下にある *Lacuna musculorum* で両者が結合し、大腿骨の小転子 *Trochanter minor* に付着している。大腿を外旋、屈曲させる筋であるが、固定点を下肢にとる場合は骨盤と腰椎をひき、体を前屈せしめる。この運動では腹部の屈筋群とともに主働的な作用をしていると考えられるが、深部の筋であるために検索できなかった。

(9) *M. semimembranosus*, *M. semitendinosus* および *M. biceps femoris* いずれも大腿

の背側に所在する屈筋であるが、この運動には参加しない。

(10) M. sartorius および M. gracilis とともに菲薄で、細長い筋であって、膝関節が固定されている場合は、骨盤の前屈を行ないうる筋である。この運動では活動を認めなかった。

(11) M. adductor longus 内転筋中最上層にあり、M. adductor brevis とともに広大な M. adductor magnus を被覆する。起始部は恥骨の上、下縁の境界部で、扇状に散大して、大腿の後部にまわりこみ、大腿骨の粗線 Linea aspera に付着する。大腿の内転が主な作用であるが、外旋も兼ね、また膝関節が伸展されれば、屈筋としてのはたらきも現われる。

骨盤を基底にして軀幹を前屈するには、大腿が僅かに外転されている方がつごうがよい。この筋の活動は膝関節を強く伸展し、両側の大腿を内転せしめようとする意志的な運動によって誘発されるものと思われる。

(12) M. tensor fasciae latae 前腸骨棘 Spina ilica ventralis の外側部から起り、大腿の外側を真直に下降し、Tractus iliofibularis に付着する。この索は腓骨小頭 Capitulum fibulae についているから、この筋の収縮によって大腿の屈曲、内旋および軽度の外転が行ないうることになる。しかしこの運動の場合にははたらかないようである。

(13) M. rectus femoris, M. vastus fibularis および M. vastus tibialis M. vastus intermedius とともにいわゆる M. quadriceps femoris を形成する。この筋は股関節と膝関節に跨る 2 関節性筋であって、股関節の伸展を行ないながら膝関節を伸展すれば、極めて強い活動が現われる所以ある。Sit up の場合は膝関節が強く伸展されても股関節が軀幹の提起とともに屈曲されるので、活動はさほどに強くない。

軀幹を半ば起した位置では、M. rectus femoris すなわち大腿正面にある筋束のはたらきが最も強く、粗線の内外側につく M. vastus tibialis および fibularis は軽度に活動するにすぎない。しかし肢端を抑える重量が軽いか、またはこの部に全然負荷をかけないで上体を起そうとする

と、膝関節が極端に伸展され、これらの筋全体の収縮がいちじるしく増加する。足を物にかけて固定すれば、膝を半ば屈曲しても起き上がることができるが、このときはこれらの筋はまったくはたらかない。このような場合は膝関節を中間位に固定することになるから、M. tibialis anterior, M. triceps surae などに活動電位が現われてくる。

(14) M. gastrocnemius 足関節が中間位におかれるか、もしくは背屈されており、膝関節は伸展位に固定されたままであるから、この筋は活動しない。

(15) M. soleus 前者と同様に足関節が中間位に固定されている限りはたらかない。

(16) M. tibialis anterior この筋は脛骨の外側面上部、腓骨上顆および Membrana interossea cruris などから広く起り、足根部背面を通過して、第 1 楔状骨の足蹠面および第 1 中足骨の基底に付着する足関節の強力な背屈筋である。この運動では下腿の支持を足関節のやや上部で、助手がかるく抑えてるので、むしろ間接的な背屈が行なわれ、軽度の活動が現われているものと思われる。

(17) M. extensor digitorum longus 前者と同様に、この運動に直接関与する筋ではないが、膝関節の伸展による反射的な運動として、または下肢尖端に支持点をうるための趾のかるい背屈によって活動するものと思われる。

(18) M. flexor digitorum longus および brevis ともにこの運動に直接関与することはない。

以上を要するに Sit up を規定された方法で行なう場合には、頭部の前屈、腰部の前屈のためにその腹側に所在する M. sternocleidomastoides, M. rectus abdominis, M. obliquus abdominis, 肩の前出のために M. pectoralis minor などが活動するのである。ただし腹筋の活動は無負荷でも、運動の速度をくふうすることによって効果をあげうるが、頸部の屈筋の鍛錬を同時に行なうにはプレートまたはバーベルをもって負荷を加えなければならない。また解剖学的な面からすれば、この運動に最も強いはたらき

を要求されるのは *M. iliopsoas* であろうと思わ

れるが、この筋については検索できなかった。

8. Dead Lift の筋電図 (第7表)

膝を肩の幅よりやや狭く位置させ、膝を伸ばして立つ。背すじを直にして、足の前に置いたバーベルを把握し、背を丸くしないようにしてこれを引き上げ、垂直に立つ。この動作を反

第7表 Dead Lift の筋電図

筋名、下肢と軸幹の角度(度)	grasp.	90	135	180
<i>M. trapezius</i>				
middle p.	—	—	±	++
lower p.	+	++	++	+
<i>M. rhomboides</i>	++	++	++	—
<i>M. serratus anterior</i>	—	—	—	++
<i>M. longissimus dorsi</i>	±	++	+	++
<i>M. latissimus dorsi</i>	+	+	±	—
<i>M. pectoralis major</i>				
sternal p.	—	—	—	—
clavicular p.	—	—	—	—
<i>M. sacrospinalis</i>	—	++	+	+
<i>M. obliquus abdominis</i>	—	—	—	—
<i>M. rectus abdominis</i>	—	—	—	—
<i>M. supra spinam</i>	—	—	—	—
<i>M. infra spinam</i>	—	—	—	++
<i>M. deltoides</i>				
fore p.	—	—	—	—
middle p.	—	—	—	—
hind p.	—	—	—	±
<i>M. biceps brachii</i>	—	—	—	—
<i>M. triceps brachii</i>	±	+	+	+
<i>M. flexor carpi radialis</i>	++	++	++	++
<i>M. flexor carpi ulnaris</i>	+	+	+	+
<i>M. brachioradialis</i>	+	+	+	+
<i>M. extensor carpi radialis</i>	++	++	++	+
<i>M. pronator teres</i>	±	±	±	±
<i>M. quadriceps femoris</i>	—	—	—	—
<i>M. adductor magnus</i>	—	—	—	—
<i>M. tensor fasciae latae</i>	—	—	—	—
<i>M. semitendinosus</i>	±	±	±	—
<i>M. biceps femoris</i>	+	+	+	—
<i>M. gastrocnemius</i>	±	±	±	±
<i>M. soleus</i>	±	—	—	±
<i>M. tibialis anterior</i>	—	—	—	—
<i>M. flexor dig. longus</i>	+	+	±	±
<i>M. extensor dig. com. ped.</i>	—	—	—	—

覆する。肘は伸ばしたままで、背の筋のみで重量をひき擧げる気持で大腿の位置までもってくるのである。

この運動によって軸幹の筋では *M. erector spinae*、背側深部の諸筋、肩部の *M. trapezius* および *M. rhomboides*、下肢の筋では *M. gluteus*、*M. biceps femoris*、*M. gracilis*、*M. sartorius* などが鍛錬されるとされている。

第7表は 25 kg のバーベルを提挙したときの筋電図を軸幹の軸心と下肢のなす角度の変化 45°ごとに記録して、筋の活動の強さを推定したものである。

(1) *Mm. rhomboidei* この筋は *Lig. nuchae* の下部、第6頸椎ないし第4胸椎の棘突起から起り、外下方に走って肩胛骨の椎骨縁に付着している。その走向からわかるように、肩胛骨を後上方にひき、これを脊柱に近づけ、同時に内方に旋回せしめるはたらきをもっている。Dead liftにおいては、重量は伸展された上肢によって把握されたままであるから、支持された重量は肩胛骨の椎骨縁を開離し、これを前下方に引き下げると同時に内旋するようにはたらきかける。したがって筋の作用は、肩胛骨のこのような運動をむしろ強調するようにはらくことになるのである。これに対抗するのは、肩胛骨の外旋筋すなわち *M. trapezius* および *M. serratus lateralis* などでなければならない。実際この運動中これらの筋は同時に活動しているから、*M. rhomboides* のはたらきは肩帯を内旋するというよりもむしろ拮抗筋と肩帯をひきあうことによって、これを固定し、離開を防いでいると考えられる。

この筋の活動は重量のひき擧げ中に極めて強いが、ひき擧げが完了すれば、重量は肩関節全体をひき下げるようにはらくので、肩峰に付着する *M. trapezius*、肩胛骨の内旋を抑止し、これを固定する *M. serratus lateralis*

が交代し、この筋はほとんど活動しなくなる。

(2) M. trapezius 後頭骨から鎖骨に達する上部筋束はほとんどはたらかない。項部から肩峰および肩胛棘に走る中部は肩胛骨全体を内上方にひき、これを外旋して肩峰を挙上させるはたらきをもっているので、バーベルを提举して上体を垂直に立てたときには最も強くはたらくのであるが、軀幹を前傾し、重量を挙上している間ははたらきかたが極めて弱い。この筋束は、軀幹が垂直位に近づくほど、活動の強さを増していくのが特徴である。下部は胸椎に起って肩胛棘に付着し、肩胛骨を内下方にひき、肩峰を挙上する筋束であるが、軀幹の前傾中は肩胛骨外側端すなわち肩関節の下降をおさえるために、M. rhomboides に協力してかなり強い活動を続けている。軀幹が垂直位に達すれば、活動は遙かに弱くなるが、M. serratus lateralis とともに肩胛骨の内旋を防ぎ、これを背部に固定する役割をもっているために、そのまま活動を続けているのである。

(3) M. supra spinam および M. infra spinam 前者は肩関節の外転筋であるからまったくはたらかないが、重量が極めて重くなれば、上腕骨頭の脱臼を防ぐために軽度の活動が現われる。後者は付着から考えて上腕骨の外旋筋であるから本来ははたらかなくともよいのであるが、軀幹を垂直にして重量を保持した場合は上肢が内旋するので、むしろ被動的に活動し、また肘関節をやや屈曲するようにしてバーベルを保持すると、かなり強い収縮が起るのである。

(4) M. serratus lateralis 動作中はこの筋はほとんどはたらかないが、軀幹の垂直位では重量の負荷のために肩胛骨が内方に旋回するようなモーメントをうけるので、M. trapezius の下部筋束とともに肩胛骨を固定するためにかなり強く活動するのである。

(5) M. latissimus dorsi 付着は上腕骨の小結節稜であって、上腕の下掣筋である。軀幹側の付着を固定して収縮すると、上腕を下方にひき下げ、肩胛骨を後下方に牽引し、胸椎を伸展するはたらきをもっている。上腕骨の下掣と

内転を行なう筋はこれと M. pectoralis major の下部筋束であるが、両者のはたらきによって上腕骨頭は肩胛窩から脱臼するような力をうけることになるので、その防止機構として M. coracobrachialis および M. triceps brachii の長頭があって、これらの筋の同時的なはたらきによって、上腕骨頭は肩胛窩に強く圧定されることになるわけである。

M. latissimus dorsi は、軀幹の前傾によって上腕を胸前からひき離すようにはたらく重量のモーメントに逆ってこれをひきつけるためにはたらいているが、上体が垂直位に近づけば、しだいに活動が弱くなり、垂直位ではまったくはたらかなくなる。

(6) 軀幹背側の筋 両側が同時にはたらく場合は脊柱を伸展するが、右、左の1側のみがはたらく場合は脊柱を側屈する。これに属する主な筋をあげると、胸骨部の M. iliocostalis, M. longissimus dorsi, M. semispinalis dorsi, 腰部の M. quadratus lumborum などである。いわゆる Mm. erectors trunci というのは脊椎の棘突起と肋骨角の間にある Sulcus costovertebralis major を埋める深層の背筋群 Mm. dorsi profundi をいうのであって、浅層の背筋群 Mm. dorsi sublimis との間には Facia lumbodorsalis があつて、両者を明らかに区別している。表面電極を使用して背筋群の作用を詳細に調べることは、上述のような解剖学的構造のために極めて困難であるが、これについては Floyd, W.F. らの詳しい研究がある。ここでは単に胸骨部の筋および腰部の筋群としてその活動を区別するのにとどめるが、Dead lift において主として活動するのはこれらの Mm. erectors trunci である。

胸骨部の筋は、バーベルをひき上げる動作の開始時においては僅かにはたらいているだけであるが、軀幹と下肢のなす角が約 90° となり、重量の回転分力が最も強くなると、中等度もしくは強度に活動し、さらに上体を起し、重量の分力が軀幹の軸心骨格に分担される半ば起立した状態で、やや活動が弱まり、完全に直立した状態で、重量を支えるためにややそり身になっ

て起立し、この動作を終了すれば、再び活動が強まり、緊張的な収縮活動に移行するのである。

腰部の筋はバーベルを床から僅かにひき上げ、軀幹を深くまげた状態ではまったくはたらかないか、もしくは弱い活動が消長するだけであるが、さらに重量をひき上げて、上体がほぼ水平になると、中等度もしくは強度に活動し、しだいに上体を起していくのに伴って活動が弱まり、完全に起立した位置では軽度の緊張的な収縮が持続するだけになる。

背部の伸筋群はいわば柱の支え綱の役割をするものであるから、脊柱の力線が垂直である場合はまったく活動しないが、力線がやや傾斜すればただちに活動を開始し、軀幹が傾斜している間かなり強く収縮を持続するのである。したがって、極めて大きな重量を支えた場合でもまったくはたらかないこともあり、僅かの動搖もしくは前傾によって急激に猛烈な放電活動が出現することもある。

(7) M. pectoralis major 前に述べたように下部の筋東が軀幹の屈曲時に M. rhomboides の内旋的な作用に拮抗するために微かにはたらくだけで、この動作には直接関与しない。

(8) M. obliquus abdominis externi および M. rectus abdominis 軀幹の屈筋群であるから、この動作には関与しない。

(9) M. deltoides バーベルの重量は肩峰および肩関節を下方にひき下げ、上腕骨頭を肩関節窩から脱臼せしめるようにはたらくのであるが、既述したように、これを防止するのは肩胛骨の旋回筋群および上腕骨に付着する深部の筋である、M. deltoides の活動によって上腕をひきあげる（肩に力を入れる）ことのないように指示されているからこの動作ではまったくはたらかない。重量のひき上げの途中で弱い収縮が現われることがあるが、この動作によって要求される本来の活動ではない。

(10) M. biceps brachii 肘関節は伸展したままでおくよう規定されているから、この筋もはたらかない。

(11) M. triceps brachii この動作で活動するのは長頭のみである。この筋東は M. cora-

cobrachialis と協同して M. latissimus dorsi の活動に拮抗し、上腕骨頭を関節窩内に圧定するはたらきをもっている。表で見るとおり、この筋の活動はむしろ緊張的であって、動作の継続中軽度の収縮が連続しているのである。

(12) 手関節の屈筋群 バーベルを握るのであるから、屈筋群に活動が現われるるのは当然である。Over grip は Under grip に比較すると、受働的な肘関節の伸展が行なわれやすいので、重量の提拳によって肘関節を屈曲するための筋の分力はほとんど現われないはずである。したがって前腕掌側の屈筋群の活動はバーベルを握るためにのみ現われているものと思われる。表で見るように、これらの筋群の活動は軀幹の屈伸に關係なく、恒常であるが、なかんづく M. flexor carpi radialis の活動が極めて強く、ついで M. flexor carpi ulnaris、また M. brachioradialis が軽度の収縮を続けている。M. pronator teres の活動は Over grip による尺、橈骨の交叉のために起る被働的な伸展によるものである。

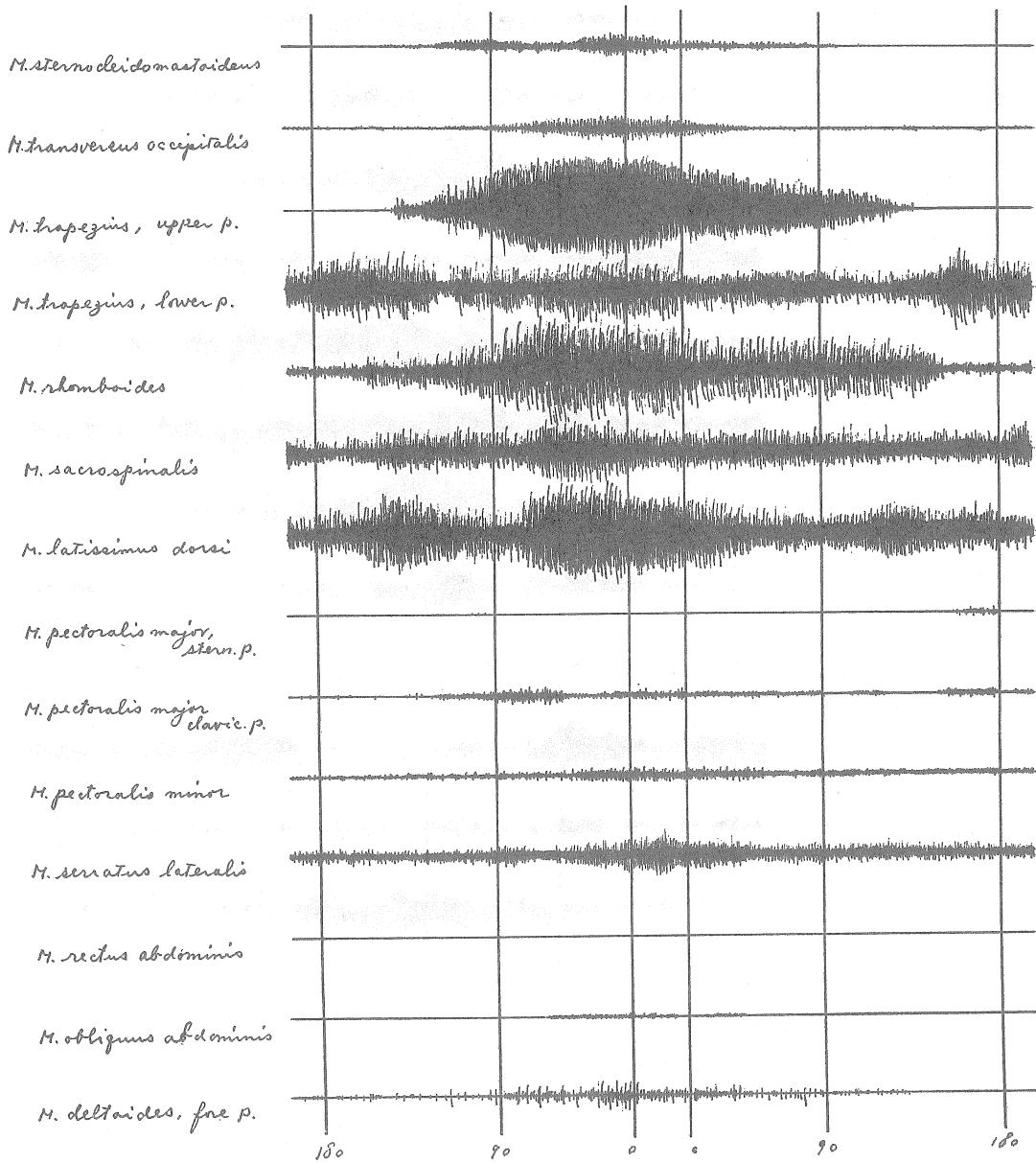
(13) 下肢の筋群 起立姿勢を維持する筋群に活動がみられるだけで、この動作のために格別のはたらきをするものは認められない。おののおのの筋の活動状態は表でみるとおりであるが、大腿背側の屈筋群すなわち M. biceps femoris, M. semimembranosus などがバーベルのひき上げ中に軽度に活動し、垂直位に達すると同時にやんでいる点に注目される。重量のひき上げには、膝関節を最大伸展位に固定するよりは僅かに屈曲した状態で、多少の動搖を許しうるよう固定した方が有利である。姿勢の崩壊をまぬがれるのにつごうがよいからである。

Dead lift は Mm. erectors trunci または M. erector spinae の活動によって行なわれる運動であるが、表面電極によって個々の筋を分離して観察することはむずかしい。この実験では、腰部の筋として M. sacrospinalis、胸背部の筋として M. longissimus dorsi の活動をとらえただけである。重大なバーベルを把持するために、より強い筋活動が M. rhomboideus, M. extensor および M. flexor carpi radialis ならび

に *ulunaris* に起っていること、上体の傾斜の度合いによってこれらの筋群のはたらきかたに消長があることなどに注目すると、動作が簡単な

だけに、それによってあげうる効果を期待するためには姿勢やシャフトの握りかたにくふうを加えなければならないと思われる。

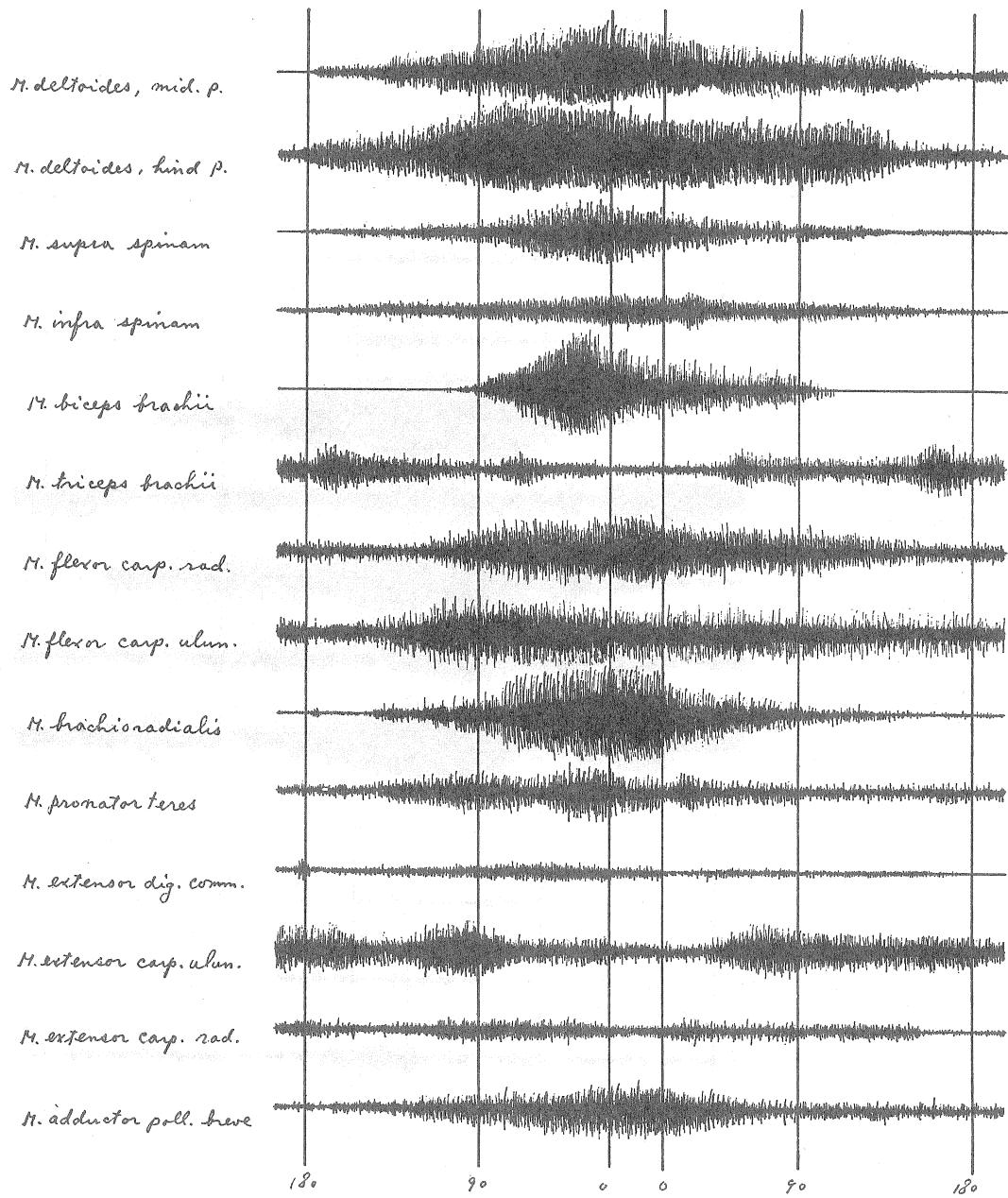
9. Bent Rawing の筋電図 (第8表および第11図)



第11図 Bent Rawing の筋電図 (1)

上体を水平に倒し、足はやや開いて、できるだけ楽な体重の支持を行ない、膝を伸ばし、背

すじを真直にしたままで、シャフトを肩幅よりやや広く把握し、肘関節を曲げ伸ばしてバーベ



第 11 図 Bent Rawing の筋電図 (2)

ルを上下するのである。シャフトの握りかたは Over grip すなわち Pronated grip とする。

シャフトを握った手首はなるべく中間位に固定して、肘をできるだけ深く曲げ、胸につくよう努力しなければならない。動作中は膝をやや曲げてもよいが、動作に合せて屈伸してはならない。

この運動によって肩帯周辺の筋のうち M. latissimus dorsi, M. teres major, M. deltoides の後部筋束, M. trapezius 特にその中部筋束, M. rhomboides, 肘関節の運動に関与する筋のうち M. biceps brachii, M. brachialis, M. brachioradialis などが鍛錬されるといわれている。

第 8 表に分節運動における各筋の活動の強さ

第8表 Bent Rawingにおける筋の働き方

筋名, 肘関節角(度)	180	135	90	45	max.
M. sternocleidomastoideus	-	-	-	-	-
M. trapezius	-	-	-	-	-
upper p.	-	±	+	+	++
middle p.	+	++	+	++	+
lower p.	++	+	±	++	++
M. supra spinam	+	++	++	++	++
M. infra spinam	-	-	+	+	+
M. rhomboides	+	++	++	++	++
M. deltoides	-	-	-	-	-
fore p.	+	-	±	+	+
middle p.	-	±	+	++	++
hind p.	-	+	++	++	++
M. pectoralis	-	-	-	-	-
clavicular p.	-	-	-	-	-
sternal p.	-	-	-	-	-
M. pectoralis minor	-	-	+	++	++
M. serratus lateralis	±	+	+	++	++
M. latissimus dorsi	-	+	++	++	++
M. rectus abdominis	-	-	-	-	-
M. obliquus abdominis	-	-	-	-	-
M. sacrospinalis	+	+	+	+	+
M. triceps brachii	+	±	±	±	±
M. biceps brachii	-	+	++	++	++
M. brachioradialis	±	++	++	++	++
M. flexor carpi radialis	+	+	++	++	++
M. flexor carpi ulnaris	+	+	+	++	++
M. extensor carp. rad.	+	+	++	++	+
M. extensor carp. ulun.	+	++	++	++	++
M. extensor dig. comm.	+	+	+	+	+

をまとめて表示した。

(1) 背部の筋群 背部の長筋群すなわち M. iliocostalis, M. longissimus などはいずれも仙椎の Crista sacralis lateralis, 骨盤の Crista iliaca, 腰椎, 胸椎などを起源としているから, 軸幹の軸心を一定の臥角をもって固定する場合には, 恒常に緊張的な収縮を持続して, 腰を支点にする上体の横杆臂をひき上げておかなければならぬ。そしてこの作用は重量が増大するほど大きくなるはずである。表の動作は 15 kg のバーベルを使用している場合であるが, 胸背部および腰背部から誘導したものでは, いずれも軽度の緊張的な活動が認められる。

(2) M. trapezius この動作において,

上部, 中部および下部の筋束の肩帯に対する作用が肘関節の屈曲状態によって異なるのは, その付着から考えて当然であろう。上部筋束は鎖骨を後上方にひき擧げる役割をするから, 活動が強化するのは肘関節の角度が 90° を超えてからである。表で見るよう, 肘関節を最大屈曲位において重量を維持するときには, この筋のはたらきが相当に強く要求されるのである。

中部の筋束は, その走向からみて, 肩胛骨全体を内方にひき, 同時にこれを外旋して, 肩峰を擧上する役割をもっていると考えられるから, この動作では提挙した重量によって, 肩帯全体が脊柱から離隔することを防止するためにはたらくと思われる。重量をひき擧げるためには, また肩胛骨を外旋し, 肩関節窩を後上方にひき擧げなければならないから, 肘関節の屈曲が強くなるにしたがって活動も増強している。そして最大屈曲位では左右の肩胛骨がほぼ水平となるので, それをひきつけたまま固定するためにはたらく M. rhomboides の肩胛骨に対する内旋的なモーメントに拮抗して, 緊張的な収縮を持続するようになる。

下部の筋束は, 胸椎の棘突起から外上方に向かって肩胛棘の根部にいたり, 肩胛骨を内下方にひいて肩峰を擧上する作用を有する。動作の当初は, 重量の負荷による肩胛骨の開離と内旋を防止する主な作用筋になるから, かなり強くはたらいているが, 肘関節の屈曲を開始し, 上部および中部の筋群の活動が強化するにつれてしだいに弱くなる。しかし肘関節が直角以上に屈曲すると, 再び肩胛骨を外方に旋回して, 肩峰を擧上するために活動を強化し, 最大屈曲位では, 肩胛骨の内旋に対する重量のモーメントが極端に増加するので, これに対抗して強い収縮活動が現われるようになる。

(3) M. supra spinam やや前方に傾いた外転を上腕に行なわせるはたらきをもつてるので, この動作ではかなり重要な役目をする筋肉である。

動作の初期すなわちバーベルを床から引き擧げたときのはたらきかたはむしろ被動的である

が、ひき上げの動作が始まると同時に強い収縮活動が起り、肘関節の屈曲が大きくなり、肩がしだいに上がってくると、収縮はますます強くなるのである。この後の肘の位置が体側を漸次離れるように移動するのは、この筋の上腕に対する外転作用によるものであるが、これを抑えて、上腕が体側に並行して移動するように努力しながら重量を挙上すると、この筋の放電活動はやや弱くなり、その拮抗筋としての *M. infra spinam* の活動がいちじるしく強くなってくる。

(4) *M. infra spinam* 前者の下方に位置する筋で、上腕骨を外旋させる作用を有する。

表で見るとおり、この筋は肘関節の屈曲が軽度である間はまったくはたらかず、90°以上に屈曲して初めて軽度の活動が現われてくる。バーベルをひき上げる場合、肘が体側を離れないように努めれば、この筋の活動は極めて強くなり、上腕骨が外方に旋回してくる。図にあげた連続運動は後者の例で、肘が大きく開いた分節運動の場合と筋のはたらきはかなり大きな相違が認められる。

(5) *M. rhomboides* 頸椎および胸椎から起り、肩胛骨の椎骨縁に付着するから、この筋が収縮すれば、肩胛骨は後上方にひかれ、脊柱に近づくことになる。この筋には大小2つの筋束を区別することができ、下部の筋束が上部の筋束に比較して遙かに大であるために、筋全体が収縮する場合、牽引力の差によって肩胛骨にかなり強い内方旋回が随伴し、同時に関節角が下方に下がるのである。Bent rawing は上腕を後内方に移動させる運動であるから、両側の肩帯をまず近づけなければならない。この筋が強く活動するのは当然であって、表で見るとおり、バーベルのひき上げとともに活動を開始し、しだいに活動を強め、最大屈曲位では激しい放電活動が起っている。この筋の収縮の結果生ずる過度の肩峰部の下降は、これに拮抗する *M. trapezius* の下部筋束の活動、あるいは *M. supra spinam*, *M. deltoides* の後部筋束のはたらきによって防止されるのである。

(6) *M. pectoralis major* この運動にはまったく関与しない。

(7) *M. pectoralis minor* 解剖学的な位置からみて、この筋は *M. trapezius* の上部筋束とほぼ一直線上にあり、1本の筋係蹄 *Muskelschlingen* をなしている。

この筋の各分節における活動を *M. trapezius* の上部筋束のそれと対照してみればわかるとおり、ほぼ並行的に強さを増しているのである。前者が肩胛骨を前下方にひき、かつ内旋するのに対して、後者は鎖骨を後上方にひき上げてこれに対抗し、両者の反対方向への作用によって過度の移動を防ぎ、肩帯の固定を行なっているわけである。

(8) *M. serratus lateralis* 肩胛骨の椎骨縁全体と第1ないし第10肋骨を結ぶ広い筋であるが、その上部および中部の筋束と *M. trapezius* の中部筋束とが1つの筋係蹄を作り、ほぼ水平に走り、また下部の筋束と *M. rhomboides* とが1つの筋係蹄を作り、後上方から前下方に向かって走っているのである。

表に掲げた観測部位は第6肋骨の筋束であるが、*M. rhomboides* の活動とほぼ並行して、重量の挙上とともにしだいに活動が強化している。この筋束が *M. rhomboides* の収縮によって起る肩胛骨の激しい内方旋回を防止して、肩帯の固定を行なっていることがわかる。

(9) *M. latissimus dorsi* Bent rawing は上腕を後方にあげる動作である。上腕を後方にあげる筋群は *M. deltoides* の後部筋束、*M. teres major*, *M. latissimus dorsi* などであるが、このうち *M. latissimus dorsi* は上腕骨の下掣筋として、上腕を後内方に強くひき、軀幹の軸心と上腕骨軸との平行（体側に平行）する位置からさらに後方に転位せしめる際に、主働的な筋としてはたらくのである。表を見れば、この活動の有様がよくわかるのであるが、このとき同時に肩関節窩からの上腕骨頭の離脱が起るので、これを防止するために *M. coracobrachialis* や *M. triceps brachii* の長頭が同時に活動してくることはすでに述べたところである。

(10) *M. obliquus abdominis* や *M. rectus abdominis* この動作は上体を深く曲げたままで行なうのであるから、これらの筋は運動

に参加しない。

(11) M. deltoides 3部の筋束のうち前面にある鎖骨部は前内方に上腕を挙上する役割をもっているから、この動作における活動はむしろ受動的で、動作を開始してからは、活動をやめるか、または上腕骨頭の圧定のために軽度の活動を起すだけであるが、中部および後部の活動は、前述した M. latissimus dorsi とともに積極的である。すなわち肩峰に付着する中部筋束は上腕の額面にあって、肩胛骨の外転と内旋とを同時に行ない、また後部の筋束は、上腕を後方にひき上げる。しかしこのはたらきは 45° 以上に達することはできない。それ以上に上腕が挙っている場合は、この筋のはたらきはむしろ下掣筋としてのはたらきを表してくる。しかし肩胛骨の旋回は M. serratus または M. trapezius の収縮によってすでに抑圧されているから、生体における実際の動作では肩胛骨の旋回はほとんど見られないである。

表で見るとおり、この筋の中部および後部の筋束は、重量の挙上とともにしだいに強さを増し、肘関節の屈曲角が 90° を超えると、その活動は極めて強くなって、上腕は挙上とともに矢状面から斜外上方に転位し、この筋の中、後部の筋の作用線の合力の方向に移動してくるのである。

図において M. deltoides と M. trapezius を対立させて観察してみると、上述した活動の模様の概要を知ることができる。

(12) M. triceps brachii 長頭が上腕骨頭の脱臼を防止するためにはたらくだけである。

(13) M. biceps brachii 次の M. brachioradialis とともに肘関節の固有の屈筋である。表に見るように、分節動作においてはバーベルを垂下した位置でははたらかず、肘関節の屈曲の度合いが増大するにしたがってしだいに活動を強め、最大屈曲の位置で最も強い活動が現われるが、連続動作においてこの筋に活動が現われ始めるのは、肘関節が 90° を超えてからであ

って、それ以前の屈曲はむしろ前腕の屈筋群の活動に主として依存していると思われる。

(14) M. brachioradialis 上腕骨の外側縁に発して、橈骨の茎状突起につき、肘関節を中間位に固定する場合に最も強く活動する筋である。この動作における活動の開始時期は前者よりもやや早く、肘関節の屈曲角が 90° ないし 45° で最も強い活動が現われる。最大屈曲時には前者とともに肘関節の固有の屈筋として強度の収縮を持続している。

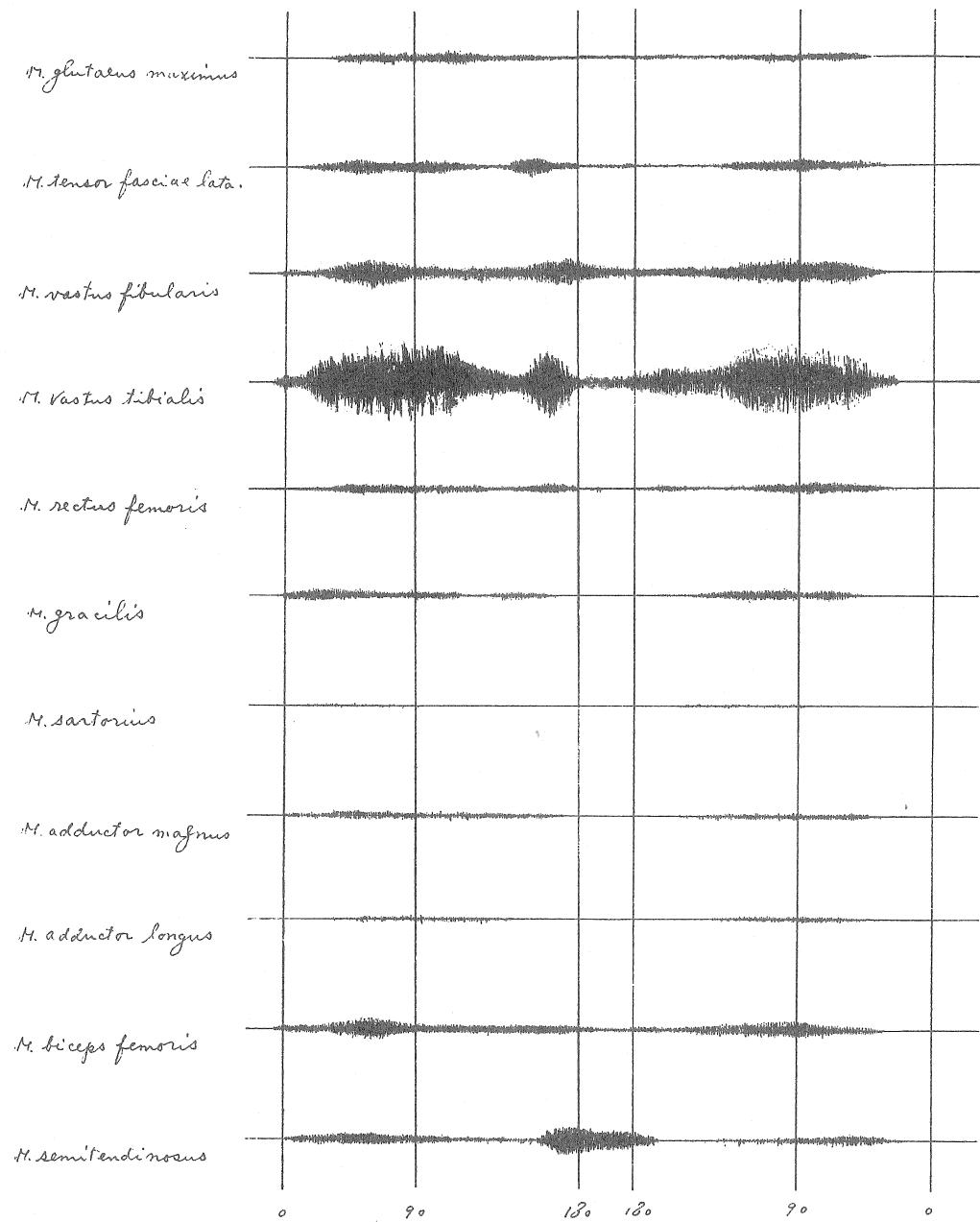
(15) M. flexor carpi radialis および M. flexor carpi ulnaris 付着からみてこの 2 筋は手関節の屈筋であると同時に、肘関節の屈筋でもある。シャフトを把握して、上肢を垂下した位置でも軽度の活動が認められるが、屈曲角が 90° を超え、重量の上腕部に対する回転のモーメントが最大に達する位置から放電活動がいちじるしく増強して、手関節の屈曲の他に肘関節の屈筋としてのはたらきが増大していく有様が想像できる。

(16) M. extensor carpi ulnaris および M. extensor carpi radialis 前者は手関節の尺側屈を行ない、後者は手関節の橈側屈を行なう。この運動における活動は、バーベルを把握するために手関節の下方牽引による手関節小骨群の離開を防ぎ、この関節を固定するために屈筋群と拮抗する。むしろ被動的なものであるが、その活動は緊張的で、しかもかなり強いのである。重量を増大するほど活動が増強することは当然である。

(17) M. extensor digitorum communis この筋の活動は被動的なものであるが、恒常的で、緊張的な収縮が要求されている。

以上を要するに、この動作において主として活動する筋は、M. trapezius 特にその中部および下部、M. supra spinam、M. deltoides の中部および後部、M. latissimus dorsi、M. biceps brachii、M. brachioradialis、M. rhomboides などである。

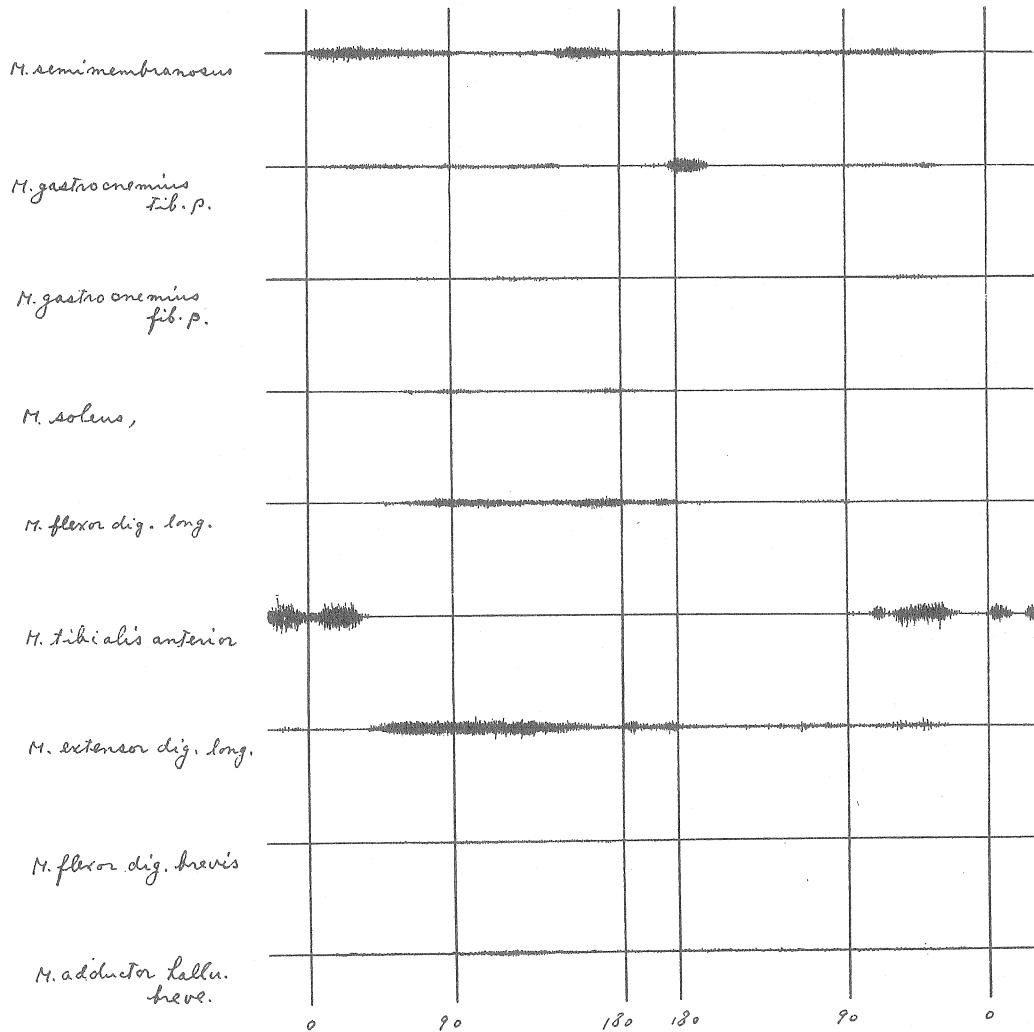
10. Full Squat の筋電図 (第9表および第12図)



第12図 Full Squat の筋電図 (1)

バーベルを肩に荷い、足をやや開いて直立する。背すじを伸ばしたまま膝を深く屈げ、ついで膝と腰を十分に伸ばして直立の姿勢にもどる。上体の軸心が前傾したり、背がまるくなら

ないように注意しなくてはならない。下肢の筋を鍛練するための運動であって、これによって M. glutaeus maximus, M. gracilis, M. sartorius, M. biceps femoris, M. quadriceps femoris, M.



第 12 図 Fulls Squat の筋電図 (2)

gastrocnemius, M. soleus などが鍛練される他、上体に重量を支持するので M. trapezius, M. rhomboides の鍛練にも効果があるとされている。

第 9 表は膝を完全に屈曲した状態から 45° ごとに膝関節を伸展した分節運動における四肢の主な筋の活動を一括したものである。最初の 2 欄に、弛緩した直立姿勢および体重をやや前にかけ、下肢を十分に伸展したいわゆる緊張した直立姿勢の場合の各筋のはたらきかたをあげておいた。なおこのときのバーベルの重量は 25 kg であった。

(1) M. glutaeus maximus いわゆる臀

部をつくる四辺形の大きな筋である。腸骨の Area glutaei maximi, 仙, 尾骨背面, Lig. sacrotuberosum, Fascia lumbodorsalis などから広く起り、内上方から外下方に並行して走る多くの筋束からなる。上部筋束は広い腱となって大腿筋膜 Fascia lata の Tractus iliotibialis につき、下部の筋束は大腿骨後面の粗線に続く Tuberositas glutaea femoris に付着する。骨盤を固定点にして、大腿を後方にひく伸筋であるが、同時に大腿を外方に旋回させるはたらきを有する。膝を完全に屈曲した場合、受動的に弱い収縮活動が見られるが、膝を伸ばし、股関節がしだいに開張されるにつれて活動を強め、膝関節

第9表 Full Squatにおける筋の働き方

筋名、膝関節角(度)	B.S.	M.S.	0	45	90	135	180
M. glutaeus maximus	—	+	±	+	+	+	—
M. tensor fasc. lata.	—	+	—	++	+	+	—
M. rectus femoris	—	±	—	++	+	±	—
M. vastus fibularis	+	+	—	++	++	+	—
M. vastus tibialis	+	+	+	++	++	+	—
M. adductor longus	—	—	—	±	±	—	—
M. sartorius	±	±	—	+	+	±	—
M. gracilis	—	—	—	±	±	—	—
M. semitendinosus	—	—	—	—	—	—	—
M. semimembranosus	—	—	—	+	+	±	—
M. biceps femoris	—	+	±	+	±	±	+
M. gastrocnemius							
tibial h.	—	+	—	±	—	—	±
fibular h.	—	—	—	±	±	—	—
M. soleus	±	±	±	±	±	±	±
M. tibialis anterior	—	—	±	—	—	—	—
M. flexor dig. long.	±	+	±	+	+	+	+
M. flexor dig. brev.	—	±	±	±	±	—	—
M. extensor dig. long.	—	±	+	±	±	±	±
M. adductor hal. brev.	—	+	—	±	±	—	—

(註) B.S.: 弛緩した直立姿勢

M.S.: 緊張した直立姿勢

角が 90° の位置ではかなり強い放電活動が現われる。さらに膝が伸展されれば、逆に活動が弱まり、肢の伸展の終了した状態ではまったくはたらかなくなる。緊張的な直立姿勢をとる場合のように体重をやや前方にかけられれば、弱い活動が現われてくる。起立時はおそらく M. iliopsoas と拮抗して股関節を固定しているものと思われるが、緊張的な収縮は表層の筋束群には認められない。

(2) M. tensor fasciae latae 筋線維の走向からみて、股関節の屈筋と考えられるが、また大腿の内旋および外転筋としてのはたらきをもっている。やはり緊張姿勢の場合に軽度の活動が認められる。この運動の場合は、膝関節が半ば屈曲している状態で、弱い放電が記録されている。膝関節および股関節が中間位で固定されるために伸筋群に拮抗してはたらくものと思われるが、その活動は受動的であるから、強度の収縮活動にはならない。

(3) M. quadriceps femoris 既述のとお

り M. vastus fibularis, M. vastus tibialis, M. vastus intermedius および M. rectus femoris の 4 頭を区別しうるが、M. vastus intermedius は表面電極でその活動の有様を知ることができない。

表でみるようすに、M. quadriceps femoris 全体としては膝関節の伸筋であるが、中腰姿勢から直立姿勢に移行する状態をみると、膝関節の屈曲位では外側の筋束のみに弱い活動が現われている。膝の伸展とともに全体に強い放電活動が現われてくるが、膝関節角度が 90° を超えれば、中央の筋束は早くも活動を弱め、内外側の筋束が以後の伸展に主としてはたらいてくる。膝関節を完全に伸展し終った状態では、上体からの負重は概ね支柱としての下肢の骨格で支えられるようになるから、平衡を調節するために大腿の M. biceps femoris および下腿の M. soleus などに活動が消長し、大腿伸筋群の活動はまったくやんてしまうのである。

ところで M. quadriceps femoris のはたらき

が膝関節の完全な屈曲状態から伸展を開始する初期の動作に特に強く現われ、半ば伸展されて以後は、急速に活動が弱まってくるという点に格別の注意が必要であって、この筋の鍛練には膝関節を中心位から伸展しても大きな効果をあげることができないのである。

(4) M. semitendinosus, M. semimembranosus および M. biceps femoris いずれも Tuber ischiadicum に起る大腿の背側にある筋で、股関節の伸筋であると同時に膝関節の屈筋でもある。M. semitendinosus と M. semimembranosus とは大腿の内側にあって、前者は脛骨粗面に付着し、後者は脛骨顆 Condylus tibialis および Fascia cruris, Lig. popliteum obliquum に付着する。M. biceps femoris は大腿の後面を斜外下方に走って、腓骨小頭に付着する長頭と大腿骨の Labium fibularis lineae asperae から発してこれと合する短頭からなる。このような経過をとるために、これらの 3 筋は下腿および上腿骨の旋回も行なうことができることになる。これらの筋は膝を深く屈する場合に最も強くはたらくのであるが、Squat の場合は骨盤の固定と膝関節、下肢下部の平衡調節のために変動しやすい軽度の収縮を行なうのにとどまっている。

(5) M. gracilis, M. sartorius および M. adductor magnus いずれも大腿の内側にある筋で、この運動では膝関節を十分屈曲した最初の位置で、外側に開いた膝を伸展につれて内方にひきつけるためにかるい活動を表わすだけである。

(6) M. gastrocnemius 足関節の伸筋として最も強力なものである。股骨の脛側および腓側上顆に 2 頭をもって起り、太い腱をもって跟骨に頑丈に付着する。その経過からみると同時に膝関節の屈筋であるが、屈筋としての作用はむしろ弱く、膝関節の伸展によって受働的に筋体がひき伸ばされる結果、足関節を躊躇する

膝の伸筋の収縮力を足関節に波及させる役割の方が重要である。

この運動におけるこの筋のはたらきかたは極めて弱く、上述の作用の所在を裏書きしていると思われる。

(7) M. soleus M. gastrocnemius に癒合してアヒレス腱に終る足部の躊躇筋であって、この運動では膝の伸展によって起る被動的な足関節の躊躇、または Full squat による被動的な伸展による反射的な活動が現われていると思われる。

(8) M. flexor digitorum longus および breve 平衡調節的な意味で、足蹠を床上に安定せしめるために動搖の多い活動が見られる。

(9) M. extensor digitorum longus 前者と同様の意味で、軽度の活動が現われる。

(10) M. adductor hallucis breve これまた同様の意味を有し、膝関節が半ば屈曲され、両足の間隔が狭い場合には断続的ながらかなり強い収縮が要求される。

以上を要するに Full squat において、下肢の筋群中特に強い活動を要求されるのは M. quadriceps femoris の各頭であって、なかんづく股および膝関節の完全な屈曲状態から伸展を開始する初期において、強烈な活動が現われるのであるが、他の筋群のはたらきかたはむしろ従属的である。この運動において外観上期待している多くの筋は、実際にはそれほど強くは活動しないと考えなければならない。伸筋は元来運動の初期もしくは末期において強くはたらくのがその本来の性質であるから、この目的を達するためには全体を同一の緩い速度で行なうのでなくて、運動の開始および終末に速度を速め、十分に各関節が伸展するように動作しなければならない。この点は屈筋といちじるしく相違するところである。

要

方法論的な面で、また原理的な面で、応用や解釈の仕方に種々の問題は残っているが、利用できる面をできるだけ利用するという立場から、筋電図を実際の運動競技の動作解析に応用することを試みた。被検者を忌避せしめないとすることが実用上最も重要な条件になるから、検索できる範囲には大きな制約をうけるが、いくつかの補助的な試験を併用すれば、実態の概要を承知できるという考え方から、表面電極法のみによって、筋の活動の有無、および活動の強弱を調べ、解剖学、関節運動学的な論拠によってそれぞれの筋のはたらきかたに解釈を加えることにした。ここでは定位置運動として代表的な Weight-lifting の基本動作を取り扱った。

観測は 2 人の被検者について行なった。一方には全体の動作を、速度を遅くして連続して行なわしめ、全体の経過について筋電図を記録し、他方には一つの動作を数節に区切り、各節で十数秒間その姿勢を持続せしめて記録を行ない、それらの成績を併せ、関節の運動様式を根拠として筋の活動に関する説明を加えた。成績を要約すれば次のとおりである。

1. 検索した筋は表面電極によってとらえられる表在の筋であるが、おののの筋の確認は予め定めた Function test によった。

2. 筋の収縮の強さと筋電図の密度および振幅はほぼ並行し、その程度を数段階に区分しうることを実証した。活動の強さの判定はこの実験による成績を規準にした。

3. 筋の活動の強さおよびその変化を説明する場合には、その論拠を静力学的な力の平衡法則と関節の運動様式にとった。

4. Two arm curl 上肢および肩部の筋を使用する運動であるが、これによって主として駆動される筋は、M. pectoralis major の鎖骨部、M. trapezius の下部筋束、M. biceps brachii、M. brachioradialis、M. flexor carpi radialis および ulnaris、M. pronator teres などである。

5. Bench press 前胸部の筋の鍛練を目的

約

にして行なう運動である。

M. pectoralis major の、特にその鎖骨部、M. serratus lateralis などの他に M. deltoides の前部筋束に強い活動が要求される。

6. Calf raise 踵をあげる単純な動作であるが、M. quadriceps femoris、M. triceps surae および M. extensor digitorum 群に強い活動が要求され、下肢の伸筋群を広範囲に使用するので、利用価値の高い運動である。

7. Straight arm pull over 上体および上肢前面の筋群を広範囲に使用して行なう運動である。すなわち M. trapezius の中部、M. deltoides の前部および中部筋束、M. pectoralis、M. latissimus dorsi、M. serratus lateralis、M. triceps brachii、M. flexor carpi radialis および ulnaris などが動員される。

8. Press M. deltoides、M. trapezius、M. supra spinam、M. serratus anterior など肩帯に付着する筋に極めて強い活動が要求される。上肢を伸展するという動作の意味から想像するような上腕、前腕などの伸筋の活動は、重量の負荷によって抑止されるから実際には認められない。

9. Sit up 頭部および腰部の前屈運動であつて、M. sternocleidomastoideus、M. rectus および obliquus abdominis、肩の前出のための M. pectoralis major の活動がいちじるしい。M. iliopsoas は解剖学的にみて当然大きな活動を要求されているのであろうが、検索できなかつた。

10. Dead lift いわゆる M. erector spinae の鍛練を目的にしているが、表面電極によって調べることのできる筋は M. sacrospinalis および M. longissimus の胸骨部である。強度の筋活動はバーベルを垂下するために M. rhomboides、M. extensor および M. flexor carpi radialis および ulnaris などに起つている。

11. Bent rawing 主として活動する筋は M. trapezius 特にその中部および下部の筋束、

M. supra spinam, M. deltoides の中部および後部, M. latissimus dorsi, 上肢の M. biceps brachii, M. brachioradialis, M. rhomboides などである。

12. Full squat 動作の大きな割合には活動を要求される筋が少なく、M. quadriceps femoris に強い活動が見られるだけである。むしろ姿勢の保持または平衡調節的な訓練効果の方が大きいと思われる。

13. Weight lifting に必要な基本動作と考えられている 9 種目の運動において活動を要求さ

れる筋のうち、表面電極によつてとらえうる主な筋について活動の模様を調べたが、上述の成績からわかるように、筋のはたらきかたという面からみると、かなり多くの重複が認められる。全身的な筋の鍛練を行なうことを目的とするならば、なおさらに多くの運動を加味しなければならないし、動作の組み合わせかたにもくふうを加えなければならないと思われる。全身的な鍛練という問題については、別に行なつている Function test に関する実験との関連も考慮したうえで、あらためて報告するつもりである。

