

代表的な筋力トレーニング種目における主働筋の筋電図学的分析

Electromyographic Analysis of the Agonist Muscles During Commonly Prescribed Resistance Training Exercises

半田 徹 (Tohru Handa) 指導：加藤 清忠

今日、筋力トレーニングは、競技パフォーマンスの向上、体力づくり、健康の維持・増進、ダイエット、ボディメイク、リハビリテーションといった幅広い目的で盛んに実施されている。共通するのはパフォーマンス効果とエステティック効果であるが、いかなる目的であれ、筋力トレーニングを効率的に進めるためには、強化しようとする筋に対して十分な刺激が与えられる種目を選択し実施するのが基本でなくてはならない。筋力トレーニングをテーマとした指導書やそれを扱った雑誌なども多数見られ、情報量としては豊富である。しかし、最近の代表的な指導書の中にも、基本となるべくトレーニング種目の効果筋に関しては比較的簡単な記載にとどまり、詳細な情報は欠如している場合が多い。トレーニング経験や機能解剖学的な情報からも、トレーニング種目に関連する筋を列挙することは可能であるが、トレーニングの最も重要なテーマの一つである、種目の特異性 (Specificity) を明確に示すことはできない。そのため、類似した動作でもバリエーションを有する種目間や関節の可動域内における筋活動の変化に関する情報が重要である。ところが、最近の筋力トレーニング中の筋活動に関する報告では、研究者によって同一種目間での筋活動に差が見られるとか、大筋群の筋活動に関しても必ずしも統一した結論が得られているとは言えない。Wright et al. (1999) が指摘しているように、各種の筋をトレーニングするための種目選択は運動中の筋活動状況に基づいて行われるべきである。現在一般的に広く実施されている筋力トレーニング種目は多数存在するが、主要な運動に関わる比較的大きな筋の強化を図るための基本的な種目という視点で捉えると、その範囲は自ずから絞込まれる。そこで本研究は、特に重要な種目の中から上半身を中心としたプレス系種目やプル系種目、体幹のスタビライゼーションを強化する腹筋系種目、下半身や背部の強化種目であるスクワット種目やデッドリフト種目およびカーフレイズ種目を対象とし、筋電図学的分析法によってその種目に関連する主働筋を中心に種目間や種目内での筋活動を比較検討し、効果的な筋力トレーニング実践の一助にすることを目的とした。

本研究では、筋力トレーニングに熟練した成人男女8～11名を被験者とし、マルチテレメータシステム (WEB-5000, 日本光電社製) によって皮膚表面電極を用いた筋電図の導出とゴニオメータを用いた関節角度の測定を行い、各種目

における可動域内での筋活動変化を比較分析した。筋電図信号は、ゴニオメータとの同期により、各種目において Concentric局面 (2秒間) と Eccentric局面 (2秒間) の各局面におけるRMS値を算出し、さらに Concentric局面の3分割と Eccentric局面の3分割の合計6分割においてのRMS値として処理された。そして Whitingら (1999)、Wrightら (1999) の方法に従い、各種目における Concentric局面と Eccentric局面の各局面におけるRMS値は、それが最大となる種目の値を基準値とする相対値で表した。その値に基づき、筋活動水準における種目間の比較を行った。しかし、全可動域の6分割における経時的比較には、その絶対値を用いた。各種目から得られた同一の筋における電位のRMS値の平均値と同一種目における経時的変化の検定には、二元配置の分散分析を用いた。そして、有意差が認められた場合には、Tukeyの多重比較によって検定した。全可動域の6分割における経時的比較には、各筋についてそれぞれ最初の局面の1/3の値に対して有意差検定を行った。なお、有意水準は危険率5%未満とした。

このように、第1章では筋力トレーニング種目を従来の代表的な指導書による報告や文献による筋電図学的分析法を用いた先行研究についてまとめ、また筋電図の分析法・処理法に関して述べた。

第2章ではプレス系5種目における三角筋・上腕三頭筋の活動の違いについて検討した。第3章ではベンチプレス系3種目における大胸筋、前鋸筋および三角筋の活動の違いについて検討した。プレス系種目においては、三角筋は前部と中部ともに、フロントプレス (シーティド) やバックプレス (シーティド) のような垂直姿勢を保った種目とインクラインベンチプレスで大きな筋活動を示した。三角筋後部と上腕三頭筋には種目間の差異は認められなかった。大胸筋は鎖骨部と胸肋部ともに、デクラインベンチプレスとフラットベンチプレスで大きな筋活動を示した。前鋸筋はフラットベンチプレスとインクラインベンチプレスで大きな筋活動を示した。実践的には、三角筋 (前部、中部) や上腕三頭筋、大胸筋、前鋸筋のトレーニングには、まず比較的姿勢の安定が保てるフラットベンチプレスとインクラインベンチプレスの2種目が有効であると言える。本研究と Barnett et al. (1995) の報告には差異が見られるが、大胸筋の鎖骨部と胸肋部のいずれにおいてもフラットベンチプレスが最も効果的にそれらの筋活動を高めるといふ点

は共通した見解である。そしてさらに経験が豊富になれば、特に三角筋を効果的に刺激するためにはフロントプレスやバックプレスを取り入れるのが得策であると思われる。

第4章ではプル系5種目において上腕二頭筋、広背筋および僧帽筋の活動の違いについて検討した。プル系種目においては、上腕二頭筋はアップライト・ローイングとラット・プルダウン（フロント）で大きな筋活動を示し、広背筋はシーティッド・ローイング、ラット・プルダウンのフロントおよびバックで大きな筋活動を示した。僧帽筋は上部、中部、下部ともに、ベントオーバー・ローイングで大きな筋活動を示した。実践的には、ベントオーバー・ローイングとラット・プルダウンの2種目が僧帽筋や広背筋、上腕二頭筋すべてに最も有効なトレーニング種目であることが示唆された。しかし、ベントオーバー・ローイングは上体の前傾姿勢の保持が腰に対する負担を増すことから、実際のトレーニングにあたってはワンアーム・ローイングのようなそれを軽減して行う方法を取るとか、特に初心者では姿勢に十分に注意して行う必要があると思われる。またアップライト・ローイング種目は、上腕二頭筋と僧帽筋上部には刺激効果をもたらすが、広背筋を刺激するには効果的でないことが明らかとなった。Signorile et al. (2002)は広背筋のトレーニングにはラット・プルダウン（バック）よりラット・プルダウン（フロント）の方がより効果的であると報告している。しかし、本研究結果では両種目間に差はなく、ラット・プルダウン（フロント、バック）とシーティッド・ローイングの3種目が同様に広背筋のトレーニング種目としてより有効であることが示唆された。

第5章では腹部トレーニング7種目における腹直筋上部、腹直筋下部、外腹斜筋および大腿直筋の活動の違いについて検討した。腹部トレーニング種目においては、腹直筋は上部と下部ともにローマンベンチ・シットアップとサポート・レッグレイズで大きな筋活動を示し、上部と下部との活動の違いは見られなかった。外腹斜筋はサポート・レッグレイズ、ローマンベンチ・シットアップ次いでツイスティング・シットアップのRMS値が高かった。大腿直筋はローマンベンチ・シットアップとサポート・レッグレイズで大きな筋活動を示した。実践的には、トランクカールでは腹直筋において、ツイスティング・シットアップでは外腹斜筋において比較的大きな筋活動が見られたことから、これらの両筋は両種目における効果筋として位置づけられるばかりでなく、またこれらの両種目は大腿直筋の活動レベルが低く腰椎への負担も低いことから、腹筋強化のベーシックプログラムとして特に初心者には奨励されるトレーニング種目であると言える。腹直筋と外腹斜筋の筋活動がもっとも大きかったローマンベンチ・シットアップとサポート・レッグレイズは、上級者向けの種目であり、腰椎への負担が大きいことから (Andersson et al., 1997; Axler, 1997; Juker et al., 1998)、過度なトレーニングを避けるなど実施に当たっては十分な注意が必要であろう。

第6章では筋力トレーニングのスクワットとデッドリフト種目における固有背筋、大殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋および内側広筋の活動の違いについて検討した。スクワット系種目においては、大腿直筋と内側広筋はパラレル・スクワットで大きな筋活動、大腿二頭筋はスティフレッグド・デッドリフトで大きな筋活動をそれぞれ示した。固有背筋と大殿筋には種目間の差異は認められなかった。実践的には、固有背筋と大殿筋は本研究で実施した4種目すべてにおいて同等な筋刺激が可能であると考えられるが大腿直筋や内側広筋はパラレル・スクワットにおいて、大腿二頭筋はスティフレッグド・デッドリフトにおいてそれぞれ効果的な筋刺激が得られると考えられる。したがって、従来一般的に行われているように、本研究で対象とした諸筋のトレーニングでは、まず比較的小さな腰に負担の少ないパラレル・スクワットを主体とし、経験を積むにしたがってスティフレッグド・デッドリフトやコンベンショナル・デッドリフトを取り入れるという方法がより適切であろうと思われる。

第7章ではカーフレイズ系筋力トレーニング種目における腓腹筋、ヒラメ筋の活動の違いについて検討した。カーフレイズ系種目においては、腓腹筋内側頭は、つま先の向きに関係なく膝関節伸展位で行うスタンディング・カーフレイズ、ドンキー・カーフレイズおよびカーフプレスにおいて、膝関節屈曲位で行うシーティッド・カーフレイズよりも有意に大きな筋活動を示した。腓腹筋外側頭とヒラメ筋ではすべての種目においてつま先の向きによる差は見られなかった。実践的には、カーフレイズ試行時の膝関節角度の取り方は、腓腹筋とヒラメ筋の筋活動に大きな影響を及ぼすことが考えられ (Norris, 1993; Bean, 1997)、そのため下腿三頭筋をトレーニングする際には、本研究の結果からも、腓腹筋を中心として刺激する膝関節伸展位とヒラメ筋を中心として刺激する膝関節屈曲位の2つをバランスよく実施することが効果的であろう。つま先の向きに関しては、Bean (1997)の報告や実践で言われていることとは異なり、平行、内向き、外向きのいずれで試行しても腓腹筋の両頭に対する刺激効果には大差がなく、実践的にはむしろ平行に近い快適な方向での実施が良いと考えられる。

第8章では第1～7章までの研究を総合して筋電図学的に筋力トレーニング種目に関する総括を行なった。第9章では、本研究の結論をまとめた。

本研究における各種目の主働筋における種目間や種目内での筋放電の比較には、種目間でのRMS値の最大値を基準値とした相対値を用いた。各トレーニング種目の関節運動での両局面におけるRMS値の比較では、その比率はプレス系種目では0.5～1.0の範囲であったが、その他のプル系種目や腹部トレーニング種目、スクワット系種目、カーフレイズ系種目においては0.4～0.9の範囲が多かった。したがって、本研究において実施したトレーニング種目はConcentric局面の効果を中心とする運動であることが示唆された。