

# 筋力トレーニングの適応とその効果

むかいもと たかひろ  
東京理科大学 理工学部 教養 講師 向本 敬洋

## はじめに

バーベルやダンベル、マシンなどの外的な負荷に抵抗して筋肉を鍛える、筋力を上げる、大きくカッコイイ筋肉体型をつくるためのボディメイキングなどの目的で行われる活動は筋力トレーニングやレジスタンス運動と言われますが、近年では“筋トレ”と略して呼ばれることが多く見受けられます。最近では筋トレブームと言わんばかりに流行し、筋トレ実施者が増えています。

本稿では、この筋トレによる身体の適応と目的に応じた筋トレの条件を研究報告に基づいて概説していきます。

## 骨格筋と筋収縮

筋トレでは主に等尺性筋収縮と等張性筋収縮を用いて行われます。等尺性筋収縮は関節運動を伴わない静止の状態では筋肉が活動している状態であり、例えば、肘を曲げた状態で荷物を持ち続けている姿勢の際に上腕前部の筋肉が活動している状態です。一方、等張性筋収縮は筋肉が短縮しながら活動する短縮性筋収縮と筋肉が伸ばされながらも活動する伸張性筋収縮に分けられます。例えば、荷物やダンベルを手で持ち上げる際に上腕前部の筋肉が短縮しながら活動している状態が短縮性筋収縮であり、そこから荷物やダンベルを下ろす際に上腕前部の筋肉が引き伸ばされながら力を発揮している状態が伸張性筋収縮と言われています。

筋トレでは、主に等張性筋収縮を使いなが

ら特定の筋肉に刺激を入れることが主流であり、筋力向上や筋量増加（筋肥大）につながります。これまでの研究報告から、筋トレでは伸張性筋収縮の方が筋肉への負担が大きいことから、伸張性筋収縮時のスピードを目的や競技動作や代謝特性に応じて変化させる必要があります。

## 筋トレにおける身体の適応

筋トレでは運動強度や動作様式に応じて、筋肉は様々に適応していきます。筋トレを開始して初期（4～8週間）の間は筋力が顕著に増加しますが、これは筋横断面積の増大（筋肥大）によるものではありません。中枢神経系の興奮により活動電位の発火頻度が増え、動員する運動単位の数が増えることによる神経系の適応が起こると同時に、自己防衛のための過度な筋力発揮を感知している器官の筋力発揮抑制が低くなり、初期の筋力向上がみられます。この神経系の適応が継続されると、筋肥大が起こるようになります（図1）。筋肥大では主に速筋線維の筋横断面積の増大がみられます。また、筋トレの内容によって筋線維の損傷と再生に伴い、筋線維数の増加も起こることが示されていますが、その程度は小さいとされています。

筋肉も常にタンパク質の合成と分解が繰り返され、筋トレによる筋肥大は筋タンパクの合成を促進させ、日頃の食事・栄養摂取はもちろん長期的な筋タンパク質代謝におけるプラスの合成量を維持されることによって成さ

れます。筋トレによる筋肥大には、筋に対して機械的な刺激が必要とされています。筋トレによる機械的な刺激を受けると筋線維自体から IGF-1 というインスリンに類似する筋肉の成長を促すポリペプチドが分泌されます。また、最近の研究では筋トレによって、男性では主に睾丸から分泌されるテストステロンも IGF-1 と同様に筋線維自体から漏れ出し、筋肥大を促進させることが報告されています。これらの物質が分泌されると、筋に対する化学的な刺激も促され、筋のタンパク合成が亢進し、筋肥大を促します。この筋内のタンパク合成に大きく関与している反応として、mTORC1 シグナルの亢進が明らかにされています。この mTORC1 シグナルの亢進はタンパク質合成の場であるリボソーム量の増加および活性化を促すことにより筋タンパク質合成容量を増やし、筋肥大が促されることが分かっています。

ところで、筋トレによる機械的刺激を入れるということ、高負荷の重量を用いて筋肉を痛めつけるようなイメージが出てきますが、最近の研究では低負荷（最大筋力の約 30% の負荷）でも筋肉が疲労困憊するまで反復することで、筋内の機械的刺激が蓄積され、筋肥大につながることも報告されていますので、実施者の筋力や意欲、健康状態に合わせて負荷を調節することも可能と想定されます。

## 目的に応じた筋トレの条件

### (強度・回数・休息・量)

筋トレの効果は運動強度や反復回数、セット間の休息時間によって異なります。

全米ストレングス&コンディショニング協会では、最大筋力向上のためには、最大挙上重量 (1RM) の 85% 以上の負荷で 6 回以下の反復を 2~5 分の休息を挟んで 2~6 セット、筋肥大では 1RM の 67~85% の負荷で 6~12 回の反復を 30 秒~90 秒の休息を挟んで 3~6 セット、筋持久力の向上では 67% 以下

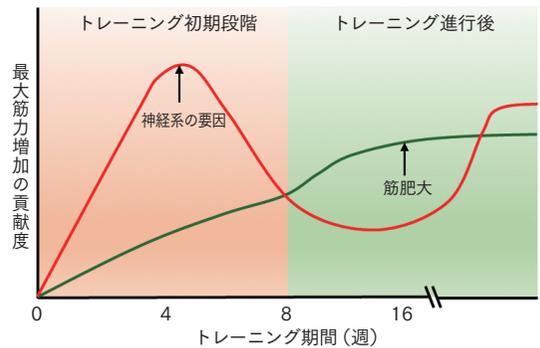


図1 トレーニング期間における筋力増加の貢献度

の負荷で 12 回以上の反復を 30 秒以内の休息を挟んで 2~3 セット実施することを推奨しています。

前述したように筋トレの効果を高めるためには機械的刺激が必要になります。しかしながら、1, 2 回しか持ち上がらないような高負荷での筋トレでは最大筋力は上がりますが、筋肥大を促さないことが報告されています。逆に、筋肉を増やさずに筋力を上げるためには高負荷を用いた筋トレが推奨されますが、セット間の休息時間が短く、次のセットで前のセットの疲労感を感じた状態で実施すると最大筋力の向上が見込まれないことも考えられます。

## 運動強度とトレーニング量

筋肥大を目指すには 67~85% 1RM、あるいは 6~12 回反復可能な負荷で行うのが効率的であるとされています。以上のような運動強度はトレーニング科学分野で中強度とも言い換えることができます。筋トレでは中強度の負荷で 6~12 回反復後 1~2 分間の休息を挟んで 3, 4 セット繰り返すことが一般的です。しかし、近年では低強度の負荷でも中・高強度の筋トレに匹敵する効果が確認されています。その中でも大切な条件は「オールアウト」まで実施することとされています。この分野では、疲労困憊まで反復し正しいフォームで反復できなくなることを、あるいは運動

を継続できなくなることを「オールアウト」または「failure」と呼んでいます。

Kumarら(2009)の研究は、オールアウトまで行う筋トレの運動強度を1RMの20%、40%、60%と強度を上げていくと、それに応じた筋タンパク合成速度が増加するが、60%よりも高い強度では更なる増加はみられなかったことを報告しています。

Burdら(2010)は、運動強度が低くても運動量を増やし、オールアウトまで反復することで高強度と同程度の筋タンパク質合成速度が増加すると報告しています。さらに、異なる運動強度と運動量で長期的な筋トレ効果を検討したMitchellら(2012)は、80% 1RMで1セットの条件、同じ負荷で3セットの条件、30% 1RMで3セットの条件で10週間、週3回の大腿の筋トレを実施したところ、最大筋力は30% 1RM×3セットよりも80% 1RM×3セット、1セットの方が向上しましたが、大腿の筋横断面積の増加に差はみられなかったことを示しています。

つまり、運動量を増やし、オールアウトまで実施する低強度(30% 1RM)の筋トレが高強度(80% 1RM)の筋トレと同程度の筋肥大があったこととなります。一方、筋力の向上には必ずしもオールアウトまで反復する必要はないことも報告されています。運動強度にかかわらずオールアウトをすると最大筋力が抑制される可能性もあるようです。また、最大筋力の向上に注力するウェイトリフティング選手の間では、オールアウトしない筋トレを行うこともあり、最大筋力を向上させるためにはオールアウトよりも、最高で1、2回反復できる重量を最高の集中力と筋力を発揮する筋トレの方が大切と考えられます。

筋トレのセット数については、同一強度での筋トレの場合、1セットより3セット行った方が筋タンパク質合成速度の増加が大きく、また、Terzisら(2010)は、mTORC1シグナル活性化が運動量に依存する(1セット

<3セット<5セット)とも報告しています。

また、1週間の筋トレ量も効果に影響を与えることが報告されています。Schoenfeldら(2017)の週あたりのセット数と筋肥大の効果について解析したメタアナリシスによると、週あたり10セットが最も効果が高く、次に9セット、5~9セットが高いことを示しています。一方、週に10セット以上の効果に着目したBarbalhoら(2019)は、筋トレ経験のある女性を対象に、週あたり5、10、15、20セットの筋トレを行うグループに分けて24週間の筋トレの効果を検討した結果、胸部および上腕、臀部、大腿部ともに筋肥大および筋力向上がみられ、全部位で5および10セットのグループは15セット以上のグループよりもその効果が高いことを報告しました。また、週15セット以上は週5セットよりも効果が小さくなることから、週あたりトレーニング量の増加には注意する必要があるようです。

このように、運動強度やトレーニング量に関する先行研究からは、筋肥大を目的に筋トレを行う場合は、低~中強度であっても、オールアウトまで反復することとトレーニング量を増やすことが必要ですが、身体の各部位の筋トレにおける週あたりのセット数は5~10セットが推奨されると考えられます。もちろん、その日の体調やコンディションを考慮して安全に実施することが大前提であることは言うまでもありません。

### **筋トレと有酸素運動の組み合わせ**

最近の研究では、筋トレと有酸素運動を併用すると有酸素運動によってmTORC1の活性が弱まり筋肥大が起こりにくいということが報告されています。先行研究では筋肥大のみを目的とするならば、筋トレと有酸素運動は別日に行うことが望ましいとされています。

一方、減量や健康づくりを目的とした場

合、以前は有酸素運動の後に筋トレが通例でしたが、2000年以降から筋トレ後に有酸素運動をする方が体脂肪減少効果が高まるという研究が報告されています。筋トレで分泌される成長ホルモンは筋肥大を促すだけでなく、体脂肪の分解を促進することから減量やシェイプアップを目的とする場合は、筋トレ後に有酸素運動を行うことが推奨されます。

Gotoら(2005)の研究では、筋トレの前に有酸素運動(60分)を実施すると筋トレ後の成長ホルモンの分泌を減弱させることを報告しており、筋肥大や体脂肪分解を目的とする場合は、やはり有酸素運動は筋トレの後に実施することが望ましいと考えられます。

運動やトレーニングはエネルギーも集中力も充分なうちに、目的とする種目や内容を優先的に行うことが原則ですので、筋肥大や体脂肪分解を目的とする場合は筋トレ後の有酸素運動が推奨されます。ただ、アナボリックホルモンに影響を及ぼすのは長時間の有酸素運動であり、ウォームアップとして30分未満の有酸素運動でしたら筋肥大への負の影響は少ないと予想できます。安全性のことを考慮すると、10~30分の有酸素運動で身体を温めて筋トレ→有酸素運動が筋肥大の最小限の効果を維持しながら体脂肪減少に役立つと考えられます。

### 筋トレと運動後の代謝

筋トレの効果は筋力向上や筋肥大などだけではありません。運動中はエネルギー代謝が高まり、運動終了後も体内では乳酸などの代謝産物の除去や交感神経系の活動が続き、安静時よりも多くの酸素が消費され続けます。この現象を運動後過剰酸素消費(EPOC)と呼びます。Melbyらの研究(1993)では、高強度の筋トレによって、15時間以上のEPOCが観察されたことを報告しています。また、Schuenkeらの研究(2002)は、筋トレが終了して38時間経過しても安静時よ

り酸素摂取量が高い値を示したと報告しています。運動後に過剰に酸素を消費することで、脂肪の分解も促進されます。また、筋トレ後8~12時間までは脂肪分解率が数%上昇することも報告されています。ジョギングなどの有酸素運動でもEPOCは持続されますが、これまでの研究では運動強度や量によりますが筋トレの方がEPOCの量や持続時間も長いことが報告されています。

従来から減量やシェイプアップのためには有酸素運動が推奨されてきました。有酸素運動は運動中に多くのエネルギーと体脂肪を消費してくれますが、やりすぎてしまうと筋内の体熱産生に關与するミトコンドリア内のUCP3というタンパク質の機能が低下してしまい、安静時のエネルギー消費が下がる可能性もあります。一方、筋トレ中には有酸素運動ほどのエネルギー消費は見込めませんが、EPOCが比較的長く持続すると同時に、トレーニング効果として筋肉も成長します。筋肉が成長すると熱産生力も高まり、体脂肪の分解も促進されます。長い目でみれば、有酸素運動よりも筋トレの方が体脂肪減少やシェイプアップに良い影響をもたらすことが考えられます。

### まとめ

今回は筋トレに関する研究をほんの一部紹介させていただきました。これまで数え切れないほどの研究が報告されています。すべての方法がすべての人に適応するとは言えません。巷に出ている情報をすべて鵜呑みにするのではなく、自分の目的に応じて様々な方法を試しながら、自身の体格や体力、生活・食事状況を加味しながら自分に合った筋トレを行い、継続していくことが最も重要です。

