

筋肉量の増大を狙いとしたレジスタンストレーニング法について

Resistance training for increasing muscle mass

佐野村学

Manabu Sanomura

帝京大学医療技術学部スポーツ医療学科

Department of Sport and Medical Science, Faculty of Medical Technology, Teikyo University, 359
Otsuka, Hachioji, Tokyo, Japan

Abstract

Regarding the increase in muscle mass and improvement in muscle strength, which are deemed to be effective in preventing diseases such as sarcopenia, locomotive syndrome, and lifestyle-related diseases, we describe reports that examined the methods of strength training that are considered effective in particular muscle hypertrophy.

キーワード：筋肉量、筋肥大、筋力トレーニング、トレーニング量、サルコペニア

Keywords: muscle mass, muscle hypertrophy, resistance training, training volume, sarcopenia

はじめに

今日、本邦では長期にわたり超高齢社会^{*1}を迎えており、今後同時に少子高齢化が進むことが推測されている¹⁾。加えて平均寿命の更なる延伸が推計され、今後益々QOL（Quality of Life）の向上とともに健康寿命^{*2}の延伸を図り、活力ある健康長寿社会の実現に向けたさまざまな施策が講じられている。その一つとして、国民の健康と体力の増進を図るべく第二次国民健康づくり運動「健康日本 21（第二次）^{*3}」が施行されてきた²⁾。この施策の中の運動と身体活動に関する項目では、1日の目標歩数や運動習慣者^{*4}の割合の増加などの具体的な目標値が設定されている。本施策の最終報告からは³⁾、歩数および運動習慣者の割合について、男女の20～64歳、65歳以上のいずれの年齢区分において施行時からの増加は見られていない。また、本施策の推進に向けて、国民の健康づくりのための生活活動や運動の基準を示した「健康づくりのための身体活動基準 2013」や「身体活動指針」が策定されている⁴⁾。ここでも年齢区分別の身体活動の強度や量の基準値、また、基準値を達成するためのガイドラインが示されている。これらはいずれも身体活動量の増加を推進するものであり、座位行動^{*5}をできるだけ少なくして身体を動かす時間や強

度を増やすことを狙いとしている。身体活動量と筋肉量や筋力は関連性を有し、身体活動量の多い人は筋肉量が多く、また、筋力が高いことが報告されている⁵⁾。

高齢者に多く見られる特徴的な疾患として、サルコペニア、フレイル、ロコモティブシンドロームが挙げられる。これらに共通する発生要因は、骨格筋量の減少と筋力の低下であるが⁶⁾、それぞれの疾患を複数有する罹患者も見られており⁷⁾、それらの予防の為に、成人期や中年期から筋肉量の維持・増大を意識した積極的な生活活動や運動を行うことが大切とされている。

サルコペニアは「高齢期にみられる筋肉量の減少と筋力低下もしくは身体機能の低下」と定義されているが⁸⁾、その評価方法は、骨格筋量（DXA^{*6}やBIA^{*7}による測定）、脚力（立ち上がりテストや歩行速度テスト）、握力、バランス能力（片脚立ちテスト）などが用いられている。特に骨格筋量の低下、そして筋力の低下を防ぐことが移動能力の低下（特に下肢の筋力低下や歩行速度の低下による）やバランス能力の低下（下肢の筋力低下などによる）を予防し、転倒リスクを低下させ、さらには転倒による骨折リスクを低下させるというものである。これらの機序における最終的な狙いは、QOLの低下や要介護を回避することにある。

以上のように、高齢期に多く見られる疾患予防のため

に、成人期や中年期から筋肉量の増大と筋力の向上を推進することが大切であるが、図1に各年齢と筋肉量の変

化を示すとおり⁹⁾、加齢とともに全身の筋肉量が減少するが、特に下肢の筋肉量の減少が顕著である。

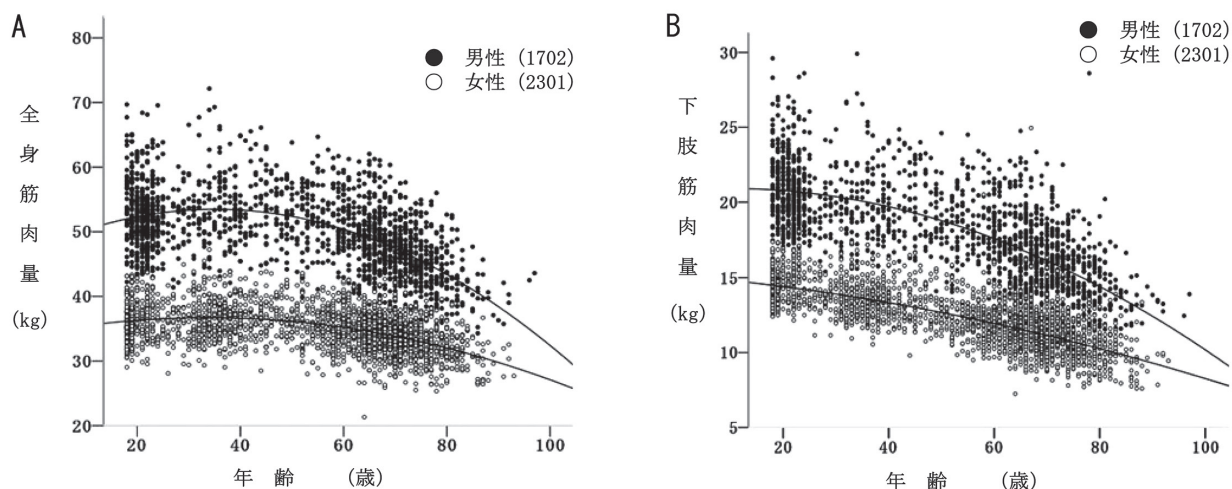


図1 各年齢における筋肉量の変化（文献9より一部改変）

A：全身の筋肉量、B：下肢の筋肉量を示す。

全身の筋肉量の18～24歳から75～84歳の年齢区分の変化率について、男性は約16%、女性は約11%の減少を示す。下肢の筋肉量の変化率については、男性は約29%、女性は約28%の減少を示す。

筋肉量を維持・増大させる方法として、生活活動と運動を含めた身体活動量を増やすことが大切であるが、最も推奨される方法として、レジスタンストレーニング（Resistance Training：以下、筋力トレーニングと表記します）が挙げられる¹⁰⁾。筋力トレーニングは、心血管機能、インスリン感受性、慢性炎症反応などに対する有効性が報告されているほか、糖尿病、脂質異常症などの生活習慣病に対する療法としても推奨されている¹¹⁾。

本編では、サルコペニアなどの高齢者特有の疾患、生活習慣病などの予防や改善に有益とされる筋力トレーニングと筋肉量の増大を目的としたトレーニング法について検証したいくつかの報告から説明する。

回30分以上、1年以上運動している者のことを示す。

*5 座位行動：座ったり（座位）横になっている（臥位）状態のことを示す。

*6 DXA：Dual-energy X-ray Absorptiometry（二重エネルギーX線吸収測定法）

*7 BIA：Bioelectrical Impedance Analysis（生体電気インピーダンス法）

筋肥大とトレーニング量について

筋肥大（Muscle Hypertrophy）^{*8}の主なメカニズムとして、筋肉に対する機械的な張力、代謝ストレス、筋肉の損傷が報告されているが¹²⁾、その中でも特に筋肉に対する機械的張力が主要因とされている。また、筋肥大に影響を及ぼす変数として、容量反応関係（Dose-Response Relationship）があり、特にトレーニング量（Training Volume：以下、TVと表記します）との関係が示唆されている¹³⁾。TVとは総負荷量のことを言い、トレーニングの強度、回数、セット数を指標として、それらを掛け合わせた数値^{*9}が一般的に用いられている¹⁴⁾。このTVが筋肉量の増大に影響を及ぼすことが

*1 超高齢社会：総人口の内、65歳以上の高齢者人口の割合が21%を超えた社会のことをいう。本邦では2010年から超高齢社会を迎えている。

*2 健康寿命：日常生活が制限されることなく生活できる期間のことを示す。

*3 健康日本21（第二次）：2013年度～2022年度まで施行され、最終評価報告が2022年10月に発表されている。

*4 運動習慣者：国民栄養調査では、週2回以上、1

多数報告されているが¹³⁻¹⁶⁾、TVを多くするための方法は、高強度、高回数、高セット数でトレーニングを行うことにある。しかしながら実際には、1回のトレーニング時間や週あたりのトレーニング頻度、その他、継続可能であるかなどを考慮し、強度に対する回数とセット数で決定することが多い。トレーニングの実際においては、TVを多くするために、中～低負荷で高回数、高セット数（セット間の休息時間を出来るだけ短くすることも含めて）での実施が一般的である。例えば、特に筋肥大を目的に行うボディビルダーやフィジーカーと呼ばれる競技者は、それらの多くが設定負荷に対して高回数および高セット数（セット間の休息時間は短く（60秒前後））で行っている¹⁷⁾。以下に筋肥大を目的としたトレーニング強度、セット数、各種のセット法などについて検証した内容から説明する。

*8 筋肥大：筋肉量を評価する方法として、超音波測定器を用いて筋肉の厚みを測定する方法とMRIを用いて筋肉の横断面積を測定する方法が一般的に用いられているが、ここでは筋肉量の増大のことを筋肥大と呼称することとする。

*9 トレーニング量の算出方法：例えばベンチプレストレーニングを70kgの負荷で10回、3セット実施した場合、トレーニング量は2100（70(kg)×10(回)×3(セット)）となる。

トレーニング強度と筋肥大について

最初に、トレーニング強度が筋肥大に及ぼす影響について報告した文献のレビュー（システマティックレビュー）から説明する¹³⁾。このレビューの文献選択基準は、1) 最大筋力（One Repetition Maximum：以下、1RMと表記します）の60%未満の負荷もしくは16回以上の最大反復を行うグループ（低強度）、1RMの60～79%の負荷もしくは9～15回の最大反復を行うグループ（中強度）、そして1RMの80%以上の負荷もしくは8回以下の最大反復を行うグループ（高強度）で構成されていること、2) 各セットにおいて反復出来なくなるまで（限界まで）行っていること（Muscle Failure）、3) トレーニング期間が6週間以上あることなどとして、結果、24の論文を対象にメタ解析を行っている。

結果について、対象論文のトレーニング実施期間は平均 8.9 ± 2.1 週間、トレーニング回数（セッション）は 24.6 ± 7.5 回であった。各強度の比較結果を図2に示す。トレーニング強度が筋肥大に対する有効性について、低

強度 vs 中強度、中強度 vs 高強度、低強度 vs 高強度の全ての比較において有意差は認められなかった（それぞれ $p=0.241$ 、 0.113 、 0.469 ）。これはすなわち、筋肥大の為の筋力トレーニングにおいて、トレーニング強度の低中高に関係なく、一定以上の強度や期間実施した場合、筋肥大に有効であることを示している。但し、全てのトレーニング強度において、各セット反復が出来なくなるまで（限界まで）行うことが必須条件となっている。

1週間あたりのトレーニングセット数と筋肥大について

1つの筋肉に対する1週間あたりのトレーニングセット数が筋肥大に及ぼす影響

ここでは、1つの筋肉に対する1週間あたりのトレーニングセット数が筋肥大に及ぼす影響について検証した文献レビュー（システマティックレビュー）から解説する¹⁵⁾。文献の選択基準は、1) 一般的に行われている（コンセントリックアクション（短縮性筋活動）およびエキセントリックアクション（伸張性筋活動）による反復動作を行う）筋力トレーニングを実施していること、2) 1RMの65%以上の負荷で行っていること、3) 6週間以上実施していることなどであった。結果、15の論文を対象にメタ解析を行っている。

検証方法は、1つの筋肉に対する1週間に実施した総セット数を、9セット未満および9セット以上のカテゴリと、5セット未満、5～9セット、10セット以上のカテゴリに分けて、各カテゴリにおけるトレーニング前後の筋肥大の割合などを比較した。結果、9セット未満と9セット以上の比較において、9セット以上の実施は9セット未満に比べて有意に高い増加率を示した（ $p=0.03$ ）（図3）。5セット未満、5～9セット、10セット以上の比較については有意差は認められなかったが（ $p=0.074$ ）、5セット未満で5.4%、5～9セットで6.6%、10セット以上で9.8%の増加傾向を示した。また、その他の解析から、1週間あたりのセット数が多いほど筋肥大の割合が大きく、1セット増加する毎に0.37%の増加が見られている（ $p<0.002$ ）。これらの結果から、1週間あたりのセット数が多いほど筋肥大の割合が大きいことが示されたが、一方で、1週間あたり4セットといった比較的少ないセット数でも筋肥大が見込まれることが見られている。ここでも前述した内容同様に、トレーニングの実施において、各セット反復出来なくなるまで（限界まで）行うことが必須条件とされ、たとえセット数が少ない場合でも反復出来なくなるまで行えば筋肥大に有効とされている。その他の解析について、若年者（18

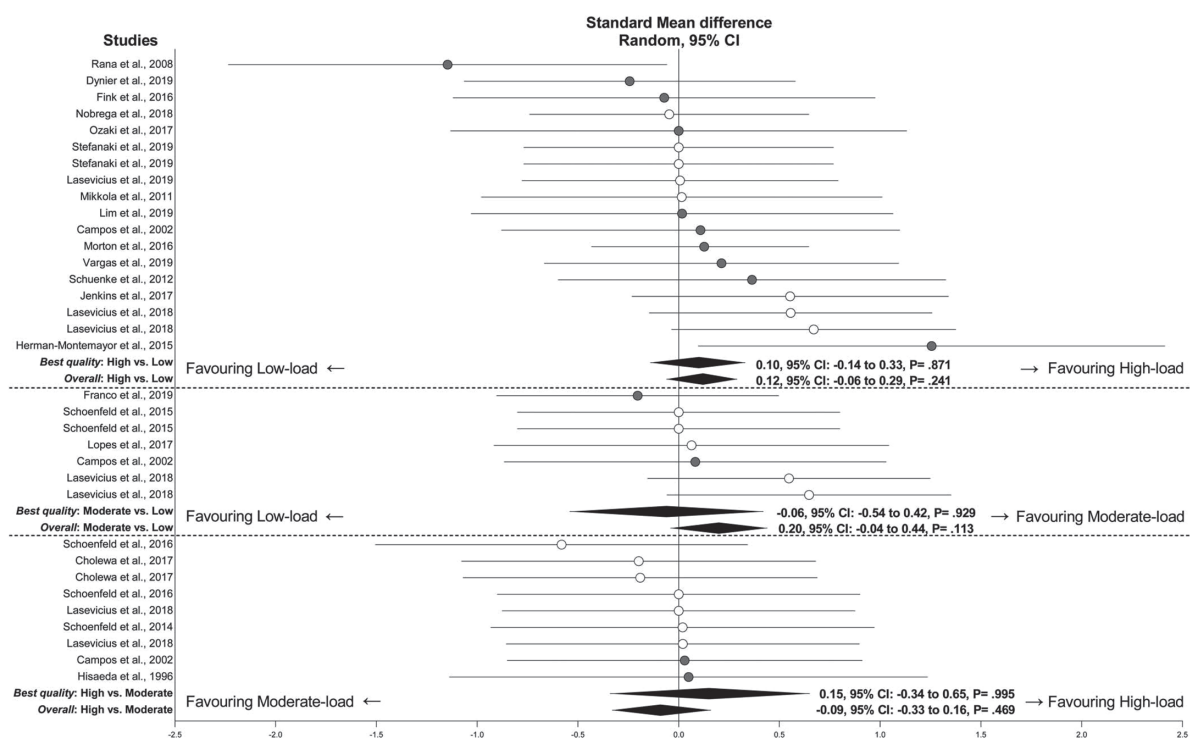


図2 トレーニング強度の違いにおける筋肥大に対する有効性の比較（文献13より一部改変）

Low Load：最大筋力の60%未満の負荷もしくは16回以上の最大反復を行うグループ（低強度）

Moderate Load：最大筋力の60～79%の負荷もしくは9～15回の最大反復を行うグループ（中強度）

High Load：最大筋力の80%以上の負荷もしくは8回以下の最大反復を行うグループ（高強度）

上段：低強度 vs 高強度、中段：低強度 vs 中強度、下段：中強度 vs 高強度を示す。

全ての比較において有意差は認められていない。

～29歳）、中年者（30～49歳）、高齢者（50歳以上）との比較や性別の比較についても有意差は見られておらず、年齢や性別に関係なく、セット数の多い・少ないが筋肥大の大小に影響を及ぼすことが示唆されている（ $p<0.05$ ）。

1週間あたりのトレーニングの総セット数が筋肥大に及ぼす影響

次に、上肢、下肢それぞれの筋肉に対する1週間あたりのトレーニングの総セット数が筋肥大に及ぼす影響について検証した文献レビュー（システマティックレビュー）から解説する¹⁶⁾。文献の選択基準は、1) 無作為化比較研究（Randomized Controlled Trials）であること、2) 介入期間が6週間以上であること、3) 対象者が1年間以上のレジスタンストレーニング経験者であること、4) 年齢が18歳～35歳であることなどとし、結

果、7つの論文を対象に解析を行っている。

1週間あたりのトレーニングの総セット数について、12セット未満（低TV）、12～20セット未満（中TV）、20セット以上（高TV）のカテゴリーに分けて、各筋肉のトレーニング前後の筋肥大の割合などを比較した。対象筋は大腿四頭筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋で、本レビューでは中TVと高TVの比較を行っている。結果は上腕三頭筋において、高TVは中TVと比較して有意な増加が認められた（ $p=0.01$ ）。大腿四頭筋と上腕二頭筋については有意差は見られていない（それぞれ $p=0.19$ 、 0.59 ）（図4）。これはすなわち、上腕三頭筋については高TVの方が筋肥大にさらに有効であるが、大腿四頭筋と上腕二頭筋については、中程度のTVでも高いTVでもいずれも有効であることを示している。但し、図4を見ると高TVの方が筋肥大に対してやや有効である傾向が見受けられる。本レビューの結論として、大腿四頭筋

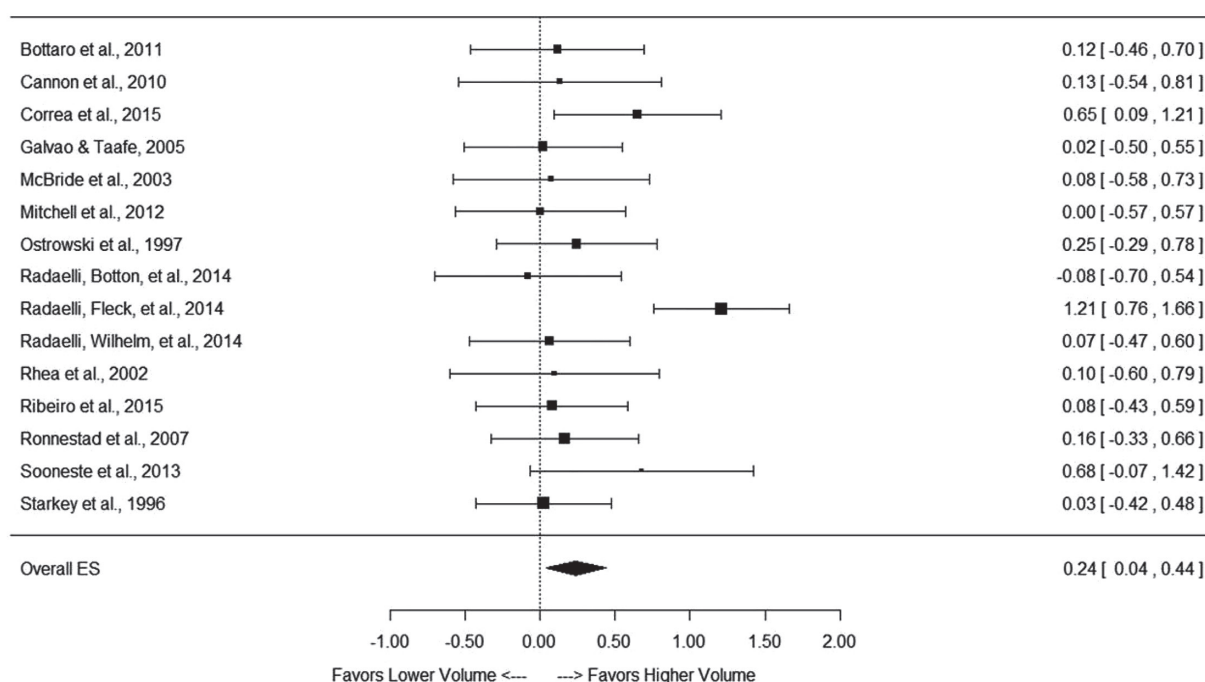


図3 9セット未満と9セット以上の筋力トレーニングにおける筋肥大に対する有効性の比較 (文献15より一部改変)

Lower Volume : 1つの筋肉に対して1週間に実施したセット数が9セット未満

Higher Volume : 1つの筋肉に対して1週間に実施したセット数が9セット以上

9セット以上の方が9セット未満に比べて筋肥大に対する有効性が高いことが示されている。

と上腕二頭筋については、それぞれの筋肉を週2回トレーニングする場合は1週間あたり12～20セット程度が推奨され、上腕三頭筋については、1週間あたり20セット以上がより効果的であると説明している。但し、上腕三頭筋のトレーニングは（ベンチプレスやショルダープレスなどの）多関節運動によるTVも含まれており、上腕三頭筋を主働筋とするトレーニングの場合は、1週間あたり12～20セット程度が有効であると説明している。

ここで、本レビューで選択されたSchoenfeldら¹⁸⁾とBrigattoら¹⁹⁾の検証内容について説明する。Schoenfeldら¹⁸⁾は、45名の男子大学生（平均年齢約24歳）を対象に、低TV15名、中TV15名、高TV15名にランダムに振り分けて、各グループ7種目の筋力トレーニングを週3回、計8週間実施した。トレーニング種目はバーベルベンチプレス、バーベルミリタリープレス、ワイドグリップラットプルダウン、シーテッドケーブルローイング、バーベルバックスクワット、レッグプレス、レッグエクステンションとして、回数は全て8～12回とした。各種目コンセントリックアクションで1

秒、エキセントリックアクションで2秒かけて反復することとして、セット間の休息時間は90秒、種目間の休息時間は120秒に設定した。全てのセットにおいて、設定した回数内で反復が出来なくなるまで（限界まで）行うこととし、反復回数が設定した回数より少ない場合は負荷を減らして行い、反復回数が多い場合は負荷を増加して行うこととした。セット数は、上肢のトレーニングは1種目に対して低TVで1週間あたり計6セット、中TVで計18セット、高TVで計30セット（1回のトレーニングで各種目に対してそれぞれ2、6、10セット実施）とし、下肢のトレーニングは1種目に対して1週間あたり低TVで計9セット、中TVで計27セット、高TVで計45セット（1回のトレーニングで各種目に対してそれぞれ3、9、15セット実施）とした。筋肥大の検証方法は、超音波画像による大腿直筋、外側広筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋の筋厚を測定し、トレーニング前後の比較とした。

結果の一部を図5に示す。大腿直筋と外側広筋について、高TVと低TVの比較で有意差を認め（大腿直筋：それぞれ6.8mm、2.0mmの増加、 $p=0.02$ 、その他、中TV

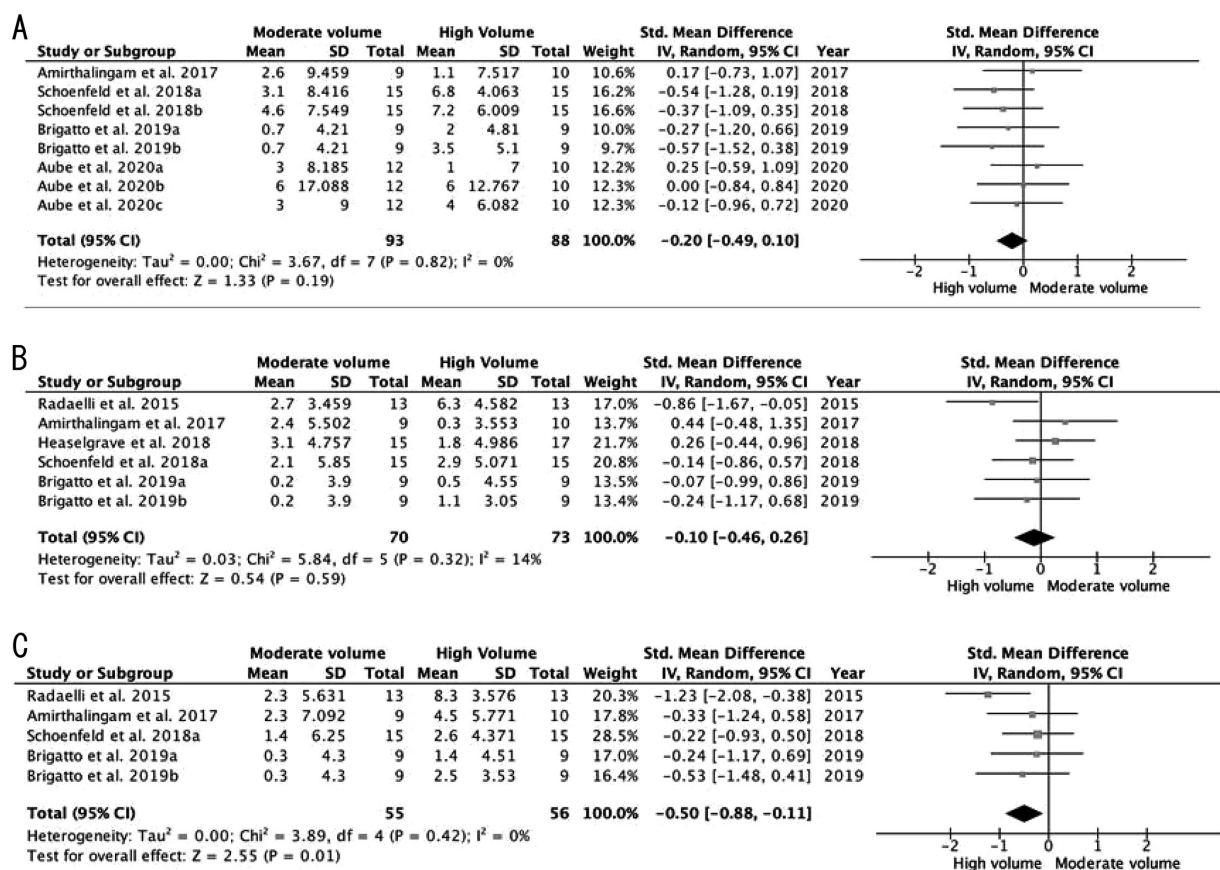


図4 各筋肉の中トレーニング量と高トレーニング量における筋肥大に対する有効性の比較（文献16より一部改変）
A：大腿四頭筋、B：上腕二頭筋、C：上腕三頭筋を示す。

Moderate Volume：1週間あたりのトレーニングの総セット数が12～20セット未満（中トレーニング量）

High Volume：1週間あたりのトレーニングの総セット数が20セット以上（高トレーニング量）

上腕三頭筋のみ有意差を認めたが、全体的な傾向として、中トレーニング量に比べて高トレーニング量の方が筋肥大の有効性が高い傾向が見受けられる。

は3.0mmの増加、外側広筋：それぞれ7.2mm、2.9mmの増加、 $p=0.006$ 、その他、中TVは4.6mmの増加）、上腕二頭筋についても同じく高TVと低TVとの比較で有意差を認めた（それぞれ2.9mm、0.7mmの増加、 $p=0.02$ 、その他、中TVは2.1mmの増加）。

これらの結果から、筋肥大を目的とした8週間の筋力トレーニングにおいて、TVが多いほどより有効性が高いことが示唆された。

次にBrigattoら¹⁹⁾の検証内容について説明する。27名の成人男性（平均年齢約27歳）を対象に、低TV、中TV、高TVグループにそれぞれ9名にランダムに振り分けて、各グループ9種目の筋力トレーニングを週2回、計8週間実施した。トレーニング種目はバーベルベ

ンチプレス、ダンベルフライ、ケーブルトライセプス、パラレルバックスクワット、レッグエクステンション、ラットプルダウン、ベントオーバーラテラルレイズ、アームカール、シーテッドレッグカールとして、これらを2つのプログラムに分けて、それぞれ週2回（月曜日と木曜日、火曜日と金曜日）行った。回数は、全ての種目で8～10回とした。また、同じく全ての種目でコンセントリックアクションで1.5秒、エキセントリックアクションで1.5秒かけて反復することとした。セット間の休息時間は90秒、種目間の休息時間は120秒に設定した。各セットにおいて、設定した回数内で反復がなくなるまで（限界まで）行うこととし、もし設定した回数よりも反復回数が少ない場合は負荷を減らし、反復

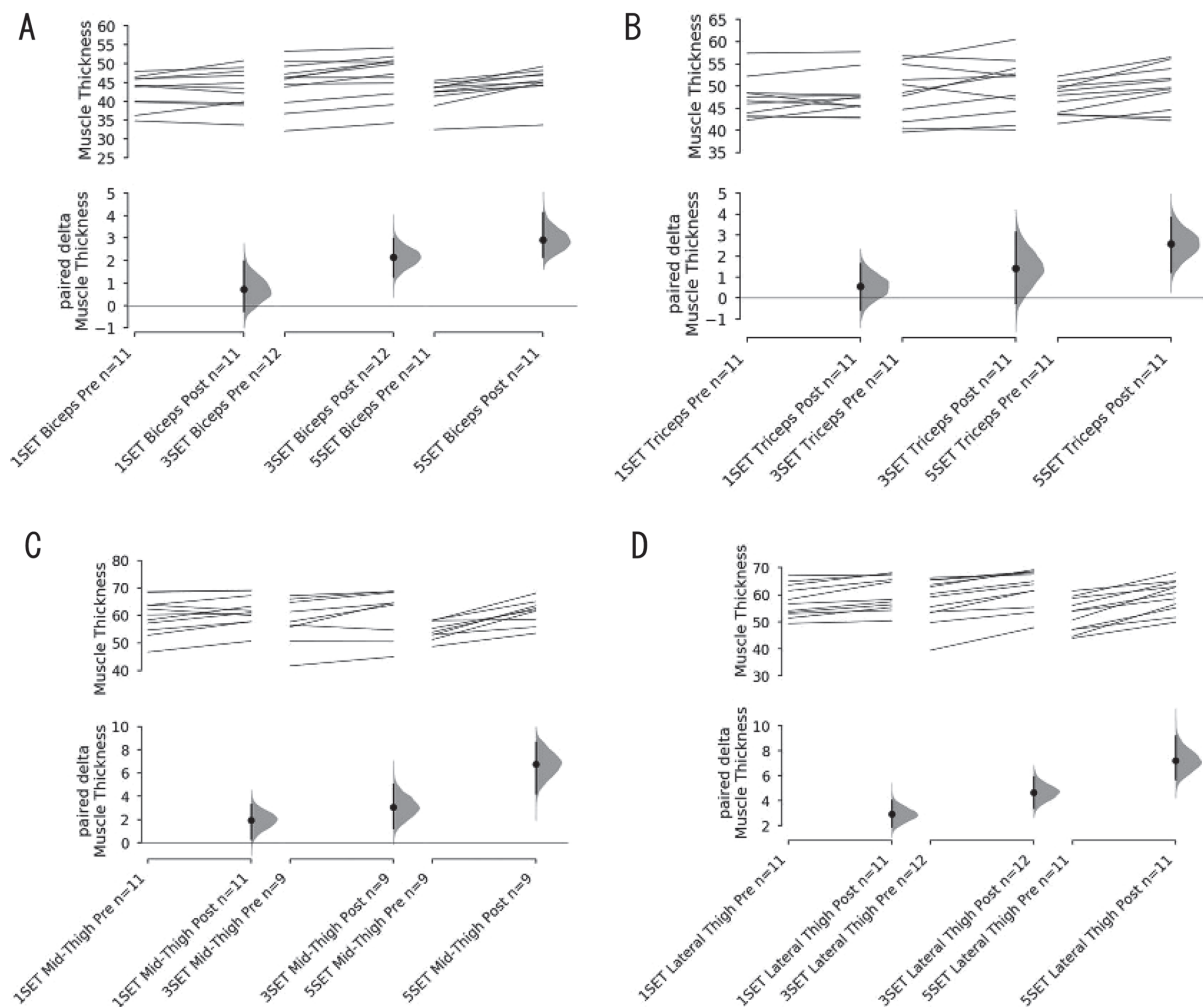


図5 各筋肉のトレーニング量と筋厚の変化量（文献18より一部改変）

A：上腕二頭筋、B：上腕三頭筋、C：大腿直筋、D：外側広筋を示す（単位は全てmm）。

1SET：上肢の各筋肉に対して1週間あたり計6セット、下肢は計9セット実施（低トレーニング量）

3SET：上肢の各筋肉に対して1週間あたり計18セット、下肢は計27セット実施（中トレーニング量）

5SET：上肢の各筋肉に対して1週間あたり計30セット、下肢は計45セット実施（高トレーニング量）

上腕二頭筋、大腿直筋、外側広筋において、高トレーニング量は低トレーニング量に比べて有意な筋厚の増加を認めた。

回数が多い場合は負荷を増加して行った。総セット数は、1週間あたり低TVで16セット、中TVで24セット、高TVで32セットとした（各種目において、1回のトレーニングでそれぞれ4、6、8セット実施（シーテッドレッグカールのみ、それぞれ16、24、32セット実施））。筋肥大の検証方法は、超音波画像による外側広筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋の筋厚を測定し、トレーニング前後の比較とした。

結果の一部を図6に示す。上腕三頭筋と外側広筋の筋

厚の増加量について、グループ間の比較で有意差を認めた（いずれも $p=0.001$ ）。各筋肉の増加量は以下の通りであった。

上腕三頭筋：低TV 0.2mm（0.8%の増加）、中TV 1.3mm（4.0%の増加）、高TV 2.5mm（7.0%の増加）

外側広筋：低TV 0.7mm（2.1%の増加）、中TV 1.9mm（5.6%の増加）、高TV 3.4mm（9.4%の増加）

上腕二頭筋：低TV 0.2mm（0.5%の増加）、中TV 0.5mm（1.3%の増加）、高TV 1.1mm（3.1%の増加）（グループ

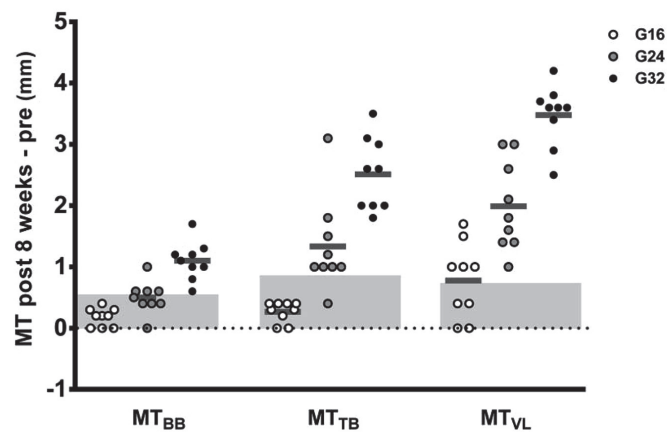


図6 各筋肉におけるトレーニング量と筋厚の変化量（文献19より一部改変）

MT：Muscle Thickness（筋厚）、BB：Biceps Brachii（上腕二頭筋）、TB：Triceps Brachii（上腕三頭筋）、VL：Vastus Lateralis（外側広筋）、G16：低トレーニング量グループ、G24：中トレーニング量グループ、G32：高トレーニング量グループ

上腕三頭筋と外側広筋において、グループ間の比較で有意差を認めた。

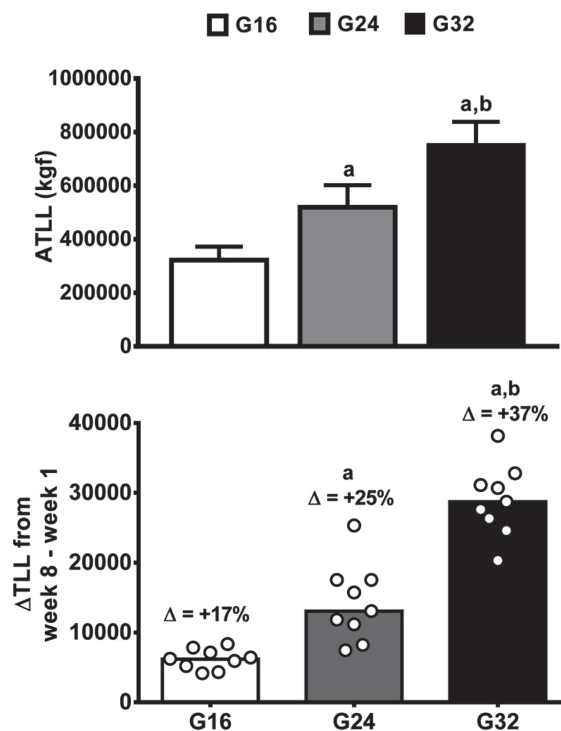


図7 各トレーニンググループの総トレーニング量とトレーニング量の変化（文献19より一部改変）

ATLL：Accumulated Total Load Lifted、TLL：Total Load Lifted、G16：低トレーニング量グループ、G24：中トレーニング量グループ、G32：高トレーニング量グループ

ATLLについて、G32はG24とG16に比べて有意に多いトレーニング量を示し、 Δ TLLについては、G32はG24とG16に比べて有意に大きいトレーニング変化量を示した（G32：37%の増加、G24：25%の増加、G16：17%の増加）。

間の比較で有意差なし)

その他、TV の算出とその比較を行っているが、図 7 に示すように高 TV において、8 週間の総トレーニング量とトレーニング開始から終了時までのトレーニング量の増加が大きいことが見てとれる。

これらの結果から、先述した報告同様に用量反応関係のとおり、8 週間のトレーニング期間において TV が多いほど、より大きい効果が得られることが示唆された。但し、繰り返しになるが、各セットにおいて設定した回数を反復が出来なくなるまで限界まで行うことが条件となる。

各種セット法と筋肥大について

これまでに、筋肥大を目的とした筋力トレーニング法は、設定した負荷に対して高回数と高セット数を行い、TV を多くすることで高い有効性が得られることをいくつかの報告から説明してきたが、1 セットにおける高回数を実施する方法として、ドロップセット法、スーパーセット法、クラスターセット法、レストポーズ法などのセット法が用いられている。以下に、2 つの文献レビュー^{20, 21)} で取り上げられたいくつかのセット法に関する検証内容について説明する。

ドロップセット法

最初にドロップセット法^{*10}が筋肥大に及ぼす影響について検証した内容から説明する。Fink ら²²⁾の報告から、16 人の男性 (平均年齢約 22 歳) を対象に、従来の方法で行われているセット法^{*11} (Traditional Set Method: 以下、TS と表記します) とドロップセット法を行うグループに分けて、上腕三頭筋の筋力トレーニング (トライセプスプッシュダウン) を週 2 回、計 6 週間実施した。TS のトレーニングは、12RM の負荷で 3 セット (各セット反復できなくなるまで) 行うこととした。ドロップセット法は、最初に 12RM の負荷で反復出来なくなるまで行い、その後休息なしで負荷を 20% 減らしてまた反復出来なくなるまで行い、最後にもう一度休息なしで負荷を 20% 減らして反復出来なくなるまで行うこととし、これを 1 回 (1 セット) のみ行った。結果、上腕三頭筋の横断面積について、ドロップセット法は $10.0 \pm 3.7\%$ 、TS は $5.1 \pm 2.1\%$ 増加したが (それぞれトレーニング前後の比較において、 $p < 0.05$)、各セット法における増加率の比較については有意差は認められなかった。その他の報告²³⁾で、上腕二頭筋を対象とした TS とドロップセット法のトレーニングの比較についても、いずれも有意な増加を認めたが (それぞれトレーニング前後の比較において、 $p < 0.05$)、増加率の比較では有意差は見られていない。

Varović ら²⁴⁾は、16 人の男性 (平均年齢約 19 歳) を

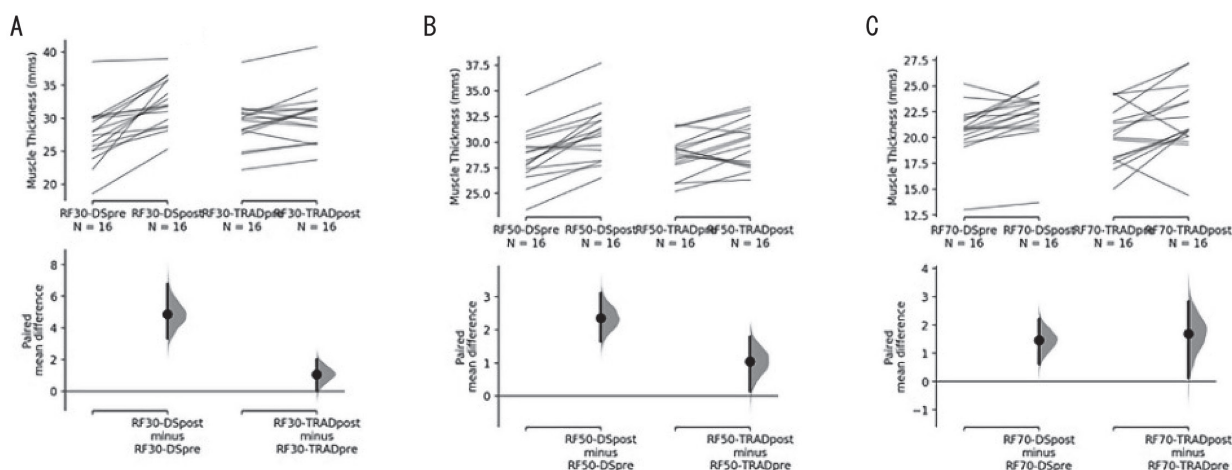


図 8 大腿直筋の各位置における筋厚の変化量 (文献 24 より一部改変)

A : 大腿骨の長さを 100% とした時の大腿骨の近位部から 30%、B : 50%、C : 70% の位置を示す。

Muscle Thickness : 筋厚、RF : Rectus Femoris (大腿直筋)、DS : Drop Set、TRAD : Traditional Set

大腿骨の近位部から 30% および 50% の位置の筋厚の増加量の比較において、ドロップセット法はトラディショナルセット法に比べて有意に大きい値を示した。

対象に、TS とドロップセット法のグループに分けて、大腿四頭筋の筋力トレーニング（片脚でのレッグエクステンション）を計 6 週間行った。TS のトレーニングは、15RM 程度の負荷で 13～17 回、反復出来なくなるまで行った。ドロップセット法は、最初に 5RM 程度の負荷で行い、その後反復出来なくなったら休息なしで負荷を 20% 減らして行い、再度反復出来なくなったら 10～15% 減らして行った（ドロップ後の反復回数は 3～7 回であった）。セット数は徐々に増やす方法とし、いずれのグループも 3～5 セット実施した。検証は大腿直筋と外側広筋の筋厚の変化として、大腿部の近位から 30%（大腿骨の長さを 100% とした時の大腿骨の近位部から 30% の位置）と 50%（大腿骨の中央）において、ドロップセット法はそれぞれ 17.7%、8.3% の増加、TS は 3.7%、3.6% の増加を示し（トレーニング前後の比較において、全て $p<0.05$ ）、また、ドロップセット法は TS に比べて有意に高い増加率を示した（それぞれ $p<0.001$ 、 $p=0.034$ ）（図 8）。

続いて Enes ら²⁵⁾ は、28 名の男性（平均年齢約 23 歳）を対象に、TS、ドロップセット法ほか計 3 グループに分けて、スクワットなどの下肢の筋力トレーニングを週 2 回、計 8 週間行った（ここでは TS とドロップセット法の内容のみ説明する）。トレーニング種目はバーベルバックスクワット、45°レッグプレス、レッグエクステンション、スティッフレッグドデッドリフト、シーテッドレッグカールとした。TS は、1RM の 70% の負荷で 12 回、4 セット行い、各セット反復出来なくなる限界に近い状態まで行った。ドロップセット法は、最初は 1RM の 75% の負荷で 10 回行い、休息なしで 1RM の 55% の負荷にドロップして 6 回行った。セット数は 3 セットとした。検証は、大腿四頭筋のトレーニング前後の筋厚の変化として、結果、大腿部の近位から 30%（大腿骨の長さを 100% とした時の大腿骨の近位部から 30% の位置）と 50%（大腿骨の中央）において、いずれも有意な増加量を示した（それぞれトレーニング前後の比較において、 $p=0.0001$ ）。但し TS とドロップセット法の増加量の比較では有意差は見られていない。

これらの報告を含めて、ドロップセット法は、TV を減少させることなく TS と同程度もしくはそれ以上の筋肥大の可能性を示唆したほか、ドロップセット法の利点として、TS よりもトレーニング時間を短縮できるという点が挙げられ、十分なトレーニング時間を設けることが難しい人にとって有効なトレーニング法であると言える。ドロップセット法と TS を比較した検証数がまだ十分ではなく、一定の見解は得られていないが、今

後、特にスクワットなどの下肢の筋肉群に対する検証が期待されている²⁰⁾。

*10 ドロップセット法：設定した負荷で反復を行い、反復が出来なくなったところで休息なしで負荷を下げてさらに反復が出来なくなるまで行う方法の事を示す。一般的に 1 回のドロップで 20～25% の負荷を下げて計 1～3 回のドロップを行う方法が用いられている²⁶⁾。

*11 従来方法で行われているセット法：一般的に行われているセット法で、設定回数まで（もしくは反復出来なくなるまで）反復を行った時点から 1 セットとして、その後数分間の休息を入れて次のセットを行う。これを複数回繰り返して行う方法の事を示す。

スーパーセット法

次にスーパーセット法^{*12}が筋肥大に及ぼす影響について検証した内容から説明する。スーパーセット法もドロップセット法と同じく TS に比べてトレーニング時間を短縮できるという利点がある。TS とスーパーセット法の比較検証を行った Fink ら²⁷⁾の報告について説明する。ここでは、23 名の男女アスリート（平均年齢約 20 歳）を対象に、TS とスーパーセット法のグループにランダムに振り分けて、上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋力トレーニング（エラスティックバンドを用いたアームカールとスタンディングトライセプスエクステンション）を行った。スーパーセット法は、アームカールを行った後に休息なしですぐにスタンディングトライセプスエクステンションを行い、これを 1 セットとした。TS はアームカールを 1 セット行い、60 秒間の休息の後にスタンディングトライセプスエクステンションを 1 セット行った。いずれのグループも、負荷は 1RM の 50～60% で 3 セット行い、これを週 3 回、計 8 週間実施した。反復回数は、いずれも 30～40 回として、筋力の向上とともにバンドの強度を増加させながら行った。検証は、上腕二頭筋と上腕三頭筋のトレーニング前後の筋横断面積の比較として、結果、いずれも TS とスーパーセット法で有意な増加が認められた（上腕二頭筋：TS13.2% の増加、スーパーセット法 12.9% の増加、それぞれ $p<0.05$ 、上腕三頭筋：TS9.5% の増加、スーパーセット法 4.8% の増加、それぞれ $p<0.05$ ）。但し、TS とスーパーセット法の増加率の比較については有意差は認められていない。TS に対するスーパーセット法の有効性については、ドロップセット法と同様に、まだ検証数

が少なく一定の見解は得られていない。

- *12 スーパーセット法：2つの対象筋を休息なしで連続してトレーニングする方法のことを示す。例えば、主働筋と拮抗筋を対象とした場合は、上腕二頭筋と上腕三頭筋の連続した筋力トレーニング（例えばアームカールとトライセプスエクステンション）や大腿四頭筋とハムストリングスの連続したトレーニング（例えばレッグエクステンションとレッグカール）などが行われている。

クラスターセット法

最後にクラスターセット法*13に関する文献レビューから²⁸⁾、選択された8つの論文のメタ解析を行った内容から説明する。検証内容は、TSとクラスターセット法を行ったグループのトレーニング前後の筋肥大の比較であるが、いずれも多くグループで有意な増加を示したが ($p<0.05$)、TSとクラスターセット法の増加率の比較では有意差は見られず、本セット法についても、まだ一定の見解は得られていない。このセット法は、セット内に休息を挟むことで、疲労を最小限に抑えながら筋肥大を得ることが出来るという利点がある。一方で1セットにかかる時間が長くなり、十分なTVを得るために1回の総トレーニング時間が長くなってしまおうという欠点もある。

- *13 クラスターセット法：TSに対して、セット内に休息時間を設けながら行う (Intra-Set Rest Periods) トレーニング法のことを示す。例えば、1セット12回の反復を行う場合、4回反復したあとに20秒間の休息をとり、その後すぐに4回の反復を行いまた20秒間の休息をとり、最後に4回反復して終了するといった方法で行う。

まとめ

本総説では、主にシステマティックレビューやメタアナリシスなどの内容から、筋肥大に有効な筋力トレーニング法について説明してきたが、最後にこれらのまとめを以下に示す^{20, 21)}。

- ・1セットの回数は設定負荷に応じて6～20回とし、全てのセットで反復が出来なくなるまで（限界まで）行う (Muscle Failure)。
- ・1週間あたりの1つの筋肉に対するセット数は少なくとも4セットとし、さらなる筋肥大の効果を得るため

には10セット以上行うことが望ましい。

- ・セット間の休息時間については、60秒以下の短い時間であっても60秒を超える時間であっても筋肥大に対する効果は変わらず、トレーニング種目、負荷、セット数などに応じて決定するのがよい。
- ・トレーニング頻度について、1週間のトレーニング回数よりも1週間の総トレーニング量が筋肥大に影響を及ぼし、トレーニング回数が少なくても（例えば週1回でも）トレーニング量が十分であれば筋肥大は十分可能である。
- ・トレーニング量を増加させ、かつトレーニング時間を短縮させる方法として、ドロップセット法やスーパーセット法を用いたトレーニングが有効とされる。
- ・上半身、下半身のトレーニング種目を少なくとも1種目は行うこと、そしてそれらの種目は多関節トレーニングであることが望ましい（スクワット、ベンチプレス、ローイングなど）。
- ・トレーニング期間については、トレーニング経験の有無にもよるが、6～12週間を目安とする。

以上になるが、ここではあくまで筋肥大を目的とした筋力トレーニング法について説明してきたが、最後にACSM (American College of Sports Medicine (アメリカスポーツ医学会)) のガイドライン²⁹⁾に示されている筋力トレーニングの基本と運動処方について以下に示す。

- ・トレーニング種目は、胸部、腰背部、腹部、大腿部、下腿部、殿部、肩部などの主要筋群に対する種目を選択する。
- ・トレーニング強度は、初心者から中級者は1RMの60～70%、熟練者は80%以上まで少しずつ上げながら行う。
- ・トレーニング回数とセット数は、それぞれ8～12回、2～4セットが推奨される。
- ・トレーニング頻度は、各主要筋群に対して週2～3回行う。

緒言において、国民の運動習慣や歩数の増加、また、身体活動量の増加のため、そして生活習慣病や高齢者に多く見られるサルコペニア、フレイル、ロコモティブシンドロームの予防のために骨格筋量や筋力を増加させることが有益であることを説明したが、筋肉量の増大のためのトレーニングとして、本総説で説明した筋力トレーニング法を今後のトレーニング実施の際の参考にしていただけると幸いである。

参考文献

- 1) 内閣府：令和4年高齢社会白書。令和3年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況，2022。
- 2) 厚生労働省：健康日本21（第二次）。国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針。
https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf，（参照：2021年9月10日）
- 3) 厚生科学審議会健康日本21（第二次）推進専門委員会：健康日本21（第二次）最終評価報告書（案）。
<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000951721.pdf>，（参照：2022年9月14日）。
- 4) 厚生労働省：運動基準・運動指針の改定に関する検討会報告書。
<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>，（参照：2022年9月3日）
- 5) Foong YC, Chherawala N, Aitken D, Scott D, Winzenberg T, Jones G: Accelerometer-determined physical activity, muscle mass, and leg strength in community-dwelling older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 7(3): 275-283, 2016.
- 6) Cooper C, Dere W, Evans W, Kanis JA, Rizzoli R, Sayer AA, Sieber CC, Kaufman J-M, Abellan van Kan G, Boonen S, Adachi J, Mitlak B, Tsouderos Y, Rolland Y, Reginster J-YL: Frailty and sarcopenia: definitions and outcome parameters 23(7): 1839-1848, 2012.
- 7) Yoshimura N, Muraki S, Iidaka T, Oka H, Horii C, Kawaguchi H, Akune T, Nakamura K, Tanaka S: Prevalence and co-existence of locomotive syndrome, sarcopenia, and frailty: the third survey of Research on Osteoarthritis/Osteoporosis Against Disability (ROAD) study. *J Bone Miner Metab* 37(6): 1058-1066, 2019.
- 8) サルコペニア診療ガイドライン作成委員会：サルコペニア診療ガイドライン（一部改訂）。第1版，ライフサイエンス出版，東京，1-10，2020。
- 9) 谷本芳美，渡辺美鈴，河野令，広田千賀，高崎恭輔，河野公一：日本人筋肉量の加齢による特徴。日本老年医学会雑誌 47(1)：52-57，2010。
- 10) Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW: Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res* 31(12): 3508-3523, 2017.
- 11) Figueiredo VC, de Salles BF, Trajano GS: Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: the most effective variable in resistance training. *Sports Med* 48(3): 499-505, 2018.
- 12) Schoenfeld BJ: The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res* 24(10): 2857-2872, 2010.
- 13) Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvão DA, Trajano GS, Teodoro JL, Kraemer WJ, Häkkinen K, Pinto RS: Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: systematic review and network meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 53(6): 1206-1216, 2021.
- 14) Nunes JP, Kassiano W, Costa BDV, Mayhew JL, Ribeiro AS, Cyrino ES: Equating resistance-training volume between programs focused on muscle hypertrophy. *Sports Med* 51(6): 1171-1178, 2021.
- 15) Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW: Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 35(11): 1073-1082, 2017.
- 16) Baz-Valle E, Balsalobre-Fernández C, Alix-Fages C, Santos-Concejero J: A systematic review of the effects of different resistance training volumes on muscle hypertrophy. *J Hum Kinet* 81: 199-210, 2022.
- 17) Alves RC, Prestes J, Enes A, de Moraes WMA, Trindade TB, de Salles BF, Aragon AA, Souza-Junior TP: Training programs designed for muscle hypertrophy in bodybuilders: a narrative review. *Sports (Basel)* 8(11): 149. doi: 10.3390/sports8110149, 2020.
- 18) Schoenfeld BJ, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K, Belliard R, Alto A: Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Med Sci Sports Exerc* 51(1): 94-103, 2019.
- 19) Brigatto FA, Lima LEM, Germano MD, Aoki MS, Braz TV, Lopes CR: High resistance-training

- volume enhances muscle thickness in resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 36(1): 22-30, 2022.
- 20) Iversen VM, Norum M, Schoenfeld BJ, Fimland MS: No time to lift? designing time-efficient training programs for strength and hypertrophy: a narrative review. *Sports Med* 51(10): 2079-2095, 2021.
- 21) Krzysztofik M, Wilk M, Wojdała G, Gołaś A: Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *Int J Environ Res Public Health* 16(24): 4897. doi: 10.3390/ijerph16244897, 2019.
- 22) Fink J, Schoenfeld BJ, Kikuchi N, Nakazato K: Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. *J Sport Med Phys Fit* 58(5): 597-605, 2018.
- 23) Ozaki H, Kubota A, Natsume T, Loenneke JP, Abe T, Machida S, Naito H: Effects of drop sets with resistance training on increases in muscle CSA, strength, and endurance: a pilot study. *J Sports Sci* 36(6): 691-696, 2018.
- 24) Varović D, Žganjer K, Vuk S, Schoenfeld BJ: Drop-set training elicits differential increases in non-uniform hypertrophy of the quadriceps in leg extension exercise. *Sports (Basel)* 9(9): 119. doi: 10.3390/sports9090119, 2021.
- 25) Enes A, Alves RC, Schoenfeld BJ, Oneda G, Perin SC, Trindade TB, Prestes J, Souza-Junior TP: Rest-pause and drop-set training elicit similar strength and hypertrophy adaptations compared with traditional sets in resistance-trained males. *Appl Physiol Nutr Metab* 46(11): 1417-1424, 2021.
- 26) Schoenfeld BJ, Grgic J: Can drop set training enhance muscle growth? *Strength and Conditioning Journal* 40(6): 95-98, 2018.
- 27) Fink J, Schoenfeld BJ, Sakamaki-Sunaga M, Nakazato K: Physiological responses to agonist-antagonist superset resistance training. *Journal of Science in Sport and Exercise* 3(3): 355-363, 2021.
- 28) Davies TB, Tran DL, Hogan CM, Haff GG, Latella C: Chronic effects of altering resistance training set configurations using cluster sets: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 51(4): 707-736, 2021.
- 29) American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams & Wilkins, 10th Ed, Philadelphia, 143-179, 2018.

(受理日 2022年10月21日)