

# 論文の内容の要旨

## 高齢者を対象とした筋発揮張力維持スロー法に関する研究

渡邊裕也

### 【緒言】

ヒトは加齢とともに筋萎縮、筋力低下が生じる。これをサルコペニア（加齢性筋減弱症）と呼ぶ。サルコペニアは高齢者にとって健康上大きな問題であり、介護予防の観点からその予防・改善は社会的に重要な課題である。現在、サルコペニア予防に最も有効と考えられている処方レジスタンストレーニングである。一般的に、筋肥大・筋力増強を目的とした場合、最大挙上重量(1RM: one-repetition maximum)の80% (80% 1RM) 程度の比較的高負荷強度を用いることが広く推奨されており、65% 1RM 以下の負荷強度では筋持久力の向上は認められるが、筋肥大効果はほとんどないとされている。レジスタンストレーニングにおける負荷強度の重要性は高齢者にも当てはまるとされるが、高齢者が高負荷強度レジスタンストレーニングを実施する場合、筋力発揮に伴う強いメカニカルストレスや循環器への負担が懸念され、安全性に注意する必要がある。

一方、低速度で筋発揮張力を維持した状態で動作する「筋発揮張力維持スロー法 (LST: Low intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation)」は、50% 1RM 程度の比較的低負荷強度でも、標準的な高負荷強度

レジスタンストレーニング(約 80% 1RM)と同程度の筋肥大・筋力増強効果をもたらすことが報告されている。LST は用いる負荷が軽いため、安全で効果的なレジスタンストレーニング法として期待されているが、高齢者を対象とした研究報告はない。そこで、本博士論文では、高齢者が LST を実施したときの長期的効果および一過的生理応答を検討し、実際の現場での運用を想定したプロトコル(集団指導・自体重負荷)でのトレーニングへとつなげることを目的として研究を行った。

#### 【研究 1】 高齢者を対象とした筋発揮張力維持スロー法 (LST) の筋肥大・筋力増強効果の検討

研究 1 では、高齢者が LST を実施したときの筋肥大・筋力増強効果を検討することを目的とした。比較対照群として、LST と同負荷強度、同トレーニング容量(反復回数 × セット数)で通常動作速度で行うレジスタンストレーニング(LN: Low intensity resistance exercise with normal speed)を設定した。59~76 歳の軽度の運動習慣のある高齢者 35 名(男性 17 名、女性 18 名)を LST 群、LN 群の 2 群に分け、12 週間の運動介入実験(週 2 回実施)を行った。両群ともレジスタンストレーニングの負荷強度は 50% 1RM、反復回数およびセット数は 8 回、3 セットとした。各群のレジスタンストレーニングの動作様式は LST 群で 3 秒エキセントリック、3 秒コンセントリック、1 秒アイソメトリックの動作とし、LN 群で 1 秒コンセントリック、1 秒エキセントリック、1 秒リラックスの動作とした。運動種目はレッグエクステンションおよびレッグカールとした。運動介入前後で大腿前部・後部の筋厚(超音波法)および膝伸展・屈曲の筋力を測定した。その結果、LST 群では運動介入前に比べ有意な筋厚の増加および筋力増強が確認された。一方、LN 群では運動介入により有意な筋力増強が認められたが、筋肥大効果に関しては限定的であった。

#### 【研究 2】 高齢者を対象とした筋発揮張力維持スロー法 (LST) の一過的生理応答の検討

LST が比較的低負荷強度を用いながらも筋肥大をもたらすメカニズムは完全に解明されていないが、運動中の持続的な筋張力発揮によって引き起こされる主働筋の筋酸素化レベルの著しい低下(高負荷強度レジスタンストレーニングよりも著しく低下)や成長ホルモンなどの分泌亢進といった一連の一過的生理応答が重要な役割を果たしていると考えられている。しかし、高齢者が LST を実施した場合の一過的生理応答は不明である。そこで研究 2 では、高齢者が LST を実施した時の一過的生理応答を高負荷強度(80% 1RM)通常レジスタンストレ

ーニング (HN: High intensity resistance exercise with normal speed)、低負荷強度 (50% 1RM) 通常レジスタンストレーニング (LN) を実施した時と比較した。反復回数とセット数はすべての運動試技で8回×3セットとした。61~76歳の健康な高齢者24名(男女各12名)を被験者とした。採血を運動開始前、運動直後、20分後に行い乳酸、成長ホルモン、ノルアドレナリン、コルチゾールの血中濃度を測定した。さらに、運動による収縮期血圧の変化も測定した。その結果、ノルアドレナリンの血中濃度はLSTにより有意に上昇したが、主働筋の筋酸素化レベルの著しい低下や血中成長ホルモン濃度の上昇は起きなかった。また、LSTによる収縮期血圧の上昇度はLNと同程度で、HNに比べ有意に低値を示した。

### 【研究3】30% 1RM 負荷強度で行う筋発揮張力維持スロー法 (LST) の筋肥大・筋力増強効果の検討

研究1、2により、少なくとも高齢者においては、主働筋の筋酸素化レベルの著しい低下や血中成長ホルモン濃度の上昇といった一連の一過的生理応答はLSTによる筋肥大と強い関係性がないことが示唆された。したがって、一過的生理応答を引き起こすために必要とされた負荷強度50% 1RMという条件も高齢者に対しては成立しない可能性がある。そこで、研究3では、より負荷強度の低い30% 1RMで行うLSTが高齢者に対して筋肥大・筋力増強に効果的か否かを検討することを目的とした。なお、反復回数は研究1とトレーニング容量を合わせるため13回とした。60~77歳の健康な高齢者18名(男性14名、女性4名)をLST群、LN群の2群に分け、12週間の運動介入実験(週2回実施)を行った。運動種目はレッグエクステンションとした。運動介入前後で大腿四頭筋の筋横断面積(MRI法)および膝伸展の筋力を測定した。その結果、LST群では運動介入前に比べ有意な筋横断面積の増加が確認されたが、LN群では有意な変化は認められなかった。一方、筋力に関しては、両群ともに運動介入により有意に増加した。

### 【研究4】筋発揮張力維持スロー法 (LST) の現場応用

これまでの研究から、低負荷強度(30~50% 1RM)で行うLSTは高齢者においても、比較的 safely に実施可能で筋肥大・筋力増強に効果的であることが示された。しかし、研究1、3は専用のレジスタンストレーニングマシンを用いたマンツーマン指導の運動介入であり、実際の現場での運用を考えると広く実践できる汎用性の高い方法とは言い難い。実際の介護予防・健康維持増進を目的とした運動教室では、スクワットなどの自体重レジスタンストレーニングを集団

指導で行うことが一般的である。LSTは30% 1RMの負荷強度でも筋肥大・筋力増強が生じることから、特別な器具を使わずに実施できる自体重レジスタンストレーニングに応用することで、従来よりも大きな筋肥大・筋力増強効果を期待できるかもしれない。しかし、LSTは筋を肥大させるという点では極めて効果的である一方、ダイナミックな動作における神経系の改善という点ではあまり効果的でないことが指摘されている。このことは、立ち上がり速度や歩行速度のような日常の実動作における運動機能の改善をあまり期待できないことを示唆しており、高齢者の総合的な機能改善には、LSTと神経系の機能に特化したプログラムを組み合わせることが必要であると考えられる。そこで本研究では、集団指導による自体重レジスタンストレーニングと動作改善トレーニングを組み合わせた運動プログラムを高齢者に対して介入して、その筋肥大・筋力増強効果および運動機能改善効果を異なるレジスタンストレーニングの動作様式(LSTとLN)で比較することを目的とした。60~75歳の軽度の運動習慣のある高齢者39名(男性20名、女性19名)をLST群、LN群の2群に分け、16週間の運動介入を行った。運動の頻度は週3回(1回は運動教室での集団指導、2回は自宅での自主運動)とした。レジスタンストレーニング種目はスクワット、スプリットスクワット、プッシュアップ、バックエクステンション、ニートゥーチェストの5種目とし、動作改善トレーニングは反動壁プッシュアップ、反動椅子立ち上がり運動、反動起き上がり運動、大股歩きの4種目とした。セット数は各1セットとした。運動介入前後で全身7部位(上腕部前後、胸部、腹部、上背部、大腿部前後)の筋厚(超音波法)、膝伸展および肩水平内転の筋力、運動機能(歩行速度、椅子座り立ち時間、開眼片足立ち、2ステップ値、脚伸展パワー)を測定した。その結果、両群とも膝伸展、肩水平内転の筋力、2ステップ値、脚伸展パワーは有意に増加し、椅子立ち上がり時間は短縮する傾向が認められた。しかし、歩行速度および全身7部位(上腕部前後、胸部、腹部、上背部、大腿部前後)の筋厚に有意な変化は認められなかった。なお、いずれの測定項目においても有意な群間差は認められなかった。

#### 【まとめ】

本研究により、高齢者におけるLSTについて、1) 負荷強度50% 1RM、8回×3セットのプロトコルを長期介入することで筋肥大・筋力増強が生じること、2) 若齢男性を対象とした先行研究でLSTによる筋肥大に重要な役割を果たしていると考えられている一連の一過的生理応答が高齢者では観察されないこと、3) LSTは高齢者においても収縮期血圧の上昇度が低い比較的安全なレジスタンストレーニング法であること、4) 負荷強度30% 1RM、13回×3セットのプロト

コルを長期介入することで筋肥大・筋力増強が生じること、5) LST による自体重レジスタンストレーニングと動作改善トレーニングを組み合わせた運動プログラムは各種目 1 セットであっても軽度の運動習慣を有する高齢者の筋力増強・機能改善に効果的であるが、筋肥大効果は認められないことが示された。これらの結果と文献などの情報をまとめると、LST による長い筋力発揮時間や大きな力積が筋肥大と関連している可能性が考えられる。本研究により得られた知見は高齢者のサルコペニア予防に効果的かつ安全に実施可能で汎用性の高いレジスタンストレーニング法の開発に寄与するものであると考えられる。