

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者 氏名 渡邊 裕也

加齢に伴う骨格筋量の減少(サルコペニア)は、転倒、自立不能、全身的な衰弱、糖代謝機能の低下などの要因となる。したがって、介護予防の観点から、効果的にサルコペニアを予防・改善する方法を開発し普及することは喫緊の課題といえる。これまでの研究から、サルコペニアの予防・改善に最も効果的な手段はレジスタンストレーニング(筋力トレーニング)であるとされている。しかし、レジスタンストレーニングによって筋肥大や筋力増強をはかるためには、負荷強度条件が最も支配的であり、通常のトレーニング方法の場合には、最大挙上負荷重量(1RM)の約 70%以上の負荷強度を用いることが、年齢、性別を問わず推奨されている。一方、高齢者を対象とする場合、このような高負荷強度を用いたトレーニングは、整形外科的な外傷・障害や血圧の急上昇などのリスクを伴うという指摘がある。したがって、より低負荷強度のもとでも、効果的に筋肥大と筋力増強をもたらすトレーニング法の開発が求められる。本論文は、そうした可能性のある方法として、Tanimoto & Ishii (2006)による「筋発揮張力維持スロー法」(Low-intensity training with slow movement and tonic force generation; LST)に着目し、高齢者が LST を実施した場合の急性効果と長期的効果を詳細に検討することで、その有効性を明らかにしたものである。さらに、得られた知見をもとに、特別な設備を必要とせず集団で行える、実用的な運動プログラムへの LST の導入も試みている。

本論文は序章を含み全 6 章からなる。序章は研究の背景、第 1 章は LST が筋サイズと筋力に及ぼす長期効果、第 2 章は LST に対する一過的生理応答、第 3 章は負荷強度をさらに低減した場合の長期効果、第 4 章は実用的な運動プログラムへ LST を導入した場合の効果について論じ、第 5 章は総括論議となっている。

序章では、サルコペニアの特徴と介護予防との関連性についての先行研究をまとめるとともに、その予防策として、低負荷強度のもとでも筋肥大と筋力増強をもたらす LST の有用性と可能性について論じている。

第 1 章～4 章はいずれも、平均年齢約 70 歳の高齢男女(延べ 116 名)を対象に行った実験について述べたものであり、それらをまとめると次のようになる。下肢筋に対する LST(動作様式、3 秒で挙上、1 秒静止、3 秒で下降;負荷強度 50%1RM、8 回×3 セット、週 2 回)を 12 週間行ったところ、有意な筋肥大と筋力増強が生じた。一方、同負荷強度、同トレーニング容量の通常動作様式トレーニング(LN 群;1 秒で挙上、1 秒で下降)を行った場合には、筋力増強効果は認められたものの有意な筋肥大は起こらず、LST 群との間で効果に有意差が認められた(第 1 章)。そこで、LST の効果のメカニズムについての知見

を得るため、運動中および運動直後の生理応答を、LSTとLNのそれぞれの場合で調べた。その結果、LSTではセットの後半に筋活動水準の上昇が見られたが、筋酸化レベル、血中乳酸濃度、血中アドレナリン濃度、血中成長ホルモン濃度などについてはLSTとLNの間で顕著な差が見られなかった(第2章)。この結果は、若齢者を対象とした Tanimoto & Ishii (2006)の報告と異なるものであり、彼らの提唱している「持続的張力発揮による筋内の低酸化が、筋肥大へとつながる液性因子の増加を引き起こす」というメカニズムが、少なくとも高齢者においては成立しないことを示唆する。同時に、筋内の低酸化を引き起こすと考えられる閾値(約 50%1RM)よりさらに低い負荷強度でも筋肥大効果がもたらされる可能性も示された。そこで、負荷強度を 30%1RM にまで低減した LST(膝伸筋を対象、13 回×3 セット、2 回/週、12 週)の長期効果について調べた。同負荷強度、同トレーニング容量で行う通常動作のトレーニングを比較対照群とした(LN 群)。その結果、LST でのみ筋横断面積の増加が起こり、LN 群との間に有意差が認められた(第3章)。この第3章の結果は、自体重のみを負荷とする LST にも、十分な筋肥大効果があることを示唆する。そこで、LST による自体重負荷のスクワット(1 セット)を組み入れた運動プログラムの長期効果を調べた。その結果、筋力増強効果は認められたものの、有意な筋肥大効果は認められなかった。その原因としては、トレーニング容量の不足が考えられた(第4章)。

以上の結果をふまえて、第 5 章で総括論議を行っている。第 1 章、3 章の結果から、LST は 30~50% 1RM という、通常のトレーニングでは筋肥大を生じさせない負荷強度でも筋肥大を引き起こし、運動中の血圧上昇の程度も低いことから、高齢者のサルコペニア予防・改善のために有用な方法であると結論づけられる。また、若齢者を対象とした研究から提唱されている LST のメカニズムに反し、筋内低酸化を経ることなく、30%1RM という低負荷強度で筋肥大が起こったことから、その効果のメカニズムにおいては、筋力発揮時間あるいは力積が重要な役割を果たしているのではないかと考察している。

本論文は、高齢者を対象とした LST が、30%1RM というきわめて低負荷強度でも筋肥大効果をもたらすことを示した点で社会的意義の大きなものと考えられる。こうしたトレーニング処方従来にはないものであり、介護予防や運動療法への応用が期待される。また、筋力発揮時間や力積が筋肥大効果に強く影響するという知見は、LST 法のみならず、一般的なトレーニングによる筋肥大のメカニズムについて再考を促すものであり、学術的価値も十分に高いものと評価できる。

したがって、本査会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。