

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者 氏名 谷本 道哉

筋にさまざまな形態の負荷抵抗をかけて行う運動（レジスタンストレーニング）は、若年者の基礎体力向上のためだけにとどまらず、外科的加療後のリハビリテーション、高齢者の筋萎縮（サルコペニア）や転倒の予防などのためにも有用性を増してきている。反面、多くの研究から、効果的に筋力を向上させたり、筋を肥大させたりするためには、少なくとも最大挙上負荷（1RM）の65%以上の高い負荷強度を用いる必要があるとされ、これらの筋の適応を引き起こす第一の刺激要因は強いメカニカルストレスであろうと考えられている。こうした高い負荷強度で行う運動は、一歩方法を誤ると、急性/慢性障害の原因となったり、急激な血圧上昇を引き起こしたりする危険を伴うことから、年少者、低体力者、高齢者などへの適用がしばしば問題視される。そのため、より低い負荷強度で効果的に筋機能の向上をもたらす、新たな運動・トレーニング方法を開発することが求められている。近年開発された「加圧トレーニング」は、そのために最も有力な手法のひとつと考えられる。この方法では、筋の基部を加圧し、局所的筋循環を適度に制限して運動を行うことにより、20%1RM程度というきわめて低い負荷強度で筋力向上や筋肥大を引き起こすことが可能である。しかし、筋循環を外的に制限する手法そのものが危険性を伴うため、高度の専門的知識なしにこの方法を用いることはできないという欠点がある。本研究は、運動中の動作と筋力発揮形態を工夫することにより、加圧トレーニングと同様の効果をもたらすことが期待される「筋発揮張力維持法」という新たな方法を提案し、若年男性を対象として、その短期的および長期的効果、日常動作における筋力発揮パターンなどに及ぼす効果を調べたものである。

筋が等尺性最大筋力の約40%以上の筋力を発揮すると、内圧の上昇により筋血流が阻害されることが報告されている。筋発揮張力維持法（Low-intensity exercise with slow movement and tonic force generation；以後LST法と略す）ではこの現象を利用し、低～中程度（約50%1RM）の筋力発揮を持続しながら運動を行うことで、加圧トレーニングの場合と同様のメカニズムがはたらき、筋機能の向上がもたらされることを期待している。

最初の実験（実験1）では、LST法を用いた運動（膝伸展運動）の生理学的および力学的特徴を明らかにし、さらにその長期的トレーニング効果について調べた。その結果、LST法の特徴として、1) 持続的な張力維持のために動作速度を適度に遅くする必要があること、2) 運動中の筋組織酸素化レベルが著しく低下し、筋内循環の抑制が示唆されること、3) 運動中の血圧上昇

が、高負荷強度の運動（80%1RM）に比べ低く抑えられること、などが判明した。さらに、この方法を用いたトレーニングを12週間行うことにより、膝伸展筋力の向上と、大腿四頭筋の横断面積の増加がもたらされた。これらは、高い強度（80%1RM）での通常トレーニング（張力維持を伴わない通常の動作）を行ったグループとほぼ同等の程度であった。一方、LST法と同一強度、同一仕事量の通常トレーニングを行ったグループでは、筋力も筋横断面積も増加しなかった。これらの結果から、LST法は、通常法では効果を発現しない程度の運動強度を用いて、安全かつ効果的に筋力向上と筋肥大をもたらすことが示された。

そこで、LST法のこうした効果のメカニズムについての知見を得るため、内分泌・代謝活性への効果につき調べ、等尺性トレーニング、加圧トレーニングを含む他のいくつかの方法と比較した（実験2）。その結果、LST法では、運動直後の血中乳酸濃度と血中成長ホルモン濃度が著しく上昇し、その程度は加圧トレーニング法の場合とほぼ同等であることが分かった。一方、LST法と同等の張力発揮を持続する等尺性トレーニング法では、筋組織酸化レベルの顕著な低下は起こるものの、上記のような内分泌・代謝系への効果は現れなかった。これらの結果から、LST法の効果には、筋血流の制限と、仕事（運動エネルギー）の発生という二つの条件が必要となることが示唆された。

LST法を特徴づける持続的な張力発揮形態は、日常動作、特にすばやい動作を効率的に行うための筋力発揮形態と大きく乖離していることから、LST法を用いたトレーニングが通常動作時の筋力発揮形態に何らかの影響を及ぼす可能性がある。そこで、LST法を用いた長期トレーニングが、自転車ペダリング運動における筋力発揮パターンに及ぼす効果について調べた（実験3）。その結果、全波整流した筋電図の「尖度」（振幅のピーク値を筋電図積分値で除したもの）がLST法のトレーニング後有意に低下し、トレーニングで用いた動作（膝伸展）以外の動作においても筋力発揮がより持続的（tonic）になることが示唆された。しかし、こうした影響が日常動作にとってマイナス要因となるかは明らかではない。

以上のように本研究は、LST法という新しいトレーニング法を提案し、主に生理学的手法によってその短期的および長期的効果を明らかにした点できわめて独自性の高いものと認められる。中高年や高齢者に対する効果を実証することは今後の課題として残っているが、少なくとも低体力者にとって安全で効果的な方法を提示し、その効果を実証したことは社会的意義も大きい。こうした点から、本論文の主要部（実験1）は、*Journal of Applied Physiology* 誌にも高く評価され、受理されるに至っている。

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