

筋力トレーニングに対する加圧の効果

藤竹晃平¹・肥合康弘²・大石康晴³

Effects of KAATSU on Muscular Training

Kohei FUJITAKE¹, Yasuhiro HIAI² and Yasuharu OISHI³

Abstract

KAATSU-training with lower intensity and loading is considered to have significant effects on our skeletal muscles. In this study, ten-healthy University male students were performed two times of muscular training with the same volume, frequency, intensity, and period with or without KAATSU, to estimate the effects of KAATSU on muscle power and muscle volume and area.

Following the training with KAATSU performed by 20% of 1 repetition maximum for 4 weeks, the increases in cross-sectional area and the volume were observed in upper-arm muscles, as well as the increase in muscle strength. In contrast, those changes could not be obtained following the training without the KAATSU.

The results indicate that the muscular training with KAATSU is useful for increase the muscle power and volume, even in lower loading and short period.

I. 緒 言

筋力の向上はスポーツ選手にとって不可欠のものである。現在さまざまなスポーツ現場で行われているレジスタンストレーニングは筋肥大, 筋力向上のために効果的な方法であるが, 筋肥大を引き起こすためには1RM (repetition max, 最大挙上筋力) の65%以上の強度が必要であり (Campos et al. 2002; Kraemer et al. 2004; McDonagh et al. 1984), さらに筋肥大が生じるには通常3, 4ヶ月の期間が必要であるとされている (Jones and Rutherford 1987; Staron et al. 1994; Abe et al. 2000)。

血流を制限して低強度 (20% of 1RM) のレジスタンストレーニングを行う加圧トレーニングは, 一般に行われている高強度のレジスタンストレーニングに代わるトレーニング方法になるかもしれない。加圧トレーニングとは血流を制限することによって, 低強度 (20% of 1RM) の運動でも, 高強度の運動と同じ効果が得られると言われているトレーニングである。最近の研究では, 高頻度の加圧トレーニングにより, 2週間という短い期間でも筋肥大が起き, その程度は3, 4ヶ月の通常の高強度レジスタンストレーニングと同程度であったことが示されている (Abe et al. 2005)。

筋肉には, 主に酸素を使って活動し筋力発揮が低い

遅筋線維と, 酸素をほとんど使わず活動し筋力発揮が高い速筋線維がある。また, 速筋線維は遅筋線維よりも筋肥大を起こしやすい。よってレジスタンストレーニングで筋肥大, 筋力向上を起こすためには速筋線維の動員が重要となる。通常筋肉はサイズの原理に従い, 運動単位の小さな遅筋線維から動員され, 運動強度が上がるにつれ運動単位の大きな速筋線維を動員する。一般に1RMの20%という低強度の負荷では, 速筋線維はほとんど動員されないため筋肥大は起こらず, 筋力も向上することはない。しかし加圧トレーニングは低強度の負荷にもかかわらず, 筋肥大と筋力向上が生じる (Takarada et al. 2000)。これは, 血流の制限により酸素が十分に供給されないため酸素を必要とする遅筋線維が活動しにくくなり, 相対的負荷強度の増大が, 酸素をあまり必要としない速筋線維もまた動員されるためと考えられている。つまり, 低強度の負荷でも, 高強度の負荷をかけている時と同じような状況が生じるというものである。さらに, 加圧による低強度トレーニングを行った結果, 高強度のトレーニングの3倍もの成長ホルモンが分泌されたことが報告されており (Kraemer et al. 1991; Takarada et al. 2000; Viru et al. 1998), これが筋肥大, 筋力向上に大きく関与すると考えられている。

レジスタンストレーニングによる筋肥大, 筋力向上の程度を決定する因子の1つとして, 筋線維組成が拳

¹ ボディートーク

² 熊本大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

³ 熊本大学教育学部生涯スポーツ福祉課程

げられる。速筋線維と遅筋線維の割合は筋肥大、筋力向上の程度を決定するうえで非常に重要であり、速筋線維の割合が多い人間の方が少ない人間よりも筋肥大、筋力向上に有利である。しかし人間の筋線維組成はほとんど遺伝的に決まっていて、トレーニングによって大きく変化することはない。つまりレジスタンストレーニングによる筋肥大、筋力向上の程度は筋線維組成などの遺伝的要素にも大きく依存しているのである。これまでの加圧トレーニングを用いた研究では、そのほとんどが被験者を2群にわけ、一方の群は加圧し、もう一方の群は加圧せずに同一トレーニングを行い、筋肥大、筋力向上の程度を検討してきた。しかしこの方法では筋線維組成などの個人差が考慮されておらず、トレーニング応答に対する個人差の影響が大きいと考えられる。

したがって、本研究では、個人差をなくすため同一被験者に対して、加圧をしない4週間の低負荷トレーニングと加圧を加えた4週間の同一トレーニングを実施し、加圧の効果を検討した。

II. 方 法

1. 対象

被験者は、健康な男子大学生10名（平均年齢21.9±0.9歳、平均身長173.2±7.6cm、平均体重70.3±5.9kg）とした。過去に加圧トレーニングの経験がある者はいなかった。被験者には、本研究の趣旨等（目的、効果、意義、危険性など）を十分に説明し参加への同意を得た上で実験を開始した。被験者は1RMの20%の負荷での低強度トレーニング（Low intensity training, LIT）、および同一負荷で加圧ベルトを用いた低強度加圧トレーニング（LIT-KAATSU）の両方を行った。なお、トレーニングは加圧トレーニングの有資格者の指導のもとで行った。

2. トレーニングプロトコール

被験者は、はじめにLITを週3回の頻度で4週間、その後、約3週間の休養期間をおいた後、LIT-KAATSUを同様に4週間、それぞれベンチプレス、アームカール、ベントオーバーロウイングの3種目を、各1RMの20%の負荷で30回3セット、休息时间30秒で行った。LIT-KAATSUは、両腕の付け根に専用の加圧ベルトを巻いて行った。加圧ベルトの圧力は、加圧トレーニング男性初心者の平均的な値である130mmhgとした。

3. 身体測定

被験者はトレーニング開始前、LIT直後、および

LIT-KAATSU直後に、体重、胸囲、右上腕囲を測定した。

4. 最大挙上筋力（1RM）測定

被験者はトレーニング開始前、LIT終了直後、LIT-KAATSU終了直後にベンチプレス、アームカール、ベントオーバーロウイングの3種目の1RMを測定した。補助なしで、指定した可動域全体で適切なフォームで挙上した時点で成功とみなした。測定時に使用するウエイトは、指定した可動域全体で動作ができなくなるまで、2.5kgきざみで増加させた。挙上に失敗した場合、2回の再挑戦まで認めた。

5. 筋横断面積および筋容量測定

MRIを用いて上腕部の横断面を撮影し、面積測定ソフトCell Trace II and JW winで筋横断面積、筋量を測定した。MRIの撮影は右上腕骨の近位端骨頭と遠位端骨頭の中点から、近位方向に5枚、遠位方向に10枚の合計15枚を上腕骨に垂直に1cm間隔（中点から近位方向に4.5cm、遠位方向に9.5cmの範囲）で撮影した。

6. 統計処理

トレーニング前、LIT後、LIT-KAATSU後にそれぞれ得られたデータは平均±標準偏差で表し、その比較にはPaired Student-t Testを用いて統計処理を行い、危険率5%未満を有意とした。

III. 結 果

1. ベンチプレス、アームカール、ベントオーバーロウイング1RMの変化

ベンチプレス1RMの変化について図1-Aに示した。LITでは変化がなかったのに対し、LIT-KAATSUでは有意な増加がみられた（+3.8%）。アームカール1RMの変化について図1-Bに示した。LIT、LIT-KAATSUともに有意な増加がみられた（LIT、+2.9%、LIT-KAATSU、+10%）。ベントオーバーロウイング1RMの変化について1-Cに示した。LITでは変化はなかったが、LIT-KAATSUでは有意な増加がみられた（+5.0%）。

2. 身体的特徴の変化

体重と胸囲については両トレーニングの影響は認められなかった。右上腕囲はLITでは変化はなかったが、LIT-KAATSUでは2%の有意な増加がみられた。

3. 右上腕筋の最大筋横断面積および筋容積の変化

図 1-A

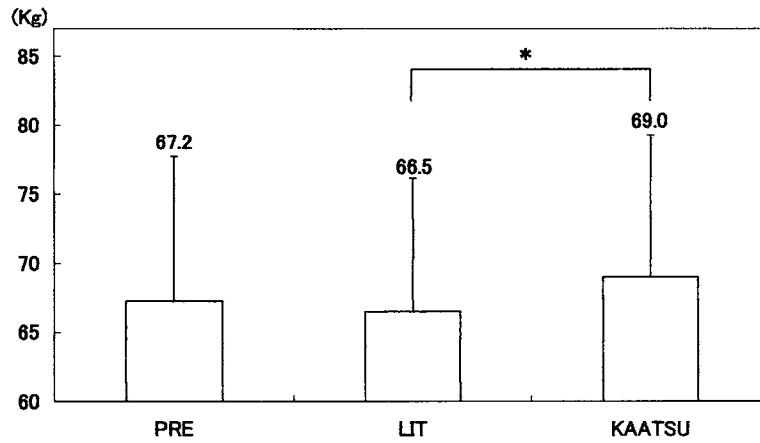


図 1-B

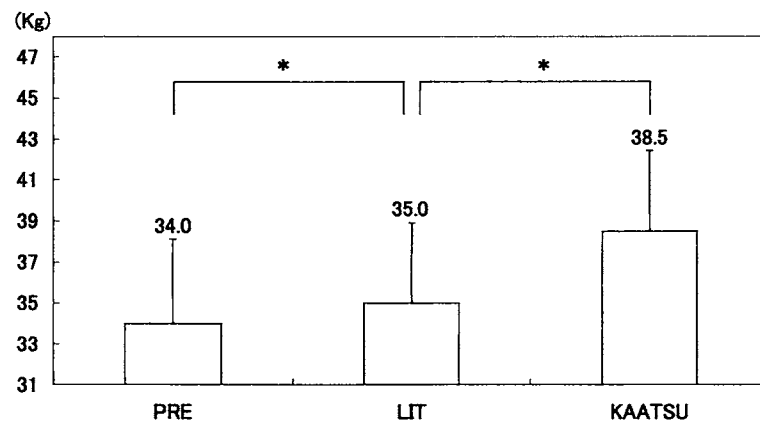


図 1-C

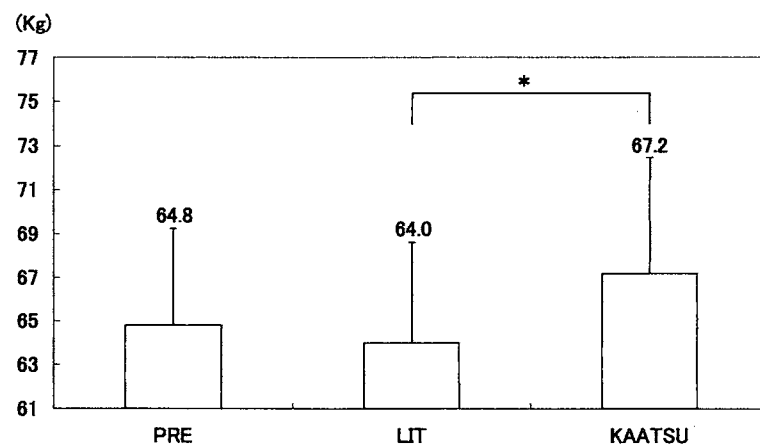


図 1 トレーニングによるベンチプレス (A), アームカール (B), ベントオーバーローイング (C) の IRM の変化. PRE はトレーニング前の値を示す. *, $p < 0.05$

図 2 - A

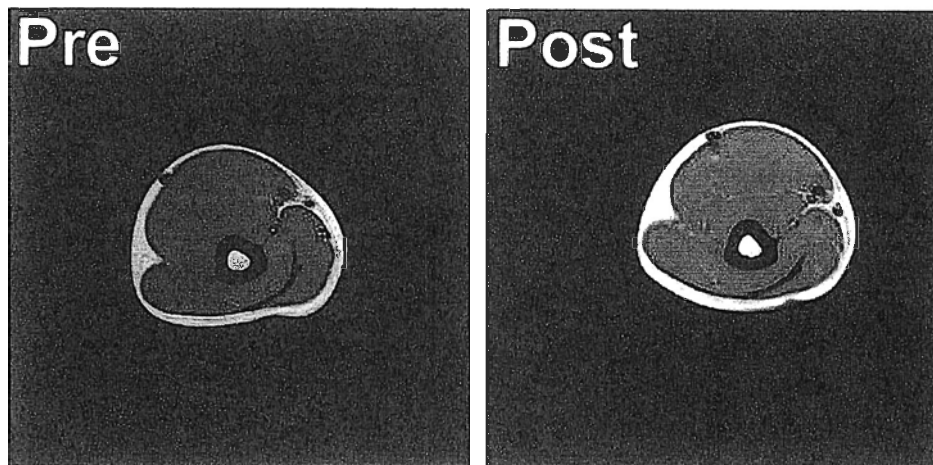


図 2 - B

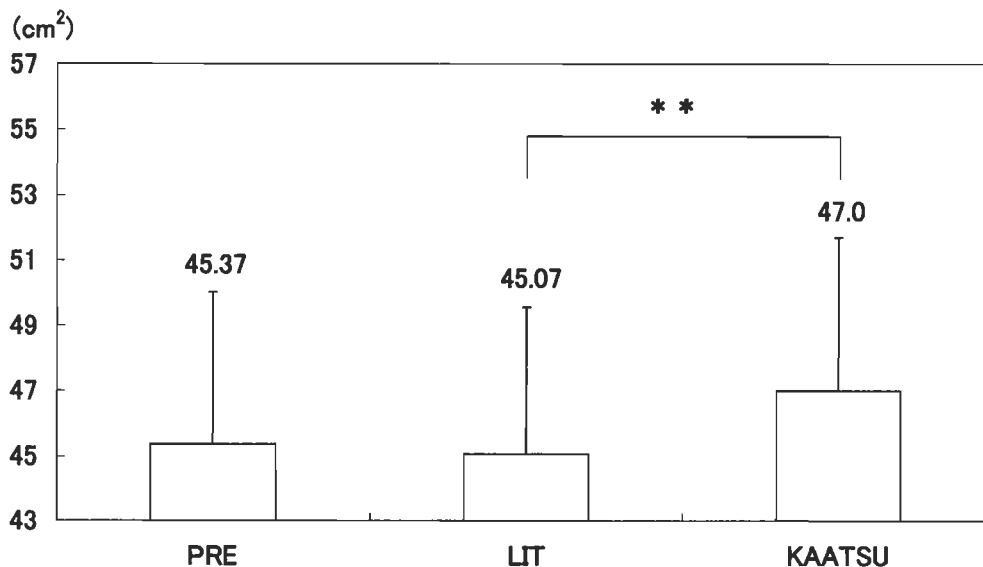


図 2 加圧トレーニング前 (Pre) と後 (Post) における右上腕筋最大横断面の MRI 画像の比較 (A) およびトレーニングによる右上腕筋横断面積の変化 (B)。PRE はトレーニング前の値を示す。

** , $p < 0.01$

10 名の中で最も肥大率が大きかった被験者の右上腕筋の最大横断面積部位の MRI 画像を図 2 - A に示した。これは、上腕骨の midpoint から遠位方向に 5.5cm の同一部位にあたり、LIT-KAATSU により筋横断面積が 12.6% 増加した。図 2 - B には、各トレーニング後の最大筋横断面積の変化を平均値で示した。最大筋横断面積は LIT では変化はなかったが、LIT-KAATSU では 4.3% の有意な増加が認められた。

次に、右上腕筋容積の変化について図 3 に示した。右上腕筋容積は LIT では変化はなかったが、LIT-KAATSU では 3.6% の有意な増加が認められた。

4. 相対筋力の変化

相対筋力の変化について図 4 に示した。相対筋力は、最大筋横断面積の単位面積あたりのベンチプレス 1RM (kg/cm²) の値で表した。相対筋力は、LIT、LIT-KAATSU ともに有意な変化はみられなかった。

IV. 考 察

これまでのほとんどの先行研究では、筋力トレーニング効果への加圧の影響を検討するために、被験者を「加圧をする群」と「しない群」の 2 群に分けてト

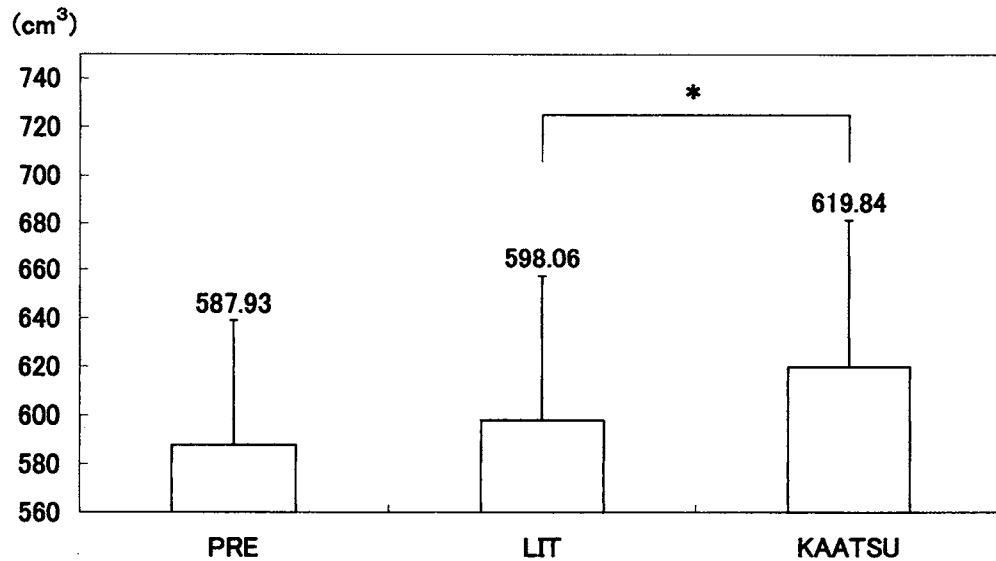


図3 トレーニングによる右上腕筋容積の変化. PREはトレーニング前の値を示す. *, $p < 0.05$

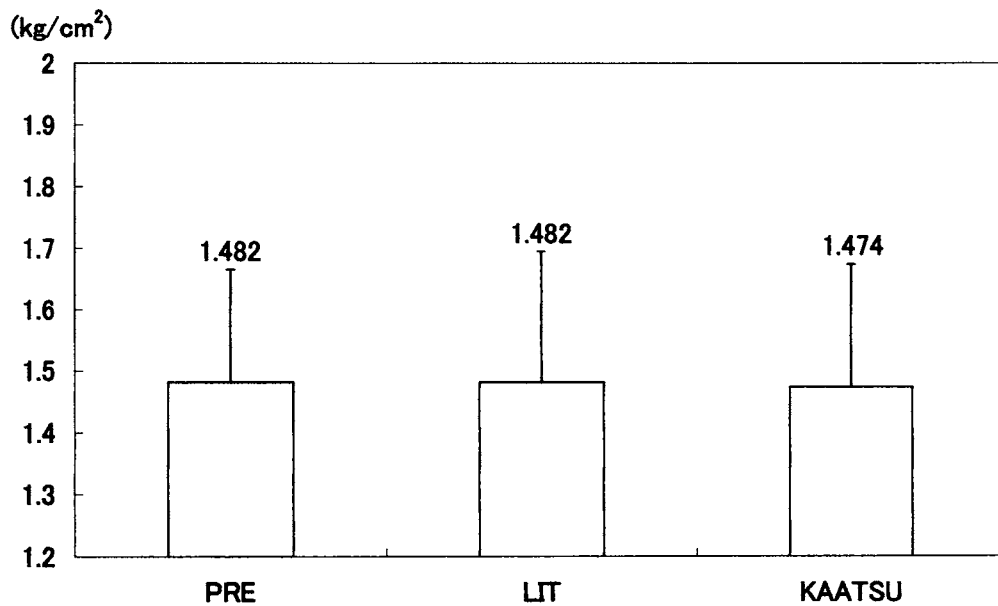


図4 トレーニングによる相対筋力の変化. PREはトレーニング前の値を示す.

トレーニングを行ってきた。しかしこれらの2群間では、筋肥大、筋力向上の程度を決定する大きな要因となる筋線維組成の違いや肥大応答など、トレーニング応答の個人差を配慮していないという欠点がある。

このため、本研究では、これまで考慮されてこなかったトレーニング応答に対する個人差を解消するため、被験者に「加圧をしなかった場合 (LIT)」と「加圧をした場合 (LIT-KAATSU)」の同一低強度レジスタンストレーニングを負荷し、それによる加圧の効果を検討した。

本研究で用いた最大挙上回数 (1RM) の20%という負荷強度は、通常の筋力トレーニングではほとんどその効果は認められない。そのため、最大筋力の増加や筋肥大を目的とする場合には通常1RMの70%~100%の負荷でトレーニングを行う必要がある。しかしながら本研究では、ベンチプレス、ベントオーバーロウイングにおいて「加圧をした場合 (LIT-KAATSU)」のみ最大筋力 (1RM) の有意な向上がみられた。この結果は、1RMの20%という低強度にもかかわらず加圧により筋肥大・筋力向上を起こすことを示すものである。また、今回の研究では、アームカー

ルにおいて「加圧をしなかった場合 (LIT)」でも有意な 1RM の向上がみられた。これは、他の 2 種目と違いアームカールのみが単関節運動である点が考えられる。一般に 1RM 向上の要因として、筋肥大に加えて神経系の改善や拳上動作技術の向上などの要因が挙げられる。単関節運動であるアームカールは、他の 2 種目と比べ 1RM テストの動作基準を設定することが難しく、テスト結果が拳上動作技術により大きく左右される可能性があり、今回の 1RM の向上は拳上動作技術が向上したためだと考えられる。

最大筋横断面積の単位面積あたりのベンチプレス 1RM の重量で表した相対筋力 (kg/cm^2) は、「加圧をしなかった場合 (LIT)」、「加圧をした場合 (LIT-KAATSU)」ともに有意な変化はみられなかった。筋肥大は、筋線維そのものの肥大のほか、水分含有量の増加などの理由も考えられる。仮に、今回生じた筋肥大の主な要因が水分含有量の増加に起因するのであれば、相対筋力は低下する。したがって、相対筋力に有意な変化がなかった今回の結果は、筋肥大が筋線維そのものの肥大によるものであり、これが筋力の向上に寄与したと判断される。類似した結果が下半身の加圧トレーニングで報告されている。2 週間の下半身の低強度加圧トレーニングを行った研究報告 (Abe et al., 2005) では、スクワットでの筋力が 16.8% 向上し、さらに MRI を用いて下半身の筋横断面積を測定した結果 8.5% の筋肥大が認められた。同時に、相対筋力に変化はなく、加圧トレーニングによる筋肥大が筋線維そのものの肥大だということが明らかにされている。

本研究により、トレーニングに対する個人差の影響 (適応応答の違い) を排除した上で、非常に強度の低いトレーニングに対して加圧トレーニングが有効であることが明らかとなった。具体的には、加圧を施すことにより、1RM の 20% の低強度で週に 3 回、4 週間のレジスタンストレーニングを行うことにより、上腕筋の有意な肥大、筋量の増加および筋力向上が認められた。

加圧トレーニングにより筋肥大、筋力向上が認められた研究は多数報告されているが、スポーツパフォーマンスへの直接的な影響について検討した研究はほとんどみられない。スポーツ現場において、加圧トレーニングがこれまでの一般的なレジスタンストレーニングに代わるトレーニングになるためには、加圧トレーニングがスポーツパフォーマンスへ与える直接的な効果を検討することが必要であろう。ウエイトリフティングや投てき種目といった筋力への依存度が高く、そ

れが直接パフォーマンスに影響すると考えられる競技には、加圧トレーニングは非常に有効であると考えられる。

V. 謝 辞

本研究にあたり、MRI 撮影に協力していただいた熊本大学医学部保健学科 伊藤雅浩先生、ならびに加圧トレーニングに協力していただいたクローバーズ 4 のスタッフの皆様にご心から感謝いたします。さらに、被験者として参加いただいた、熊本大学教育学部生涯スポーツ福祉課程の学生の皆様に改めて感謝の意を表します。

VI. 参 考 文 献

1. Abe T, DeHoyos DV, Pollock ML, Grazarella L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol* 81: 174-180.
2. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K, Koizumi K, Ishii N. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily KAATSU resistance training. *Int J KAATSU Training Res* 1: 6-12.
3. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, Staron RS. (2002). Muscular adaptation in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 88: 50-60.
4. Jones DA, Rutherford OM. (1987). Human muscle strength training: the effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. *J Physiol* 391: 1-11.
5. Kraemer RR, Kilgore JL, Kraemer GR, Castracane VD. (1991). Growth hormone, IGF-1, and testosterone responses to resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 24: 1346-1352.
6. Kraemer WJ, Ratamess NA. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674-688.
7. McDonagh MJN, Davies CTM. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol* 52: 139-155.
8. Staron RS, Karapondo DL, Kreamer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in

- men and women. *J Appl Physiol* 76: 1247-1255.
9. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol* 88: 2097-2106.
10. Viru M, Jansson E, Viru A, Sundberg CJ. (1998). Effect of restricted blood flow on exercise-induced hormone changes in healthy men. *Eur J Appl Physiol* 77: 517-522.