

在宅での短期間レジスタンストレーニングが高齢者の身体機能と形態に及ぼす影響

The effect of a short-term resistive training on functional capacity and morphology for elderly individuals.

富田 彩*
吉子 彰人*

齋藤 輝*
日置 麻也**

安藤 良介*
秋間 広***

Aya TOMITA *
Akito YOSHIKO *

Akira SAITO *
Maya HIOKI **

Ryosuke ANDO *
Hiroshi AKIMA *.*.*

The purpose of this study was to investigate the effect of a short-term resistive training on functional capacity and morphology for the elderly men and women. Twenty-three elderly volunteers (11 men and 12 women, mean age: 72.4 ± 5.1 years) participated in this study. The subjects were requested to perform resistive training at least three times a week for 6 weeks at their own home. The training program consists of five different types of resistive exercises, i.e. rising from the chair, hip flexion, calf raise, hip abduction, and sit up. Four functional capacity tests, i.e. rise from a chair ten reps (Chair Up), the time to walk 5 m (5 m Walk), the time to rise from the floor (Supine Up), and the number of reps to sit up for 30-sec (Sit-Up) and a morphological test, i.e. thickness of muscle and subcutaneous fat at the anterior mid-thigh using ultrasonography were measured before and after the training. All four functional tests were significantly improved after the training (8.8% to 59.6%). However, thickness of muscle and subcutaneous fat in the thigh was unchanged. These results suggest that a short-term resistive training does not seem to induce morphological change, but it may improve physical capacity of daily life activities for elderly individuals.

I 緒言

近年、“健康寿命”を延ばすための取り組みが推進されている。“健康寿命”とは、2000年に世界保健機構によって提唱された言葉で、「健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間」と定義されている (Murray et al., 2000)。健康寿命は、平均寿命から介護が必要な期間を除いたものを意味している。したがって、高齢者が健康寿命を延ばすためには、できる限り要介護期間を短縮させることや、長期間自立した日常生活を送ることが必要と思われる。しかしながら、日常生活における身体動作を担うヒト骨格筋の機能や形態は25-30歳頃にピークに達した後、加齢に伴って低下をはじめ、50歳以降著しく低下することが明らかにされている (Young et al., 1985; Kallman et al., 1990; Frontera et al., 1991; Hurley, 1995; Lindle et al., 1997)。Akima ら (2001) は、高齢者の膝伸展・屈曲の等速性最大トルクが若齢者

のそれと比較して顕著に低値であり、膝伸展トルクと大腿四頭筋の筋横断面積の間に有意な相関があることを示している。つまり、自立した生活を維持し、健康寿命を伸長させるためには、積極的な運動トレーニングなどにより加齢に伴う筋機能低下や筋形態の低下を遅延させることが必要と考えられる。

加齢による筋力低下を緩やかにし、高齢者が筋機能を維持向上する効果的な運動処方として、レジスタンストレーニングが挙げられる。Frontera ら (1988) は60-72歳の高齢者を対象に、週3回、12週間の膝伸展・屈曲動作に関するレジスタンストレーニングの影響を検証した。その結果、大腿部筋横断面積が約10%増加することや、膝伸展・屈曲動作による等尺性発揮筋力が約2倍に向上したことを報告している。しかしながら、このようなレジスタンストレーニングによる筋機能や形態の向上は、トレーニング条件によって異なることも示唆さ

* 名古屋大学大学院教育発達科学研究科
* * 名古屋大学大学院医学系研究科
* * * 名古屋大学総合保健体育科学センター
* Graduate School of Education and Human Development, Nagoya University
* * Graduate School of Medicine, Nagoya University
* * * Research Center of Health, Physical Fitness & Sports, Nagoya University

れている。Hudelmierら(2010)は、高齢女性を対象に12週間、大腿部の持久性トレーニング、レジスタンストレーニングを実施させた。その結果、持久性トレーニングを行った群においては、膝伸筋群と縫工筋の筋体積が有意に増加したが、レジスタンストレーニングを行った群においては膝伸筋群、膝屈筋群、内転筋群の筋体積が有意に増加した。さらに、Watanabeら(2013)は、低強度(30% 1RM)のレジスタンストレーニングでも、大腿四頭筋の横断面積および膝伸展力が有意に増加したことを明らかにした。つまり、低強度のレジスタンストレーニングを行うことで、高齢者であっても、筋機能の改善や筋量の増加が期待できるのではないかと考えられる。

高齢者が筋に負荷を与えてトレーニングを行う実践的な機会として、高齢者を対象に開催されている運動教室がある。たとえば名古屋市では、県内の大学と連携して、健康づくりや介護予防事業の一環としての運動教室が開かれている。その中のひとつである「自宅でできる健康増進プログラム」は、高齢者に対して自宅で行うことのできるトレーニング方法を指導し、その効果を科学的に証明することで、健康増進に取り組むきっかけをつくるという目的がある。上述したように、レジスタンストレーニングの効果は複数の研究で明らかにされている。しかしこれらの研究はいずれも比較的長期にわたるトレーニングの成果である。これに対し、近年、我々は名古屋市が主催するプロジェクトである“なごや健康カレッジ”において、65歳以上の高齢者7名を対象に比較的短期間のレジスタンストレーニングによる筋機能と形態への影響を検討した(吉子ら, 2013)。その結果、筋機能と形態に改善がみられた。しかし、その講座では十分な被検者数を確保することができなかった。十分な被検者数において、短期間の運動プログラムでも効果が表れることを実証することができれば、高齢者にとって、短期間のレジスタンストレーニングを自宅で行う高い動機づけになると考えられる。そこで本研究では、十分な数の被検者を対象に、自宅で行う短期間のレジスタンストレーニングが筋機能や筋形態に及ぼす影響を検討することを目的とした。

II 方法

A. 被検者

対象は、2013年に実施された「なごや健康カレッジ」の参加者23名(男性11名:年齢 70.2 ± 5.2 歳、身長 165.7 ± 5.0 cm、体重 62.0 ± 6.2 kg、女性12名:年齢 74.3 ± 4.7 歳、身長 150.6 ± 4.9 cm、体重 47.2 ± 5.8 kg)であった。すべての参加者は、自身が運動実施に問題ない健康状態であると

判断した者であった。被検者には、実験の危険性(測定と運動プログラム実施後に腰痛、筋肉痛、関節痛などが生じる可能性)や実験の有用性(自己身体機能の把握、運動プログラムで期待できる効果)について詳細に説明し、参加の意思が示された場合にのみ被検者として採用した。さらに、実験前に書面より同意を得た。また、体力測定には、それに伴う危険を最小限にするため、声掛けによる体調チェック、保護具(運動マット)の使用、一斉測定の回避、検者数の確保(測定時5名以上)等に配慮した。なお、本研究は、名古屋大学総合保健体育科学センターの「ヒトを対象とする研究審査」の承認を得て実施された。

B. 在宅運動プログラム

今回開催された「なごや健康カレッジ」は、2013年10月11日から12月13日にかけて行われ、測定や、講義など全6回の短期講座(2時間/回)であった。定期的な運動を全員で行うことは不可能であるため、参加者には、提示した運動プログラムを自宅で行ってもらった。本研究は、トレーニング期間の実施前後で筋機能と形態測定を行い、その変化を明らかにすることで、プログラムの実施効果を検証する目的で行われた。今回実施した運動プログラムには、公益財団法人健康・体力づくり事業財団が提唱する貯筋運動を採用した。立位で行う貯筋運動は、椅子座り立ち、もも上げ、カーフレイズ、立位での横方向の脚上げ(下肢の外転・内転)、仰臥位での上体起こしの5種目から構成されている。貯筋運動は、主に大腿四頭筋や腓腹筋などの下肢の筋と、腹筋のトレーニングを目的とした運動プログラムであり、1種目あたり8-16回の反復を約2分かけて実施する。被検者には1日5種目、週3回以上の実施を目標として提示し、講座の初回には実演による指導を行った。

C. 筋機能測定

在宅運動プログラムの影響を検証するため、以下4種類の身体機能測定を行った。測定はトレーニング期間(6週間)の前後に実施した。

1. 椅子座り立ち

被検者が、立位姿勢からいすに臀部が付くまで腰を下ろし、立位姿勢に戻るまでの動作を1回とし、10回の繰り返しに要した時間を計測した。被検者には、この反復動作を可能な限り早く行うように指示した。測定前には2、3回ほどの練習を行い、いすの場所や立ち位置を確認した後に測定を行った。なお、被検者の膝や腰部への負担を考慮し、測定は1回のみ行った。

2. 上体起こし

被検者は、マット上で仰臥姿勢両膝の角度を90°に保った。両手を軽く握り、両腕を胸の前で交差させた。補助者は、被検者の両膝を抱えるようにして固定した。仰臥姿勢から、両肘と大腿部が接した場合を1回とカウントし、30秒間に行うことのできる回数を測定した。測定は1回のみ行った。

3. 5m 最大速度歩行

検者は、テープで記した7mの間隔を「できる限り速く歩いてください」と被検者に指示した。検者は、被検者に並走して、前後1mを除いた間の5mの歩行時間を測定した。試行は2回行い、速い試行を記録として採用した。

4. 床立ち上がり

被検者は仰臥位となり、合図とともにできるだけ早く立ち上がり、バランスを崩すことなく直立姿勢を保つまでに要する時間を計測した。開始時の手足は側部に軽く広げた状態とし、床から立ち上がる際の動作は自由とした。

D. 形態計測

身長は被検者の自己申告によるものを記録した。体重と体脂肪は、デュアル周波数体組成計 (TANITA DC-320) で測定した。大腿部前面の大腿直筋における筋厚と、同部位での皮脂厚を立位で測定した。これらの測定には、超音波断層装置 (Logiq e, GE Healthcare 社製) を用いて撮影された超音波横断画像を使用した。大腿部の撮影箇所は、大腿部外側において膝蓋裂隙から近位方向に、身長×0.11 (cm) の位置をマークし、そこから大腿部前面へプローブを水平移動させ、大腿直筋が画像上の中心に確認できる部位とした。得られた画像の左右中心から、画像分析ソフト (ImageJ, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) を用いて、筋厚と皮脂厚を計測した (図1)。検者は、プログラム実施前後の撮影箇所が同一になるように留意した。

E. 日常活動量・運動量

トレーニング期間中の運動量を把握するため、被検者には、実施したトレーニングの種目と回数、貯筋運動以外に行った運動を記録用紙に毎日記録してもらった。さらに被検者には、歩数計を配布し、トレーニング期間中、就寝・入浴を除く可能な時間に装着してもらった。

F. 統計分析

得られた値は、全て平均値と標準偏差で示した。機能

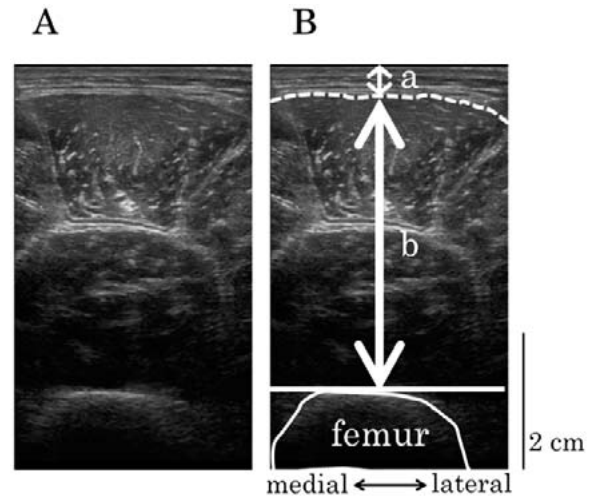


Figure 1 Representative ultrasound images of the thigh (A and B). a: Subcutaneous fat thickness, b: Muscle thickness

測定と形態計測の各項目について、運動プログラムの実施前と実施後に対応のあるt検定を用いて分析した。有意水準は5%未満とした。統計処理には、SPSS Statistics ソフトウェア (version 20.0 J, IBM 社製) を用いた。

III 結果

A. 身体機能測定

椅子座り立ち、上体起こし、5m 最大速度歩行、床立ち上がりの各項目の結果を図2に示す。椅子座り立ち、5m 最大速度歩行、床立ち上がりには有意に減少し、上体起こしの回数は有意に増加した。また、トレーニング期間前のすべての機能測定の結果と床立ち上がり時間との間には有意な相関関係がみられた (図3)。

B. 形態計測

体重、体脂肪、皮脂厚、筋厚の結果を図4に示す。各項目ともに、トレーニング期間前後で有意な変化はみられなかった。

C. 日常活動量・運動量

記録用紙からトレーニング期間中の日常の活動量と運動量を集計した。23名のうち、20名分を回収することができた。その結果、被検者が平均6.1回/週のトレーニングを行っていたことを確認した。歩数は、平均7146歩/日であった。

IV 考察

本研究の目的は、短期間のレジスタンストレーニングが身体機能や身体組成に及ぼす影響を検討することで

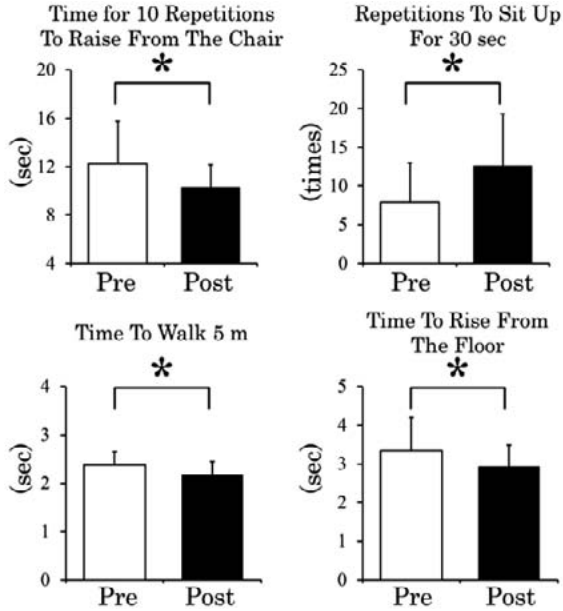


Figure 2 Change of each muscular function test between pre-training (Pre) and post-training (Post).
*, $P < 0.05$

あった。その結果、身体機能に関する4つの項目は、トレーニング期間前に比べて有意に向上した。特に、上体起こしでは、すべての被検者で記録の向上または維持が観察された。また、形態測定では、体重、体脂肪、大腿部の筋厚、皮脂厚に有意な変化はみられなかった。

トレーニングの効果が顕著にみられた上体起こしの

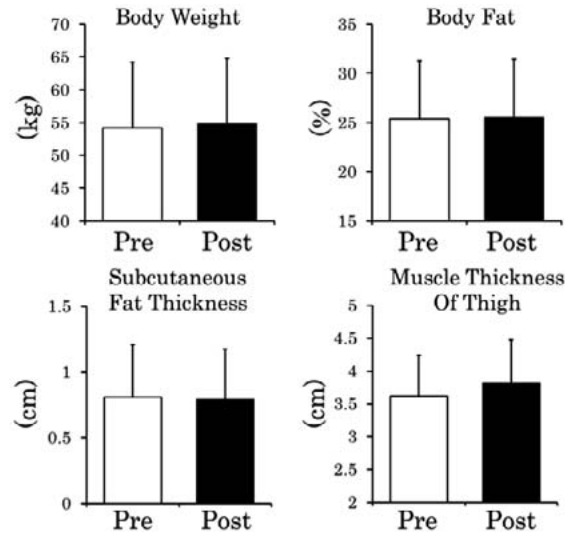


Figure 4 Change of body composition and morphological test between pre-training (Pre) and post-training (Post).

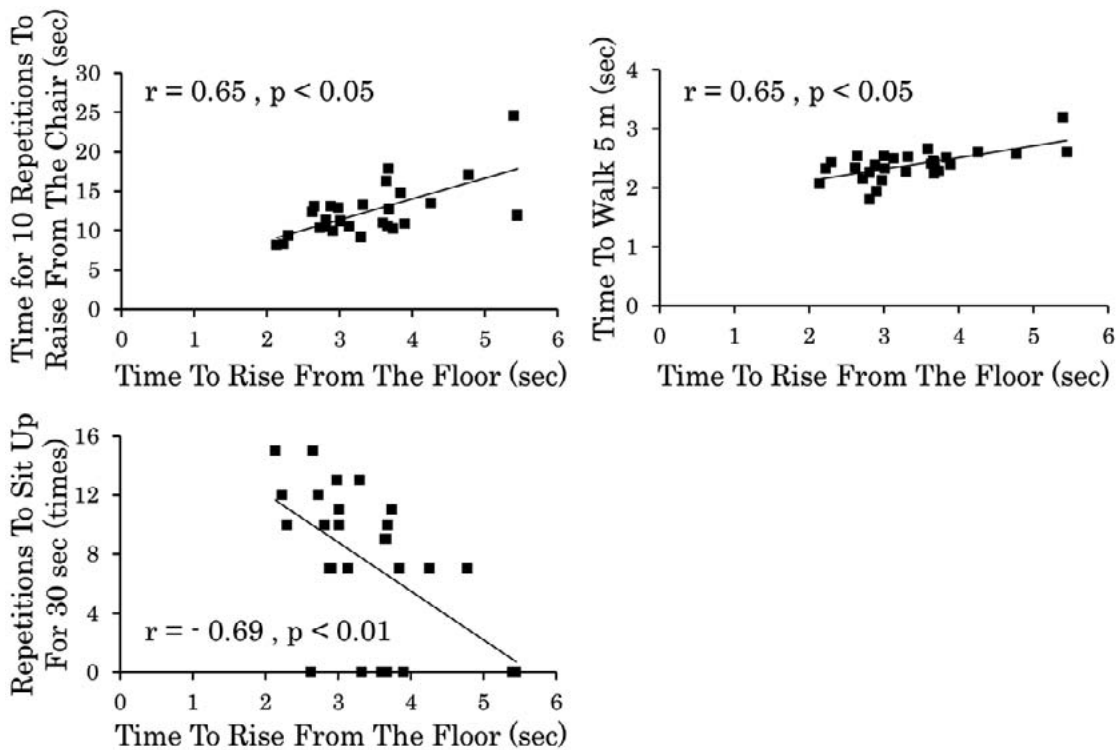


Figure 3 Correlation with each muscular function test and time to rise from the floor test.

回数は、トレーニング期間前の7.9回から、トレーニング期間後には12.6回となった。上体起しは腹部の筋機能を評価するものである。腹部の筋の中で主要な筋である腹直筋は体幹部の屈曲や回旋、側屈に参与する。さらに、姿勢保持などに貢献することから、日常生活動作に重要な役割を果たしている筋である。沢井ら (2004) は、姿勢保持動作7種類、姿勢変換動作2種類、体重移動動作18種類において上肢、体幹、大腿、下腿の8種類の筋から筋電図を計測し、各部の筋活動水準を示している。その結果、大腿や下腿の筋活動水準は、最大で20-30%MVC (随意最大筋力) 程度であったが、腹直筋はすべての動作において活動水準が低く、5%MVC未満であったことを示した。Abeら (2011) は、1507人の20-95歳の日本人男女を対象に、筋ごとの筋厚と年齢の関係を検証するため、横断的な研究を行った。高齢者の腹部の筋は、年齢とともに有意に筋厚の低下がみられた。そして、腹部の筋厚を身長で標準化した値と年齢との間には、有意な負の相関関係がみられた。これらのことから、腹部の筋は、日常生活動作での相対的な発揮筋力が低く、加齢による筋萎縮の程度が大きいことが示唆される。したがって、上体起しにおいて顕著にトレーニングの効果があらわれた理由として、本プログラムの中での上体起しのトレーニングは、腹部の筋への負荷が大きいトレーニングであることが考えられる。これらのことから、4つの機能測定の中で上体起しにおいて顕著にトレーニングの効果が現れたと考えられる。

本研究では、椅子座り立ち、5m最大速度歩行、床立ち上がりでのトレーニング期間後の結果は、トレーニング期間前と比較して有意に向上した。これらのテストは、複数の筋が同時に活動した動作である。例えば、床立ち上がりでは体の前屈、体の支持、立ち上がりの動作が複合していることから、それぞれの活動に貢献する体幹の筋、上肢の筋、および下肢の筋において筋活動が誘発され、その協調性が向上していたと考えられる。本研究で実施した筋機能テストと類似した動作において表面筋電図を測定して筋活動水準を評価した沢井ら (2004) は、いずれの動作においても複数の筋が同時に活動していることを示していた。本研究で実施したトレーニングにより、筋機能が改善されたことで、椅子座り立ち、5m最大速度歩行および床立ち上がりに改善がみられたと考えられる。また、床立ち上がりと他の3つの筋機能テストとの結果に有意な相関関係がみられたことから、床立ち上がり時間は、その他の機能測定を推測できるかもしれない。すなわち、床立ち上がり時間は、身体機能を測る指標として有用なものである可能性がある。

身体機能はすべての項目において有意に向上したが、

体重、体脂肪、筋厚、皮脂厚にはトレーニング期間前後で有意な変化がみられなかった。これは、本研究におけるトレーニングが短期間であったことに起因していると考えられる。Häkkinenら (1998) は、若齢者 (平均年齢29歳) と中高齢者 (平均年齢61歳) に週3回のトレーニングを10週間実施させた。その結果、両者の筋横断面積は、有意に増加したことが明らかとなった。さらにHarridgeら (1991) は、後期高齢者 (85-97歳) を対象に12週間の膝伸展のレジスタンストレーニングを行わせたところ、筋力だけでなく、大腿四頭筋の筋横断面積にも有意な増加がみられたことを報告している。これらはいずれも10週間以上のトレーニング期間を設けていることから、高齢者にもトレーニングによる筋形態の変化が生じるが、それには比較的長期間のトレーニングが必要であると考えられる。一方、本研究で行ったトレーニングは6週間であった。

本研究において身体組成に変化がみられなかったにもかかわらず、身体機能が向上した理由には、それぞれの動作に関連する神経筋機能の改善が挙げられる。Sale (1998) は、トレーニングによる筋力増加につながる神経系の適応として、運動神経の興奮水準の増大や発火頻度の増加を挙げている。また、Komiら (1978) によると、等尺性筋力トレーニングによる発揮筋力の増加は、運動単位の動員の増加、最大下負荷での効率の向上、また筋における酸化的代謝の増加に起因すると述べられている。さらに、Akimaら (1999) は、大腿四頭筋において、2週間のレジスタンストレーニングを行った結果、筋肥大をすることなく等速性の膝伸展筋力が増加したことを示した。本研究の6週間のレジスタンストレーニングは、筋機能を向上させるが、皮脂厚や筋厚など形態を変化させるまでには至らないことが示された。

本研究の運動プログラムで用いたレジスタンストレーニングは、すべて自重負荷によるものであった。短期間のトレーニングで高齢者の筋機能や形態の向上をさせるためには、負荷や頻度を変化させるなどさらに検討する余地があると考えられる。

本研究の限界として、コントロール群が設定されていないことが挙げられる。コントロール群がないため、本研究で得られた身体機能の向上が、学習効果の影響か真の身体機能の向上によるものかを明らかにすることができない。その点を十分に考慮して結果を解釈することが重要であることを最後に付記する。

V 結論

高齢者を対象とした6週間の自宅でのレジスタンストレーニングを行った結果、椅子座り立ち、5m最大

速度歩行、上体起こし、床立ち上がりの改善がみられた。自重負荷の短期間におけるレジスタンストレーニングは、形態を変化させるまでには至らないが、筋機能を改善する点で一定の効果を確認することができた。そして床立ち上がりと他の3項目との間には有意な相関関係がみられた。つまり、床立ち上がりのテストは、筋機能を測定するにあたって、他の機能も推定できるような指標として有用であることが考えられる。

VI 謝辞

本研究にご協力いただいた「なごや健康カレッジ」の参加者の皆様、名古屋市健康推進課の皆様にご感謝の意を表します。

文 献

- Abe, T., Sakamaki, M., Yasuda, T., Bembem, M. G., Kondo, M., Kawakami, Y., and Fukunaga, T. (2011) Age-related, site-specific muscle loss in 1507 Japanese men and women aged 20 to 95 years. *J Sports Sci Med.*, 10(1):145-150.
- Akima, H., Takahashi, H., Kuno, S. Y., Masuda, K., Masuda, T., Shimojo, H., Anno, I., Itai, Y., and Katsuta, S. (1999) Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Med Sci Sports Exerc.*, 31(4): 588-594.
- Akima, H., Kano, Y., Enomoto, Y., Ishizu, M., Okada, M., Oishi, Y., Katsuta, S., and Kuno, S. (2001) Muscle function in 164 men and women aged 20-84 yr. *Med Sci Sports Exerc.*, 33(2): 220-226.
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G., and Evans, W. J. (1988) Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol.*, 64(3): 1038-1044.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Lutz, K. J., and Evans, W. J. (1991) A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol.*, 71(2): 644-650.
- Häkkinen, K., Newton, R. U., Gordon, S. E., McCormick, M., Volek, J. S., Nindl, B. C., Gotshalk, L. A., Campbell, W. W., Evans, W. J., Häkkinen, A., Humphries, B. J., and Kraemer, W. J. (1998) Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*, 53(6): 415-423.
- Harridge, S. D., Kryger, A., and Stensgaard, A. (1999) Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve.*, 22(7): 831-839.
- Hudelmaier, M., Wirth, W., Himmer, M., Ring-Dimitriou, S., Sänger, A., and Eckstein, F. (2010) Effect of exercise intervention on thigh muscle volume and anatomical cross-sectional areas--quantitative assessment using MRI. *Magn Reson Med.*, 64(6): 1713-1720.
- Hurley, B. F. (1995) Age, gender, and muscular strength. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*, 50: 41-44.
- Kallman, D. A., Plato, C. C., and Tobin, J. D. (1990) The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol.*, 45(3): 82-88.
- Komi, P. V., Viitasalo, J. T., Rauramaa, R., and Vihko, V. (1978) Effect of isometric strength training of mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 40(1): 45-55.
- Lindle, R. S., Metter, E. J., Lynch, N. A., Fleg, J. L., Fozard, J. L., Tobin, J., Roy, T. A., and Hurley, B. F. (1997) Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J Appl Physiol.*, 83(5): 1581-1587.
- Murray, C. J., Salomon, J. A., and Mathers, C. (2000) A critical examination of summary measures of population health. *Bull World Health Organ.*, 78(8): 981-994.
- Sale, D. G. (1988) Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.*, 20: 135-145.
- 沢井史穂・実松寛之・金久博昭・角田直也・福永哲夫 (2004) 日常生活動作における身体各部位の筋活動水準の評価：姿勢保持・姿勢変換・体重移動動作について. *体力科学*, 53(1): 93-105.
- Watanabe, Y., Madarame, H., Ogasawara, R., Nakazato, K., and Ishii, N. (2013) Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. *Clin Physiol Funct Imaging.*, doi: 10.1111/cpf.12117.
- 吉子彰人・齋藤輝・日置麻也・安藤良介・秋間広 (2013) 高齢者を対象とした自宅での短期間レジスタンストレーニングが筋機能・形態に及ぼす影響. *総合保健体育科学*, 36(1): 1-6
- Young, A., Stokes, M., and Crowe, M. (1985) The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clin Physiol.*, 5(2): 145-154.