

短期間の皮膚冷刺激下での低負荷筋力トレーニングが 中高年者の体力および自律神経調節に及ぼす影響

Effect of short term low-intensity strength training with cold stimulation in muscle on physical fitness and autonomic nervous system activity in elderly women

内 藤 祐 子*, 松 本 高 明*, 牧 亮*
只 野 千 茅**, 与 那 正 栄***, 室 増 男**

Yuko NAITO*, Takaaki MATSUMOTO*, Ryo MAKI*
Chigaya TADANO**, Masae YONA*** and Masuo MURO**

高齢化社会を迎え、なるべく寝たきりの生活を短くし、健康寿命を延長させて医療費を抑えることは国にとって急務である。高齢者の健康指標の一つとして生活機能の自立性があげられる。この機能維持では下肢筋力の果たす役割が大きい。特に自立性を奪う原因となる高齢者の転倒予防のためには下肢筋力を向上させるような筋力トレーニングが効果的である。また、メタボリックシンドローム予防のためには食事の改善と共に日々の身体活動の増加があげられる。しかし、生活習慣病の改善の必要な高齢者や低体力者を対象とした場合、負担が大きく難しい動きのあるトレーニングは汎用性あるいは継続性に課題を残す。また、筋力トレーニングは安全面でのリスクを伴うため実施には十分な配慮が必要となる。そこで、肉体的な負担が少なく、短期間で効果の現れるトレーニングを実施すれば継続につながり、しかも安全面においてもリスクが少ない。

先行研究によると、被験筋に皮膚冷刺激を与えながら筋力トレーニングを行うと最大筋力の35～50%の低負荷強度でも筋力増加が得られること

が報告されている。そこで、日頃、運動を実施していない高齢者を対象に皮膚冷刺激下での低負荷トレーニングを実施し、トレーニング後の体力変化および自律神経調節への影響について検討したので報告する。

日頃から定期的な運動トレーニングを行っていない健康な高齢者女性6名(年齢 72 ± 5 歳)を対象に皮膚冷刺激下での筋力トレーニングと軽運動を週1回の割合で6週間実施した。被験者にはあらかじめ実験目的と方法について説明し、同意を得たうえで実験に参加してもらった。なお、本研究は倫理面や個人情報への配慮を盛り込んだ実験計画書を作成し、国士舘大学体育学部研究倫理委員会による承認を得た。被験者はトレーニング期間中、本トレーニング以外の特別な筋力トレーニングを行わなかった。トレーニング方法はストレッチを中心としたウォーミングアップ後に椅子座位姿勢で、トレーニング用弾性バンド(セラバンド)を片足の足首に装着し、膝関節90度から135度までの膝屈曲3秒、休息3秒を1サイクル

* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 東邦大学医学部 (Medical school, Toho University)

*** 東京薬科大学薬学部 (The school of Pharmacy, Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences)

として50回冷刺激下で反復させた。次に対側脚で同様のトレーニングを実施した。その後、音楽に合わせてウォーキングを主とした有酸素運動と柔軟体操によるクールダウンを行った。被験者のトレーニング指導は稲城市体育指導員2名が担当した。トレーニングに要する時間は約40分間で、主運動の運動強度はBorgの自覚的運動強度の11～12に相当した。筋力トレーニング用のセラバンドの強度は被験者に選択させた。セラバンド赤（強度：弱～中程度）を選択したのが2名、セラバンド緑（強度：中程度）を選択した者は4名で、期間中は同一強度のセラバンドを使用した。冷刺激は5℃に設定したアイシングシステム（日本シグマックス）を被験筋の膝屈曲筋群に装着し、運動中の皮膚表面温度を25～27℃となるように調整して行った。

トレーニング効果を検討するためにトレーニング開始前と終了後2日後に体力測定を行った。測定項目は握力、最大膝伸展力（MVC）、閉眼片足立ち、Timed up & go testとした。さらに、安静心臓自律神経動態を10分間の安静座位時の心拍数（Polar）を用いて判定した。測定した安静時のR-R間隔からMemCalc（TARAWA/WIN, GMS社、東京）による最大エントロピー法で周波数解析を行った。周波数解析は0.04～0.15Hzの

低周波成分（low frequency：LF）と0.15～0.40Hzの高周波成分（high frequency：HF）、そしてLFとHFの比（LF/HF）を算出し、HFを副交感神経活動の指標、LF/HFを交感神経活動の指標とした。各項目の測定結果は平均値±標準偏差で示した。統計的処理は統計ソフトstatviewを用い、時系列データは対応のあるt-testを用いて検定した。統計的有意水準は5％とした。

被験者の身体的特徴を図1に示した。BMIの値が25を超えたものは6名中3名であった。トレーニング介入後においても体重や体脂肪率に変化はなかった。これは実施した運動プログラムが筋力トレーニング中心であり、回数も週1回にとどまったうえに、食事に関して一切制限を行っていなかったため、体重減少にまでは至らなかったと考えられる。

トレーニング介入前後での体力測定の各項目の変化を図1に示した。トレーニング後では各項目とも測定値に改善が見られた。特に握力はトレーニング開始前に比べ有意（ 13.6 ± 4.0 and 18.6 ± 4.8 kg pre-and post-training, $p < 0.05$ ）に改善した（図1）。また、トレーニング前下肢脚伸展力は 1.01 ± 0.12 W/kg weightであったが、トレーニング後は 1.24 ± 0.32 W/kg weightに増加した。統計学的には有意ではなかったもののトレーニング前

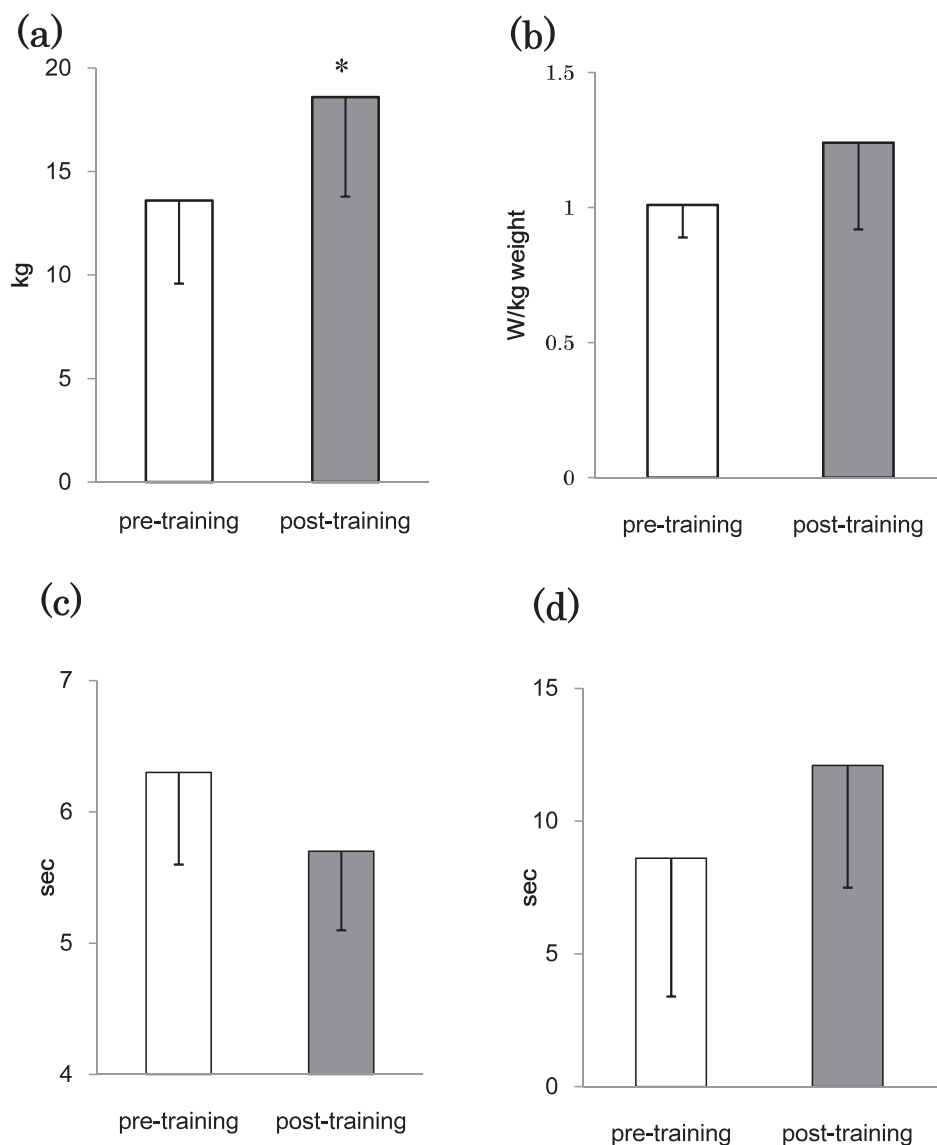
Table 1. Physical characteristics of subjects at pre- and post-training

	pre-training	post-training
Age, yr	72.0±5.0	
Height, cm	150.5±5.5	
Weight, kg	55.8±5.8	56.0±6.3
BMI, kg/m ²	24.3±1.7	24.4±2.0
Waist circumference, cm	82.3±3.4	81.3±6.4
Percentage of fat mass, %	34.4±2.8	35.3±3.2
Heart rate, beats/min	64.9±8.4	64.7±8.2
Systolic blood pressure, mmHg	146.3±24.8	140.0±17.1

Values are the mean ± SD.

と比較して筋力増加が観察された ($P=0.063$)。さらに、下肢筋力と関連の深い Timed up & go test もトレーニング介入後に数値が改善されたこと (6.3 ± 0.7 and 5.8 ± 0.6 sec pre-and post-training,

$p=0.084$) は筋力の増加の結果と考えられる。与那ら¹⁾は週1回の皮膚冷刺激下の筋力トレーニングを3か月継続することで下肢筋力が有意に増加したことを報告している。本研究では統計学的な



(a) handgrip strength (b) leg extensor power (c) timed up & go test (d) over-leg standing time with eyes closed *Significant difference between pre- and post-training.

Fig 1. Physical fitness at pre-and post-training

有意差は得られなかったが、皮膚冷刺激下での筋力トレーニングは下肢伸展力を増加させる可能性が示唆された。

心拍変動から解析した自律神経活動動態の各パラメータを表2に示したが、統計学的な違いは観察されなかった。

従来、高齢者に対する筋力トレーニングはある程度の負荷が必要とされ、頻度も週1回ではその効果が得られず、少なくとも週2回以上の頻度が要求される²⁾。本実験で用いた強度は日常生活レベルの負荷であり、通常は効果が期待できるものではない。しかし、活動筋に冷刺激を与えることで皮膚の冷受容器を介して活動筋の高い閾値張力の運動単位の選択的促通を引き出すことができる。その結果、トレーニング中のmotor neuron poolの興奮性を高め筋力増加につながると考えられる。実験では弾性ゴムであるセラバンドを用いたが、その強度の選択は被験者に任せており、厳密にMVCから算出してはいない。しかもトレーニング回数も週1回で合計6回しか実施していない。そうした条件にもかかわらず、筋力系の数値が改善したことは神経性要因に基づいた皮膚冷刺激の有用性が大きく作用していると考えられる。

トレーニングでは冷刺激下での筋力トレーニングに続いて軽運動を実施した。軽運動は有酸素運動として実施したが、本実験では心臓自律神経動態や身体組成の変化をもたらすまでには至らなかった。この原因としては実施期間の長さが短く、

1回の運動プログラムでの有酸素運動が少なかったことが要因としてあげられる。しかし、被験者の負担が少ない本トレーニングは高齢者の身体活動導入時としてその活用が期待できる。今後、さらに詳細な検討を加えていきたいと考えている。

本研究を遂行するにあたり、ご協力いただいた稲城市体育指導員会長である島 啓子氏および稲城市転倒予防教室講師である三村美代子氏にはこの場をお借りして深く感謝申し上げます。なお、本研究は国士舘大学体育学部体育研究所・平成20年度研究助成ならびに文部科学省・平成20年度科学研究補助金（基盤研究C）の支援を受けて行われました。

参考文献

- 1) 与那正栄, 上林清孝, 関博之, 内山靖, 室増男: 高齢者に対する皮膚冷刺激をもちいた軽負荷筋力トレーニングの効果. 総合リハビリテーション **33**: 361-366, 2005
- 2) 久野譜也, 村上晴香, 馬場紫乃, 他: 高齢者の筋特性と筋力トレーニング, 体力科学 **52**: 17-30, 2003

Table 2. Autonomic nervous system activity at pre- and post-training

	pre-training	post-training
TP (ms ²)	580.6±367.5	800.9±411.6
LF (ms ²)	190.4±66.4	263.9±145.7
HF (ms ²)	221.3±164.2	126.9±80.3
LF/HF	1.1±0.8	1.9±1.5
VLF(ms ²)	429.8±303.5	807.1±476.8

Values are the mean ± SD.