

掌握運動における前腕筋の筋活動および筋酸素動態に及ぼす皮膚冷刺激の影響

The effect of forearm muscle activities and muscle oxygenation during rhythmic handgrip exercise with skin cooling

内藤 祐子*, 与那正栄**, 只野千茅***, 菅原 仁****
関 博之****, 下瀬良太*****, 松本高明*, 室 増 男***

Yuko NAITO*, Masae YONA**, Chigaya TADANO***
Hitoshi SUGAWARA****, Hiroyuki SEKI*****, Ryouta SHIMOSE*****
Takaaki MATSUMOTO* and Masuo MURO***

日本は高齢者の人口増加に伴い、高齢者の健康維持および生活活動の低下予防に取り組まなくてはならない。高齢者の体力測定結果から握力は全身筋力の指標であり、その低下は基本的な日常生活活動の低下のひとつと考えられている。把持動作には主動筋である手指屈筋群と手関節の固定に作用する前腕筋が関与する。したがって、前腕筋群を鍛えることは把持動作を保持し、握力低下を予防する可能性がある。下瀬ら(2011)は最大随意筋力の70%強度の等尺性手関節伸展トレーニングによって最大握力は増加したと報告している。しかし、高齢者にとってトレーニング強度が高いと血圧上昇といった自律神経系への影響を招くおそれがある。

先行研究から活動筋への皮膚冷刺激により、低負荷の同一運動中では筋活動が増加することが知られていて、高齢者向けトレーニングへの有用性が検討されている。この現象は皮膚冷受容器からの求心性神経と脊髄介在ニューロンを介した α -MNsの多シナプス性神経結合による変調が影響していると推測されている。

そこで、本研究では掌握運動時の皮膚冷刺激による影響を調べるため、心拍数、主動筋の筋活動および筋血流動態を測定したので報告する。

対象は健康な成人男性2名で、被験者の年齢は 20.6 ± 0.4 歳、身長は 170 ± 4 cm、体重は 61 ± 3 kgであった。被験者の利き腕は全て右であった。被験者へは予め本実験の目的や安全性について十分な説明を行い、実験参加の同意を得た。

実験では被験者は座位姿勢を取り、体幹部を垂直に立て、片腕を心臓位の高さに調節した測定台に固定した。そして、トレーニング用ハンドグリップ器を用いてメトロノームに合わせて律動的掌握運動(収縮3秒-弛緩3秒の50% duty cycleのリズム)を3試行実施した。ハンドグリップ器は市販されている20、30、40、50kgをそれぞれ使用した。

測定項目としては掌握運動時の主動筋となる右前腕屈筋群の酸素動態の変化を筋赤外分光装置で計測した。同時に、前腕屈筋の表面筋電図と心拍数を記録した。表面筋電図は前腕屈筋から

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

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

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

**** 東京工科大学 (Tokyo University of Technology)

***** 新潟経営大学 (Niigata University of Management)

***** 相模原中央病院 (Sagamihara Chuo Hospital)

双極誘導法にて導出した。筋電図は A-D 変換器 (Power Lab : ADInstruments) を通して、1 kHz のサンプリング周波数で波形記録・解析ソフトにて記録した。3 試行ごとに筋電図データを分析し、3 試行の平均値を各被験者の値とした。但し、筋活動と oxy-Hb の関連性には全データを使用した。皮膚冷刺激は主動作筋である右前腕屈曲筋群上に冷たいパッドを置くことで与え、皮膚温が約 25~26 度になったのを確認して試行させた。同一被

験者に対し、冷却無しで実施したのをコントロールとした。なお、各試行はランダムに実施するとともに、疲労がでないように配慮した。心拍数、筋電図活動の平均振幅幅 (root mean square : rms) および筋酸素動態のデータは対応のある t 検定で検定し、有意水準を 5 % 未満とした。

掌握運動のグリップの運動強度を増加するとともに心拍数も増加した (図 1)。この傾向は皮膚冷刺激条件でもコントロールでも同様であった。

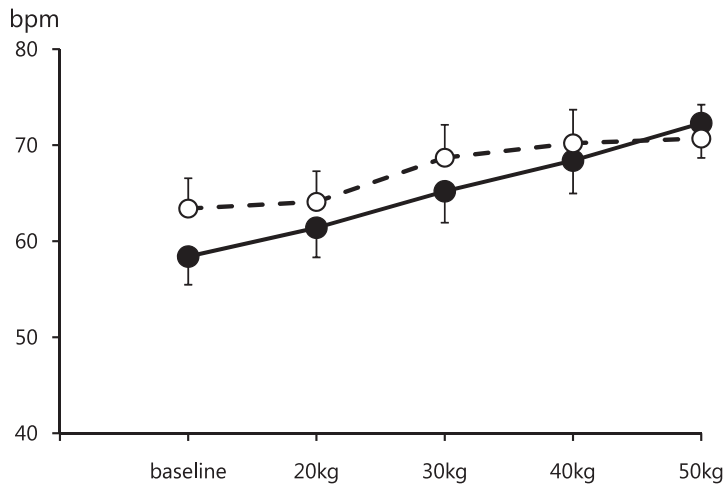


Figure 1. Change in heart rate (HR) during handgrip exercise with skin cooling (●) or control (○).

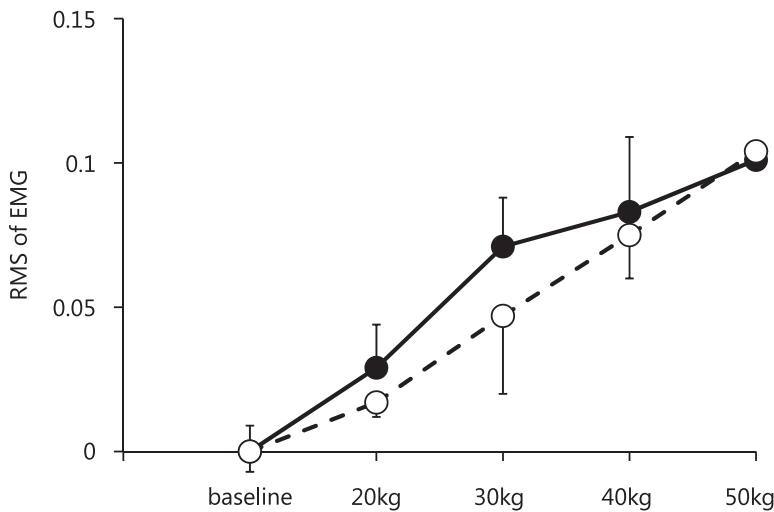


Figure 2. Change in RMS-EMG of forearm muscle during handgrip exercise with skin cooling (●) and control (○).

しかし、各強度における皮膚冷刺激条件とコントロール間には有意な違いはなかった。

図2は掌握運動時における主動作筋である前腕屈曲筋のrmsEMGの結果を示している。皮膚冷刺激条件ではコントロールに比べて30kgまでは筋活動は高めであったが、40kg以上はほぼ同程度であり、いずれの強度においても統計学的には有意な差異ではなかった。掌握運動時における被験筋の酸素動態に関連した各パラメータの平均値を図

3に示した。TotalHbは皮膚冷刺激群とコントロール群共に30kgまで増加したが、その後は変化がなかった。OxyHbは強度を増すにつれ減少傾向が見られ、deoxyHbは増加傾向を示した。コントロールと比べて皮膚冷刺激によってtotalHbの20kg強度において有意に低く ($p<0.05$)、20kgと50kg強度においてoxyHbは有意に高かった ($p<0.05$)。DeoxyHbは全ての強度において皮膚冷刺激を加えると有意に低い値を示した (20kg : $p<0.01$ 、30kg :

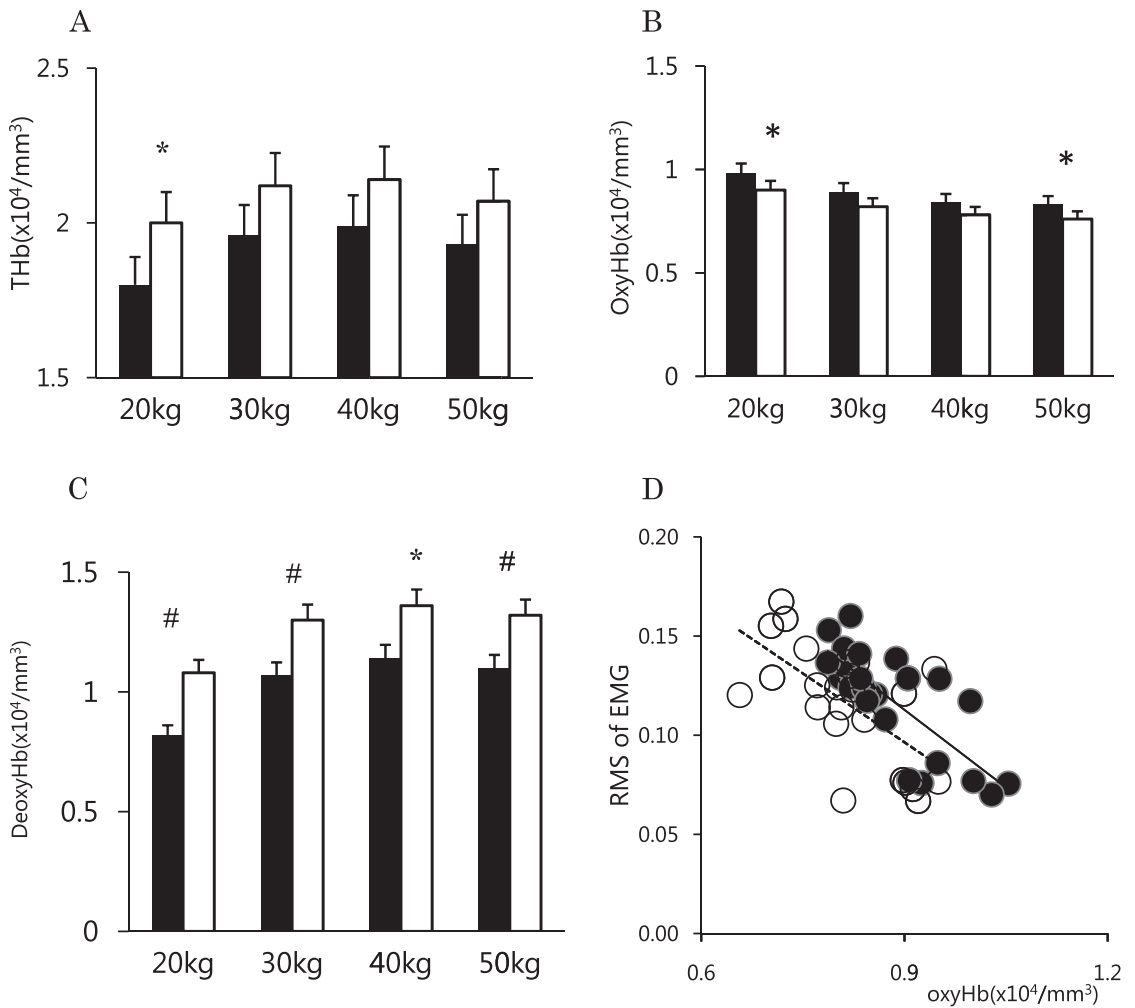


Figure 3. Mean values of NIRS data for forearm muscle during handgrip exercise with skin cooling (●) and control (○). Total-hemoglobin (A), Oxy-hemoglobin (B), Deoxy-hemoglobin (C). The relationship of RMS-EMG and oxy hemoglobin of forearm muscle during handgrip exercise (D).

* $p<0.05$, # $p<0.01$ (skin cooling vs control)

$p < 0.01$ 、40kg : $p < 0.05$ 、50kg : $p < 0.01$)。また、筋活動と oxyHb 値の間には有意な負の相関が認められた (皮膚冷刺激 : $Y = -0.2611x + 0.3478$ $R^2 = 0.5986$ 、コントロール : $Y = -0.2314x + 0.3047$ $R^2 = 0.4097$)。

我々の従来の研究からは運動時に皮膚冷刺激を加えることで筋活動は増加し、活動筋内酸素飽和度の有意な低下が観察されていた。しかし、本研究では活動筋内の酸素動態に関していままでと異なる結果が得られている。先行研究では主に VT 以下の定常負荷自転車運動による実験であった

が、今回は漸増負荷による掌握運動による実験であった。この違いは運動条件の違いに起因するのか、測定筋の違いによるものなのかは不明である。また、被験者数も少なかったことから、今後さらに詳細な検討を加え、皮膚冷刺激によるトレーニング効果について検討を加えていくつもりである。

本研究は、平成 26 年度国士舘大学体育学部附属体育研究所研究助成により実施された。