

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 および加圧の影響

The effects of skin cooling and pressure on forearm muscle activity and muscle oxygenation during a handgrip exercise

内藤 祐子*, 与那 正栄**, 只野 ちがや***, 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***

加齢に伴い筋力低下がおこる。加齢による筋肉量の減少は筋繊維Ⅰ型より先にⅡ型において起こるため、筋パワーが加速的に減少する。随意収縮における筋力—速度曲線において高齢者は若年者と比べて、短縮性、伸張性の両方において小さいことから、高齢者では神経性ドライブの影響が大きいといえる。高齢者のQOLを向上させるための筋力トレーニングを考えた場合、安全性に優れ、しかも効率の良い方法が望ましい。先行研究から活動筋への皮膚冷刺激は低負荷の同一運動中において筋活動を増加させることが知られている。これは活動筋の皮膚に25℃前後の至適温度を与えることによって、運動単位の動員順序が逆転するためと考えられている。つまり、皮膚の冷レセプターから運動ニューロンへの投射によって速筋運動単位の動員が優先的に起こることによる。この手法を取り入れた低負荷でのレジスタンストレーニングは効果的に神経ドライブの改善が見込まれる。前回の実験でハンドグリップ器を用いたリズムミカルな律動的掌握運動をベースに皮膚冷刺激の

効果を筋内酸素動態の変化から観察したが、有意な違いを得ることはできなかった。

そこで、本研究では前回とおなじハンドグリップ器による15秒間の継続的な掌握運動時の皮膚冷刺激による影響を心拍数、主動作筋の筋活動および筋組織酸素飽和度を指標として測定したので報告する。

対象は健康な成人男性5名で、被験者の年齢は 19.2 ± 0.4 歳、身長は 172.0 ± 4.7 cm、体重は 64.6 ± 3.5 kgであった。被験者の利き腕は4名が右、1名が左であり、実験は利き手で測定した。全ての被験者に対してあらかじめ本実験の目的・内容や安全性について十分な説明を行い、自発的に実験へ参加することの同意を得た。

実験に際し、握力計による最大握力を調べた。5名の平均は 46.3 ± 4.8 kg(右)、 40.2 ± 7.1 kg(左)であった。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

* 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)

ンドグリップ器20kgを15秒間掌握し続けさせた。実験室の気温は20~23℃に維持した。

測定項目としては掌握運動時の主動筋となる右前腕屈曲筋群の酸素動態の変化を近赤外線分光法装置で計測し、筋内の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度から筋組織の酸素飽和度を算出した。同時に、前腕屈曲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曲筋から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、1kHz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。なお、高域遮断周波数は1kHz、低域周波数は5Hzとした。得られた筋電図データを分析し、1秒ごとの平均値を各被験者の値とし、全被験者の平均値を求めた。この際、皮膚冷刺激は主動筋である右前腕屈曲筋群上に冷たいパッドを置く事で与え、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。また、比較対象として血圧計用のベルトを右前腕に巻き、100mmHgの圧力を加えてハンドグリップを掌握させたのを加圧条件とし

た。筋電図活動の平均振幅幅 (root mean square ; rms) および酸素飽和度は分散分析で検定し、有意水準を5%とした。

心拍数は運動開始直後から増加を示し、その後は一定した値が運動終了まで続いた (図1)。この傾向はいずれの条件においても同様であった。

図2は運動時における前腕屈曲筋の筋内酸素飽和度の時間経過を示している。ハンドグリップを掌握した時をbaselineとして1分ごとの変化率で示した。全ての条件において運動開始4分後から酸素飽和度は減少し続け、15秒後には70%程度にまで低下した。しかし、各条件の間に有意な差はなかった。

図3には15秒間の掌握運動時における右前腕屈曲筋の筋活動の平均値をrms-EMGで示した。皮膚冷刺激条件はコントロールと比べて有意な違いはなかった。一方、加圧条件はコントロール値と比較して筋活動は低下していた ($p < 0.05$)。同時に測定した被験筋の筋内酸素飽和

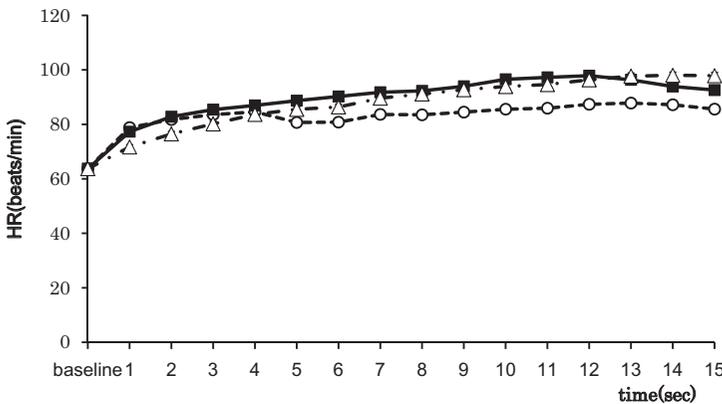


Figure 1. Change in heart rate (HR) during handgrip exercise with skin cooling (●), Kaatsu (△), and control (○).

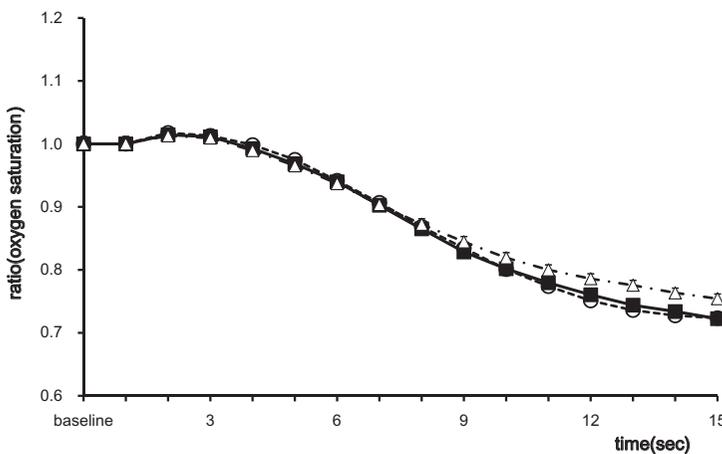


Figure 2. Change in oxygen saturation ratio of forearm muscle during handgrip exercise with skin cooling (●), Kaatsu (△), and control (○).

度の平均値を図4に示した。いずれの条件の間にも有意な違いはなかった。

そこで、3名の被験者にはハンドグリップ器40kgを用いて同様条件での皮膚冷刺激の影響について検討した。20kgから40kgへ負荷を増加することで、コントロールおよび冷刺激とも筋活動を示すrms-EMG値および心拍数の平均値は有意に増加した ($p < 0.05$)。40kgのハンドグリップによる運動中の筋活動は皮膚冷刺激によって増加した

(control: 0.217 ± 0.068 , 冷刺激: 0.229 ± 0.084 , $p = 0.052$)。しかし、同時に測定した活動筋内の酸素飽和度の有意な差は示されなかった。

先行研究において低負荷 (90%VT) 自転車運動でも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は有意に低下した。しかし、本実験からは低負荷による顕著な筋活動の増加は見られず、活動筋内酸素飽和度の差もなかった。活動筋内酸素飽和度を測定する際は、表層の皮下脂肪が影響するが、全被験者は日頃から運動部に所属して皮下脂肪も少なく、影響はなかったと考える。また、冷刺激を加えることで心拍数の低下を予想したが、むしろコントロールと比較してわずかな増加傾向が観察されている。被験者には十分休息を与え、疲労の影響を排除したつもりであるが、皮膚冷刺激条件下の運動時の筋活動の変化を調べると後半に筋疲労が見られた被験者が存在した。この変化は被験者特有なのか、運動条件に起因するのかは今後の課題である。ハンドグリップという手軽な器具を用いてのトレーニングは簡便に実施できると考えたが、皮膚冷刺激効果を期待するにはさらに詳細な検討が必要である。

先行研究によるとハンドグリップ器による律動的掌握運動は自律神経を刺激する事から血圧上昇を招くとの記述がある。今後は皮膚冷刺激による活動筋の筋活動だけでなく全身への影響も検討していく予定である。

本研究は国士舘大学体育学部附属体育研究所・平成27年度研究助成により行われた。

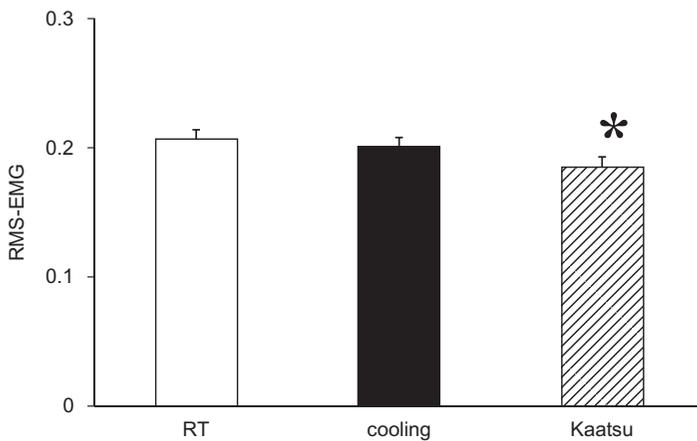


Figure 3. Mean values of EMG activity of forearm muscle during handgrip exercise with skin cooling (■) and Kaatsu (▨), and control (□). * $p < 0.05$ (Kaatsu vs control)

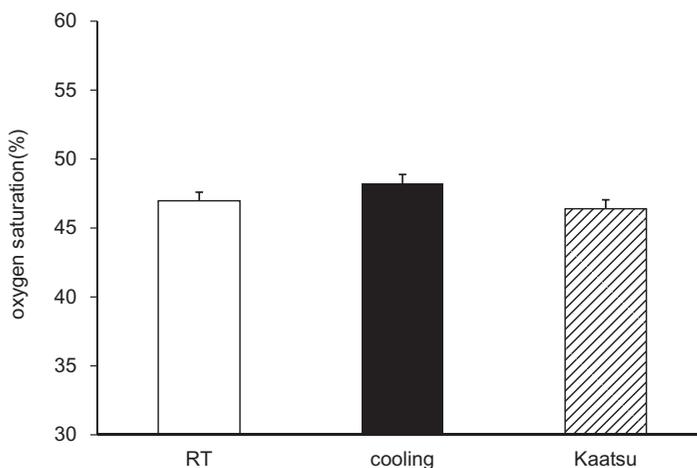


Figure 4. Mean values of oxygen saturation data (%) for forearm muscle during handgrip exercise with skin cooling (■), Kaatsu (▨), and control (□).