

低負荷強度での等尺性収縮運動における筋活動に及ぼす皮膚冷刺激の影響

The Effect of Cold Stimulation on the Skin in Low Intensity Isometric Contraction Motions on Muscle Activity

内藤 祐子*, 与那正栄**, 只野千茅***, 菅原 仁****
関 博之****, 松本高明*, 室 増男***

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

加齢によって筋力は低下する。例えば、20歳に比較して、90歳代ではアイソメトリックな筋力は45%程度も減少し、特に遅筋線維に比べて速筋線維が有意に萎縮するとされている。高齢者の筋力の増加を目的とした場合、最大筋力の65%以上の運動強度が必要とされている。しかし、トレーニング強度が高くなることで血圧上昇を招く懸念もある。また、高齢者の筋力低下には筋と神経の両要因が関連することから、まずは神経的要因を改善する必要があるとの報告もある。この改善で、筋活動に参加する運動単位の動員の増加、あるいは運動単位の発火頻度の増加が見込まれる。

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る。これ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すると推測されている。

また、主働筋が活動すると、拮抗筋は抑制され弛緩する事から相反神経支配の概念が確立されたが、その後、試行課題によっては主働筋-拮抗筋の共収縮活動が観察される事が報告されるように

なった。

そこで、本研究では皮膚冷刺激を加えた活動筋の筋活動増加に伴い、拮抗筋での筋電図活動にも着目したので報告する。

対象は健康な成人5名(男性4名、女性1名)で、被験者の年齢、身長、体重はそれぞれ年齢: 20.8 ± 0.4 歳、身長 170.0 ± 5.1 cm、体重: 65.4 ± 8.2 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。なお、本実験は国士舘大学体育学部研究倫理委員会の承認(132C023)を得て実施した。

実験では被験者は座位姿勢を取り、体幹部を垂直に立て、前腕部をベルトで測定台に固定した。前腕部と体幹部の角度は垂直とし、肘関節角度は110度とした。はじめに、被験者は試行間に90秒間の休息をとりながら、2秒間の最大肘屈曲力発揮を2試行実施した。2試行中の最大値を最大随意筋力(Maximum Voluntary Contraction: MVC)とした。その後、十分な休息を挟んで35%MVCの力で間欠的等尺性収縮運動(収縮3秒-弛緩3

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

** 東京薬科大学薬学部 (The school of Pharmacy, 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)

秒の50% duty cycleのリズム)を5回繰り返した。この際、皮膚冷刺激は主働筋である上腕二頭筋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。35%MVCの保持は筋力データを視覚的に出力させ、被験者にフィードバックして行った。皮膚冷刺激を加えることで筋活動が変化する低負荷として先行研究から35%MVCに設定した。なお、各試行はランダムに実施した。等尺性収縮時のデータは筋力と主働筋である上腕二頭筋(Biceps Brachii; BB)と拮抗筋の上腕三頭筋(Triceps brachii; TB)の表面筋電図を記録した。筋力は張力計から得られた筋力データを1 kHzのサンプリング周波数で波形記録・解析ソフト(LabChart7: ADInstruments)にて記録した。表面筋電図は上腕二頭筋の中間位および上腕三頭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、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。なお、高域遮断周波数は1 kHz、低域周波数は5 Hzとした。5試行ごとに筋力データおよび筋電図データを分析し、5試行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。皮膚温、筋力、筋電図活動の平均振幅(root mean square; rms)は対応のあるt検定で検定し、有意水準を5%とした。

主働筋である上腕二頭筋の皮膚温度はコントロールと比べて皮膚冷刺激条件下で有意に低下して

いた。課題試行である35%MVCでの等尺性肘屈曲運動での筋力においては両群での違いはなかった(表1)。図1には間欠的等尺性収縮時の力、上腕二頭筋と三頭筋の表面筋電図の各波形を示した。皮膚冷刺激を加えた場合は筋電図の振幅が増大している。

図2は等尺性収縮における主働筋(BB)と拮抗筋(TB)のrmsEMGの結果を示している。主働筋では皮膚冷刺激条件で筋活動は増加したが、統計学的には有意な差ではなかった($p=0.068$)。一方、拮抗筋の筋活動は観察されるものの主働筋と比べて非常に低い値であった。しかも、皮膚冷刺激条件による変化は観察されなかった($p=0.869$)。主働筋と拮抗筋の筋活動の比率は皮膚冷刺激で有意に増加した($p<0.05$)。

35%MVCの運動強度での等尺性収縮運動に皮膚冷刺激を加えることで主働筋の筋活動は増加したが、拮抗筋への影響は観察されなかった。これより、皮膚冷刺激を加えた低負荷運動による筋活動の変調は主働筋に局限し、拮抗筋へ波及することはなかったと考えられる。菅原ら(体力科学、2013)は皮膚冷刺激を加えた足関節背屈筋力トレーニング研究のなかで冷刺激付加による拮抗筋H反射経路の興奮性動態への影響は少ないと報告している。

今後、主働筋のrmsEMGの増大がもたらすトレーニング効果のメカニズムに関してさらなる検討を加えていくつもりである。

Table 1 Skin temperature and 35%MVC force values under experimental condition

	control (room temperature)	skin cooling
Skin temperature (°)	30.5±1.4	25.9±0.7*
35%MVC (kg)	10.6±3.1	10.2±3.1

Mean ± SD; $p<0.05$ vs. control

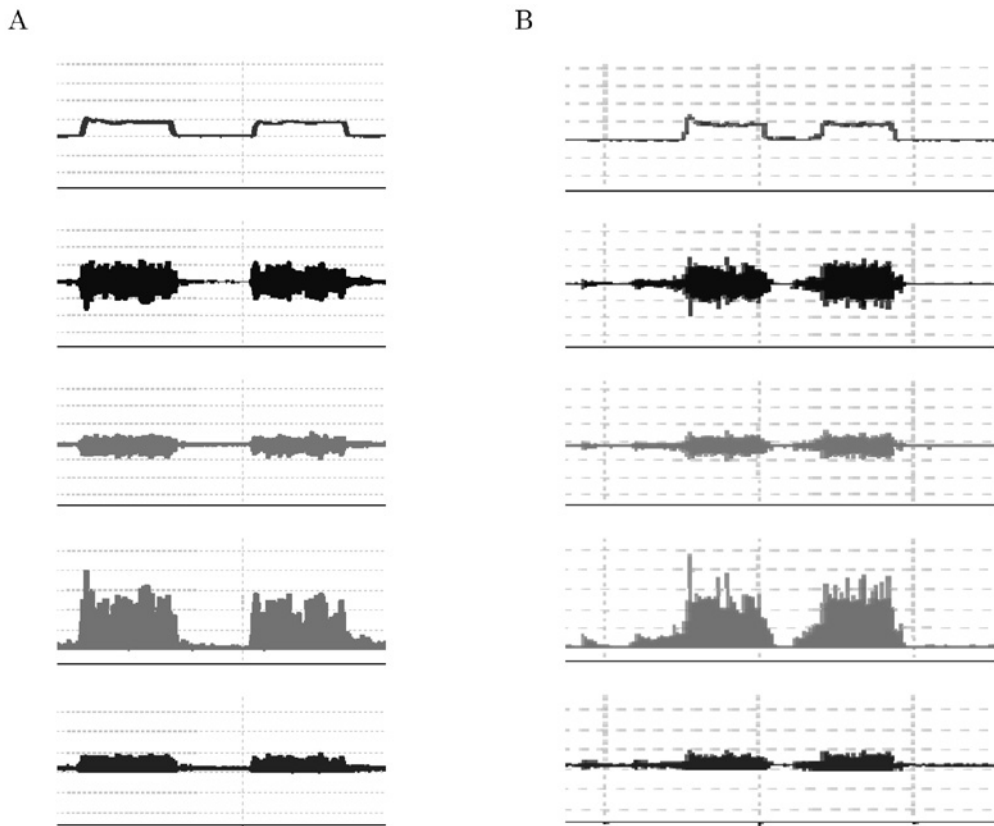


Fig. 1 Typical sample data in control (A) and skin cooling (B). The sample of data represents force, EMG of BB, TB, and rectified EMG of BB, and TB, from the top, respectively.

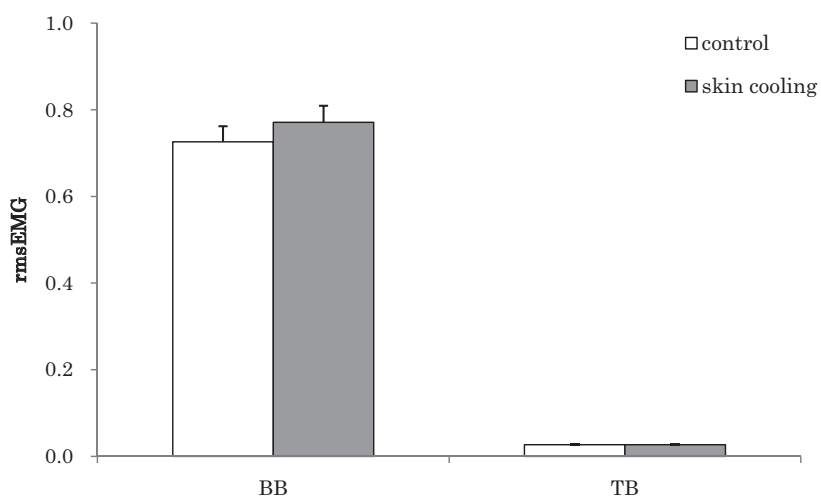


Fig. 2 Comparison of agonist (BB) and antagonist (TB) rmsEMG during isometric contraction with skin cooling or control.