

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月28日現在

機関番号： 17701
 研究種目： 基盤研究（C）
 研究期間： 2010 ～ 2012
 課題番号： 21500518
 研究課題名（和文）筋疲労回復を目指した温熱磁気刺激装置の開発

研究課題名（英文）Development of thermal and magnetic stimulating device for recovery of muscle fatigue

研究代表者 湯ノ口 万友（YUNOKUCHI KAZUTOMO）
 鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授
 研究者番号：10094187

研究成果の概要（和文）：近年、有訴者の症状で肩こりや腰痛は上位を占めるけれども、医療機関を受診する頻度は極端に低い現状である。そのため、申請者らはこの点に注目して、手軽に行える温熱と磁気刺激を組み込んだ筋疲労回復装置の開発を試みた。そして、筋疲労に対する温熱磁気刺激の回復効果を明確にすることを旨とし、その結果、試作した温熱磁気刺激装置により、筋疲労の回復を促進させることが出来ることを確認した。測定には血流量、最大発揮筋力、皮膚温度および積分筋電図などのパラメータを用いた。温熱磁気刺激により血流量、最大発揮筋力、皮膚温度は増加傾向あり、一方積分筋電図の増加は抑制された。これらの結果は、温熱磁気刺激が筋疲労回復に有効であることを示唆している。これらの成果は、2編の論文と、7件の口頭発表にまとめた。

研究成果の概要（英文）：Recently, stiffness in the shoulders or peripheral muscles becomes an issue of public concern. The purpose of this study was to elucidate the recovery effect of magnetic field or the thermotherapy for muscle fatigue. The healthy subjects participated in the experiment with raising one's hand using a hand dynamometer. The bloodstream, MVC (maximum voluntary contraction), skin temperature tended to increase, but an increase of iEMG was inhibited. The results suggested the recovery effects by the magnetic field and warmth.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成21年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成22年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成23年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：健康・福祉工学

1. 研究開始当初の背景

近年、現代人の抱える肉体的および精神的ストレスと疲労はますます深刻になってきている。それに伴い、様々な電気・

磁気治療器が開発されている。とくに、磁気刺激法は、電気刺激法に比べ痛みや不快感を患者に与えずに、しかも電極が不要であるなどの理由から、神経機能診断はもちろん、リ

ハビリテーションや運動生理学の領域においても注目されている。研究代表者の磁気刺激に対するこれまでの研究成果をもとに、筋疲労回復や運動機能の回復のための新しい、最適な磁気刺激法の確立を目指してこの研究を発展させることにした。

2. 研究の目的

磁気刺激が治療に用いられるようになってきたことを機に、筋疲労に対する磁気刺激の作用について研究されるようになった。本研究課題を解決するには、疲労の定量化を行うことはもちろん、磁気刺激による生体内の渦電流分布を知ると同時に、磁気刺激による生体の情報（血流変化、心拍変化、体表面の温度分布、筋の硬さなど）を定量的に評価することが重要である。本研究において、主として3つの課題を明らかにすることを目的とする。

- (1) ヒトが感じる疲労感覚を物理量として定量的に表示する手法を確立する。
- (2) ヒトの前腕、下肢、肩の局所的な筋疲労に対する磁気刺激の作用を明らかにする。
- (3) 最適な磁気刺激コイルあるいは磁気刺激装置を試作する。

3. 研究の方法

3つの研究目標に関して、以下の具体的な実験方法を実施する。

- (1) 弱磁気刺激装置を試作し、装置の特性試験を行う。設計通りに動作することを確認し、コイル表面での磁場分布、コイルの温度特性を調べる。
- (2) 疲労感覚を物理量として定量的に表示する手法を確立する。計測する生体情報は、主として発揮筋力の変化、抹消血流の変化、体表面温度分布の変化、筋の硬度変化を検討し、それらのうち疲労回復の特性をもっともよく表すパラメータを決定する。
- (3) 磁気刺激単独の場合と温熱を組み合わせた磁気刺激の場合における、生体信号を計測することによって刺激効果を比較し、影響を明確にする。
- (4) 可撓性コイルによる渦電流分布の計測を行い、最適な磁気コイルの物理的特性を調べ、改良装置の性能評価を行う。
- (5) 当研究室で用いた筋力測定により筋肉疲労度を数値的に解析し、「筋硬直の緩和が認められる」あるいは「発揮筋力の低下が抑えられる」場合を治療効果の一つの指標にする。そして適切な「治療効果」を明確にする。

4. 研究成果

本研究結果として以下のことが得られた。

- (1) 本実験で用いた刺激マットのコイルは厚さ 0.1mm、幅 0.1mm の銅箔を 10 回螺旋状に巻いた形状とし、可撓性をもたせた。図 1 にマット上の磁場分布とコイル概要を示す。また、刺激マットの温度特性を図 2 に示す。刺激マットは、57℃付近で定常状態となり、一様な分布となることが確認できた。刺激マットをウレタンでカバーすることにより、皮膚にあたる温度は 40℃となる。

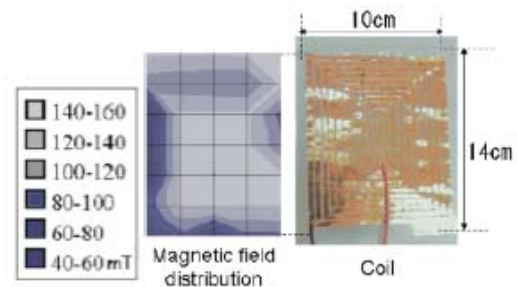


図 1. 磁気コイルの形状と特性

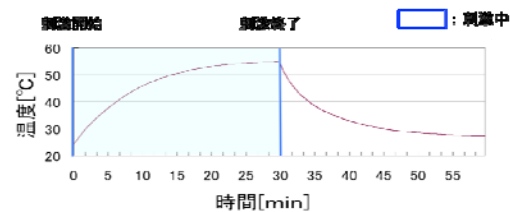


図 2. 磁気コイルの温度特性

- (2) 疲労の定量化を行う際に、最大発揮筋力 (MVC) はその特徴を最もよく表すパラメータであることが示唆された。それは、実験開始前、疲労タスク後、実験終了時の MVC の特性からも分かる。図 3 に疲労タスク後の MVC を基準としたときの発揮筋力の増加率を示す。疲労タスク後の MVC を基準とした時の発揮筋力の増加率が control に比べると温熱磁気曝露の場合に有意に大きくなった。また、疲労タスク後を基準としたときの、実験終了時の抹消血流増加率を図 4 (A) に示す。抹消血流量も温熱磁気曝露において増加することが確認された。図 4 (B) に示す体表皮膚温度の変化においては、control に比べ温熱磁気刺激群の方が増加する傾向は得られたが、被験者間でのばらつきが大きく、有意な差を認めることができなかった。今後はデータの蓄積と再

現性の検討が必要である。

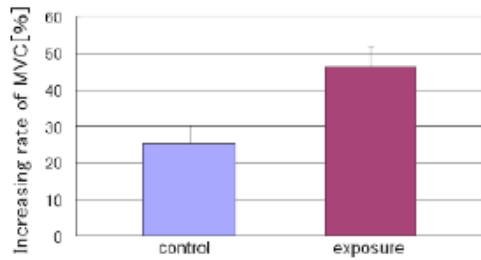


図3. Control と温熱磁気曝露に対する MVC の比較

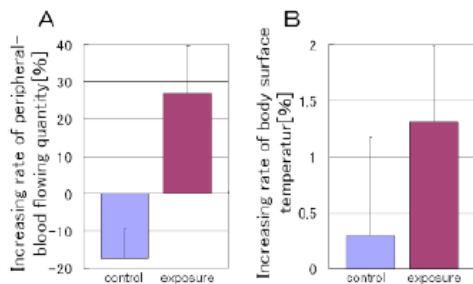


図4. Control と温熱磁気曝露群の比較 (a) 抹消血流量、(b) 体表皮温度

- (3) 筋疲労した前腕にパルス磁気刺激を行うことにより、磁気刺激を行わない場合に比べて、発揮筋力の低下が抑制された。積分筋電図の結果からもこの傾向が見られたことから、パルス磁気刺激は筋疲労回復効果が認められることが示唆された。
- (4) 本研究において、試作した磁気刺激装置の特性は筋疲労回復に役立つことが示唆されたが、まだ最適な装置とは言えない。磁気の強さ、パルスの形状や周波数など、明確にしなければならない課題がある程度明確になった。血流や発揮筋力、および筋電図などのパラメータだけで、筋疲労を評価するには限界があると考えられる。図5は、被験者が休息後に10%MVCで30秒間等尺性収縮を行ったときの積分筋電図(iEMG)の変化である。これらのデータは筋発揮時における最初の5秒間の値で規格化して示した。一般的に、筋疲労状態になるとiEMGは発揮時間とともに増加していく。この図から、controlが、他の3つのどの刺激よりもiEMGの上昇が大きく、筋疲労の度

合いが大きくなる傾向が得られた。また、温熱磁気刺激のとき磁気および温熱単独の刺激時に比べてiEMGの上昇が若干ではあるが抑制される傾向があった。しかし、統計的な有意さは得られていない。

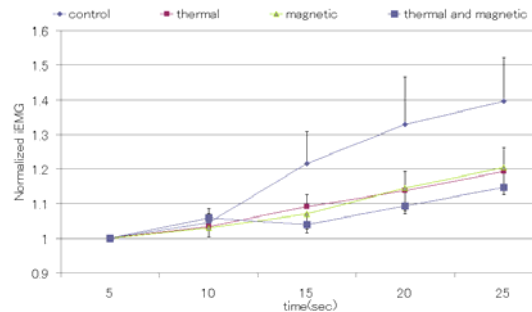


図5. 休息後の積分筋電図比較

- (5) 筋硬度計を用いた検討は、今回の実験では十分な成果まであげることができなかった。今後は、生化学的計測等による筋疲労回復のメカニズムの検討も加えて研究を続ける必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 内田公介、塗木淳夫、辻村誠一、玉利陽三、湯ノ口万友、磁気刺激を用いた筋疲労回復効果の検討、電気学会論文誌C、査読有、131巻、2011、122-126
<http://www.iee.or.jp>
- ② 久保田耕平、塗木淳夫、玉利陽三、湯ノ口万友、温熱磁気刺激による抹消血流量および体表皮温度の研究、電気学会論文誌C、査読有、131、2011、192-193
<http://www.iee.or.jp>

[学会発表] (計7件)

- ① 大岩孝輔、塗木淳夫、湯ノ口万友、玉利陽三、磁気刺激用コイルの形状に対する刺激の局在性の考察(2)、第64回電気関係学会九州支部連合大会、2011年9月26日、07-1A-13、佐賀大学
- ② Takuma Oda, Kosuke Uchida, Kouhei Kubota, Atso Nuruki, Kazutomo Yunokuchi, Study on effects of pulsed magnetic stimulation for the recovery of peripheral muscle fatigue, The 26th Symposium on Biological and Physiological Engineering (BPES2011), 2011年9月21日, SY0008、立命館大学(草津)

- ③ 内田公介、塗木淳夫、湯ノ口万友、前腕部における磁気刺激を用いた筋疲労回復効果の検討、第18回日本運動生理学会大会、2011年8月1日、2-P-7、鹿児島大学
- ④ 玉利陽三、湯ノ口万友、生体磁気刺激における刺激電流分布制御方法に関する研究、第26回日本生体磁気学会大会、2011年6月4日、SY2-2、pp. 50-51、九州大学
- ⑤ 大岩孝輔、塗木淳夫、湯ノ口万友、玉利陽三、磁気刺激コイルの配置に対する腕モデルにおける誘導電流分布の刺激の考察、第50回日本生体医工学会、2011年4月29日、o1-9-4, p. 27、東京電機大学
- ⑥ 湯ノ口万友、内田公介、塗木淳夫、玉利陽三、パルス磁場の筋疲労に及ぼす効果の検討、マグネティックス研究会、2010年11月26日、MAG-10-161、MBE-10-162、九州大学
- ⑦ 江崎龍洋、内田公介、塗木淳夫、湯ノ口万友、磁気刺激による筋疲労抑制効果の研究-筋電図、筋音図および発揮筋力による評価-、九州体育・スポーツ学会第59回大会、2010年8月27日、0-15、p. 42、鹿児島女子短期大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湯ノ口万友 (YUNOKUCHI KAZUTOMO)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：10094187

(2) 研究分担者

辻村誠一 (TSUJIMURA SEIICHI)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・
准教授
研究者番号：10381154

(3) 連携研究者

塗木淳夫 (NURUKI ATSO)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号：50336319