

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 6月11日現在

機関番号：22501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21650139

研究課題名（和文） 周波数デジタル変換型随意運動介助型電気刺激方法の開発

研究課題名（英文） Motion Assist type Electrical Stimulation developed by Conversion of Frequency

研究代表者

三和 真人 (MIWA MAKOTO)

千葉県立保健医療大学・健康科学部・教授

研究者番号：50336450

研究成果の概要（和文）：【目的】電気刺激による筋疲労と電極間の熱発生に関連性を研究することは重要であり、刺激パルス幅が筋疲労や皮膚温に影響するか検討することである。【方法】電気刺激が健常成人9名の右前脛骨筋に実施し、30Hz周波数で、0.5ms、1ms、5msの刺激パルス幅、刺激の強さ足関節等尺性最大筋力の20%とした。実験方法は、刺激時間1秒、休止時間15秒で120回実施し、休憩中に20%MVCの随意収縮を5秒間実施するものとした。測定は刺激電極内外の皮膚温、表面筋電図の実効値および周波スペクトラム低下率である。【結果】近位の刺激電極外で開始時より1.3℃の上昇がみられ、前脛骨筋の筋腹で0.5msから5msの刺激パルス幅で1.8℃から2.6℃の上昇がみられた。

0.5msと5msの刺激パルス幅の皮膚温は、35.0℃から33.9℃に低下した。実験開始から終了までの筋疲労の指標に差は見られなかった。【結論】前脛骨筋の刺激電極間で筋腹に皮膚温が上昇し、熱発生が筋疲労の原因の1つになるものと考えられた。

研究成果の概要（英文）：【Purpose】Muscle fatigue by the electrical stimulation and relevance of the heat generation between the electrodes are not researched. The purpose of this study is to elucidate whether stimulation pulse width influences muscle fatigue and skin temperature. 【Method】The electrical stimulation to the right tibialis anterior muscle was performed to nine normal volunteers. The stimulation condition designed to 0.5ms, 1ms, 5ms of stimulation pulse width at 30Hz of frequency respectively. The intensity of the stimulation assumed ankle joint by 20% isometric maximum muscular contraction. The experiment enforced stimulation time of one second and downtime of 15 seconds 120 times as a cycle, and carried out 20%MVC for five seconds during downtime. The measurement is the skin temperature of the stimulation electrode inside and outside, and the rates of decline such as route mean square and frequency spectrum in the surface EMG. 【Results】There was a rise of 1.3 degrees Celsius out of a proximal stimulation electrode compared with pre-examination, and there was skin temperature rise from 1.8 degrees Celsius to 2.6 degrees Celsius by stimulation pulse width of 5ms from 0.5ms in the belly of tibialis anterior. Skin temperature of the stimulation pulse width of 0.5ms and 5ms fell to 33.9 degrees Celsius from 35.0 degrees Celsius. The parameters of the muscle fatigue did not have significant difference during the experiment. 【Conclusion】Skin temperature rose to the belly between stimulation electrodes of the tibialis anterior, and it was thought that heat generation became the one of the causes of the muscle fatigue.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	0	1,200,000
2010年度	1,200,000	0	1,200,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			

年度			
総計	3,100,000	210,000	3,310,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション医学

1. 研究開始当初の背景

中枢神経系の運動麻痺筋の随意運動レベルに応じて電気刺激を加える機器が開発され、その多くは筋電位振幅や信号の積分値に応じて刺激強度を変化させるものである。しかし、運動麻痺筋への刺激では刺激周波数 20～30Hz が一般に用いられているが、大小径の筋線維 type I, type II を同時に刺激してしまい、筋疲労が発生する問題が依然として解決されていない。

2. 研究の目的

(1) 電気刺激を加える運動麻痺筋の筋電図アナログ信号をデジタル変換し、筋疲労の発生が極めて少ない刺激周波数や刺激パターンを構成した電気刺激方法を開発することである。

(2) 電気刺激による筋疲労の発生原因は、刺激強度と考えられている刺激周波数か、刺激幅(以下パルス幅)か、そのいずれであるのか、筋疲労の問題点を解明することは、電気刺激がリハビリテーション医学や理学療法に活用できるものと考えられる。

3. 研究の方法

対象の選定は、神経・筋疾患や骨関節疾患のある人は除外した。研究の意義と目的を十分に理解してくれる対象者に文章と口頭で説明をし、同意を得た 9 名(平均年齢 24.6±2.7 歳)とした。

刺激の方法は、前頸骨筋に電極間距離 15cm で電極を貼付した。筋疲労の発生がないと考えられる 1 秒間の刺激と 15 秒間の休息を 1 サイクルとし、電気刺激を 120 回の約 30 分とした。刺激強度は最大筋張力の 20% とし、強度は一定にした。なお、実験は筋疲労が持続しないよう考慮して隔日で実施した。

測定方法は、刺激周波数を 30Hz、40Hz、50Hz の 3 段階とした。また周波数 30Hz で、0.5ms、1ms、5ms のパルス幅による変化も併せて測定した。筋電図信号は休息時間中の 3 秒間の筋収縮から実効値、中央パワー周波数と平均パワー周波数を求めた。皮膚温の測定は、1 分毎に実験終了まで計測した。対照の実験は、前頸骨筋の随意収縮のみとし、プロットコールドは本実験と同じ手続きとし

た。

電気刺激による筋疲労の変化は運動開始 5 回の筋電図信号の平均値を基準とし、それぞれの低下率を開始時、5 分後、15 分後、運動終了後で比較した。皮膚温の比較は、電気刺激前と最大温度の変化を Paired-t 検定 で比較した。刺激周波数およびパルス幅による皮膚温の比較は 1 元配置分散分析で分析した。統計解析の有意水準は 5%以下とした。

なお、本研究は千葉県立保健医療大学(2010-004)と山形県立保健医療大学(1006-05)それぞれの倫理委員会の承認を得て行っている。

4. 研究成果

開始前と最大値の皮膚温の差について、筋腹では 30Hz で 2.0℃、40Hz で 1.9℃、50Hz で 2.3℃と開始前よりも皮膚温が上昇し、有意差(p<0.05)がみられた。対照実験では、起始部、筋腹ともに開始前よりも 0.9℃、1.2℃と上昇し、筋腹で差(p<0.05)はみられたが、電気刺激よりも低値であった。周波数間による皮膚温では、起始部と筋腹のいずれも、開始前と最大値で明らかな差はみられなかった。一方、RMS の経過時間の低下率では、30Hz、40Hz、50Hz で 96～122% の範囲に広がりがあったが、有意な差はみられなかった。同様に中央および平均周波数スペクトラムともに低下率が 95%～109% の範囲で差はなかった。

パルス幅による皮膚温で、最大値において 0.5msec、1msec と 5msec と間にそれぞれ有意な差(p<0.05)がみられた。起始部では 0.5msec で 0.8℃、1msec で 1.0℃、5msec で 1.2℃と開始前よりも温度上昇がみられた。同様に筋腹でも 2.0℃、1.8℃、2.5℃とそれぞれ上昇していた。筋疲労指標 RMS の経過時間の低下率は、0.5msec、1msec、5msec で 80～100% の範囲にあったが差はみられなかった。同様に中央および平均周波数スペクトラムとも低下率に差がみられなかった。

これらの結果から考察すると、刺激電極間で筋腹の運動点を中心に電流密度が増大し、筋細胞膜内外の Na⁺と K⁺濃度変化が熱を産生する要因と考えられる。加えて体内組織の温度上昇によって電気強度が大きくなり、電流が組織内で容易に通るために筋張力が強くなるのが疲労を誘発する原因の 1 つに

なるものと考えられた。また筋張力に関係する刺激周波数では、いずれの周波数でも温度上昇に差はなかった。この原因は、本研究で用いた30~50Hzの周波数は1000Hzまでの低周波数域からすると僅かな帯域であることが考えられる。このことより、刺激周波数に関係なく、寧ろ刺激幅が筋組織の熱産生を引き起こしているものと考えられた。

本研究の限界は、臨床で用いられている刺激幅よりも大きいため、通常の刺激周波数10~30Hzや刺激幅0.2~0.3msecで検討する必要がある。

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9件)

- ①小宅一彰、三和真人、高齢者の歩行において重力の利用を低下させる原因、理学療法学、査読有、37巻、2009、70-77、
- ②竹内弥彦、吉村実千晴、竹山由理恵、三和真人、視覚と母趾触圧感覚情報が不安定肢位の足圧中心動揺に及ぼす影響、理学療法の科学と研究、査読有、1巻、2009、29-33、
- ③Yahiko Takauchi、Makoto Miwa、Chikara Aoki、Relationship between Muscle Strength of the Lower Extremities and Trunk Acceleration during Backward Stepping by the Elderly、Journal of Physical Therapy Science、査読有、22巻、2010、167-171、
- ④鈴木伸弥、三和真人、トレッドミル歩行における注意の向け方が足関節底背屈筋活動に与える影響、東北理学療法学、査読有、22巻、2010、167-171、
- ⑤三和真人、雄賀多聡、吉田晋、堀本佳誉、竹内弥彦、下肢筋力発揮時の運動単位動員に関する解析ソフトウェアの開発、理学療法の科学と研究、査読有、2巻、2011、31-36、
- ⑥堀本佳誉、高橋恵里、高田千春、大須田祐亮、吉田晋、小塚直樹、三和真人、発達障害理学療法分野で使用している評価法に関するアンケート調査—教育現場と臨床現場の比較—、理学療法の科学と研究、査読有、2巻、2011、19-25、
- ⑦竹内弥彦、下池まゆみ、吉井亨、杉山聡、吉野千鶴、三和真人、T字杖への荷重率変化時の圧中心動揺と体幹筋活動の関係、理学療法の科学と研究、査読有、2巻、2011、7-12、
- ⑧Yoshitaka Horimoto、Yusuke Osuda、Chiharu Takada、Susumu Yoshida、Makoto Miwa、Satoshi Tsugawa、Naoki Kozuka、Reliability of Two Protocols for Measuring Chest Wall Dimensions in the Transverse Plane in Individuals with

Sever Motor and Intellectual Disabilities、Journal of Physical Therapy Science、査読有、23巻、2012、221-224、

- ⑨竹内弥彦、三和真人、大谷拓哉、足圧中心の逆応答時特性と下肢筋活動による後方ステップ動作の解析、理学療法ジャーナル、査読有、45巻、2011、611-616、

[学会発表] (計12件)

- ①三和真人、空間におけるIb抑制の変化について、第44回日本理学療法学会、2009、東京国際フォーラム、
- ②垂石千佳、三和真人、術後変形性股関節症患者の椅子からの立ち上がり動作分析、第44回日本理学療法学会、2009、東京国際フォーラム、
- ③小宅一彰、三和真人、若年者と高齢者における歩行の相違が重力の利用効率に与える影響、第44回日本理学療法学会、2009、東京国際フォーラム、
- ④鈴木伸弥、三和真人、トレッドミル歩行における注意の向け方が足関節底背屈筋活動に及ぼす影響、第27回東北理学療法学会、2009、仙台市民会館、
- ⑤三和真人、立脚相中期から遊脚相初期にわたる相反神経回路の変化の検討、第45回日本理学療法学会、2010、長良川国際会議場、
- ⑥花嶋智之、藤田聡行、渡邊竜太、吉原周平、三和真人、電気刺激の特異的皮膚温上昇に関する研究—刺激周波数の依存—、第16回千葉県理学療法士学会、2011、東金文化会館(千葉県)、
- ⑦竹内弥彦、三和真人、圧中心の逆応答特性と筋力の関係から見た高齢者の後方ステップ動作特性、第46回日本理学療法学会、2011、宮崎シーガイア、
- ⑧三和真人、堀本佳誉、竹内弥彦、伊橋光二、赤塚清矢、真壁 寿、神先秀人、電気刺激による刺激幅と電極間皮膚温の変化の関係、第46回日本理学療法学会、2011、宮崎シーガイア、
- ⑨堀本佳誉、高橋恵里、高田千春、大須田祐亮、吉田 晋、三和真人、小塚直樹、発達障害理学療法分野における評価、第46回日本理学療法学会、2011、宮崎シーガイア、
- ⑩ Makoto Miwa、Yahiko Takeuchi、Takayoshi Horimoto、Koji Ihashi、Seiya Akatsuka、Changes of Temperature between Electrodes by Electric Stimulation、2011、16th International World Confidential Physical Therapy Congress、
- ⑪渡邊竜太、藤田聡行、花嶋智之、吉原周平、三和真人、治療的電気刺激に対する皮膚温上昇—周波数による違いから—、第30回

関東甲信越ブロック理学療法士学会、2011、
朱鷺メッセ(新潟県)、
⑫鈴木伸弥、神先秀人、三和真人、鈴木克彦、
立脚期後半におけるヒラメ筋 H 反射の速
度依存性変調、第 66 回体力医学会、2011、
海峡メッセ下関、

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三和 真人 (MIWA MAKOTO)

千葉県立保健医療大学・健康科学部・教授
研究者番号：50336450

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし