

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：34602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11405

研究課題名(和文) 鍼または鍼通電は遅発性筋痛により生じた力調節能の低下を抑制するか

研究課題名(英文) Does acupuncture or electro-acupuncture inhibit of force-matching errors after eccentric exercise attributed to muscle soreness?

研究代表者

寺田 和史(Terada, Kazufumi)

天理大学・体育学部・教授

研究者番号：40454798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では「鍼または鍼通電は遅発性筋痛により生じた力調節能の低下を抑制するか」という研究課題を進めてきた。一方、近年のCOVID-19流行の影響による課題の進捗遅延、またその間の内容の再検討によって、まずは遅発性筋痛の影響を受けない神経筋における力調節能及びそれに関与する反射や筋緊張等に対する鍼通電刺激の影響を観察することとした。ダイナモメータにより足関節を他動的に素早く底屈させた際の前脛骨筋における伸張反射及び筋硬度、またその間の力調節課題の遂行度について、表面筋電図、超音波エラストグラフィ及び張力計により観察した。その結果、鍼通電刺激群とコントロール群との間に、特徴の違いが見受けられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脊髄運動ニューロンプール(脊髄NP)の活動の興奮性は、力調節能を変化させる。遅発性筋痛などにより前脛骨筋などの足関節底背屈筋の力調節能に低下が生じた場合、スポーツ動作、立位バランス能、車のアクセル調節等に悪影響が生じる。一方、鍼通電刺激は脊髄NPの活動を変化させることから、それらの刺激が足関節での力調節能を変化させるのではないかと考えた。本研究の成果の一部は、鍼通電刺激が実際に脊髄NPの活動を反映する伸張反射や筋緊張に変化を与えるかどうかは明示されなかったが、力調節能自体には影響を与える可能性を示唆するものであった。ただし、客観的な十分な証拠を得るためにはさらなる検討が必要である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have been working on the research topic of "Do acupuncture or electroacupuncture suppress the decline in force control caused by delayed onset muscle soreness?" However, due to the delay in progress of the task due to the recent COVID-19 pandemic and the reexamination of the content during that time, we decided to first observe the effects of electroacupuncture stimulation on force control in neuromuscular functions that are not affected by delayed onset muscle soreness, as well as the reflexes and muscle tone involved in it. We observed the stretch reflex and muscle hardness of the tibialis anterior muscle when the ankle joint was passively plantar flexed quickly using a dynamometer, as well as the performance of the force control task during that time, using surface electromyography, ultrasound elastography, and a tension meter. As a result, differences in characteristics were found between the electroacupuncture stimulation group and the control group.

研究分野：体育学

キーワード：鍼治療 鍼通電 伸張反射 筋緊張 筋電図 超音波せん断波エラストグラフィ装置 足関節 前脛骨筋

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

力調節能(筋出力を調節する能力)の低下は、慢性的には加齢や不活動によって起こるが、急性的には筋疲労や遅発性筋痛(Delayed Onset Muscle Soreness: DOMS)によっても生じるとされる(Brockett, 1997; Proske, 2003)。DOMSが筋感度調節能を低下させる原因として、ゴルジ腱器官や筋紡錘の働きの変化が関与していると考えられている。その証拠にDOMS発生時には運動単位の活動閾値の低下など、脊髄運動ニューロンプール(Alpha Motor Neuron Pools: MNP)の活動が変化する(=興奮性の上昇)。

このように、DOMS発生時には運動単位の活動閾値の低下などMNPの活動が変容するため、ヒト日常生活活動のほとんどを占める「低強度」かつ「精確に力を合わせる」といういわゆる力調節能においては、円滑な力発揮をする能力(力調節能)が低下すると考えられる。このような力調節能の低下が仮に下腿三頭筋や前脛骨筋に生じた場合、スポーツ活動、立位姿勢制御(立ち直り反射)、車のアクセル・ブレーキの調節などの日常生活動作の円滑な遂行を妨げることは想像に容易い。したがって、DOMSによる力調節能の低下を軽減する方策の策定は、ヒトのQOLを担保する上で重要である。

一方、鍼または鍼通電刺激は筋血流の改善(Kimura, 2015)や筋緊張の緩和(太田, 2005)をもたらす。筋の凝りや張りを和らげる効果がある(Takakura, 2014)。中でも筋緊張緩和のメカニズムには、固有反射の抑制が関係しているとされる。鍼または鍼通電刺激が固有反射の一つである伸張反射を抑制することが報告されており、それは、鍼または鍼通電刺激が伸張反射の発現強度に影響を与える脊髄MNPの興奮性を低下させる(Milne, 1985)ことにより引き起こされると考えられている。また、指などの小筋群への鍼及び通電(Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation: TENS)刺激は、振動誘発性の把持(Homma, 1982)及び指屈曲反射(Homma, 1985; Takakura, 2010)を抑制する。すなわち、鍼または鍼通電刺激は筋感覚に関わる固有反射を調節するMNPに影響を及ぼす(=興奮性の低下)。

そこで本研究では当初、DOMSにより実験的に筋感覚の乱れを生じさせた際の、下腿三頭筋をはじめとする足関節底背屈筋の力調節能及びそれに関連する因子に及ぼす、鍼または鍼通電刺激の効果を明らかにすることを目的としていた。

### 2. 研究の目的

研究開始当初は上記のような背景に基づく研究目的であったが、近年のCOVID-19流行の影響による課題の進捗遅延によって研究計画の見直しを余儀なくされ、またその間の研究内容の再検討によって、本研究では先ず遅発性筋痛の影響を受けない状態での神経筋の振る舞いによる力調節能、及びそれに関する反射や筋緊張等に対する鍼通電刺激の影響を観察することとした。

対象筋は、伸張反射の導出及び関連する現象の観察のしやすさを鑑み、また足関節底屈動作のように複数の筋(下腿三頭筋群)が協働的に収縮に関与する運動形態ではなく、関与する筋が少なく前脛骨筋が主働筋となる足関節背屈動作を、対象筋および対象動作とした。

ダイナモメータにより足関節を他動的に素早く底屈させた際の前脛骨筋における伸張反射及び筋硬度、またその間の力調節課題の遂行度について、表面筋電図、超音波せん断波エラストグラフィ装置及び張力計等により観察し、当該筋への鍼通電刺激を行った場合と行わなかった場合とで、得られる値に違いが生じるか検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象

対象は、健康な若齢成人男性6名とした。対象者は、測定の前日および当日に強い疲労感や筋痛を発生させる運動は避けるよう指示した。対象者はすべて鍼または鍼通電刺激の未経験者であったことから、事前に本研究で行う鍼通電刺激についての説明を十分に行い、恐怖感や不安感などによる情動の影響が極力少なくなるようにした。また、鍼通電刺激の最中または終了後に、特に痛みを含めた違和感などを訴える対象者はいなかった。鍼通電刺激や各種の測定を含めた本研究の実験については、全ての対象者に事前にその目的と内容について十分に説明し、同意を得た上で実施した。なお、本研究は天理大学研究倫理審査委員会の承認を得て行った(承認番号: H29-014)。

#### (2) 実験方法(図1)

対象者は、腹臥位にてダイナモメータ(CON-TREX MJ, CMV社)のトルクセンサの専用アタッチメントにて左足関節を固定した。対象者に対し、発揮した力と目標発揮力をリアルタイムで視覚的にフィードバックするため、モニタ(27.1インチ)を対象者の視線上の位置に設置した。伸張反射は、最大筋力(MVC)の10%をターゲットとした力合わせ課題中にダイナモメータを稼働して測定を行った。対象者は、等尺性の足関節背屈動作の力合わせ課題を約10秒間実施した。力調節能力を力の標準偏差(SD)にて評価した。その10秒の力合わせ課題中に、ダイナモメータを角速度210°/秒にて背屈10°から底屈30°まで稼働した。その際、前脛骨筋筋腹上より表

面筋電図を導出し、全波整流した後に伸張反射のうち短潜時反射（SLR）を振幅値で評価した。また、鍼通電刺激前後において、力合わせ課題の実施前に超音波せん断波エラストグラフィ装置（Supersonic MACH20, Hologics社）を用いて、前脛骨筋のせん断弾性率を測定した。

### (3) 鍼通電刺激（図2）

刺鍼部位は、前脛骨筋上の経穴である足三里（ST-36）と上巨虚（ST-37）の2か所とした。鍼はセイリン社製ディスプレイ鍼灸鍼で、直径0.2mm×長さ60mmのものを使用した。刺入深度は、鍼先が筋膜を通過して筋線維に到達するまでとした。両経穴間の刺鍼した鍼の鍼体に電極クリップを挟み、電極コードを用いて刺激頻度5Hzで20分間の交流電流による低周波通電を行った。電気刺激装置には、鍼電極低周波治療器（オームパルサー-LFP-4000A, 全医療器）を用いた。



図1. 実験の様子

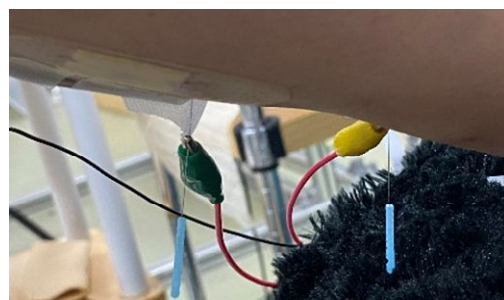


図2. 鍼通電刺激

## 4. 研究成果

実験をとおして、鍼通電刺激や測定に関わる有害事象は生じなかった。

伸張反射SLRは、鍼通電刺激後に6名中4名で増加したが、統計的に差はなかった( $P > 0.05$ )。また力合わせ課題中における力のSD値は、鍼通電刺激後に6名中5名で増加したが、統計的に差はなかった。さらに、せん断弾性率においても、鍼通電刺激前後で差はなかった( $P > 0.05$ )。一方、力変動SDの変化率と伸張反射SLRの変化率には、高い正の相関関係が認められた( $r = 0.91, P < 0.05$ )。

以上の結果より、鍼通電刺激の伸張反射に対する効果は個人差があることが示唆される。また、鍼通電刺激後の伸張反射の低下に従って力変動が低下することは、力変動の規定因子として伸張反射の関与が考えられる。本研究では鍼通電刺激の通電時間を一定にしたが、効果に個人差が生じたことから、伸張反射を軽減するために必要な通電時間には、個人差があると考えられる。

今のところ、当初予定の研究目的を遂行するまでには至っていないが、今後、この研究成果を参照しながら、DOMS発生時の力調節能に対して鍼通電刺激を行うとどのような現象が観察されるか、また、力調節能以外の筋感覚由来の筋機能に対する鍼通電刺激の影響をみていきたいと考えている。

### <引用文献>

Brockett C, Warren N, Gregory JE, Morgan DL, Proske U. A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Res*, 771(2):251-258, 1997.

Homma S, Homma I. Inhibitor effect of acupuncture on the vibration-induced grasp reflex in man. *Neurosci Lett*, 32(2):209-212, 1982.

Homma S, Nakajima Y, Toma S. Inhibitory effect of acupuncture on the vibration-induced finger flexion reflex in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 61(2):150-156, 1985.

Kimura K, Takeuchi H, Yuri K, Wakayama I. Effects of nitric oxide synthase inhibition on cutaneous vasodilation in response to acupuncture stimulation in humans. *Acupunct Med*, 31(1):74-80, 2013.

Milne RJ, Dawson NJ, Butler MJ, Lippold OC. Intramuscular acupuncture-like electrical stimulation inhibits stretch reflexes in contralateral finger extensor muscles. *Exp Neurol*, 90(1):96-107, 1985.

太田喜穂子, 矢野忠. 頸肩部の筋緊張に対する鍼刺激の効果: 筋硬度、深部血液量および筋電

図を指標として. 日本温泉気候物理医学会雑誌, 68(2):122-133, 2005.

Proske U, Weerakkody NS, Percival P, Morgan DL, Gregory JE, Canny BJ. Force-matching errors after eccentric exercise attributed to muscle soreness. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 30(8):576-579, 2003.

Takakura N, Takayama M, Kawase A, Kaptchuk TJ, Kong J, Yajima H. Design of a randomised acupuncture trial on functional neck/shoulder stiffness with two placebo controls. *BMC Complement Altern Med*, doi: 10.1186/1472-6882-14-246, 2014.

Takakura N, Yajima H, Takayama M, Kawase A, Homma I. Inhibitory effect of needle penetration on vibration-induced finger flexion reflex in humans. *Acupunct Med*, 28(2):78-82, 2010.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 寺田和史	4. 巻 4
2. 論文標題 最近の研究課題について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 天理大学大学院体育学研究科研究会抄録集	6. 最初と最後の頁 29-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 寺田和史, 小坂莉功, 松尾秀斗, 島村侑暉, 中谷敏昭, 宮井信行, 内海みよ子, 宮下和久, 有田幹雄
2. 発表標題 中学生の伸張 - 短縮サイクル動作遂行能力と運動有能感との関係
3. 学会等名 一般社団法人日本学校保健学会第68回学術大会(和歌山/Web)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國井洸樹, 寺田和史, 山本樹, 宮井信行, 内海みよ子, 中谷敏昭, 宮下和久, 有田幹雄
2. 発表標題 中学生における伸張 - 短縮サイクル動作遂行能力の経年変化
3. 学会等名 第68回近畿学校保健学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田和史, 宮井信行, 内海みよ子, 中谷敏昭, 森岡郁晴, 宮下和久, 有田幹雄, 武田眞太郎
2. 発表標題 中学生のアジリティと各体力要素との関係
3. 学会等名 一般社団法人日本学校保健学会第67回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Terada K, Nakatani T
2. 発表標題 Evaluation of stretch shortening cycle performance of upper limbs
3. 学会等名 67th annual meeting of American College of Sports Medicine (ACSM), 2020 Virtual Experience (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakatani T, Terada K, Matoba H, Nadamoto M
2. 発表標題 Effects of jump training on postural balance and leg muscle function in healthy older adults
3. 学会等名 67th annual meeting of American College of Sports Medicine (ACSM), 2020 Virtual Experience (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國井洸樹, 寺田和史, 中村倅菜, 岩山海渡, 山本大輔, 宮井信行, 内海みよ子, 中谷敏昭, 有田幹雄
2. 発表標題 若年者の伸張 - 短縮サイクル動作遂行能力の特徴
3. 学会等名 令和2年度奈良体育学会大会(Web)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中谷敏昭, 的場弘起, 灘本雅一, 新野弘美, 寺田和史
2. 発表標題 立位姿勢における重心位置の前後および左右方向への移動にともなう足圧中心動揺特性と加齢の影響
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第20回記念大会(Web)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	中谷 敏昭  (Nakatani Toshiaki)  (60248185)	天理大学・体育学部・教授   (34602)	
研究 分担者	吉武 康栄  (Yoshitake Yasuhide)  (70318822)	信州大学・学術研究院繊維学系・教授   (13601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------