

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19420

研究課題名（和文）関節拘縮予防を目的とした効果的な微弱電流療法の刺激条件に関する検討

研究課題名（英文）Study of the effective methods of microcurrent electrical stimulation for prevention of joint contracture

研究代表者

佐藤 勇太（SATO, Yuta）

県立広島大学・保健福祉学部（三原キャンパス）・助教

研究者番号：30819313

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）：本研究の目的は、微弱電流療法が非荷重を伴って生じる関節拘縮に与える影響について検討することとした。特に刺激強度や刺激時間、および刺激周波数に着目し調査を行った。その結果、微弱電流療法は、筋収縮を伴う電気刺激と同様に骨格筋の伸張性低下を抑制することで非荷重を伴う関節拘縮の予防効果を有する可能性があることが明らかとなった。また微弱電流療法における刺激条件では、刺激強度や刺激周波数による大きな差はないものの、刺激部位を神経とする必要があり、10Hzや250 μ Aでの刺激が望ましい可能性があることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

臨床のような非荷重を伴う関節不動により生じる関節拘縮では、関節不動のみで生じる関節拘縮と比較し、骨格筋の伸張性低下が強く生じ、関節拘縮が悪化する。このような関節拘縮では従来のような関節拘縮の予防方法ではかえって悪影響をおよぼす可能性がある。また有効とされる筋収縮を伴う電気刺激も筋疲労が生じることを否定できない。そこで本研究では筋収縮を伴わない微弱電流療法が関節拘縮の予防に与える影響を明らかにすることとした。これにより、最小限の電気刺激条件にて関節拘縮の予防を行うことができる可能性がある。その結果、関節拘縮の治療に要する時間が短縮し、患者の健康寿命の延伸、医療費の削減にも貢献できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the preventive effect of different methods of applying microcurrent electrical stimulation for joint contracture caused by joint fixation and unweighting hind limbs. In particular, we investigated stimulation methods such as stimulation intensity, stimulation time, and stimulation frequency. The results of this study indicated that microcurrent electrical stimulation has preventive effect for joint contracture caused by joint fixation and unweighting hind limbs.

研究分野：理学療法学

キーワード：関節拘縮 関節固定 電気刺激 骨格筋

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

関節拘縮は、骨格筋や皮膚、腱、靭帯、関節包などの関節周囲軟部組織が変化し、関節の可動範囲が減少した状態であり、1週間以上の関節不動によって生じる。特に足関節最大底屈位での関節不動1週間の時点で生じる主な関節拘縮の原因は、短縮位に保持された骨格筋(岡本ら、理学療法学、2004)の伸張性低下(Ono et al., J Phys Ther Sci., 2014)に由来する。関節拘縮が生じると日常生活に支障をきたし、特に関節拘縮が進行すると次第に関節可動範囲の回復が得られづらくなっていくため、早期からの関節拘縮の予防や治療は重要であるといえる。

臨床では、下肢骨折後の関節固定や、寝たきり状態など、関節不動に非荷重が組み合わさっている場合がある。我々は、過去の研究において、このような臨床の状態を再現した動物実験モデルを通して非荷重が骨格筋の伸張性を著しく低下させ関節拘縮を悪化させる要因の一つである可能性があることを明らかにした(Sato et al. J Phys Ther Sci., 2018)。その背景には、非荷重に伴う筋収縮の減少(De-Doncker et al., J Exp Biol., 2005)により関節不動のみと比較して関節不動期間中の骨格筋の動きが減少していることに起因している可能性が考えられた。そこで人工的に筋収縮を生じさせることができ、関節不動のみで生じる関節拘縮の予防に有効性を認められている電気刺激(Yoshimura et al., Connect Tissue Res, 2017)に着目し、研究を実施してきた。その結果、電気刺激は、非荷重を伴って生じる関節拘縮の予防にも効果を有する可能性があることが明らかとなった。一方、臨床におけるリハビリテーションにおいて、1回の介入内で関節可動域運動などの関節拘縮へのアプローチ後、筋力トレーニングや日常生活動作練習へと移行することも少なくない。このため介入のはじめから電気刺激による筋疲労を生じた場合、その後の介入へ悪影響をおよぼすことを否定できない。近年、筋収縮を起こさない1mA以下の微弱電流を用いた微弱電流療法が組織損傷の治療などに用いられている(吉田ら、Closslink 理学療法学テキスト 物理療法学 第1版, 2020)。この微弱電流療法は、従来筋収縮を伴う電気刺激を必要とした筋萎縮の治療にも効果があることが明らかにされている(Park et al., J Biomed Res., 2019)。関節拘縮は筋萎縮と同様に不活動で生じる廃用症候群の一つであるため、微弱電流療法は、関節拘縮の予防や治療においても効果的である可能性があるが、明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、微弱電流療法が非荷重を伴って生じる関節拘縮に与える影響について検討することとした。

3. 研究の方法

対象は10週齢のWistar系雄ラットとし、(実験1)刺激強度に関する検討と(実験2)刺激時間に関する検討、および(実験3)刺激周波数に関する検討を行った。各実験におけるラットの群分けは、それぞれ以下の4群とした。

(実験1)刺激強度に関する検討(刺激部位:坐骨神経直上)

刺激なし群, 5,000 μ A 刺激群, 250 μ A 刺激群*, 30 μ A 刺激群*

(実験2)刺激時間に関する検討(刺激部位:下腿後面)

刺激なし群, 30分刺激群*, 60分刺激群*, 120分刺激群*

(実験3)刺激周波数に関する検討(刺激部位:坐骨神経直上)

刺激なし群, 1Hz 刺激群*, 10Hz 刺激群*, 50Hz 刺激群*

*微弱電流療法に相当する電気刺激を実施。

各実験期間は1週間とした。すべてのラットには関節固定と非荷重を再現する後肢懸垂を1週間実施した。刺激なし群以外のラットには、実験初日から実験最終日前日まで毎日電気刺激を行った。関節固定や後肢懸垂、関節可動域測定、電気刺激などの処置は、麻酔下にて実施した。また疼痛コントロールのため鎮痛剤を投与した。すべてのラットの足関節背屈角度は、実験初日および1週間後に測定した。ヒラメ筋の伸張性および他動的足関節背屈トルクは、1週間後に足関節背屈角度測定後に安楽死の処置を行い、それぞれ別個体で測定した。本研究は、県立広島大学動物実験委員会の承認を受け、県立広島大学保健福祉学部附属の動物実験施設を使用して実施した。

4. 研究成果

(実験1)の結果より、筋収縮を伴わない微弱電流療法は、筋収縮を伴う電気刺激と同様に骨格筋の伸張性低下を抑制し、関節拘縮の予防に効果を有する可能性があることが示唆された。特に250 μ Aでの刺激は、30 μ Aでの刺激と比較して最大可動範囲付近の他動的足関節背屈トルクも低値を示すなど良好な傾向を示した。

(実験1)の結果を受け、標的とする骨格筋により近位から刺激を加えた方がより効果的では

ないかと仮説を立て、(実験2)では下腿後面から刺激を加えることとした。しかし、(実験2)の結果より、微弱電流療法での関節拘縮予防への有効性は、見いだすことができなかった。また120分での刺激では、刺激なし群より最大可動範囲付近の他動的足関節背屈トルクが高値を示すなど、関節拘縮の予防に悪影響をおよぼす可能性も示唆された。

(実験3)の結果より、微弱電流療法は、1Hz、10Hz、50Hzでの刺激それぞれに関節拘縮の予防効果を有する可能性があることが示唆された。特に10Hzでの刺激では、1Hzや50Hzでの刺激と比較して最大可動範囲付近の他動的足関節背屈トルクも低値を示すなど良好な傾向を示した。

これらの結果より、本研究において新たに得られた知見は、微弱電流療法は、非荷重を伴って生じる関節拘縮の予防に効果を有する可能性があること、微弱電流療法は、骨格筋の伸張性低下に対して予防効果を有する可能性があること、微弱電流療法による関節拘縮の予防効果は、大きく周波数や刺激強度に依存しない可能性があるが、用いる場合には10Hzや250 μ Aが望ましい可能性があること、微弱電流療法の効果は、神経を介した刺激で有効であり、標的となる骨格筋周囲に表皮的に刺激しても効果が得られない可能性があること、微弱電流療法の実施が長時間となると悪影響を生じる可能性があること、などである。また本研究において、我々の研究ではこれまで評価できていなかった関節可動範囲内の広範囲にわたり、他動的足関節背屈トルクがどのように変化していくかを詳細に評価することができた。その結果、非荷重を伴って足関節背屈方向への可動域制限を生じた関節では、可動範囲の途中から他動的トルク(抵抗)が発生し、背屈角度が増すに従ってその他動的トルクが増加していく傾向があること、効果的な電気刺激を実施した場合にその他動的トルクが増加し始める地点がより背屈方向へ動いてからである傾向がある可能性があることも得ることができた。一方、本研究における原因組織に関する評価は、骨格筋に限局しており、他の原因組織の状態については評価できていない。そこで今後は、関節拘縮の予防において微弱電流療法が骨格筋以外の原因組織におよぼす影響についても検討していきたいと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤勇太, 小野武也, 廣瀬勇太, 菅原昌浩, 池尾諒真, 坂井一哉, 杉本啓輔, 樋口広輝, 北村遥平, 植木翔
2. 発表標題 微弱電流療法が下肢の非荷重を伴って生じる関節拘縮の予防に与える影響に関する研究
3. 学会等名 日本ヘルスプロモーション理学療法学会第13回学術集会
4. 発表年 2023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
研究協力者	小野 武也 (ONO Takeya)		

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
---------	---------