

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：32713

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10865

研究課題名（和文）微弱電流および高気圧酸素は損傷骨格筋の筋力回復を促進させるか

研究課題名（英文）Does microcurrent electrical neuromuscular stimulation or hyperbaric oxygen therapy enhance muscle strength of injured skeletal muscle?

研究代表者

藤谷 博人 (Fujiya, Hiroto)

聖マリアンナ医科大学・医学部・教授

研究者番号：50278008

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：マウス骨格筋損傷モデルを用いて、骨格筋損傷の治癒促進に有用とされる微弱電流刺激、および高気圧酸素療法により、筋力が回復促進するか機能的評価を行った。治療介入後2週において、筋力は無処置の群よりも増大することが認められた。本研究結果より、微弱電流刺激および高気圧酸素療法は、損傷骨格筋の機能的な再生も促進させることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

骨格筋損傷の修復促進の評価において、過去の形態的評価と今回の機能的評価の結果を併わせれば、きわめて説得力のある質の高いエビデンスとなる。またスポーツ選手のみならず一般の骨格筋損傷患者にも応用が可能であり、早期治癒を目的とした新たな整形外科的治療方法として確立される可能性がある。そしてこのような組織損傷の治癒促進に関する研究成果は、治療期間の短縮による医療費の削減に大きく貢献することとなり、これは我が国の医療経済に対してその社会的意義はきわめて大きい。

研究成果の概要（英文）：We investigated, in an animal model of skeletal muscle injury, whether microcurrent electrical neuromuscular stimulation (MENS) or hyperbaric oxygen therapy (HBO) enhances the restorative benefits for muscular strength. Two weeks after the treatments, muscular strength was significantly greater than non-treatment group. Our data indicate that MENS or HBO therapy enhances functional regeneration of injured skeletal muscle.

研究分野：Sports medicine

キーワード：MENS HBO muscle injury regeneration

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

骨格筋損傷はスポーツにおいてよくみられるが、競技復帰には比較的長期間を要することが多く、早期スポーツ復帰を渴望するアスリートにとっては深刻な問題となっている。一般に、骨格筋損傷の治療は保存的、いわゆる安静加療が教科書的な手法となっているが、近年一部のスポーツ現場では、「微弱電流」刺激、あるいは「高気圧酸素」療法により、早期に競技復帰が可能となるケースが経験されている。

「微弱電流」は、50～1000 μ A の非常に弱い電流であるが、研究代表者はマウス骨格筋損傷モデルを用いて、「微弱電流」刺激により筋重量の増加、筋線維断面積の増加、筋衛星細胞数の増加、中心核を有しない成熟細胞の増加、等が有意にみられたことから、「微弱電流」が損傷骨格筋の修復を促進させることを、形態学的に初めて明らかにした(Fujiya H, 2015)(図1)。

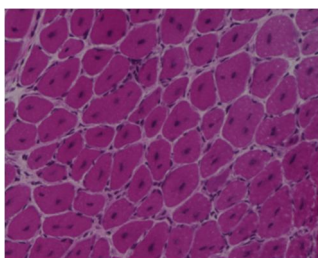


図1. 骨格筋損傷モデル + 「微弱電流」
(処置後1週)

一方、骨格筋損傷を修復促進させる他の方法として「高気圧酸素」療法がある。「高気圧酸素」療法とは、2絶対気圧(ATA)以上の高気圧環境下にて100%酸素を投与する方法(Grim, 1990)であり、先行研究では、損傷骨格筋の病理学的な早期回復が認められており、また我々の骨格筋損傷モデルを用いた動物実験(Kudo T, 2017) (図2)でも同様に、その組織修復促進傾向が形態学的に観察された。

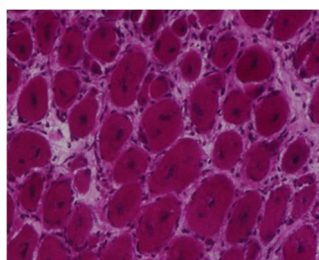


図2. 骨格筋損傷モデル + 「高気圧酸素」
(処置後1週)

以上の如く、「微弱電流」あるいは「高気圧酸素」による骨格筋損傷の修復促進に関する研究は、これまではいずれも形態学的な検討であった。しかしながら骨格筋細胞は、他の組織とは異なり収縮する機能を有しており、最終的にはこの機能回復を確認しなければ完全に骨格筋が再生したとは言えない。また、過去の骨格筋の修復、再生に関する研究では、筋の機能つまり「筋力」を評価した報告はみられない。そして、この2つの手法の効果を比較検討した基礎研究も無く、実際の現場においてどちらを用いた方がより筋力回復に有用であるかについても詳細は不明である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、動物実験モデルを使用して、「微弱電流」、および「高気圧酸素」が、損傷骨格筋の筋力の回復、つまり骨格筋の機能的回復の促進効果があるかを検証することである。また併せて「微弱電流」、および「高気圧酸素」のその効果の比較検討も行う。

3. 研究の方法

本研究は、聖マリアンナ医科大学大学院実験動物管理研究施設の動物実験委員会の審査・承認(承認番号：2208016号)を得た後、聖マリアンナ医科大学実験動物指針に従い実施された。

生後7週齢、雄性マウス(C57BL/6J)を用い、筋損傷(X)群、筋損傷後に「微弱電流」刺激を行う(XM)群、筋損傷後に「高気圧酸素」療法を行う(XH)群、の3群に分類した(各群 n=6)。骨格筋損傷モデルは、マウスの両側前肢中枢部に皮切を加え、浅指屈筋、上腕二頭筋、広背筋の3か所にCardiotoxin : CTX を直視下に注射(0.01mM, 0.1ml)し作成した。

XM群は、麻酔下で「微弱電流」機器(ESPURGE、(株)伊藤超短波、東京)(図3)にて微弱電流刺激(10 μ A、0.3Hz、200msec)を週3回(30分/回)、3筋を含む両前肢周辺に行った。



図3. 微弱電流機器

XH 群は、小動物用高気圧チャンバー(P-5100S、(株)パロテックハニユダ、東京)(図4)を用いて、高気圧酸素(2.5ATA、100%酸素)環境下に週3回(30分/回)暴露した。



図4. 小動物用高気圧チャンバー

CTX注入後、1日、1、2、3、4、5週の時点で両前肢の筋力を、OECD方式ラット・マウス用筋力測定装置(MK-380CM/R、(株)室町機械)を用いて、Sajedah (2013 & 2015)の方法に準じて測定した。各マウスの両前肢にかかる最大牽引力(N)をデジタルフォースゲージにて計測(各10回)(図5)し、平均値を算出し各群の評価に用いた。統計学的検討には、分散分析を用いて行った(p<0.05)。

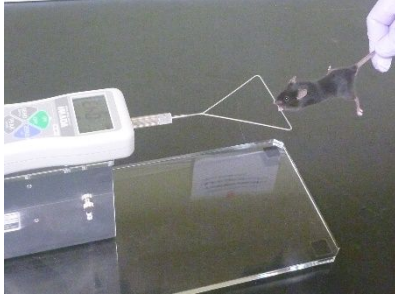


図 5. 両前肢にかかる最大牽引力(N)を計測

4. 研究成果

本研究結果では、3 群とも注射処置後 1 日には一様に筋力は急激に低下した。が、処置後 1 週では、3 群とも一様に筋力は増加し、2 週においては、XM 群および XH 群は X 群よりもその筋力は高値を示した(図 6)。その後もこの傾向は変わらなかったが、XM 群と XH 群については大きな差は認められなかった。

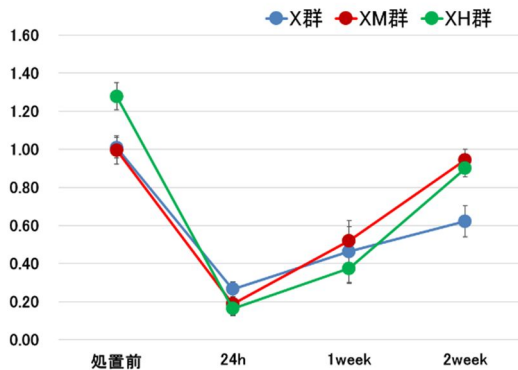


図 6. 前肢の筋力推移(N)

本研究により、「微弱電流」あるいは「高気圧酸素」は、骨格筋損傷の筋力回復を(すでに 2 週の時点で)促進させることが観察され、骨格筋細胞の形態のみならず、その機能面においても有用であった。またこの両者の効果については、今回の介入条件ではほぼ同等であると考えられた。

引用文献

Fujiya H, Ogura Y, Ohno Y, Goto A, Nakamura A, Ohashi K, Uematsu D, Aoki H, Musha H, Goto K. Microcurrent electrical neuromuscular stimulation facilitates regeneration of injured skeletal muscle in mice. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 2015, 297-303

Kudo T, Fujiya H, Goto K, Kurosaka M, Ogura Y, Yatabe K, Ohno M, Kobayashi H, Niki H, Musha H. Effect of combination microcurrent electrical neuromuscular stimulation and hyperbaric oxygen therapy on the regeneration of injured skeletal muscle in mice. *Journal of St. Marianna University*, 8, 2017, 47-54

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 藤谷博人、足利光平、谷田部かなか、室井良太、井上留美子、寺脇史子
2. 発表標題 微弱電流は損傷骨格筋の筋力回復を促進させるか -動物実験モデルによる検討-
3. 学会等名 第34回日本臨床スポーツ医学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

聖マリアンナ医科大学 研究者情報 藤谷博人 http://gyoseki.marianna-u.ac.jp/smuhp/KgApp?kyoinId=ymsgkoyggy
--

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	小倉 裕司 (OGURA YUJI) (90509952)	聖マリアンナ医科大学・医学部・講師 (32713)	

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