

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：34318

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18245

研究課題名(和文) アキレス腱修復に対する鍼通電刺激の有用性に関する検討

研究課題名(英文) The study of the effect of electroacupuncture on Achilles tendon repair.

研究代表者

今枝 美和 (Imaeda, Miwa)

明治国際医療大学・鍼灸学部・特任講師

研究者番号：20587513

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：腱修復の促進方法として鍼通電療法を施行する際の至適時期について模索する目的で、短期間のみ鍼通電刺激を与えた場合と長期間にわたり鍼通電を継続した場合の、修復が完了した時期の腱強度に与える影響についてアキレス腱断裂モデルラットを用いて調査した。腱断裂後、長期的に鍼通電刺激を与えた群で力学的強度の有意な増大が見られたことから、断裂後早期(炎症期)にのみ鍼通電を行うよりも、増殖期、再造形期を含めた長期にわたり継続して施行する方が修復完了後の腱強度に好影響を与える可能性があると考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体への侵襲が少なく、利便性、安全性の観点からも比較的、選択しやすい鍼通電の腱修復に対する効果を明確にすることにより、腱断裂後におけるスポーツ活動への円滑な復帰を促すことができ、スポーツ障害・外傷に対する有益な手段となる。また、今回得られた結果は、腱と類似した組織構造であり、生体の深部に位置する靭帯組織へも自由度を持って対応することができ、鍼通電刺激のさらなる応用が期待できる。新たな分野へ鍼治療の応用は、鍼治療の普及、適応の拡大、ひいては医学の発展に大いに役立つものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study was designed to examine the relation between the period of electroacupuncture stimulation and tendon repair in a rat Achilles tendon rupture model. The high mechanical strength observed in the group suggests that continuously over a long period of time EA of a ruptured tendon may be useful for tendon repair after long-term follow-up.

研究分野：運動器領域

キーワード：鍼通電刺激 腱修復 スポーツ傷害 アキレス腱断裂 再生医学 再生医療 リハビリテーション 鍼通電

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

腱断裂の中でも臨床的に発生頻度が高く、基礎研究においてもモデルの構築が比較的容易なことから、アキレス腱断裂に関する検討が散見される。アキレス腱断裂に対しては従来、手術療法が主に行われてきたが、合併症の発生頻度や長期経過後における最大筋力に関して、保存療法を選択したケースとの間に差異がないとの報告がなされて以来、患者の負担が少ない保存療法を推奨する声も多く聞かれるようになった。しかし、保存療法による長期間の関節固定に伴う周囲組織との癒着や筋萎縮、関節可動域制限などの様々な合併症が問題となっている。また、手術療法、保存療法、何れを選択した場合にも度々起こる力学的強度の低下による修復腱の再断裂は最大の問題として残っている。これらの弊害は、スポーツ活動への復帰を遅延、阻害するに止まらず、場合によっては日常生活にも支障を来すことから、有用な解決策が望まれる。その一つとして、腱修復の促進を狙った電気刺激などを用いた物理療法の有用性が検討され、基礎的研究においては、一定の時期における腱修復の促進、修復腱の力学的強度の増大効果が報告されている。しかし、既存の電気刺激を臨床応用する場合、刺激電極を体内(腱組織)に埋め込むための観血的処置を要することから、感染のリスクや埋め込み型電極と周囲組織との癒着が生じる可能性が否めない。電気刺激そのものは腱修復に対して促進的に働く可能性が見出されているにも関わらず、これらの問題点があることから、実際には臨床応用に至っていないのが現状である。

このような背景から、申請者らはこれまでに末梢神経の再生や骨の癒合に対して良好な影響が得られることを確認している直流鍼通電刺激を用いて、腱組織の修復に対する効果の検討に着手した。そして、一定の時期(腱修復期)における腱修復の促進と腱強度の増大を確認し、報告してきた。

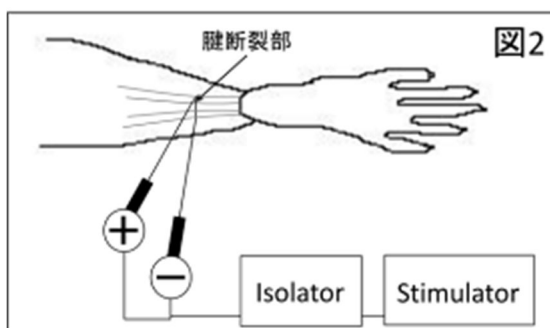
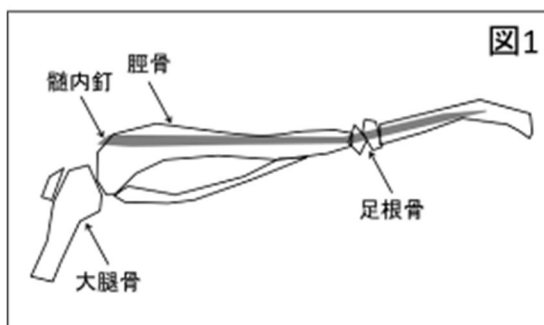
2. 研究の目的

本研究では、先行研究において確立されたラットのアキレス腱断裂処置後モデルを用いて、腱修復の促進方法として鍼通電療法を施行する際の至適時期について模索する目的で、短期間のみ鍼通電刺激を与えた場合と長期間にわたり鍼通電を継続した場合の、修復が完了した時期の腱強度に与える影響について調査した。

3. 研究の方法

【実験動物の処置】(腱断裂処置後モデルの作製)

アキレス腱断裂モデルの作製は、Wistar 系ラットを用いて全身麻酔下に行った。足関節の可動により生じる下腿三頭筋の収縮はアキレス腱の修復に多大な影響を及ぼすことが確認されていることから、全てのラットに右足関節を完全底屈位にした状態で、脛骨近位部より髓内釘を足根骨まで挿入し、足関節の固定を施した(図1)。その後、足関節後面の皮膚を縦軸方向に切開し、アキレス腱を露出し、アキレス腱附着部と筋腱移行部の中央高位で足底筋を傷付けないように注意して鋭的に切断した。切断後、腱の端々縫合は行わず、両断端を接触させるに留めて閉創し、アキレス腱断裂処置後モデルとした。術後3日間は抗生物質を投与し、創部の消毒を行った。



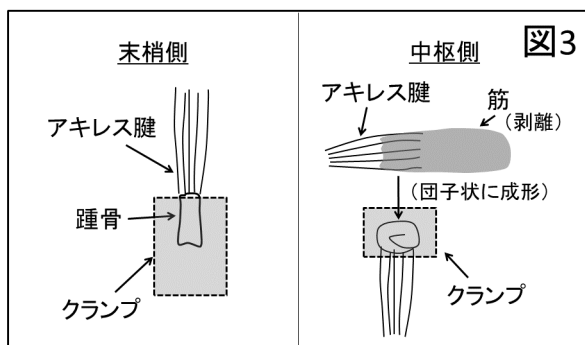
【実験群】

Wistar 系ラット(雄性、250~270g)を用いて、アキレス腱断裂モデルを作製し、無作為に長期鍼通電刺激群(EA90群)、短期鍼通電刺激群(EA21群)、無処置群(Cont群)に分けた。EA90群は軽度麻酔拘束下にアキレス腱断裂部の内・外側に先端が腱断裂部に接触するようにそれぞれ

れ鍼を経皮的に刺入し、間欠的直流鍼通電刺激（刺激幅 5ms、50Hz、20 μ A、20 分間）をモデル作製日の翌日から 90 日後の評価日まで連日行った。EA21 群は同様の通電条件にて、モデル作製日の翌日から 21 日間のみ施行した。Cont 群は拘束処置とそれに伴う麻酔のみ行った。

【評価】

腱修復は断裂後、炎症期、修復期、再造型期を経て完成する。これらの過程を経て、腱の修復が完了した時期の腱のクオリティー、つまり長期経過後の修復腱において最も重要となる力学的強度に与える影響について検討するため、モデル作製後 3 ヶ月経過時に各群のアキレス腱を採取した。アキレス腱を摘出する際、力学試験に備え、腱断裂部より末梢側は踵骨ごと、中枢側は可能な限り下腿三頭筋ごと摘出した。中枢側の筋組織を腱線維より鈍的に剥離し、残る腱線維の端が試験機のクランプに固定し易いよう加工した（図 3）。採取、加工後は、生理食塩水に浸した布で覆い、試験実施直前まで -20 で保存した。断裂部の前後径（mm）および左右径（mm）を計測し、横断面積（mm²）を算出した後、引張試験により最大破断強度（N）を測定した。



4. 研究成果

腱断裂部の前後径、左右径および横断面積については、何れも群間に有意差を認めなかった（前後径：EA90 群 vs. EA21 群 $p=0.99$ 、EA90 群 vs. Cont 群 $p=0.57$ 、EA21 群 vs. Cont 群 $p=0.57$ 、左右径：EA90 群 vs. EA21 群 $p=0.83$ 、EA90 群 vs. Cont 群 $p=0.63$ 、EA21 群 vs. Cont 群 $p=0.85$ 、横断面積：EA90 群 vs. EA21 群 $p=0.87$ 、EA90 群 vs. Cont 群 $p=0.52$ 、EA21 群 vs. Cont 群 $p=0.33$ ）。最大破断強度に関しては、EA90 群で他 2 群と比較して有意に高い値を示し、EA21 群と Cont 群の間には有意差を認めなかった（EA90 群 vs. EA21 群 $p < 0.01$ 、EA90 群 vs. Cont 群 $p < 0.05$ 、EA21 群 vs. Cont 群 $p=0.88$ ）。腱断裂後、長期的に鍼通電刺激を与えた EA90 群で力学的強度の有意な増大が見られたことから、断裂後早期（炎症期）にのみ鍼通電を行うよりも、増殖期、再造型期を含めた長期にわたり継続して施行する方が修復完了後の腱強度に好影響を与える可能性があることが示唆された。鍼通電は鍼を電極として生体に電気刺激を与える方法であり、既存の電気刺激において行われる観血的な処置による電極の埋め込みを要しないことから、極めて侵襲の少ない手法である。また、鍼（電極）の挿入、抜去が随時、簡便に行えることから、刺激範囲・部位を自在に調節することが可能である。さらに、生体の深部へも直接、電気刺激を与えることができるため、表面電極に比べて効率的な電気刺激が行える。腱修復に対してもその有用性を詳細に検討することは意義あるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2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 Imaeda M, Hojo T, Kitakoji H, Tanaka K, Itoi M, Inoue M	4. 巻 36
2. 論文標題 Effect of electroacupuncture stimulation on long-term recovery following Achilles tendon rupture in a rat model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acupuncture in medicine	6. 最初と最後の頁 327-332
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1136/acupmed-2016-011292	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 井上基浩、今枝美和、勝見泰和、北條達也、糸井恵	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 腱修復に対する鍼通電刺激の適用時期に関する検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The journal of the Japanese Bio-Electrical and Physical Stimulation Research Society	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 -

1. 著者名 Imaeda M, Hojo T, Kitakoji H, Tanaka K, Itoi M, Inoue M	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Effect of electroacupuncture stimulation on long-term recovery following Achilles tendon rupture in a rat model.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acupunct Med	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1136/acupmed-2016-011292	査読の有無 有
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8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 今枝美和、北條達也、糸井恵、勝見泰和、井上基浩
2. 発表標題 鍼通電刺激の腱修復促進効果 アキレス腱断裂モデルラットを用いた長期的検討
3. 学会等名 第4回京都市リハビリテーション医学研究会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上基浩、今枝美和、北條達也、糸井恵、勝見泰和
2. 発表標題 鍼通電刺激の腱修復促進効果 アキレス腱断裂モデルラットを用いた短期的検討
3. 学会等名 第4回京都リハビリテーション医学研究会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今枝美和、井上基浩
2. 発表標題 鍼通電刺激がアキレス腱断裂モデルラットの腱修復過程に与える影響 修復が完了した時期の腱強度に関する検討
3. 学会等名 第22回日本統合医療学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上基浩、今枝美和、北條達也、糸井恵
2. 発表標題 鍼通電刺激のアキレス腱修復促進効果 モデルラットを用いた短期的検討
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上基浩、今枝美和、北條達也、勝見泰和、糸井恵
2. 発表標題 腱修復に対する鍼通電刺激の適用時期に関する検討
3. 学会等名 第46回日本生体電気・物理刺激研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今枝美和、北條達也、糸井恵、井上基浩
2. 発表標題 腱断裂長期経過後の力学的強度に与える鍼通電刺激の効果
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今枝美和、北條達也、糸井恵、勝見泰和、井上基浩
2. 発表標題 鍼通電刺激の腱修復促進効果 アキレス腱断裂モデルラットを用いた長期的検討
3. 学会等名 第4回京都リハビリテーション医学研究会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上基浩、今枝美和、北條達也、糸井恵、勝見泰和
2. 発表標題 鍼通電刺激の腱修復促進効果～アキレス腱断裂モデルラットを用いた短期的検討～
3. 学会等名 第4回京都リハビリテーション医学研究会学術集会
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----