

研究区分：重点研究（ユニット研究）

鍼通電刺激の腱修復能に与える影響—経時的な力学的強度および組織像の観察—

井上基浩¹⁾ 中島美和¹⁾ 糸井恵²⁾ 北小路博司¹⁾

【所属】1) 臨床鍼灸学講座 2) 整形外科学講座

【背景】

これまで、我々は組織の再生と鍼通電刺激との関連について着目し、その1つとして、腱修復に対する影響についても明らかにするべく、アキレス腱断裂モデルラットを作成し、腱断裂後の治癒過程に及ぼす鍼通電刺激の検討を進めてきた。そして、腱断裂後早期（断裂後3日）においては、直流鍼通電刺激が無処置と比べて、組織学的に有益な変化をもたらす可能性を報告した（2012年度学内研究助成）。

【目的】

本研究では、鍼通電刺激が組織学的に見て如何なる段階において作用するか、より詳細な検討を進めるとともに、修復腱の力学的強度に与える影響について断裂後早期、および長期経過後における検討を行った。

【方法】

Wistar系ラット（雄性、12週齢）69匹を用いた。アキレス腱断裂モデルを作成し、無作為に鍼通電刺激群（EA群、n=34）、無処置群（Control群、n=35）に分けた。EA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鍼を経皮的に刺入し、間欠的直流鍼通電刺激（刺激幅5ms、50Hz、20μA、20分間）をモデル作成日の翌日から評価日まで連日行った。Control群は拘束処置とそれに伴う麻酔のみ行った。モデル作成後7日、10日に腱断裂部を採取、組織標本作成後、HE染色、および免疫組織化学染色（Transforming growth factor-β1：TGF-β1、basic-Fibroblast growth factor：b-FGF）を行い、光学顕微鏡による観察を行い、関心領域内の全細胞数（HE染色）、および陽性細胞数（免疫組織化学染色）をカウントし、定量的に評価した。また、モデル作成後10日、90日には修復腱を採取し、修復部の前後径、左右

径を計測した後、引張試験により最大破断強度を測定した（最大負荷容量100N、試験速度0.05mm/sec）。統計解析として、Bonferroni/Dunn法を用いて各評価項目、各評価日における群間比較を行った（有意水準5%）。

【結果】

組織学的評価の結果を図1に示す。モデル作成後7日においては、全細胞数、TGF-β1、b-FGF陽性細胞数何れに関しても群間に有意差を示し、EA群で細胞数、陽性細胞数の増大を認めた。モデル作成後10日においては、全細胞数とb-FGF陽性細胞数については有意差を示し、EA群で細胞数、陽性細胞数の増大を認めたが、TGF-β1陽性細胞数に関しては、有意差を認めなかった（図中にp値記載）。※2012年度に報告した結果を併せて図示する（モデル作成後3日）。力学的評価の結果を図2に示す。モデル作成後10日においては、群間に有意差を認め、EA群で高い値を示した。モデル作成後90日に関しては、EA群で高い値を示す傾向は見られたものの、群間に有意差を認めなかった。また、引張試験を行うにあたり計測した修復腱の断面積については何れも有意差を認めなかった（図中にp値記載）。

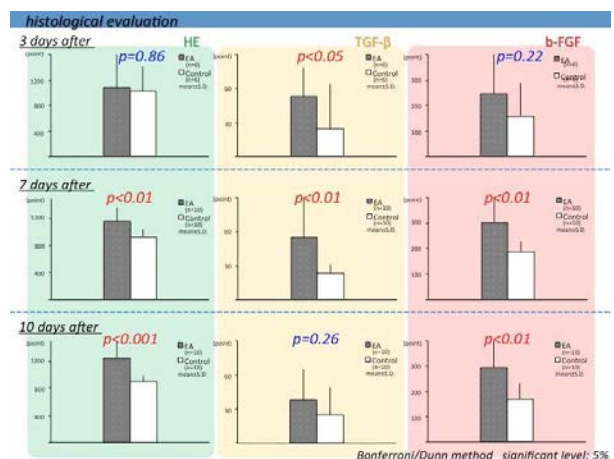


図1 組織学的評価の結果

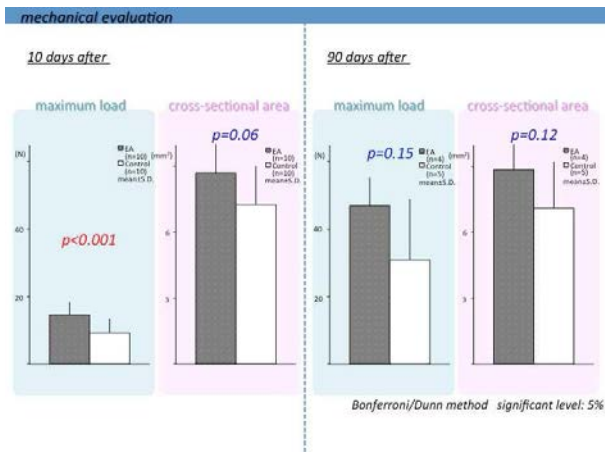


図2 力学的評価の結果

【考察】

腱修復に対する鍼通電刺激の影響として、組織学的には、腱修復に促進的に作用する成長因子（TGF- β 1、b-FGF）に関して、それぞれが強く発現される時期において、その発現を増大する可能性が示唆された。また、炎症期に TGF- β 1 の発現量が増大した後、増殖期にかかる時期において修復部の全細胞数が増大したことから、これらは線維芽細胞を主とした変化である可能性が高く、鍼通電刺激が成長因子の発現を促した後に起こる変化であることが推測された。修復腱の力学的強度に関しては、モデル作成後 10 日において EA 群で有意な増大を示したことから、少なくとも断裂後早い段階で力学的強度を再獲得できる可能性が示唆された。長期経過後の強度については現在、検討を継続している段階であり、その結果によっては鍼通電刺激が腱の再断裂の予防に寄与するか否か言及できるものとする。

【関連論文のみ記載】

Inoue M, Nakajima M, Oi Y, Itoi M, Kitakoji H: The effects of electroacupuncture on Achilles tendon rupture repair in rats. *Acupunct med*, (submit), 2014.

中島美和, 井上基浩, 北條達也, 糸井恵: ラットを用いたアキレス腱断裂後の治癒過程に及ぼす鍼通電刺激の影響. *日本生体電気・物理刺激研究会誌*, 26: 27-32, 2012.