

## アキレス腱血流に及ぼす鍼通電刺激の影響 —ラットのアキレス腱刺激による—

† 井上基浩<sup>1)</sup>, 片山憲史<sup>1)</sup>, 北條達也<sup>2)</sup>, 矢野 忠<sup>1)</sup>, 勝見泰和<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> 明治鍼灸大学 健康鍼灸医学教室

<sup>2)</sup> 明治鍼灸大学 整形外科学教室

**要旨：**アキレス腱血流に及ぼす鍼刺激の影響について検索するためにラットのアキレス腱部を鍼通電刺激し、レーザードップラー血流計を用いて検討すると共に、自律神経遮断薬を投与し、その反応の変化を観察した。アキレス腱部鍼通電刺激によるアキレス腱血流量の反応は、施行53例のほとんどすべてにおいて同様の反応を示した。アキレス腱血流量は鍼通電刺激開始と同時に増加し始め、刺激終了後も一過性にその増加が持続した。アキレス腱血流量の反応は血圧の反応に必ずしも依存していなかった。自律神経遮断薬の投与例において、フェントラミン投与により血圧が安定した状態においてもアキレス腱血流量は増加反応を示した。一方、アトロピン投与によりアキレス腱血流量は逆に減少反応を示した。本研究より、アキレス腱部鍼通電刺激では刺激開始後より一過性に腱血流量が増加する現象が確認され、その増加反応はコリン作動性神経を介した反応である可能性が示された。鍼通電刺激による腱血流量の変動は一過性であったが、このような変動の繰り返しが慢性炎症の軽減や組織修復の促進に関与している可能性が考えられた。

### I. はじめに

鍼灸治療は種々の運動器疾患の中でも特に機能的障害に起因する症状に対して効果を持つことは多くの臨床成績、臨床報告が実証するところである<sup>1-3)</sup>。

最近スポーツ人口の増加という社会現象に伴いスポーツ外傷のみならず、過使用によるスポーツ障害が増加しつつある。その中でスポーツ外傷後の機能回復も含めたスポーツ傷害(外傷・障害)に対する鍼灸治療の応用に関する研究が精力的に行われ<sup>4-7)</sup>、中でもアキレス腱炎、膝蓋腱炎、シンスプリントなどの腱付着部炎に対する鍼灸治療の有用性に関して、鍼治療直後からの運動時痛の軽減と早期の回復などに良好な結果を示すことが報告されている<sup>8-10)</sup>。また、著者らは、膝蓋腱炎に対する鍼治療の効果機序を追究する目的でラット膝蓋腱血流に及ぼす鍼通電刺激の影響と薬物投与によるその反応の変化を検索し、鍼通電刺激は膝蓋腱血流量を一過性に増加し、その機序はコリン作動性神経を介した反応である可能性を示してきた<sup>11)</sup>。しかし、膝蓋腱炎と同様にアキレス腱炎、アキレス腱周囲炎に対する鍼治療の有効性は、日

常に臨床場においては経験されているにもかかわらず、その治療効果の発現機序については十分に明らかにされていない。

アキレス腱炎、アキレス腱周囲炎に対する鍼治療効果の発現機序としては鎮痛や組織循環の改善等が考えられるが、本研究では組織修復能力と関連が深いと考えられるアキレス腱の血流に対して、鍼通電刺激が及ぼす影響についてラットを用いて検討した。また、その機序を調べる目的で自律神経遮断薬を投与し、反応の変化を観察した。

なお、本研究は明治鍼灸大学倫理委員会の承認を得て行った。

### II. 実験方法

実験動物としては、Wistar系ラット(雄性、260g~320g)16匹を用い、アキレス腱部の鍼通電刺激によるアキレス腱血流の変化を観察した。加えて、Wistar系ラット(雄性、280g~310g)10匹を用い、薬物投与後のアキレス腱部の鍼通電刺激によるアキレス腱血流量の反応の変化を観察した。飼育条件は明暗周期12:12時間で餌は通常の固形食で水も自由摂取させた。

平成15年3月12日受付、平成15年9月24日受理

Key Words : ラット rat, アキレス腱 Achilles tendon, 腱血流 tendon blood flow, 鍼通電刺激 electrical acupuncture

† 連絡先 : 〒629-0392 京都府船井郡日吉町保野田ヒノ谷6 明治鍼灸大学 健康鍼灸医学教室  
Tel: 0771-72-1181 Fax: 0771-72-0394 e-mail: mo\_inoue@muom.meiji-u.ac.jp

### A. 実験動物の処置

ラットはウレタン (1.2g/kg) 腹腔内投与にて、麻酔した後、直腸温をサーミスタ温度計でモニターし、ヒーティングパットで体温を $37.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ に維持した。心電図、心拍数 (AT-601G, 日本光電) をモニターし、ペンレコーダー (RTA-1100, 日本光電) にて記録した。ラットは頸部切開により気管カニューレを挿入した後、人工呼吸器 (SN-480-7, シナノ) に接続され、薬物は総頸静脈に挿入されたカニューレを介して投与された。更に筋弛緩剤 (ミオブロック) 持続注入 (2mg/h) によって、動物は非動化された。血圧は、ヘパリンナトリウムと生理食塩水の混合液の入ったカニューレを総頸動脈に挿入し、トランスデューサー (P 23 XL, SANEI) を介して経時的に測定され、ペンレコーダーにて記録された。腱血流量の測定は、アキレス腱の踵骨付着部 (停止部) から1mm近位部 (Fig.1) にレーザードップラー血流計用プローブ (TYPE N, ADVANCE) を剖出された腱に直接接触させることにより時定数3secで行い、ペンレコーダーにて記録した。アキレス腱剖出は実体顕微鏡下に片足の踵骨から下腿三頭筋の腱移行部までにおいて、腱表面を走行する血管および腱へ進入する血管を損傷しないよう注意して行った。また、プローブは腱循環の阻害を防止しつつ腱および組織滲出液に接触させ、 balancer (ALF-B, ADVANCE) を用いて一定の接触状態を保った。一連の測定は組織の乾燥を防ぐためにパラフィンオイルプール中で行われた。

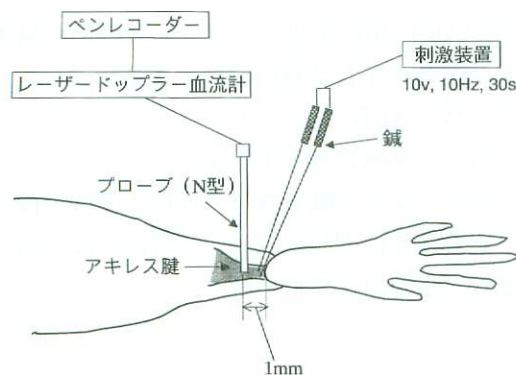


図 1. 血流測定および鍼通電刺激のダイアグラム

### B. 鍼通電刺激

ラット16匹に対して、鍼灸治療用の鍼 (18号: 直径0.18mm, 長さ40mm, セイリン化成) を用い、血流測定と同側のアキレス腱部 (踵骨上縁で腱付着部) に鍼を2本刺入 (刺入深度2mm) し、その2本を刺激電極として鍼通電刺激を行った。刺激条件はパルス幅 $500 \mu\text{s}$ , 矩形波を用い、野口ら<sup>12)</sup> の骨格筋血流に対する鍼通電刺激に関する報告に基づき、刺激の強さは1V, 10V, 刺激頻度は10Hz, 刺激時間は30secとした。鍼通電刺激による腱血流量の反応は1Vでは明らかな反応を示さなかったが、10Vでは特徴的な反応を示し、刺激の強さに依存する傾向が観察された。本研究では刺激強度が10Vでの結果を示す。通電刺激は、刺激前に10分以上の安静を維持し、血流、血圧、心拍が十分に安定した後に行い、刺激前をコントロールとした。鍼通電刺激は同一ラットに対して、3回~5回行い、合計で53回施行した (Fig. 1)。

### C. 薬物投与

鍼通電刺激によるアキレス腱血流の反応について、その機序を調べる目的でムスカリン様受容体遮断薬の硫酸アトロピン (1mg/kg, i.v.), 非選択性 $\alpha$ 遮断薬であるフェントラミン (1mg/kg, i.v.) の投与をそれぞれ5匹のラットについて行った。薬物投与前に鍼通電刺激によるアキレス腱血流量、血圧、心拍数の変化を観察した。その後、それぞれの値が刺激前値に戻ったことを確認し、総頸静脈からそれぞれの薬物を単回投与した。薬物投与5分後に鍼通電刺激によるアキレス腱血流量、血圧、心拍数の変化を観察した。

### D. 統計学的解析

鍼通電刺激による血流量、血圧、心拍数のデータは15秒毎の値をとり、刺激前の平均を100%としてそれぞれを変化率で表し、その結果を平均値 $\pm$ 標準誤差で表した。有意差検定はBonferroni/Dunn法で初期値と各時点間の多重比較検定 (Macintosh用統計ソフト, Stat View 4.5) を行い、コントロールのいずれの値と比較しても危険率5%以下のものを有意な差があるものとした。

## III. 結果

### A. 鍼通電刺激によるアキレス腱血流量の変化

53施行（以下：施行例とする）全例をまとめると、腓血流量は鍼通電刺激開始直後より有意に増加し始め、刺激終了時には $31.0 \pm 5.5\%$  (mean  $\pm$  S.E.) の増加を示した。刺激終了後も増加し続け、刺激終了後15秒にピークの $37.3 \pm 5.6\%$  の増加率に達した。その後、刺激前値へと徐々に減少したが、刺激終了後165秒まで増加状態は継続した。刺激前コントロール時の腓血流量は $8.4 \pm 0.5$  ml/

min/100g (mean  $\pm$  S.E.)、刺激終了時には $11.0 \pm 0.8$  ml/min/100g、刺激終了後15秒のピーク時には $12.0 \pm 0.8$  ml/min/100gの値であった。

血圧に関しても鍼通電刺激開始直後より変動が認められ、刺激終了時および刺激終了後15秒には上昇する傾向を示したが有意な変化は認められなかった。刺激前コントロール時の平均血圧は $84.6 \pm 2.0$  mmHg (mean  $\pm$  S.E.) であり、刺激終了後15秒のピーク時では $85.7 \pm 2.1$  mmHgであった。

心拍数に関しては刺激期間中、刺激終了後ともに有意な変化は認められず、刺激前コントロール時の心拍数は $411 \pm 5.9$  beat/min (mean  $\pm$  S.E.) であった (Fig. 2 - B)。特徴的な1例をFig. 2 - Aに示す。腓血流量、血圧、心拍数のそれぞれにおいて刺激前の測定値の標準偏差を算出し、その2倍 (2 S. D.) 以上の変化があった場合を増加あるいは減少とし、2 S. D.未満のものを無変化とした場合、鍼通電刺激中および刺激後の腓血流量、血圧、心拍数の変化の割合をそれぞれFig.3, Fig. 4に示した。

鍼通電刺激中に腓血流量が増加したものは53例中43例 (81.1%)、減少したものは5例 (9.4%)、無変化のものは5例 (9.4%) であった。血圧が上昇したものは53例中10例 (18.9%)、下降したものは8例 (15.1%)、無変化のものは35例 (66.0%) であった。心拍数が増加したものは53例中5例 (9.4%)、減少したものは1例 (1.9%)、無変化のものは47例 (88.7%) であった (Fig.3)。

鍼通電刺激終了後にも腓血流量の増加が継続したものは53例全例 (100%) であった。血圧が上昇したものは53例中3例 (5.7%)、下降したものは4例 (7.5%)、無変化のものは46例 (86.8%)

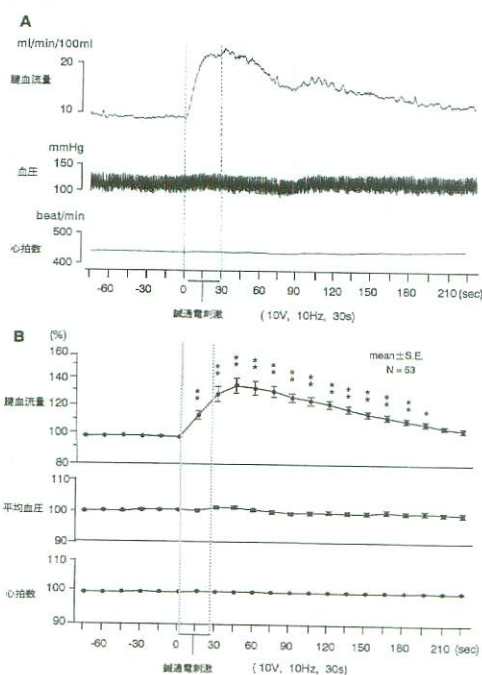


図 2. 鍼通電刺激による腓血流量

心拍数、血圧あるいは平均血圧の変化腓血流量は刺激開始と同時に増加し始め、刺激終了後15秒をピークに徐々に刺激前値へと減少した。平均血圧、心拍数は有意な変化を示さなかった。

A：一例 B：刺激前15秒毎の平均値に対する刺激前・刺激中・刺激終了後15秒毎の変化率 \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

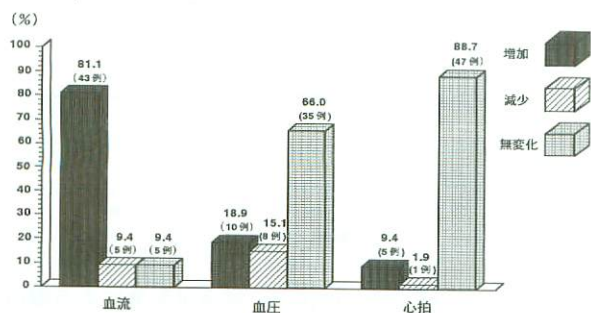


図 3. 鍼通電刺激中における腓血流量、血圧、心拍数の増加、減少、無変化の割合

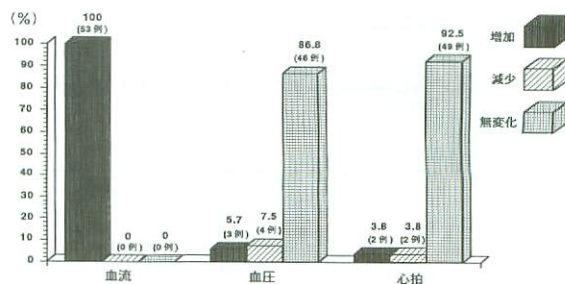


図 4. 鍼通電刺激終了後における腓血流量、血圧、心拍数の増加、減少、無変化の割合

であった。心拍数が増加したものは53例中2例 (3.8%), 減少したものは2例 (3.8%), 無変化のものは49例 (92.5%) であった (Fig.4).

鍼通電刺激中に腱血流量が増加したもののうち血圧が上昇したものは43例中10例 (23.3%), 下降したものは5例 (11.6%), 無変化のものは28例 (65.1%), 鍼通電刺激終了後に腱血流量が増加したもののうち血圧が上昇したものは53例中3例 (5.7%), 下降したものは4例 (7.5%), 無変化のものは46例 (86.8%) であった。

鍼通電刺激中に腱血流量が増加したもののうち心拍数が増加したものは43例中4例 (9.3%), 減少したものは1例 (2.3%), 無変化のものは38例 (88.4%) であった。鍼通電刺激終了後に腱血流量が増加したもののうち心拍数が増加したものは53例中2例 (3.8%), 減少したものは2例 (3.8%), 無変化のものは4例 (92.5%) であった。

**B. 鍼通電刺激による腱血流量の変化に対する自律神経遮断薬の影響**

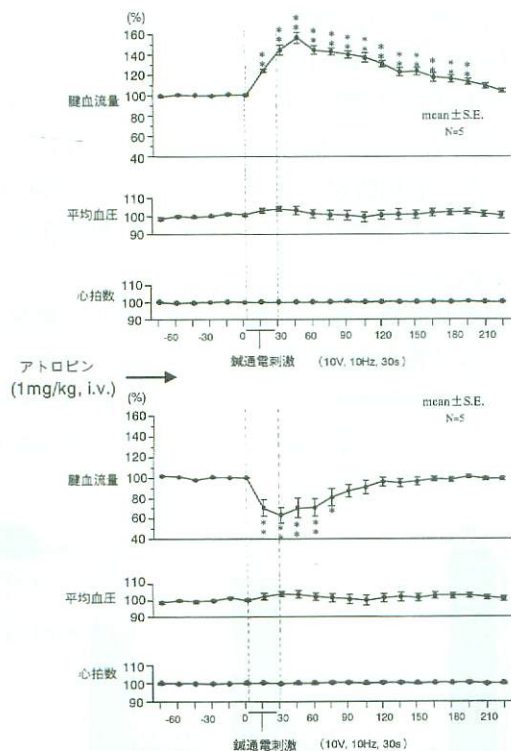


図 5. アトロピン投与前後の、鍼通電刺激による腱血流量、平均血圧、心拍数の反応の変化

上段はアトロピン投与前、下段はアトロピン投与後を示す。アトロピン投与により、鍼通電刺激中に腱血流量の減少反応が出現した。\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

1. アトロピン投与5例全例をまとめると、アトロピン投与前の腱血流量は鍼通電刺激開始直後より有意に増加し始め、刺激終了時には $44.7 \pm 5.0\%$ の増加を示した。刺激終了後も増加し続け、刺激終了後15秒にピークの $56.6 \pm 5.7\%$ の増加率に達した。その後、刺激前値へと徐々に減少したが、刺激終了後165秒まで増加状態は継続した。刺激前コントロール時の腱血流量は、 $10.7 \pm 0.6 \text{ ml/min/100g}$  (mean  $\pm$  S.E.), 刺激終了後15秒のピーク時には $16.7 \pm 0.9 \text{ ml/min/100g}$ の値であった。血圧も鍼通電刺激開始直後より変動が認められ、刺激中には上昇する傾向を示したが有意な変化は認めなかった。刺激前コントロール時の平均血圧は $86.4 \pm 0.8 \text{ mmHg}$  (mean  $\pm$  S.E.) であり、刺激終了時のピーク時では $90.0 \pm 0.9 \text{ mmHg}$ であった。心拍数は刺激期間中、刺激終了後ともに有意な変化は認めなかった。刺激前コントロール時の心拍数は $382.4 \pm 2.8 \text{ beat/min}$  (mean  $\pm$  S.E.) であった。アトロピン投与後の腱血流量は、通電刺激開始直後より減少し始め、刺激終了時を最下点に36.

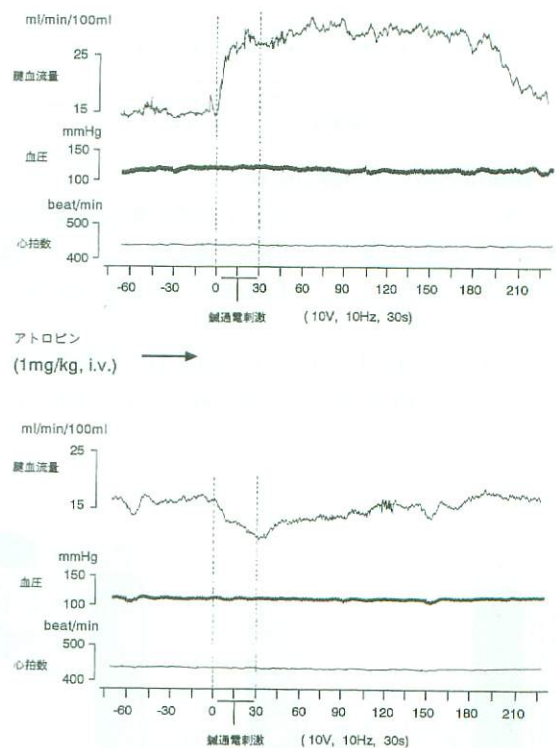


図 6. アトロピン投与前後の、鍼通電刺激による腱血流量、血圧、心拍数の反応の変化の一例

上段はアトロピン投与前、下段はアトロピン投与後を示す。

5±7.8% (mean±S.E.) の減少率を示した。その後、刺激前値へと徐々に増加したが、刺激終了後45秒まで減少状態は継続した。刺激前コントロール時の腓血流量は、11.6±1.2ml/min/100g (mean±S.E.)、刺激終了時には7.3±1.0ml/min/100gの値であった。血圧は鍼通電刺激開始直後より変動が認められ、刺激中には上昇傾向を示したが、有意な変化は認められなかった。刺激前コントロール時の平均血圧は85.7±0.7mmHg (mean±S.E.) であり、刺激終了時のピーク時では89.2±1.0mmHgであった。心拍数は刺激期間中、刺激終了後ともに有意な変化は認められず、刺激前コントロール時の心拍数は381.4±3.3beat/min (mean±S.E.) であった (Fig.5)。1例をFig.6に示した。

2. フェントラミン投与5例全例をまとめると、フェントラミン投与前の腓血流量は、鍼通電刺激開始直後より有意に増加し始め、刺激終了時には48.3±13.0% (mean±S.E.) の増加を示した。そ

の後、刺激終了後も増加し続け、刺激終了後15秒にピークの62.3±21.8%の増加率に達した。その後、刺激前値へと徐々に減少したが、刺激終了後120秒まで増加状態は継続した。刺激前コントロール時の腓血流量は、9.3±1.6ml/min/100g (mean±S.E.)、刺激終了後15秒のピーク時には14.5±2.2ml/min/100gの値であった。血圧についても鍼通電刺激開始直後より変動が認められ、刺激中には上昇する傾向を示したが有意な変化は認められなかった。刺激前コントロール時の平均血圧は81.5±6.1mmHg (mean±S.E.) であり、刺激終了時のピーク時では82.6±5.7mmHgであった。心拍数は刺激期間中、刺激終了後ともに有意な変化は認められず、刺激前コントロール時の心拍数は388.8±3.4beat/min (mean±S.E.) であった。フェントラミン投与後の腓血流量は、通電刺激開始直後より有意に増加し始め、刺激終了時には57.6±11.3% (mean±S.E.) の増加を示した。刺激終了後も増加し続け、刺激終了後15秒にピークの58.6±11.8%の増加率に達した。その後、刺

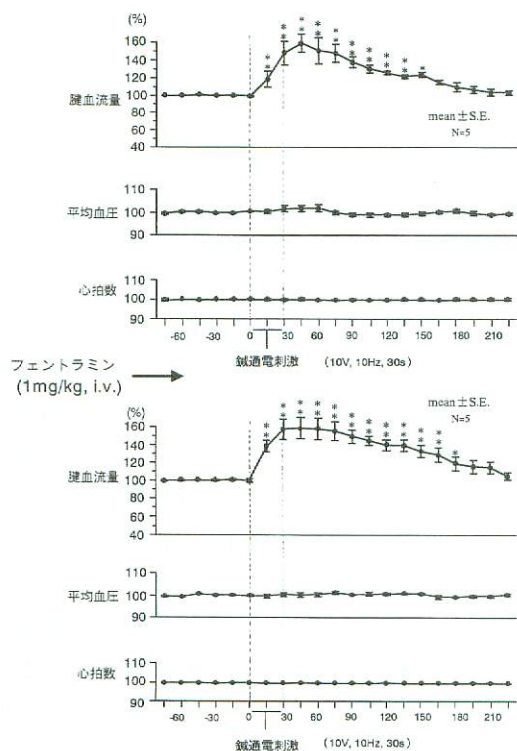


図 7. フェントラミン投与前後の、鍼通電刺激による血流量、平均血圧、心拍数の反応の変化

上段はフェントラミン投与前、下段はフェントラミン投与後を示す。フェントラミン投与後においても鍼通電刺激による腓血流量の増加反応が出現した。\*p<0.05, \*\*p<0.01

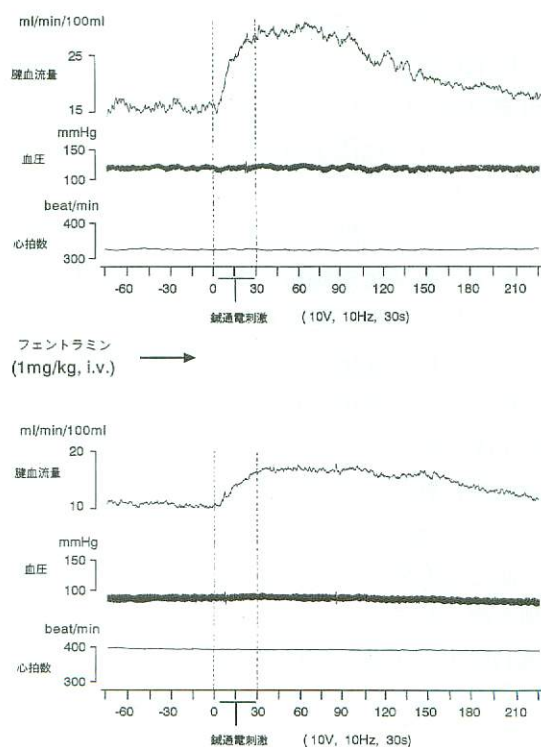


図 8. フェントラミン投与前後の、鍼通電刺激による腓血流量、血圧、心拍数の反応の変化の一例

上段はフェントラミン投与前、下段はフェントラミン投与後を示す。

激前値へと徐々に減少したが、刺激終了後150秒まで増加状態は継続した。刺激前コントロール時の腱血流量は、 $6.4 \pm 1.1 \text{ ml/min/100g}$  (mean  $\pm$  S.E.)、刺激終了後15秒のピーク時には $9.8 \pm 1.2 \text{ ml/min/100g}$ の値であった。血圧はフェントラミン投与前に見られるような鍼通電刺激による上昇傾向は認められず、刺激前コントロール時の平均血圧は $63.3 \pm 5.2 \text{ mmHg}$  (mean  $\pm$  S.E.)であった。心拍数に関しては刺激期間中、刺激終了後ともに有意な変化は認められず、刺激前コントロール時の心拍数は $404.1 \pm 3.4 \text{ beat/min}$  (mean  $\pm$  S.E.)であった (Fig.7)。1例をFig.8に示した。

#### IV. 考 察

腱循環の形態学的研究は数多くなされており、その循環経路として筋組織からの経路、腱傍組織、腱間膜、腱ひもなど腱周囲の結合組織からの経路、腱付着部の骨・骨膜からの経路などの複数の血行路が考えられている<sup>13-17)</sup>。今回用いたドップラー式血流計はプローブの先端から約1mm半球の深さまでの血流を包括して計測している<sup>18)</sup>。ラットのアキレス腱の厚さは2mm程度であり、プローブの接触位置から考えると腱表面から中心部までの組織血流と腱表面を走行する血管および腱内に侵入する血管の血流を包括して測定しているものと考えられる。

今回、アキレス腱部の鍼通電刺激によるアキレス腱血流量の変化を観察したところ、個体間および同一個体において変化量に差はあるものの、53例がほぼ同様の反応を示した。53例全体をまとめると鍼通電開始直後より腱血流量は増加し、鍼通電終了後も増加し続け、通電刺激終了後15秒をピークに減少に転じ、刺激前値へと徐々に減少し、通電刺激終了後165秒まで有意な増加状態が継続した。血圧は有意な変化ではないが、刺激開始後より測定終了時までやや変動する傾向を示した。鍼通電刺激中と刺激終了後のそれぞれにおいて個別にみると、鍼通電刺激中に腱血流量が増加したものは53例中43例、減少したものは5例、無変化のものは5例であり、血圧が上昇したものは53例中10例、下降したものは8例、無変化のものは35例であった。腱血流量が増加した43例中、血圧も上昇したものは10例 (23.3%)、腱血流量が減少した5例中、血圧が下降したものは3例 (60%)、腱

血流量が無変化であった5例中、血圧も無変化であったものは全例 (100%) であった。腱血流量を中心に考えると腱血流量が増加した時に血圧も上昇したものは23.3%と少ないが、血圧が上昇した10例すべてにおいて血流量も増加しており、また、腱血流量が減少した時に血圧が下降したものは60%であることから、鍼通電刺激中の腱血流量の反応は血圧の反応と全く無関係とは言えず、血圧の変動は明らかに腱血流量にも影響を及ぼしていると考えられた。しかし、血圧の上昇反応がないにも関わらず腱血流量の増加反応が出現している例が76.7%も存在すること、およびフェントラミンの投与により血圧が非常に安定した状態であっても腱血流量の増加反応が出現したことは、鍼通電刺激中の腱血流量の大きな増加反応は血圧の上昇によるものではないことを示している。

鍼通電刺激終了後の腱血流量、血圧の反応に関しては、腱血流量の増加したものは53例全例であった。腱血流量の増加時に血圧の上昇があったものは53例中3例 (5.7%) であり、血圧の上昇反応に依存しない例が殆どであった。このことより、鍼通電刺激終了後の腱血流量の増加反応も鍼通電刺激中と同様に血圧の上昇によるものではないことが確認された。

今回、刺激強度1Vでは血流量の増加反応がみられなかったことは、血流量増加に関与する神経は細径線維であることを示唆するものと考えられた<sup>19)</sup>。また、Fig.5に示すようにアトロピンの投与によって血流量の増加反応は消失し、鍼通電刺激中の血流量の減少反応が出現した。これらの反応のうち、血流量増加反応の消失は、鍼通電刺激による腱血流量の増加反応がコリン作動性血管拡張線維を介した反応による可能性を示唆するものと考えられた。鍼通電刺激中の血流量の減少反応の出現に関しては、鍼通電中に血圧の下降反応は認められなかったことから、腱組織内の血管に分布する交感神経の興奮による血管収縮反応と考えられた。Takemiya et al<sup>19)</sup>は家兔の前脛骨筋腱の組織温が坐骨神経の切断により上昇することから、交感神経性血管収縮神経による腱循環の調節の可能性を述べている。また、著者らはラットの膝蓋腱の血流量が膝蓋腱部の鍼通電刺激および大腿神経の電気刺激により、血圧の変化を伴うことなく一過性に減少することを確認し、アトロピン

の投与によりその減少量が増加すること、およびフェントラミンの投与により減少反応が消失することから腱組織の交感神経性血管収縮神経の関与を示唆してきた<sup>11)</sup>。また、ノルアドレナリン投与による腱組織内の血管収縮反応がネコ<sup>20)</sup>、馬<sup>21)</sup>において確認されており、これらは今回の実験結果を支持するものである。

心拍数に関しては、鍼通電刺激中および鍼通電終了後ともに有意な変化は示さず、鍼通電刺激中に腱血流量が増加したもののうち心拍数が増加したものは43例中4例 (9.3%)、鍼通電終了後に腱血流量が増加したもののうち心拍数が増加したものは53例中2例 (3.8%) にすぎず、腱血流量と心拍数との関連性は極めて小さいことが考えられた。

アキレス腱炎を有するスポーツ選手に対しアキレス腱部に鍼治療を行うと治療直後から痛みが軽減することが報告されている<sup>10)</sup>。これらの理由に関しては上位中枢による下行性抑制系や脊髄による抑制系等、いわゆる鍼鎮痛の機序により説明されている<sup>22)~24)</sup>。更に、治療直後の痛みの軽減のみならず同様の鍼治療を繰り返すことによりスポーツへの復帰が促進されることも临床上よく認められる。これらの理由に関しては、腱組織の慢性炎症の軽減や組織修復が鍼治療により促進されている可能性が考えられる。鍼通電刺激による腱血流量の変動は一過性ではあったが、一過性の変動の繰り返しが慢性炎症の軽減や組織修復の促進に関与している可能性が示唆された。しかし、今回は正常ラットのアキレス腱血流量に対する鍼通電刺激の生理学的な影響を明らかにしたに過ぎず、組織修復能力と鍼通電刺激の関係を明らかにするには、モデルラットを用いた生理学的および形態学的な検討や、より臨床に即した研究の必要性が考えられた。

## V. まとめ

アキレス腱の血流に対するアキレス腱部鍼通電刺激の影響についてラットを用いて観察した。加えて、その反応機序を明らかにする目的で自律神経遮断薬を投与し、それらによる影響を検索した。

1. アキレス腱部鍼通電刺激によりアキレス腱血流量は刺激開始後より有意に増加し、刺激終了後も増加し続け、刺激終了後15秒をピーク

に減少に転じ、その後徐々に減少し、刺激終了後165秒まで増加状態が継続した。血圧は刺激開始後より変動する傾向を示したが、有意な変化は認められなかった。刺激中に腱血流量が増加した43例のうち、血圧が上昇したものは10例であり、血圧の上昇を伴わない腱血流量の増加反応が数多く確認された。心拍数は刺激中、刺激終了後ともに変化は認められなかった。

2. アトロピン投与により鍼通電刺激終了後の腱血流量の増加反応は消失し、鍼通電中の血圧の下降を伴わない腱血流量の減少反応が出現した。フェントラミン投与により血圧が非常に安定した状態でも鍼通電刺激による腱血流量の増加反応が出現した。
3. 本研究よりアキレス腱鍼通電刺激では刺激開始後より一過性に腱血流量の増加する現象が確認され、その増加反応はコリン作動性神経を介した反応である可能性が考えられた。

## 参考文献

- 1) 井上基浩, 北條達也, 池内隆治ら: 腰部脊柱管狭窄症による間欠跛行に対する陰部神経鍼通電刺激の試み. 全日本鍼灸学会雑誌, 50 (2) : 11-19, 2000.
- 2) 勝見泰和, 片山憲史: 高齢者の肩関節周囲炎 (五十肩) に及ぼす鍼灸治療効果の研究. 高齢者に対する鍼灸治療の有効性とその作用機序に関する調査研究事業報告書, 日本公衆衛生協会, 24-40, 1996.
- 3) 井上基浩, 勝見泰和, 川喜田健司ら: 坐骨神経幹の循環動態に及ぼす腰部鍼刺激と坐骨神経電気刺激の影響. 全日本鍼灸学会雑誌, 48 (2) : 26-36, 1998.
- 4) 横江清司: スポーツと鍼灸. 全日本鍼灸学会雑誌, 38 (4) : 354-357, 1988.5) 片山憲史: スポーツ障害における鍼灸治療. セラピスト, 8 (10) : 21-25, 1987.
- 6) 西条一止: スポーツ障害に対する鍼治療の試み. セラピスト, 6 (10) : 53-56, 1985.
- 7) 森山朝正: スポーツ障害と鍼灸手技治療. 全日本鍼灸学会雑誌, 38 (4) : 342-353, 1988.
- 8) 片山憲史: シンスプリントに対する鍼治療の検討. 関西臨床スポーツ医科学研究会誌, 1 : 95-97, 1991.
- 9) 池内隆治, 片山憲史, 越智秀樹ら: 上腕骨外側上顆炎に対する鍼治療の効果. 全日本鍼灸学会雑誌, 44 (2) : 176-180, 1993.
- 10) 片山憲史: 膝蓋腱炎に対する鍼治療の検討. 関西

- 臨床スポーツ医科学研究会誌, 3 : 47-49, 1993.
- 11) 井上基浩, 片山憲史, 矢野 忠ら: ラットの膝蓋腱血流に及ぼす膝蓋腱部鍼通電刺激と大腿神経電気刺激の影響. 体力科学, 50 (1) : 119-128, 2001.
  - 12) 野口栄太郎, 小林 聡, 大沢秀雄ら: 鍼通電刺激によるラット骨格筋血流増加反応の神経性調節機構. 自律神経, 36 : 56-64, 1999.
  - 13) Colville J, Callison JR, White WL : Role of mesotenon in tendon blood supply. *Plast Reconstr Surg*, 43 (1) : 53-60, 1969.
  - 14) Edwards DAW : The blood supply and lymphatic drainage of tendons. *J Anat*, 80 : 147-152, 1946.
  - 15) Mayer L : The physiological method of tendon transplantation. *Surg Gynec Obstet*, 22 : 182-197, 1916.
  - 16) Peacock EE : A study of the circulation in normal tendons and healing grafts. *Ann Surg*, 149 (3) : 415-428, 1959.
  - 17) Smith JW : Blood supply of tendons. *Am J Surg*, 109 : 272-276, 1965.
  - 18) 鹿嶋 進, 橋爪 俊幸, 満井顕太郎: レーザー血流計の特性. 日本レーザー医学会誌, 9 (1) : 3-7, 1988.
  - 19) Takemiya T, Maeda J : The functional characteristics of tendon blood circulation in rabbit hindlimbs. *J J Phys*, 38 : 361-374, 1988.
  - 20) Barlow TE, Walder DN : Vasodilation in skeletal muscle. *Clin Sci*, 29 : 277-292, 1965.
  - 21) Stromberg B : The normal and diseased superficial flexor tendon in race horses. A morphologic investigation. *Acta Radiol (Suppl)*, 305 : 1-94, 1971.
  - 22) 清水信介, 小麦弘子, 村居真琴ら: 鍼麻酔の鎮痛における内因性モルヒネ様物質とセロトニン系との関係. 昭和大学医学雑誌, 40 : 695-700, 1980.
  - 23) Pomeranz BH, Eriksson MBE: The influence of naloxone on analgesia, endorphin implicated. *Life Sci*, 19 : 1757-1762, 1976.
  - 24) Sjolund BH, Eriksson MBE : The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral conditioning stimulation. *Brain Res*, 173 : 295-301, 1979.



## The Effect of Electrical Acupuncture on Regional Blood Flow in the Achilles Tendon of the Rat

†INOUE Motohiro<sup>1)</sup>, KATAYAMA Kenji<sup>1)</sup>, HOJO Tatsuya<sup>2)</sup>,  
YANO Tadashi<sup>1)</sup>, KATSUMI Yasukazu<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> *Department of Health Promoting Acupuncture and Moxibustion, Meiji University of Oriental Medicine*

<sup>2)</sup> *Department of Orthopaedic Surgery, Meiji University of Oriental Medicine*

### Abstract

**Purpose :** The beneficial effect of acupuncture for paratendinitis of the Achilles tendon due to over use has been reported. Therefore, the change in regional blood flow in the Achilles tendon following electrical acupuncture was evaluated using laser Doppler flowmetry in anesthetized rats.

**Methods :** Sixteen Wistar strain rats were used in this study. Animals were anesthetized with urethane and artificially ventilated through a tracheal cannula. Acupuncture stimulation was performed to the Achilles tendon close to the tuber calcanei a total of 53 times in 16 rats. Blood flow was measured slightly above the stimulation point using Laser-Doppler flowmetry. Systemic blood pressure and heart rate were observed simultaneously. The same procedure was performed in 10 rats under administration of atropine or phentolamine.

**Results :** In most cases, blood flow in the Achilles tendon rapidly increased after the initial electrical stimulation, and it continued to increase 15 seconds after the end of stimulation. The change in blood flow did not necessarily follow that of arterial blood pressure. Administration of atropine resulted in decrease, rather than abolition of the increased blood flow after initiating electrical acupuncture. Furthermore, the increase in the blood flow was still observed after administration of phentolamine.

**Discussion :** These results suggest that the increase in blood flow after initiating electrical acupuncture may be controlled by cholinergic vasodilator nerves. The beneficial effects of acupuncture for paratendinitis of the Achilles tendon may be related to a temporary increase in blood flow.