

ウサギの実験的トリガーポイントから限局して記録された筋電図活動

†伊藤 和憲

明治鍼灸大学大学院 鍼灸基礎医学 (機能学)

要旨： ウサギを用いて実験的トリガーポイントを作成し、閾値低下部位から記録される電気活動について検討した。運動負荷は坐骨神経を電気刺激することで腓腹筋を強縮させ、その強縮した筋を他動的に引き伸ばす伸張性収縮運動を行った。その後、腓腹筋の局所電気刺激で得られる屈曲反射を指標に閾値低下部位を決定し、同部位から電気活動の記録を行った。その結果、運動負荷2日後に腓腹筋の筋腱移行部付近には索状硬結が触知され、その筋膜部分には限局した閾値低下部位が出現し、持続的な電気活動が記録できた。一方、脊髄側索の電気刺激や同一筋への鍼刺激および神経筋遮断薬はこれらの電気活動を抑制したが、交感神経遮断剤では抑制しなかった。以上の結果から今回筋膜部分から限局して記録された電気活動は、筋膜の侵害受容器からの入力による反射性の筋電図活動であったと考えられる。

I. はじめに

ツボは鍼灸臨床において診断点や治療点として用いられており、鍼灸医学にとって必要不可欠な存在である。そのため今までツボに関して様々な研究が行われ、いくつかの仮説が提唱されているがまだ詳細は不明である¹⁻³⁾。しかし、ツボを鍼灸の刺激部位として捉えた場合、臨床家の多くは圧痛点・硬結・反応点を良く利用しており⁴⁾、この様な性質を詳しく検討することがツボの解明につながると考えられる。

ツボとの関連性が注目されているものの一つにトリガーポイントがある⁵⁾。トリガーポイントは筋筋膜性疼痛症候群に特徴的な圧痛部位で、索状硬結上に限局して出現し、同部位の圧迫により典型的な関連痛が出現する⁵⁾。またトリガーポイントに鍼を刺入すると筋が局所的に収縮する局所単収縮反応がみられたり、安静状態にも関わらず特異的に自発放電活動が記録されるなど様々な特徴が知られている⁵⁾。トリガーポイントとツボの関連性が注目される理由として、トリガーポイントの出現部位は高い確率で経穴と一致すること⁶⁾、またトリガーポイントの特徴である関連痛や自発放電活動がツボの特徴である経絡現象⁷⁾や穴位筋

電図⁸⁾に類似していることなどが上げられる。しかし、トリガーポイントの成因についての詳細は不明な点が多く残されている。

トリガーポイントを解明する1つの手掛かりに、自発放電活動の存在がある。従来、索状硬結は何らかの原因により筋細胞膜や筋小胞体が傷害されたことで、通常細胞内に微量にしか存在しないカルシウムイオンが細胞外から流入、あるいは筋小胞体内から放出されることによりアクチンとミオシンの筋フィラメントが滑り込み、拘縮を引き起こしたものとされ、電気活動は伴わないとする報告が一般的であった⁹⁾。しかし近年、トリガーポイントから電気活動が記録できることが報告され、その成因として筋紡錘説¹⁰⁾や運動終板説¹¹⁾などの説が挙げられている。

我々は伸張性収縮運動後に限局した圧痛部位が出現することに着目し¹²⁾、ヒトにおいて実験的トリガーポイントモデルの作成を試みた。その結果、伸張性収縮運動後に索状硬結上に限局して圧痛点¹³⁾が出現し、その部位からはトリガーポイントに特有な関連痛や自発放電活動が記録された¹⁴⁾。

そこで今回トリガーポイントモデルを実験動物で作成し、トリガーポイントの特徴の一つである

平成13年11月30日受付、平成14年1月15日受理

Key Words：伸張性収縮運動、トリガーポイント、ツボ、電気活動、ウサギ

eccentric exercise, trigger point, acupuncture point, electrical activities, rabbit

†連絡先：〒629-0392 京都府船井郡日吉町保野田ヒノ谷 明治鍼灸大学大学院 鍼灸基礎医学 (機能学)

E - Mail：k_itoh@muom.meiji-u.ac.jp

自発放電活動について調べ、その成因について検討を行った。

II. 方法

本実験は本学倫理委員会の承認を得て行った。実験には日本白色家兎25羽(体重:2.0-3.5kg)を用いた。すべての実験はペントバルビタール麻酔下で行い、一部の実験を省いて適時0.1mlずつ麻酔薬の追加投与を行った。また実験中は加温パッド(室町機械, MK-900)にて約39.0度の体温を保った。

1. 運動負荷方法

家兎の下肢を軽度麻酔下(20mg/kg, i.v.)で自家製台に側臥位で固定し、絶縁針電極を経皮的に坐骨神経に刺入し、電気刺激によって腓腹筋を強縮させた。腓腹筋が強縮すると足関節が底屈するため、その底屈した足関節を他動的に元の位置まで10秒間かけて背屈させることで腓腹筋を引き延ばし伸張性収縮運動を行った。電気刺激(50Hz, 期間1ms, 500発)は定電流刺激装置(日本光電, SEN-3301)からアイソレーター(日本光電, SS-104)を介して15秒おきに行い、計80回の運動負荷を5分間の休憩をはさみ3セット(計240回)行った。刺激の強度は0.3mA以下とした。

2. 測定項目

(1) 閾値低下部位の検索

腓腹筋を絶縁針電極にて局所的に電気刺激した時に大腿二頭筋から得られる屈曲反射を指標に用いた。家兎を麻酔下(35mg/kg, i.v.)で自家製台に側臥位で固定した後、表面電極を用いて筋電図を導出し、入力箱(日本光電, JB-101J)を介してオシロスコープ(日本光電, VC-11)で観察した後、チャートレコーダ(日本光電, RTA-1200M)とデータレコーダ(TEAC, RD-1235T)に記録した。測定は運動負荷2日後に腓腹筋から硬結を触診にて検索し、その索状硬結を中枢側から2mm間隔で区切り刺激部位とした。それぞれのポイントで深さ2mmから6mmまで1mmずつ刺激電極を刺入し、5秒おきに通電刺激(期間100 μ s, 5発)を行い、10回の刺激中7回程度反射が記録される電流量を閾値と定めた。

実験中はインフュージョンポンプにて持続麻酔

(1hあたり20mg/kg, i.v.)を行った。また、全実験終了後腓腹筋部分の皮膚を切開し、絶縁針電極の刺入深度と筋膜までの距離の確認を行った。

(2) 電気活動の記録方法

腓腹筋の索状硬結上の閾値低下部位とその周囲(閾値低下部位から2mm離れた硬結部と非硬結部)に絶縁針電極を刺入し、電気活動を記録した。記録された信号は増幅し(DAM-80, WPI; low cut: 300Hz; high cut: 10kHz), オシロスコープ(VC-11, 日本光電)とサウンドモニターで観察を行い、データレコーダ(RD-135T, TEAC)とチャートレコーダ(RTA-1100, 日本光電)に記録した。

3. 条件刺激

(1) 頸髄電気刺激

家兎は麻酔下(35mg/kg, i.v.)で自家製台に仰臥位で固定した。その後、頸部を正中切開し、手術用実体顕微鏡下(M651, Leica)で気管と一側の外頸静脈にカテーテルを挿入した。また血圧・瞬時心拍数測定のため総頸動脈にカテーテルを挿入して動脈圧を圧トランスデューサー(TP-400T, 日本光電)で導出、血圧波よりタコメータ(AT-601G, 日本光電)で心拍数をモニターした。すべてのカニューレーション終了後、カテーテルを皮膚に固定し、頸部を軽く縫合した。

その後伏臥位で固定装置に固定し、頸部の皮膚を切開して第一頸椎の椎弓をデンタルドリルで切除した。脊髓露出後、タングステン微小電極を実体顕微鏡下で刺入して電気刺激(50Hz, 期間100 μ s, 刺激強度10 μ A)を10秒間行い、電気活動に対する影響を観察した。また刺激終了後、刺激部位を確認するために直流通電(20 μ A, 10s, 陰極)にてマーキングを行った。

実験終了後、頸髄を取り出し24時間10%ホルマリン溶液中に留置した後に、マイクロスライサー(DTK-1000, 堂阪EM)で厚さ100 μ mの切片を作成し、ゼラチンスライドに貼り付け、Cresyl Violetでニッスル染色を行い刺激部位を確認した。

(2) 腓腹筋への鍼刺激

家兎を麻酔下(35mg/kg, i.v.)で自家製台に側臥位で固定した後、運動負荷を行った腓腹筋に鍼

刺激を行った。鍼刺激の部位は閾値低下部位から末梢側に3-5mm離れた腓腹筋部とし、筋肉内まで刺入して約1Hzの頻度で10秒間雀啄刺激を行った。また、鍼は直径0.18mm、長さ40mmのステンレス鍼を用いた。

(3) 薬物投与

麻酔下(35mg/kg, i.v.)で気管および動・静脈のカニューレーションを行った後、大腿内側の皮膚を切開し、大腿動脈に薬物投与用のカテーテルを末梢に向けて挿入した。投与した薬物を局所に留めるために大腿静脈に縫合糸をかけ、適時静脈の開閉を行った。

手術終了後、家兎を自家製台に側臥位で固定し、電気活動が安定して記録されている時に薬物投与を行い、その影響を観察した。交感神経のα遮断薬であるフェントラミン (1mg/ml, 0.4ml)、ま

たは神経筋遮断剤である臭化パンクロニウム (2 mg/ml, 1ml) を注入した後、それぞれ0.6mlと0.5mlの生理的食塩水でフラッシュした。電気活動の記録は薬物投与後最低30分以上行い、また薬物を2種類以上投与する場合は電気活動の記録終了後に大腿静脈の圧迫を解放し、血圧や呼吸などに異常がないことを確認した後に次の実験を行った。なお、臭化パンクロニウムを投与する際は予め気管カテーテルに人工呼吸器 (AR-1, 成茂科学) を装着して実験を行った。

4. データ解析および統計処理

電気活動の記録は各条件刺激の30秒前から開始し、頸髄電気刺激および鍼刺激では刺激終了後30秒間、薬物投与では投与後30分間記録を続けた。実験終了後、電気活動はoff lineにてデータを再生し、オシロスコープ (VC-11, 日本光電) をモ

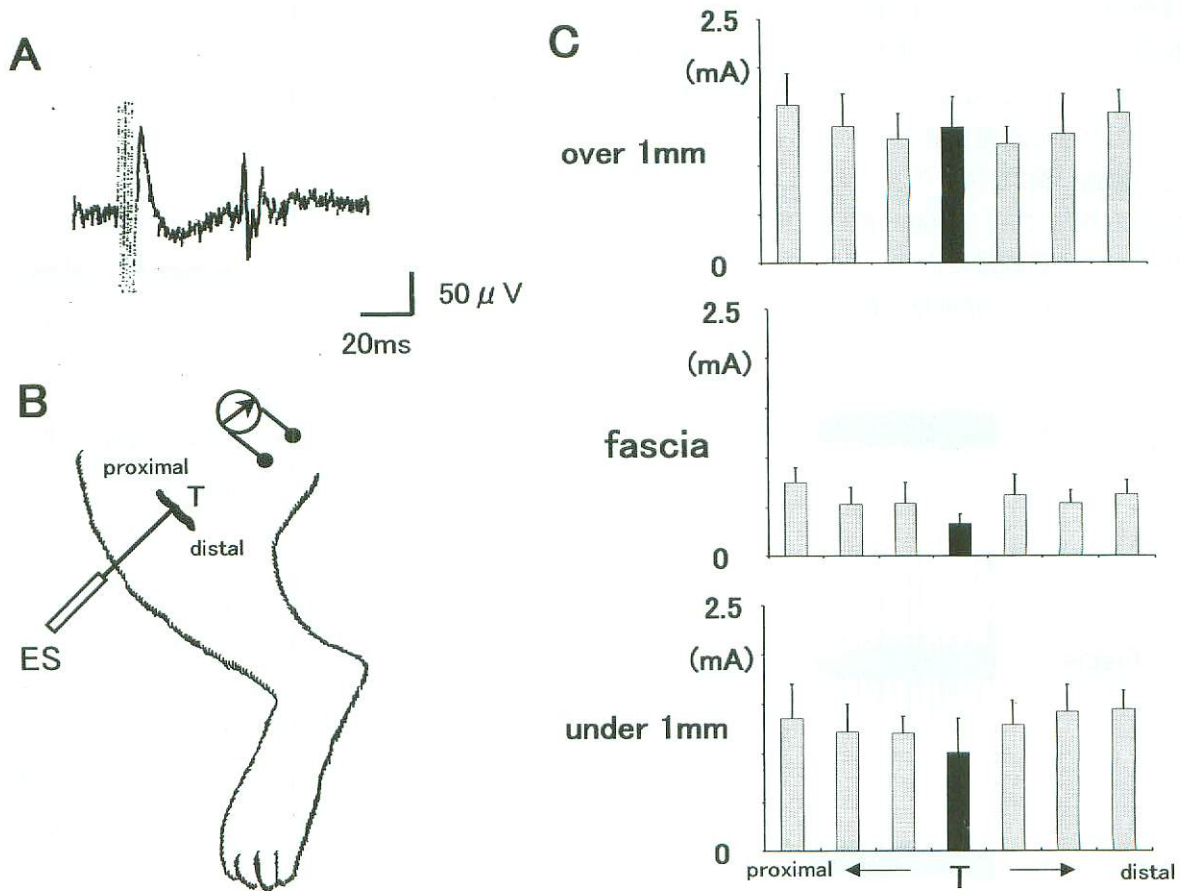


図1：伸張性収縮運動後に生じた閾値低下部位

Aは運動負荷2日後の腓腹筋を局所的に電気刺激したときに大腿二頭筋から記録される反射性筋電図の代表例。Bは反射性筋電図の記録部位と刺激部位の模式図。Cは腓腹筋に生じた索状硬結を2mmごとの間隔で、筋膜とその上下1mmを局所的に電気刺激した時に得られる反射性筋電図の誘発閾値。

グラフは各個体の最も閾値が低かった部位をカラムの中央 (黒) にくるように作成している。

ES：電気刺激，T：閾値低下部位，porximal：中枢側，distal：遠位側

ニターしながらスライサーを介してパルスカウンター (DSE-325P, ダイアメディカル) で1秒おきに発火頻度を計測した。頸髄電気刺激および鍼刺激の効果は、10秒ごとの平均発火頻度 (Hz) で表記し、それぞれの効果判定は刺激前30秒間の電気活動の平均発火頻度を100%とし、刺激中もしくは刺激後に電気活動の平均発火頻度が50%以下に低下したものを抑制と判断した。

測定値はすべて平均値±標準偏差 (mean±S.D.) で表記した。また、統計処理にはStatView 5.0 (Abacus Concepts社) を使用し、索状硬結上の閾値低下部位とその周囲における閾値の統計解析にはノンパラメトリックのTukey法による多重比較検定を行った。

III. 結果

1. 閾値低下部位における電気活動の記録

運動負荷を行った6羽全例で運動負荷2日後の腓腹筋に短縮が見られ、筋肉の硬さも運動負荷前に比べて増大していた。また、覚醒下で腓腹筋を触診したときに逃避反射を示す例が4羽存在した。また、運動負荷2日後に腓腹筋を詳しく調べると、脛骨から外側に1.4—1.6mm離れた筋腱移行部付近を中心に、筋線維に沿って長さ 17.7 ± 4.7 mm、幅 1.3 ± 0.5 mmの索状硬結が触知できた (n=6)。

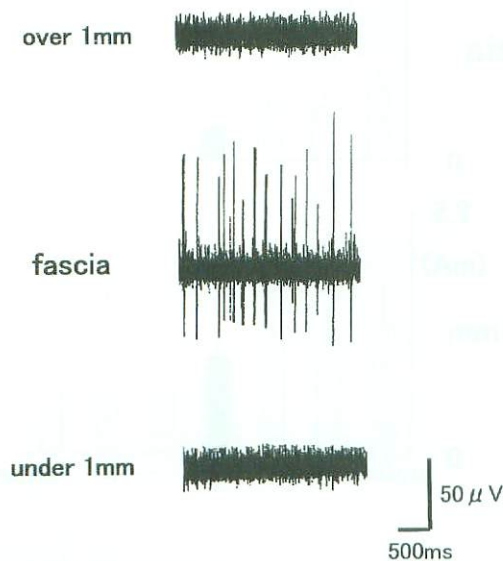


図2：閾値低下部位から記録された電気活動

運動負荷2日後の閾値低下部位から記録された電気活動を示す。電気活動は、閾値低下部位の筋膜部分からのみ限局して記録される。

この索状硬結を2mm間隔で区切りそれぞれの深さで屈曲反射 (図1-A, 潜時： 47.7 ± 4.4 ms, n=6) の誘発閾値を調べたところ、全体的に筋膜部分の閾値が低下しており (図1-C)、その中でも周囲に比べて局所的に閾値が低下している部分が脛骨外側顆の末梢4—8mmの範囲に存在していた ($P < 0.05$, Tukey)。一方、筋膜の上下1mmの深さではこのように局所的に閾値が低下している部分はほとんど見られなかった。

この最も閾値が低下している部分に針電極を刺入し電気活動を記録すると、筋膜の深さから6羽中4羽で30秒以上続く持続的な電気活動が記録されたが (図2)、その上下1mmの深さからは記録することが出来なかった。また閾値低下部位の周囲 (閾値低下部位から2mm離れた硬結部と非硬結部) では、どの深さからもこのような電気活動を記録出来なかった。

この電気活動の波形的な特徴は、陽性から始まる電位 (図3-A) と陰性から始まる2相性の電位 (図3-B)、さらには両方の波形が混在するものが

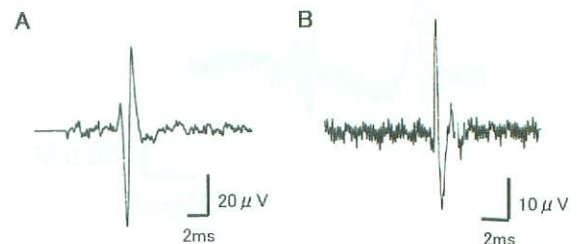


図3：閾値低下部位から記録される電気活動の波形

閾値低下部位から記録される波形の典型例で、Aは陽性 (下向き)、Bは陰性 (上向き) からそれぞれ始まる。

あった。電気活動の振幅は、 $43.6 \pm 27.6 \mu V$ 、波形の幅 1.5 ± 0.5 ms、発火頻度 10.0 ± 6.4 Hzであり (n=4)、長いもので10分以上持続した。また30秒以上続く持続的な電気活動が記録できなかった2羽においても筋膜部分から持続時間の短い電気活動を記録することは可能であり、筋膜部分に何回か記録電極を刺入するうちに30秒以上電気活動が持続するようになった。

2. 薬物による電気活動への影響

電気活動が30秒以上安定して記録されている時、神経筋遮断薬である臭化バンクロニウムを大腿動脈に投与すると、投与した6羽全例で電気活動は

消失した (図4). 薬物の注入を開始してから電気活動の消失に要した時間は平均 40.0 ± 19.6 秒であった (n=6). この抑制効果は、電気活動の波形や

振幅・発火頻度の違いによる差はなかった. 他方、交感神経の α 遮断薬であるフェントラミン投与では、投与した2羽とも電気活動の発火頻度に変化

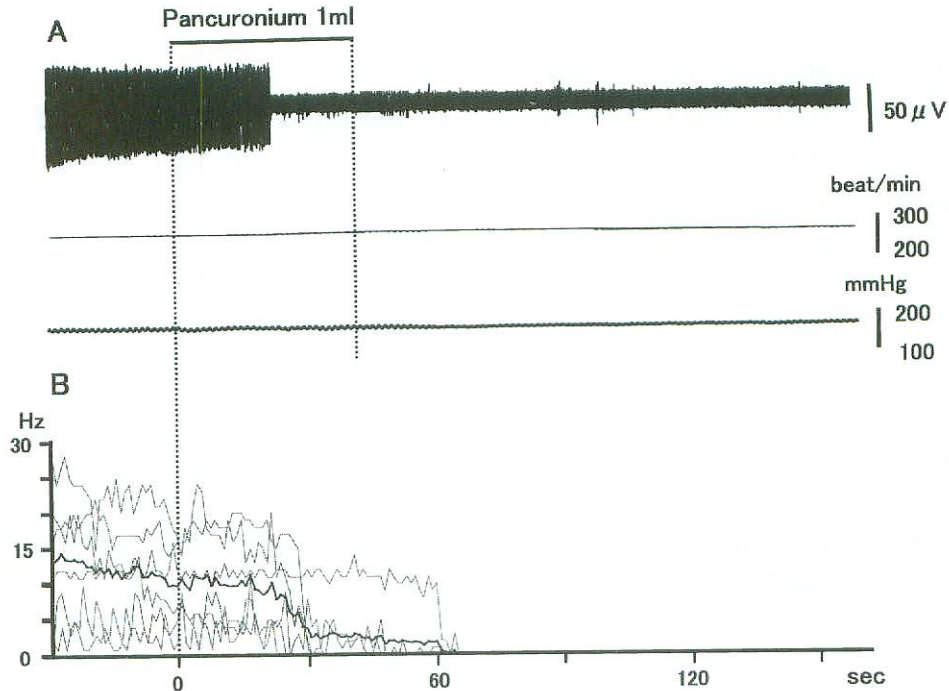


図4：神経筋遮断剤による電気活動の抑制

Aは神経遮断薬の投与による電気活動の抑制例. 上段は電気活動, 中段は心拍数, 下段は血圧. Bは神経筋遮断剤の投与を行った6例における電気活動出現頻度の経時変化 (薄い線) とその平均値 (濃い線).

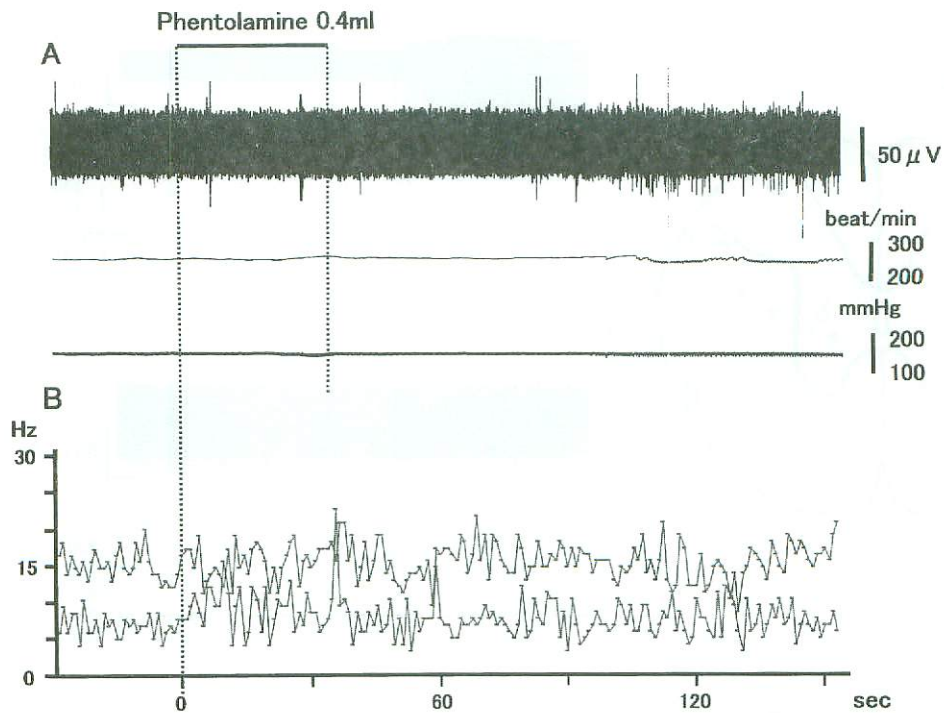


図5：交感神経遮断薬による電気活動の変化

Aは交感神経遮断薬の投与による電気活動の抑制例. Bは交感神経遮断薬の投与を行った2例における電気活動出現頻度の経時変化. 表記は図4と同じ.

は見られず、この状態は薬物投与後最低5分以上続いた(図5)。

3. 脊髄電気刺激による電気活動への影響

運動負荷を行った13羽全例で索状硬結上に閾値低下部位が出現し、その部位から30秒以上持続する電気活動を記録できたのは13羽中11羽であった。11羽34試行における電気活動の波形的特徴は実験1と同様に3種類に分けられ、また電気活動の振幅 $64.3 \pm 23.8 \mu\text{V}$ 、波形の幅 $2.2 \pm 0.6\text{ms}$ 、発火頻度 $6.0 \pm 8.1\text{Hz}$ であった。

脊髄の側索部分を局所的に $10 \mu\text{A}$ で10秒間電気刺激すると、16試行中14試行で電気活動に抑制が見られ(図6-A)、そのうち12試行は刺激中から抑制した(図6-B)。またその抑制は刺激終了後1分程度続き、その多くは抑制後電気活動が再び出現した。一方、脊髄の灰白質を電気刺激した場合は、11試行中2試行と電気活動が抑制される例は少なく(図6-A)、残りのうち8試行では全く影響されなかった(図6-C)。

頸髄へ電極を刺入するのみで電気刺激を行わなかった7試行では、電気活動の頻度はどの試行も変化せず2分以上安定して電気活動を記録するこ

とが可能であった。また、脊髄電気刺激による抑制効果には電気活動の波形の違いや振幅・頻度などの違いによる効果の差は認めらず、また電気刺激によって血圧や心拍数に大きな変化を示すものはなかった。

4. 鍼刺激による電気活動への影響

実験を行った5羽全例で30秒以上続く電気活動が記録でき、記録された電気活動の波形的特徴は実験1や2とほぼ同様であった。電気活動が腓腹筋から記録されている時に記録している筋と同一筋に鍼刺激を行うと、刺激後しばらくして電気活動は抑制し(図7-A)、その抑制効果は1分以上持続した。このような抑制は鍼刺激を行った5羽中3羽に見られ、残りの2羽は不変であった(図7-B)。また抑制を示した3羽中2羽は3分程度で電気活動が回復したが、残りの1羽は5分まで観察を続けたが回復しなかった。

IV. 考 察

1. 実験動物におけるトリガーポイントモデルについて

今回用いた伸張性収縮運動は運動後1-2日後に

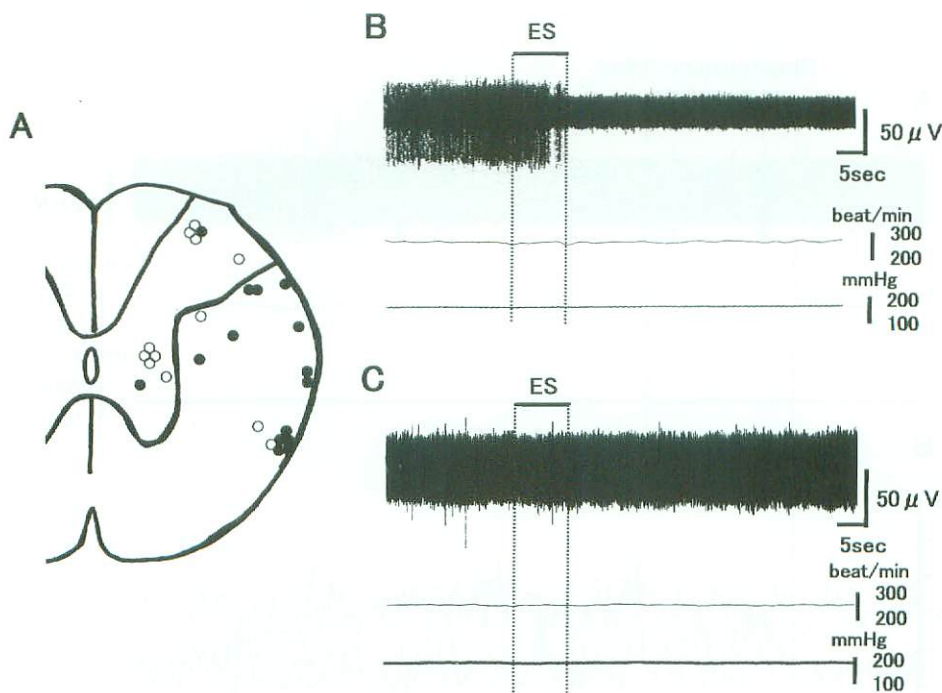


図6：頸髄電気刺激による影響

Aは第一頸髄の刺激部位で●は電気活動が抑制、○は電気活動が変化しなかったものを示す。Bは電気活動が抑制した例、Cは電気活動が変化しなかった例。

ES：電気刺激

起こる筋の痛み、いわゆる遅発性筋痛を誘発する運動様式であり¹⁵⁾、遅発性筋痛の変化に同期して運動負荷筋に索状硬結を伴う圧痛閾値低下部位が出現することがヒトで知られている¹³⁾。この圧痛閾値低下部位は索状硬結上に限局して出現し、この部位を強く圧迫すると関連痛が生じたり、記録電極を刺入すると筋が局所的に収縮する局所単収縮反応や、安静状態にも関わらず自発放電活動が記録されるなど筋・筋膜性疼痛症候群に特徴的なトリガーポイントの特徴を兼ね備えていることから、実験的なトリガーポイントモデルとして有

用であると考えられている^{13), 14)}。

一方、ウサギに同様な運動負荷を行い検討した結果、運動負荷2日後の腓腹筋に索状硬結を伴う閾値低下部位が出現した。この閾値低下部位は索状硬結上の筋膜部分に限局しており、針電極の刺入により自発的な電気活動が記録された。しかし、閾値低下部位以外の部分ではこのような現象を記録することは出来なかった。閾値低下部位の決定に用いた誘発筋電図は、その潜時から細径神経を求心路とする侵害性の屈曲反射であると考えられ、伸張性収縮運動後にウサギで生じた閾値低下部位

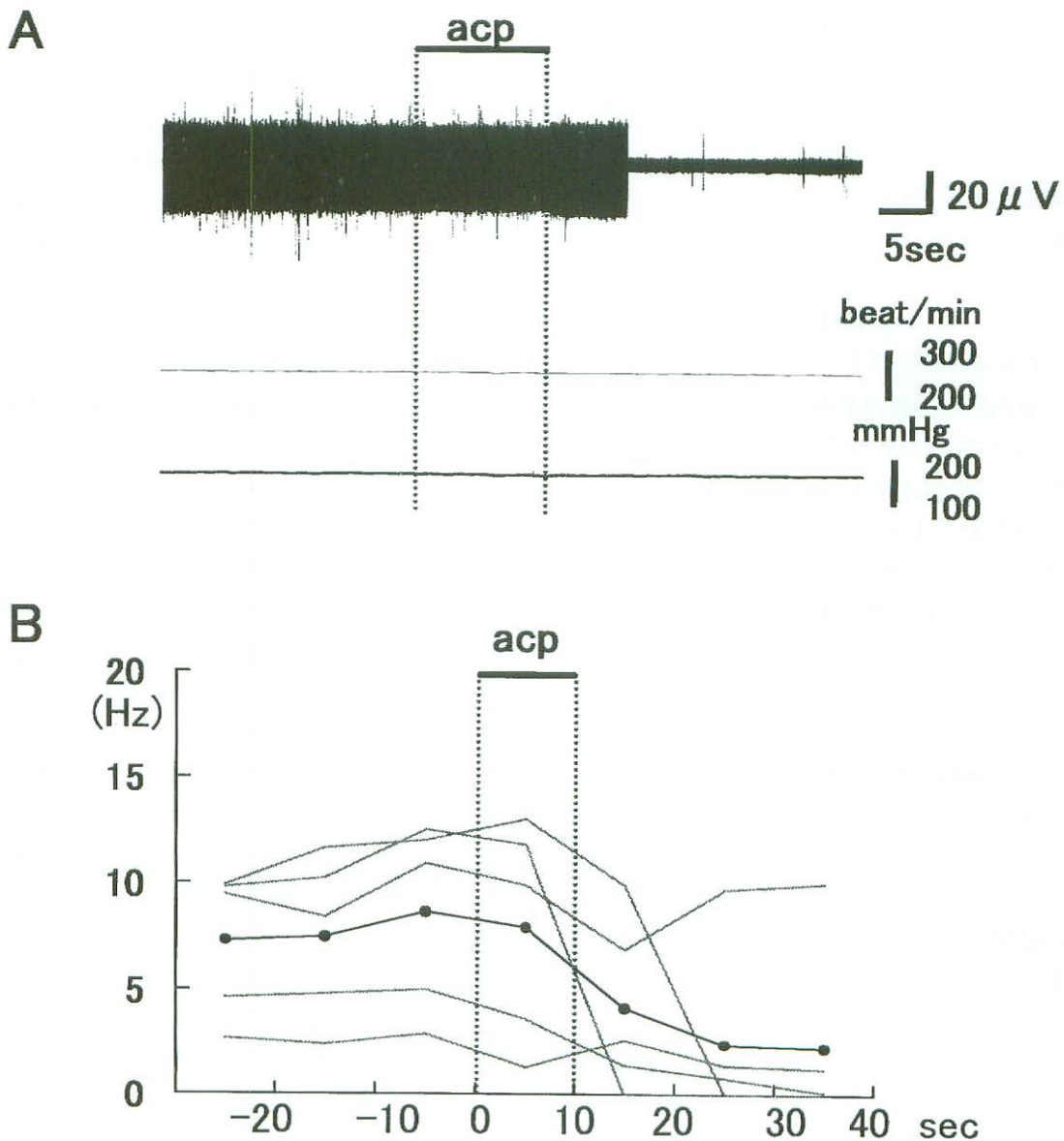


図7：鍼刺激による電気活動の抑制

Aは腓腹筋への鍼刺激による電気活動の抑制例。Bは鍼刺激を行った5例における電気活動出現頻度の経時的変化。表記は図4と同じ。

acp：鍼刺激

は実験動物におけるトリガーポイントモデルとして有用であると考えられる。

2. 閾値低下部位から記録された電気活動について

従来トリガーポイントから電気活動は記録されないと報告されていたが⁵⁾、1993年Hubbardらにより安静状態にも関わらずヒトのトリガーポイントから自発性の電気活動が記録されることが報告され¹⁰⁾、トリガーポイントの成因と電気活動との関連性が近年注目されている。一方、東洋医学では経穴に鍼電極を刺入した時に電気活動が記録されることが報告されており穴位筋電図と呼ばれている^{8,16)}。この穴位筋電図の大きさは鍼刺入時に生じる得気と呼ばれる感覚の大きさと相関があるとされており、その機序として脊髄を介する反射性電位である可能性が示唆されているがその詳細に関しては不明である⁸⁾。

トリガーポイントからの電気活動を最初に報告したHubbardらは、臨床的にトリガーポイントへの交感神経遮断剤注入により痛みが軽減することから、筋紡錘内の錘内筋線維に分布する交感神経とトリガーポイントの関連を示唆した¹⁰⁾。筋紡錘の関与については穴位筋電図においても同様な議論が行われており¹⁶⁾、ツボを考える上でも大変興味深い。その後Hubbardらはこの仮説を検証するため、記録された電気活動が精神的な負荷により大きくなったり¹⁷⁾、交感神経の α 遮断剤であるフェントラミンの局所注射より自発放電活動が抑制されることを確認している¹⁸⁾。また最近では、Chenらがウサギの大腿二頭筋に存在するトリガーポイントから記録される電気活動が、フェントラミンの局所投与で抑制されることを報告している¹⁹⁾。しかし今回のフェントラミン投与実験の結果では、閾値低下部位から記録された電気活動は5分後でもほとんど変化しなかった。その違いについて詳細は不明であるが、Chenらが対象としたトリガーポイントはウサギに潜在的に存在していたものであり、我々が実験的に作成した閾値低下部位とは性質が異なっていた可能性は否定できない。

一方Simonsらは、臨床的に神経筋接合部遮断剤であるボツリヌス毒素が関連痛領域の痛み抑制に有効であること²⁰⁾、記録される電気活動の波形

または記録時の特有な感覚などから、トリガーポイントにおける電気活動は機能障害に陥った運動終板の電気活動であるとしている¹⁹⁾。一般的に正常筋では安静時に電気活動は認められないとされているが、例外的に終板付近では限局して自発的な活動電位が記録される。この電位は終板電位と呼ばれ陰性から始まる特徴的な波形を示し²¹⁾、この電位が記録される時被験者は鈍い痛みを訴え、電極の位置を少し動かすとその痛みや電気活動は消失するという特徴を持つ。今回記録された電気活動は、臭化パンクロニウムを局所的に投与すると直ちに電気活動は消失したことから、神経筋接合部が関与する電気活動であることが明らかになった。しかし得られた波形には陰性から始まる2相性のものもあったが、一般的な錘外筋線維の活動電位と同様に陽性から始まる3相性のものや両者が混在する例もあり、それらがいずれも脊髄電気刺激や同一筋の鍼刺激によって抑制されたことから、終板局所での自発活動であるというよりも反射性の筋電図である可能性が高いと考えられる。

3. 閾値低下部位から記録された電気活動の成因について

今回ウサギから記録された電気活動は閾値が最も低下している筋膜部分に限局しており、閾値低下部位でも筋膜部分以外や閾値低下部位以外の部分からこのような電気活動を記録することは出来なかったことから、電気活動の出現には局所的な痛覚閾値低下が重要であると考えられる。

一方、閾値低下部位から記録された電気活動は脊髄の電気刺激により抑制し、その抑制は側索部分がより有効であった。側索部分は鎮痛に関連する経路が含まれる部位であり、同部位の電気刺激により開口反射が抑制したり²²⁾、切断実験により鎮痛効果が消失したりすることが数多く報告されている^{23,24)}。その中でも特に背外側索は下行性抑制系などの鎮痛と関わり合いが深く、電気刺激により鎮痛が得られやすい部位とされている²⁵⁾。今回の結果も背外側索を電気刺激した際に電気活動が顕著に抑制されたことから、この抑制効果は下行性抑制系の賦活によって生じたものと考えられる。

また、閾値低下部位から記録された電気活動は同一筋に鍼刺激を行うと抑制された。鍼刺激など

の体性刺激は痛みにより誘発される反射性の筋電図活動を抑制することが広く知られており²⁶⁻²⁸⁾, その機序として下行性抑制や広汎性侵害抑制調節などの上位中枢の関与が示唆されている^{3, 28)}. このことから今回の鍼刺激による抑制も側索を電気刺激した際に見られた抑制と類似した機序が関与しているものと考えられる. 終板電位や錘内筋線維の電気活動に対して下行性抑制系などの鎮痛に関連した上位中枢が直接関与するという報告はないことから, 閾値低下部位より記録される電気活動は終板電位や錘内筋線維の電気活動でなく反射性の筋電図活動であると考えられる.

我々が行った別の実験では, 運動負荷前から抗炎症薬であるインドメタシンを皮下投与すると筋膜部分の局所的な閾値低下を抑制することから, 閾値低下部位の出現には炎症物質による侵害受容器の感作が重要であると考えている²⁹⁾. 従って今回記録された電気活動は, 感作された侵害受容器(閾値低下部位)に記録電極が刺入されたことがきっかけで細径線維が興奮し, 脊髓反射性に筋電図活動が出現したものと考えられた.

謝 辞

稿を終えるにあたり, 終始御指導いただきました明治鍼灸大学第3生理学教室川喜田健司教授に深謝いたします. また多大なる御助言, 御協力を頂いた同第3生理学教室岡田薫助手, 同教室大学院生桑野素子氏, 萩原裕子氏, 金本貴行氏に深謝いたします.

引用文献

- 1) Chan SHH : What is being stimulated in acupuncture: evaluation of the existence of a specific substrate. *Neurosci Biobehav Rev*, 8 : 25-33, 1984.
- 2) Plummer JP : Anatomical findings at acupuncture loci. *Am J Chinese Med*, 8 : 170-180, 1980.
- 3) Kawakita K, Gotoh K : Role of polymodal receptors in the acupuncture-mediated endogenous pain inhibitory systems. In Kumazawa T, Kruger L and Mizumura K (eds) : *Proress in brain research*, vol 113, Elsevier, Amsterdam, pp507-523, 1996.
- 4) 川喜田健司 : 硬結について -質問表の回答に関する中間報告-. *全日鍼学誌*, 36 : 36-41, 1986.
- 5) Simons DG, Travell JG, Simons LS : *Myofascial pain and dysfunction : The trigger point manual*. 2nd ed, Williams & Wilkins, Baltimore, pp11-93, 1999.
- 6) Melzack R, Stillwell DM, Fox EJ : Trigger points and acupuncture points for pain: correlations and implications. *Pain*, 3 : 3-23, 1977.
- 7) Macdonald AJR : *Acupuncture from ancient art to modern medicine*. Allen G & Unwin, London, 1982.
- 8) 上海生理学研究所針麻研究組 : “得気”時針刺部位的筋電図活動. *中華医学雑誌*, 9 : 532-535, 1973.
- 9) Simon DG, Travell J : Myofascial trigger points, a possible explanation. *Pain*, 10 : 106-109, 1981.
- 10) Hubbard DR, Berkoff GM : Myofascial trigger points show spontaneous needle EMG activity. *Spine*, 18 : 1803-1807, 1993.
- 11) Simons DG : Clinical and etiological update of myofascial pain from trigger points. *J Musculoskeletal Pain*, 4 : 93-121, 1996.
- 12) Newham DJ, Mills KR, Quigley BM, et al : Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clin Sci*, 64 : 55-62, 1983.
- 13) 伊藤和憲, 岡田薫, 川喜田健司 : 伸張性収縮運動負荷によるトリガーポイントモデル作成の試み. *全日鍼会誌*, 51 : 81-90, 2001.
- 14) Itoh K, Murase K, Turu H, et al : Measurement of pressure pain and deep pain thresholds of experimentally-induced trigger point in human subjects. *Jpn J Physiol*, 49 (suppl.), S155, 1999.
- 15) Armstrong RB : Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness : a brief review. *Med Sci Sports Exerc*, 16 : 529-538, 1984.
- 16) 西安医学院針麻基礎理論研究組 : 合谷区穴位針感感受器及其伝入線維類別. *中国針刺麻醉研究資料選編*, 芸林出版社, 香港, pp316-323, 1978.
- 17) McNulty WH, Gevirtz RN, Hubbard DR, et al : Needle electromyographic evaluation of trigger point response to a psychological stressor. *Psychophysiology*, 31 : 313-316, 1994.
- 18) Hubbard DR : Chronic and recurrent muscle-pain : Pathophysiology and treatment, and review of pharmacologic studies. *J Musculoskeletal Pain*, 4 : 123-143, 1996.
- 19) Chen J-T, Chen S-M, Kuan T-S, et al : Phen-tolamine effect on the spontaneous electrical activity of active loci in a myofascial trigger spot of rabbit skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil*, 79 : 790-794, 1998.

- 20) Cheshire WP, Abashian SW, Mann JD : Botulinum toxin in the treatment of myofascial pain syndrome. *Pain*, 59 : 65-69, 1994.
- 21) Kimura J : *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle : principles and practice*. 2nd ed, Davis FA, Philadelphia, pp231-233, 1989.
- 22) 川喜田健司 : 鍼鎮痛の発現に関与する脊髄上行路の検討. *明治鍼灸医学*, 1 : 95-103, 1985.
- 23) Abbot FV, Hong Y, Franklin KBJ : The effect of lesions of the dorsolateral funiculus on formalin pain and morphine analgesia : a dose-response analysis. *Pain*, 65 : 17-23, 1996.
- 24) Sandkuhler J, Maisch B, Zimmermann M : Raphe magnus-induced descending inhibition of spinal nociceptive neurons is mediated through contralateral spinal pathways in the cat. *Neurosci Lett*, 76 : 168-172, 1987.
- 25) Mayer DJ : Analgesia produced by electrical stimulation of the brain. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 8 : 557-564, 1984.
- 26) Falinower S, Wikker J-C, Junien J-L, et al : A C-fiber reflex modulated by heterotopic noxious somatic stimuli in the rat. *J Neurophysiol*, 72 : 194-213, 1994.
- 27) Okada K, Oshima M, Kawakita K : Examination of the afferent fiber responsible for the suppression of jaw-opening reflex in heat, cold, and manual acupuncture stimulation in rats. *Brain Res*, 740 : 201-207, 1996.
- 28) Kawakita K, Funakoshi M. Suppression of the jaw-opening reflex by conditioning A-delta stimulation and electroacupuncture in the rat. *Exp Neurol*, 78 : 461-465, 1982.
- 29) Itoh K, Okada K, Kawakita K, : Effect of indomethacin on the eccentric exercise-induced trigger point-like tender spots in rabbits. *J Musculoskeletal Pain*, 9 (suppl.), 6, 2001.

Characteristics of Electrical Activities Recorded at Experimental Trigger Points in Rabbits

† ITOH Kazunori

*Department of Physiology,
Basic Medicine of Acupuncture and Moxibustion,
Graduate school of Acupuncture and Moxibustion,
Meiji University of Oriental Medicine*

Abstract

Purpose : To clarify the mechanism of the development of trigger points, an experimental model of trigger points was created by repeated eccentric exercises. The characteristics of the electrical activities recorded at the experimental trigger points were examined.

Methods : A total of 25 rabbits were used. Under light anesthesia with pentobarbital, repeated eccentric contractions of the gastrocnemius muscle were performed by stretching the muscle during tetanic contractions and electrical stimulation of the sciatic nerve with a pair of insulated needle electrodes (50Hz, 1ms, 80times, 3 sets). On the second day after the eccentric exercise, the muscle was carefully palpated and a palpable band was detected. Then, the minimum threshold region of the band for the evoked EMG activity of the biceps femoral was determined by focal electrical stimulation (100 μ s, 5pulses) of the tissues at and around the band. A recording electrode was then carefully inserted by 1-mm step manually at the minimum threshold region and electrical activities was observed. When sustained and stable EMG discharges were recorded for at least for 30 sec, the inhibitory effects of focal electrical stimulation of the cervical cord by a metal microelectrode (10 μ A, 50Hz, 10s) needle and manual acupuncture to the gastrocnemius muscle (rotation of 1Hz, 10s) on electrical activity. Phentolamine (1mg/ml : 0.4ml) or pancuronium (2mg/ml : 1.0ml) was injected into the femoral artery while the femoral vein was occluded with a thread.

Results : On the second day after the exercise, a clear palpable band developed in the gastrocnemius muscle of every rabbit. The minimum threshold of the evoked EMG of the biceps femoral muscle was detected on the palpable band in the depth of the fascia of the gastrocnemius muscle. Sustained unitary electrical activity with different waveforms (initial negative biphasic and initial positive triphasic) was recorded only at the palpable band in the depth of fascia frequently (21/25 rabbits). EMG activity usually disappeared when the recording electrode was moved to a depth of 1 mm over or under the fascia. This EMG activity was completely halted by pancuronium 40 sec after application. Intra-arterial injection of phentolamine had no effect on the discharges. Electrical stimulation of the lateral funiculus induced rapid suppression of EMG activity, but electrical stimulation of the dorsal horn was less effective. Manual acupuncture needling clearly suppressed EMG activities. These inhibitory effects of the conditioning stimulation were not dependent on the waveform of the discharges.

Conclusion : The electrical activities were recorded at the trigger points model produced by repeated eccentric contractions in rabbits. It was clearly suppressed by pain inhibitory procedures such as descending inhibitory system and acupuncture manipulation. These results suggest that the electrical activity might be a nociceptive reflex evoked by mechanical stimulation of sensitized nociceptors in the fascia.

Received on November 30, 2001 ; Accepted on January 15, 2002

† To whom correspondence should be addressed.

Meiji University of Oriental Medicine, Hiyoshi-cho, Funaigun, Kyoto 629-0392, Japan