

原 著 実験的トリガーポイントモデルから記録された  
電気活動に対する検討

伊藤 和憲 岡田 薫 川喜田健司  
明治鍼灸大学 生理学教室

## Electrical Activities Detected from the Experimentally-induced Trigger Points in Human Subjects

ITOH Kazunori OKADA Kaoru KAWAKITA Kenji  
Department of Physiology, Meiji University of Oriental Medicine

### A b s t r a c t

Electrical activities detected from the experimentally-induced trigger points in human subjects.

**Objectives:** To examine the pathogenic mechanisms of the trigger points, electrical activities were recorded from the experimentally-induced trigger points.

**Methods:** Nine healthy volunteers who gave informed consent were used. The adjustable loads were set around the third finger and repetitive eccentric contraction was loaded on the extensor digital muscles. The subjects were asked to keep the position as long as possible. The loadings (about 10s) were continued until his all-out effort and were repeated 3 times with 5 min resting periods. The electrical activities in the skin, fascia and muscle of the trigger point and non-tender region of palpable band and 10mm outside the band were recorded on the second day after the eccentric exercise.

**Results:** Repetitive eccentric exercise produced a trigger point within the palpable band, which developed on the second day after the exercise. Electrical activities were detected only when the electrode tip was located in or near the fascia of the trigger point and there were subjective dull pain sensations. When the radial nerve was blocked by lidocaine, the needle EMG activity could not be recorded.

**Conclusions:** These results suggest that the EMG activities are the result of nociceptive reflex, and the sensitized nociceptors in the fascia of the palpable band might be a substrate for the trigger point.

**Key wards:** tender point, fascia, acupuncture point, trigger point

Zen Nihon Shinkyu Gakkai Zasshi (Japan Society of Acupuncture and Moxibustion, JSAM), 2002, 52(1), 24-31  
(Accepted; 23 Dec, 2001)

## ．はじめに

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、その部位を強く圧迫すると特定のパターンをもった関連痛が出現したり、ジャンプサインといわれる逃避反射や立毛・発汗などの交感神経反応が生じると報告されている<sup>1)</sup>。従来トリガーポイントから電気的活動は記録されないということが定説であったが<sup>1)</sup>、近年トリガーポイントから安静状態にも関わらず自発性の電気活動が記録されることがHubbardらより報告された<sup>2)</sup>。彼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関連領域の痛みが軽減することや筋紡錘内の錘内筋線維に交感神経が分布することから、トリガーポイントと交感神経および筋紡錘の関連を示唆した。その後、彼らはこの仮説を裏打ちするかたちで、記録された電気活動が精神的なストレス負荷により大きくなった<sup>3)</sup>、交感神経の遮断剤であるphentolamineの局所注入により電気活動が抑制されることを確認している<sup>4)</sup>。

他方Simonsらは、神経筋接合部遮断剤であるボツリヌス毒素が臨床的に関連領域の痛み抑制に有効であること<sup>5)</sup>、また記録される電気活動の波形や、波形が記録される時に生じる特有な感覚が運動終板での特徴と似ていることから、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報告している<sup>6)</sup>。しかし、トリガーポイントにおける電気活動の発現メカニズムの詳細はほとんど解っていない。

一方我々は、中指の伸張性収縮運動を行うと総指伸筋上に索状硬結を伴う圧痛閾値低下部位が出現し、その部位を強く圧迫すると典型的な関連痛が出現することを発見し、これらの特徴が筋筋膜性疼痛症候群に特徴的なトリガーポイントと非常に類似していることを報告した<sup>7)</sup>。そこで今回このトリガーポイントモデルを利用して、トリガーポイントにおける電気学的特徴とその発現メカニズムについて検討した。

## ．方法

実験には実験の趣旨を十分に説明し、インフォームド・コンセントの得られた健康成人9名(18-

24歳：男：1名、女：8名)を用いた。

どの被験者も測定を行う総指伸筋は6週間以上継続的な運動を行っていないことを条件とし、同一の筋で繰り返し実験を行うときは6週間以上間隔をあけた。また、実験期間中は負荷を行った筋に対して日常動作以外の運動や治療を行わないように指示した。

なお、本実験は明治鍼灸大学研究委員会において倫理的に問題がないことが認められた。

### 1．トリガーポイントの作成方法

総指伸筋上にトリガーポイント作成するため、被験者は移動式のおもりを中指に装着し、そのおもりの重さに耐えながら中手指節関節を屈曲する運動、いわゆる伸張性収縮運動をall outまで5分間の休憩をはさみ3セット行った。負荷量は、中指安静位0度から伸張20度の範囲に10秒程度保持出来る重さとし、負荷量の調節は被験者ごとに中指先端からおもりまでの距離を変えることにより行った<sup>7)</sup>。

### 2．電気活動の記録

被験者8名(18-24歳：女8名)に対し、運動負荷2日後の総指伸筋から索状硬結上に圧痛点が存在する部位を検索し、そこを圧迫することで典型的な関連痛が誘発される部位をトリガーポイントと定めた。その後検出したトリガーポイントとそこから10mm離れた非圧痛点2箇所(索状硬結上の非圧痛点とその他の非圧痛点)に絶縁針電極を刺入し、安静時の電気活動を記録した(図1左)。

被験者は記録台の上に腕を置き、腕に力を入らない楽な姿勢で座位をとらせた。その後測定部位に絶縁針電極(直径180 $\mu$ m、日進医療器社)を刺入し、予め超音波エコー(LOGIQ<sup>TM</sup>400, GE Medical Systems)により測定した各組織までの距離を参考に、針を0.5~1mmずつ刺入し、各深さで最低1分以上電気活動を記録した。記録された信号は増幅器(DAM-80, WPI)を用いて増幅(フィルタ：300Hz-10kHz)を行い、オシロスコープ(V-202F, HITACHI)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)に記録

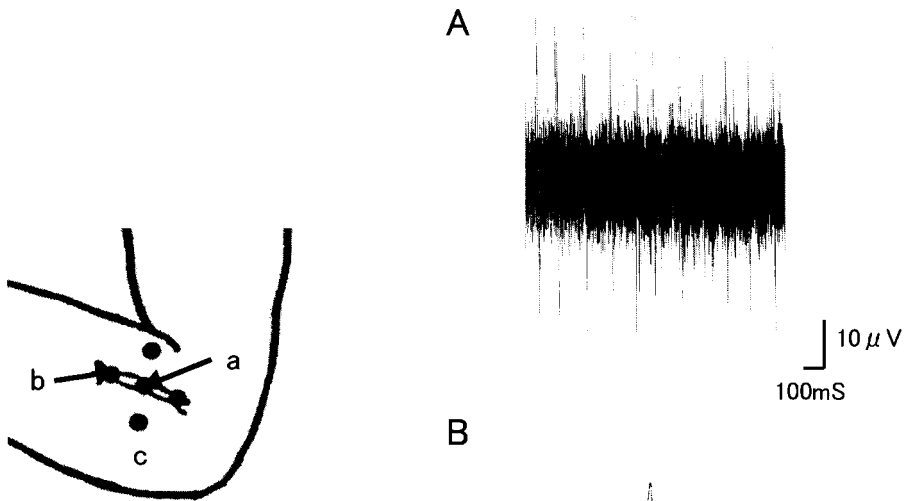


図1 トリガーポイントにおける電気活動

右：記録部位（a:トリガーポイント部分、b:トリガーポイントから10mm離れた索状硬結上の非圧痛点、c:トリガーポイントから10mm離れた索状硬結上以外の非圧痛点）と、左：A:運動負荷2日後のトリガーポイントの筋膜付近から記録された安静時の針筋電図活動、B:掃引速度の異なる電気活動。

トリガーポイントの筋膜付近に記録電極が刺入されると、強い重だるい感覚に同期して陰性からはじまる2相性の電気活動が記録された。この電気活動は長いもので5分以上継続した。

した。また、トリガーポイントの末梢側50mmの同一筋上に皿電極（20mm間隔）を貼り表面筋電図を同時記録した。記録された信号は、入力箱（JB-210J,日本光電）を介し、増幅器（MEG-2100,日本光電）を用いてオシロスコープで観察を行い、データレコーダに記録した。

実験終了後、off lineにてデータを再生し、オシロスコープ（VC-11,日本光電）にて観察した後、ペンレコーダ（RTA-1100,日本光電）に波形を記録し解析を行った。なお、測定は順序効果为了避免のためにランダムに行った。

### 3. 神経ブロック

被験者1名（25歳：男）に対して、電気活動が記録できる部位を確認した後に記録電極を取り外し、トリガーポイントが出現している総指伸筋を支配する橈骨神経のブロックを行った。神経プロ

ックは仰臥位で腋窩の下方から注射針を刺入し、1%リドカイン20mlを注入した。その後、橈骨神経領域の感覚や運動機能が完全に消失した時と、感覚および運動機能が完全にブロックから回復した時に、リドカイン注入前に電気活動が記録できた深さと同じ深さに絶縁針電極を刺入し、電気活動の記録を行った。また、神経ブロック前・直後・後の電気活動記録前には、指頭圧痛計を用いて記録部位の圧痛閾値も測定し、任意の単位AUで表現した。なお、550AUは約1000gに相当する。リドカイン注入中は静脈確保の目的で、測定側と反対の前腕に24Gサーフロ針を留置し、生理食塩水の持続点滴を行った。

## ・結果

### 1. トリガーポイント及びその周囲の電気活動の測定

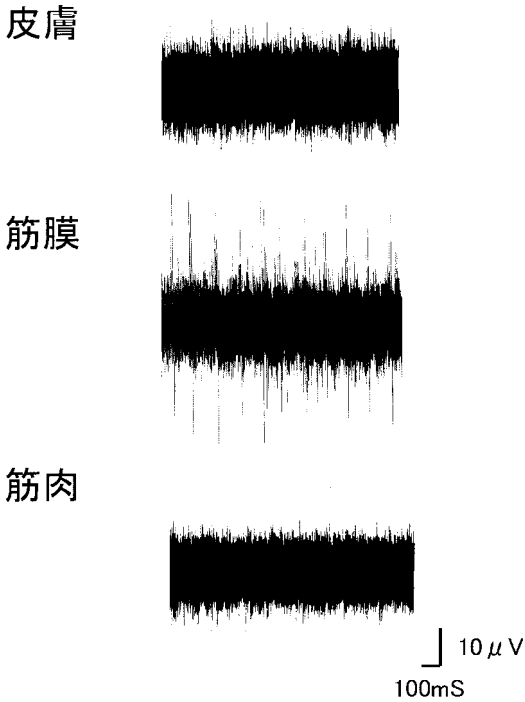


図2 トリガーポイントの各組織における電気活動  
 トリガーポイントから記録される電気活動は、トリガーポイントの筋膜部分に記録用電極が刺入されたときのみ記録され、その他の組織（皮膚や筋肉）に記録用電極が刺入された時に電気活動は記録されなかった。

運動負荷2日後の総指伸筋上に索状硬結が存在し、その索状硬結上に限局した圧痛閾値低下部位が出現した。また、通常トリガーポイント部分に自発痛やそれに由来する関連痛は存在しないが、同部位を強く圧迫すると典型的な関連痛が出現した。一方、運動負荷2日後のトリガーポイント(図1左a)に絶縁針電極を刺入すると、8例中7例(88%)で強い重だるい深部感覚と共に電気活動が出現した(図1右)。記録された波形の多くは陰性から始まる2相性の電位で、振幅 $60.4 \pm 18.0 \mu V$  ( $n=7, \text{mean} \pm \text{S.D.}$ )、波形の幅 $4.1 \pm 1.7 \text{ms}$ 、頻度 $13.1 \pm 5.2 \text{Hz}$ であった。この電気活動は長いもので5分以上継続して記録でき、針電極刺入時に誘発された強い重だるい感覚が消失すると共に電気活動も消失した。しかしトリガーポイントから10mm離れた索状硬結上の非圧痛点(図1左b)や、索状硬結以外の非圧痛点(図1左c)からこのような電気活動が記録された例はなかった。

また、このような強い重だるい感覚や電気活動はトリガーポイントの筋膜付近に針電極の先端が達したときに特異的に記録され、皮膚や筋肉に刺入した時は記録されなかった(図2)。一方、ト

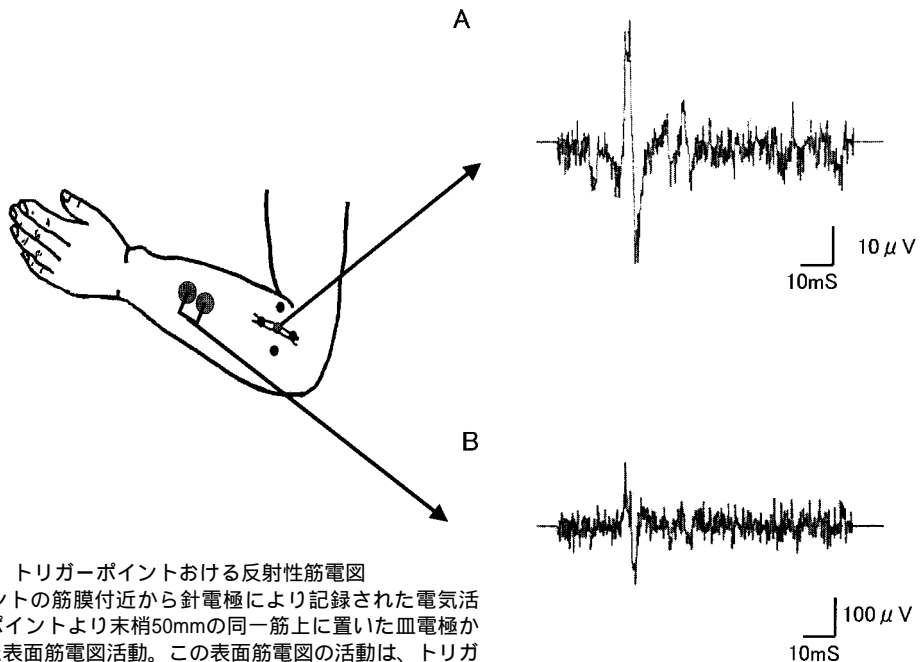


図3 トリガーポイントにおける反射性筋電図  
 A:トリガーポイントの筋膜付近から針電極により記録された電気活動、B:トリガーポイントより末梢50mmの同一筋上に置いた血電極から同時に記録した表面筋電図活動。この表面筋電図の活動は、トリガーポイントの針筋電図活動が消失すると同時に消失した。

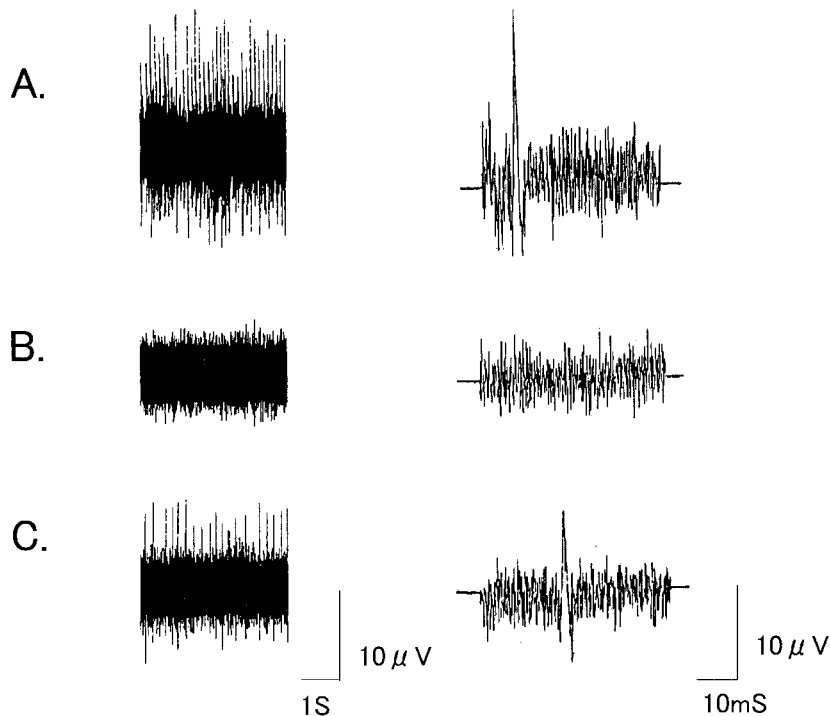


図4 支配神経のリドカインブロックによる電気活動の抑制

A:リドカイン注入前のトリガーポイントの筋膜付近から記録された電気活動、B: 1%リドカインを腋窩に注入して橈骨神経をブロックし、感覚及び運動機能が完全に遮断された時にAと同じ部位に針電極を挿入し記録したもの、C:リドカイン注入後感覚及び運動機能が完全に回復したときに同じ部位から記録された電気活動。

リガーポイントからこのような電気活動が記録されているとき、トリガーポイントの末梢50mmで同じ総指伸筋上の表面筋電図活動を記録すると、針電極から記録された電気活動に同期した筋電図活動が記録された(図3)。この表面筋電図の活動は、トリガーポイントから針筋電図活動が記録された7例中5例(71%)で確認することができた。しかし、トリガーポイントに刺入した針電極から電気活動が消失すると、同一筋上に置いた表面筋電図の活動も同時に消失した。

## 2. 神経ブロック

トリガーポイント(圧痛閾値: 420AU)の筋膜付近から電気活動が記録されるのを確認した後(図4A)、総指伸筋を支配している橈骨神経を1%リドカインでブロックすると、索状硬結はブロック前とほぼ同じような形や硬さで存在しているにもかかわらず、圧痛閾値は2500AU以上の高い数

値を示し圧痛閾値低下部位は消失した。また、ブロック前に電気活動が記録できた場所と同じ索状硬結上の同じ深さに絶縁針電極を刺入しても、強い重だるい感覚や電気活動は記録できなかった(図4B)。

しかし、運動機能や感覚機能が完全に回復すると、索状硬結上の同じ場所に再び圧痛閾値低下部位(圧痛閾値: 499AU)が出現し、その部分の筋膜付近に絶縁針電極を刺入するとブロック前と同じような強い重だるい感覚に続いて電気活動が記録されたが(図4C)、ブロック前に比べると重だるい感覚は減弱しており、波形の振幅も小さくなった。

## ・考察

### 1. トリガーポイントにおける電気活動

一般的に正常筋では安静時に電気活動は認められず、針の動きに伴う刺入電位が記録されるのみ

とされている。しかし、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<sup>8)</sup>、この電位が記録されるとき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。一方、記録された電気活動が精神的なストレス負荷で変化すること、また電気活動が記録される範囲が終板電位ほど狭くないことなどから、トリガーポイントから記録される電気活動は筋紡錘に関連した活動である可能性が示唆されている。今回作成したモデルからも運動負荷2日後の圧痛閾値低下部位の筋膜付近に絶縁針電極を刺入すると強い重だるい感覚と共に電気活動が記録され、その波形の殆どは陰性から始まる電位であった。また、電極の位置を少し動かすとその感覚や電気活動は消失した。これらの特徴は終板電位の特徴と類似している。

しかし、この電気活動は刺入部位に限局した活動ではなく、同一筋上に置いた皿電極からも刺入部位の電気活動に同期した筋電図活動が記録された。また強い重だるい感覚に同期して電気活動は記録され、局所麻酔薬であるリドカインでトリガーポイント部分を支配している橈骨神経をブロックすると電気活動が消失した。もし終板電位や筋紡錘に関連した活動であれば、電気活動は局所的なものであり筋全体から記録することはできないし、また強い重だるい感覚に同期して記録されることもない。このことから、今回記録した電気活動は終板電位や筋紡錘からの局所的な電気活動というより、むしろ防御反射的な筋全体の活動である可能性が高いと考えられた。

トリガーポイントをはじめとする圧痛点では皮膚や筋に比べ筋膜の痛覚閾値が特に低いことから、同部位は他の部位に比べて痛覚受容器が感作されている可能性が示唆されている<sup>7)</sup>。そのため針電極の刺入という比較的軽微な刺激でもより強い重だるい感覚を生じ、同時に防御反射的に筋を収縮させたものと考えられる。

## 2. トリガーポイントと索状硬結の関係

今回作成したトリガーポイントは、索状硬結上

の限局した部分に存在していた。索状硬結上に圧痛閾値の低下部位が出現することは臨床上よく経験し、索状硬結はトリガーポイントを診断する上での重要な基準とされている<sup>1)</sup>。このようなことからトリガーポイントの出現と索状硬結の間には何らかの関係があると考えられる。しかし、臨床的には索状硬結が存在してもトリガーポイントが存在しなかったり、またその逆もあることから、両者の関係は複雑であるように思われる。

これまで索状硬結では筋電図などの電気的活動は見られないとされていたことから<sup>9)</sup>、運動負荷により筋細胞膜が傷害され、通常細胞内に存在しないカルシウムイオンが細胞外から流入し、アクチンとミオシンの筋フィラメントが滑り込み局所的な拘縮(筋硬結)を引き起こしていると考えられていた<sup>10,11)</sup>。しかし、近年索状硬結上に存在するトリガーポイントから電気活動が記録されることが報告され<sup>2,3)</sup>、索状硬結は筋拘縮ではなくスパズムのような電気的活動を伴う筋収縮である可能性が示唆されている<sup>12)</sup>。

今回、我々が行った実験でも索状硬結上のトリガーポイントから電気活動を記録することができた。しかし、その電気活動はトリガーポイント部分に限局しており、同じ索状硬結上でも非圧痛点部分からは記録できなかった。また、神経ブロックにより索状硬結が存在する筋の運動神経が遮断され電気活動が消失した時点でも、索状硬結は消失せず、触知できた。以上のことから、索状硬結はスパズムのような電気的活動によって生じたものではなく、別の機序により出現した可能性が高い。

一方、今回運動負荷7日後に圧痛閾値が元に戻ると同時に索状硬結も消失又は縮小することから、組織損傷により生じた炎症物質が筋に分布する痛覚受容器を感作すると同時に筋内に浮腫を形成し、その結果筋内圧を上昇させ局所的に硬い状態、いわゆる硬結を形成した可能性もある。この仮説は、臨床上トリガーポイントと索状硬結が同時に出現する現象をうまく説明できるものであるが、十分な根拠はなく今後さらなる検討が必要である。

### 3. ツボと電気活動の関係

従来からツボに針を刺入すると得気と呼ばれる特殊な感覚に同期して特異的に電気活動が記録され、この電気活動の大きさと得気との関係には相関があることが報告されている<sup>13)</sup>。この電気活動は穴位筋電図と呼ばれているが、このことは強い重だるい感覚に同期して記録されるトリガーポイントの局所的な電気活動 (spontaneous electrical activity: SEA) と類似しており、ツボを考える上で非常に興味深い所見である。この電気活動の原因に関してもトリガーポイントと同様な議論がされているが、その詳細に関しては不明である。しかし、今回得られた結果から考えれば穴位筋電図も反射性の電位である可能性が高く、ツボもトリガーポイントと同様に痛覚受容器が感作された部位である可能性が強く示唆される。

### ・ 結語

今回我々は中指に対し選択的に運動負荷を行いトリガーポイントを作成し、そのトリガーポイントから電気活動を記録した。トリガーポイントの筋膜付近に針電極が刺入されると強い重だるい感覚と共に電気活動が出現し、この電気活動はトリガーポイントの末梢50mmの同一筋上に置いた表面筋電図からも同時に記録された。この様な電気活動はトリガーポイントの筋膜付近以外から記録することはできなかった。また、この電気活動はトリガーポイントが存在している筋を支配する橈骨神経を腋窩部分でリドカインブロックすると消失した。

以上のことからトリガーポイントの筋膜付近から記録された電気活動は反射性の筋活動であり、筋膜付近の局所的な痛覚受容器の感作がトリガーポイントの成因であると考えられた。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり多大なる御助言を頂いた明治鍼灸大学基礎鍼灸医学教室尾崎昭弘教授、同整形外科教室勝見泰和教授に深謝します。また、本実験に協力していただきました鹿児島鍼灸専門学校村瀬健太郎氏、明治鍼灸大学老年医学教室鶴浩幸氏、同生理学教室桑野素子氏、萩原裕子氏、金

本貴行氏、神経ブロックに関して全面的に御協力頂いた同整形外科教室北条達也助教授に深謝します。

最後に、実験に協力していただきました多数の被験者の皆様に深謝いたします。

### 文 献

- 1) Travell J G, Simons D G. Myofascial pain and dysfunction : The trigger point manual. Baltimore. Williams & Wilkins. 1983;5-44.
- 2) Hubbard D R, Berkoff G M. Myofascial trigger points show spontaneous needle EMG activity. Spine. 1993;18:1803-7.
- 3) McNulty W H, Gevirtz R N, Hubbard D R, Berkoff G M. Needle electromyographic evaluation of trigger point response to a psychological stressor. Psychophysiology. 1994; 31:313-6.
- 4) Hubbard D R : Chronic and recurrent muscle pain. Pathophysiology and treatment, and review of pharmacologic studies. J Musculoskelet Pain. 1996;4:123-43.
- 5) Cheshire W P, Abashian S W, Mann J D. Botulinum toxin in the treatment of myofascial pain syndrome. Pain. 1994;59:65-9.
- 6) Simons D G. Clinical and etiological update of myofascial pain from trigger points. J Musculoskelet Pain. 1996;4:93-121.
- 7) 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. 全日鍼灸会誌. 2001;51(1):81-90.
- 8) Kimura J. Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle. Vol. 2. Davis FA(ed). Philadelphia. 1999;231-3.
- 9) Brucini M, Duranti R, Galletti R, Pantaleo T, Zucchi P L. Pain thresholds and electromyographic features of periarticular muscles in patients with osteoarthritis of the knee. Pain. 1981;10:57-66.
- 10) Simons D G, Travell J G. Myofascial trigger points, a possible explanation. Pain. 1981;10:106-9.

- 11) 川喜田健司, 岡田薫. ポリモーダル受容器の感作. 丹澤章八, 尾崎昭弘 (編): 鍼灸最前線. 東京. 医道の日本. 1997;26-7.
- 12) Kraft G H, Johnson E W, Ohio C, Laban M M. The fibrositis syndrome. Arch Phys Med Rehabil. 1968; 9:155-62.
- 13) 上海生理学研究所針麻醉研究組.“得気”時針刺部位的筋電活動. 中華医学雑誌. 1973; 53:532-5.

## 要 旨

近年、トリガーポイントから特異的な電気活動が記録されることが報告され、その成因と電気活動の発生機序に関して様々な議論が行われている。そこで伸張性収縮運動により作成したトリガーポイントより電気活動を記録し検討を行った。実験には健康成人9人を用い、中指に可変式のおもりを装着して伸張性収縮運動負荷を行った。その後運動負荷2日後に生じたトリガーポイントに針電極を刺入して電気活動を記録した。トリガーポイントの筋膜部分に絶縁針電極を刺入すると、強い重だるい感覚に同期して電気活動が出現した。またこの電気活動は、トリガーポイントが存在する筋と同一筋上に置いた表面電極からも同時に記録できた。しかし、このような電気活動はトリガーポイントの筋膜付近以外から記録することはできなかった。以上のことからトリガーポイントの筋膜付近から記録された電気活動は反射性の筋活動であると考えられた。

**キーワード：** 圧痛点、筋膜、経穴、トリガーポイント