

深部痛覚閾値の測定方法について

*明治鍼灸大学 生理学教室 **明治鍼灸大学 保健体育教室

川喜田健司* 岩瀬 善彦* 三浦 敏弘**

要旨: ヒトの深部組織の痛覚閾値を測定するために、絶縁針を深部組織に刺入し、漸増するトレインパルス(2 Hz)を与えながら、刺激電流量を積分して連続記録し、痛覚閾値が直読できるようにした。本法は同一部位の繰り返し測定において安定した閾値を示し、また針尖の刺入深度の変化により顕著な閾値の変動を認めた。針電極を各深部組織に刺入し痛覚閾値を測定した結果、神経<動脈<骨膜<筋膜<腱の順に閾値は高かった。

以上の結果は、本法が極めて再現性の高い、部位局在性にすぐれた深部痛覚測定法であり、今後のツボと深部痛覚、圧痛点との関連を研究するうえにおいて極めて有用であると考えられた。

A Method for measurement of deep pain by using an insulated acupuncture needle and current stimulus pulse in human subjects

KAWAKITA Kenji*, MIURA Toshihiro**
and IWASE Yoshihiko*

* *Department of Physiology, Meiji College of Oriental Medicine*

** *Department of Health Education, Meiji College of Oriental Medicine*

Summary: Deep pain thresholds of human tissues were examined by using current pulse algometer. An insulated acupuncture needle(180 μ m) was used as anodal stimulating electrode. The stimulus current (3 train pulses at 2 Hz) was automatically increased at constant rate of rise.

Pain thresholds and nature of deep pain sensation were recorded simultaneously. The pain thresholds measured at the same position showed very stable when they were measured at intervals of 5 min, and the change of the location of stimulating electrode caused very apparant changes of the threshold values. The order of pain thresholds of deep tissues were as follows: nerve<artery<periosteum<fascia<tendon. The characteristics of pain sensations such as projectivity, heaviness, intolerability and sharpness also differed with each tissue.

These results indicate that this new method for detection of deep pain threshold is very useful for examining the nature of tender spot, palpable hardenings and acupuncture points.

Key Words: 圧痛点 Tender point, 深部痛覚 Deep pain, ヒト Human subject, 絶縁針電極 Insulated needle electrode, 通電測痛法 Current pulse algometry.

I はじめに

鍼灸医学の最も基本的かつ重要な問題のひとつは、いわゆる鍼灸刺激によって興奮する受容器の解析と、刺激部位としての経穴と受容器の興奮性との関連を明らかにすることである。我々は、鍼灸刺激のポリモーダル受容器説ともいふべき仮説¹⁾を支持する結果をこれまで報告してきた^{2,3)}。しかし、刺激部位としてのツボとポリモーダル受容器との関連にはまだ不明な点が多い。

これまでの臨床家に対するアンケート調査は、鍼灸刺激の施術部位には圧痛点、硬結などがいわゆる経穴と同等、もしくはそれ以上の頻度で用いられていることを示している^{4,5)}。また、経穴とトリガーポイントがきわめて高い頻度で一致することが Melzack らによって報告されている⁶⁾。

従来の圧痛点検出には、経皮的な圧刺激法が一般に用いられてきたが^{7,8,9)}、深部組織における閾値低下部位を厳密に検出するには方法上に困難

BLOCK DIAGRAM & SCHEMATIC ILLUSTRATION OF PAIN MEASUREMENT

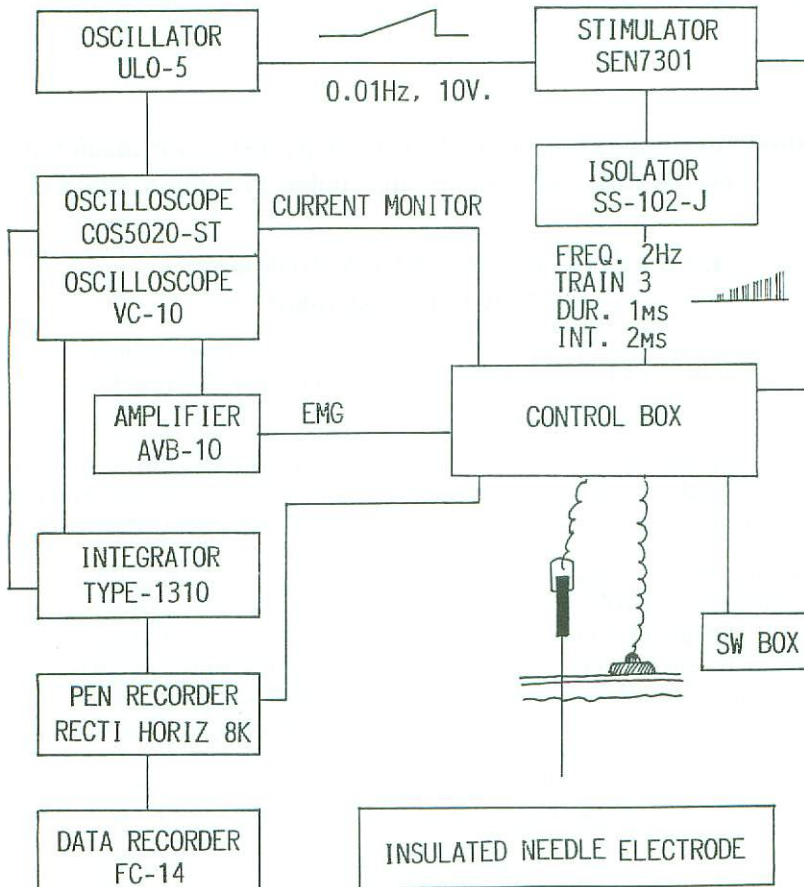


図1 実験装置の概略

がある。また Lewis らの用いた高張食塩水の注入法¹⁰⁾も、刺激部位の局在性、再現性の点で大きな問題がある他、被験者が痛覚刺激から逃れられないという倫理的な問題もあって実際の研究に用いるには不適當である。

本研究ではヒトを用いた深部痛覚測定法として絶縁鍼灸針によるパルス通電法を考案し、深部組

織の痛覚閾値の再現性、種々の刺激部位の閾値及び誘発される感覚の違いについて検討した。

II 方法

実験は本学の健康な学生12名(19~37才、男子7名、女子5名)で行なった。被験者はベット上で仰臥位をとり、出来るだけ安静を保たせた。図

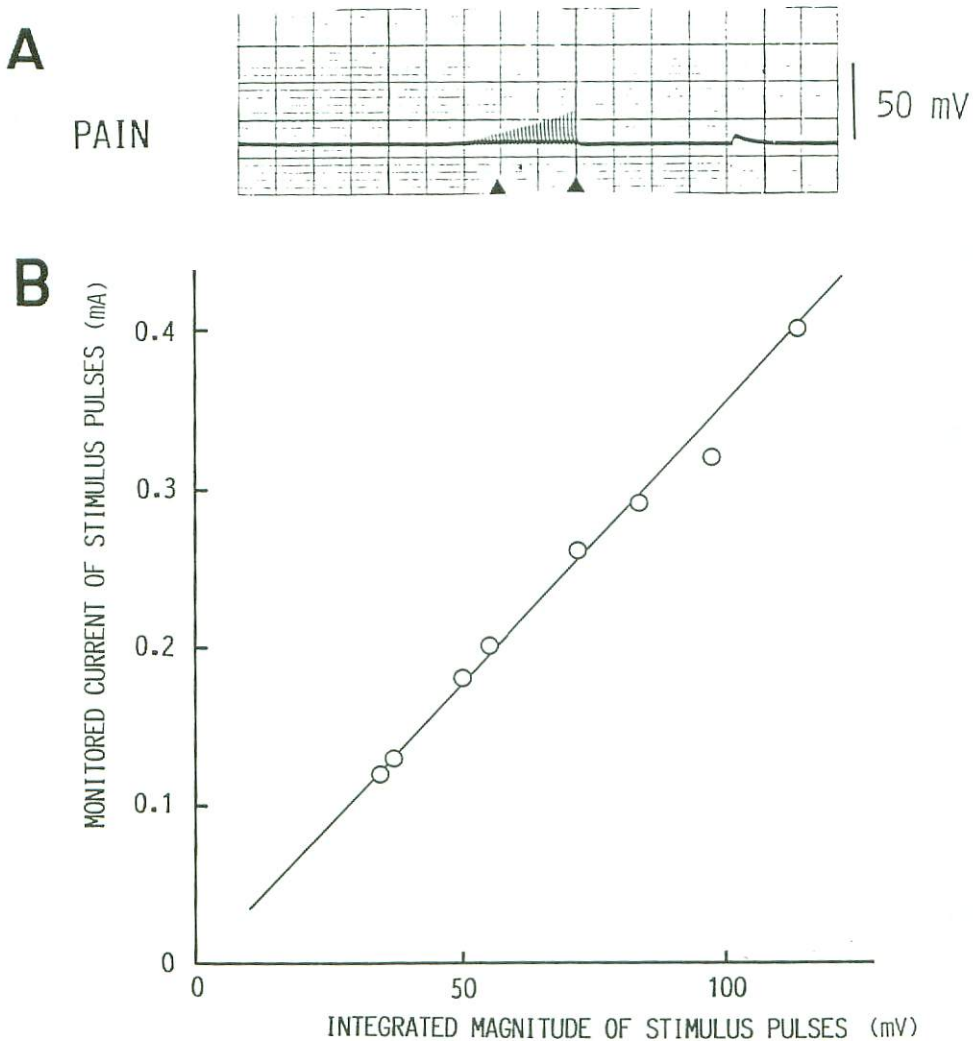


図2 ペンレコーダーの記録例と刺激電流と記録される電圧の関係

図Aの黒▲は被験者の検出閾値及び痛覚閾値のマーク位置を示す。この例では痛覚閾値に達した時点で出力が止められている。

1は今回の実験で用いた装置の概略を示している。実験にはアクリル樹脂で絶縁したステンレス鍼灸針(東洋医療研究所製, 直径180 μ m)を刺激電極として用い, 不関電極として銀-塩化銀皿電極(直径10mm)を刺入部位から10mm離れた皮膚の直交する4点に貼り付けた。通電刺激には電子管刺激装置(日本光電製)を用い, パルス幅1msの矩形波を間隔2msのトレインパルス(3発)として2Hzで流し, その出力を漸増する三角波で変調後, アイソレーターを介して陰極通電した。刺激電流は既知の抵抗を介してオシロスコープでモニターし, 3個のパルスごとに積分したのちペンレコーダーに記録した。実験に際しては, 絶縁針を管針法で所定の部位に刺入し針尖の位置がずれないようにガイドチューブを用いて軽く保定したのち通電刺激を行った。被験者は刺激強度に応じた, 検出閾値, 痛覚閾値, 耐痛閾値をスイッチボタンを押してマークするか, 必要に応じて, 刺激装置からの出力を別のスイッチで止めるよう指示された。その時に誘発された感覚の性質は, 感覚の放散性, 局在性, 鋭さ, 重さ, しぶれ感等を問診した上で質問用紙にスコア法で記入し, 部位差の検討を行った。

刺激部位は, 正中神経または尺骨神経の神経束, 橈骨動脈, 脛骨骨膜, 上腕二頭筋腱, 前腕屈筋群筋膜, 前腕内側の皮内を用いた。同一部位での繰り返し測定は内側屈筋群の筋膜を用い, 5分間隔で行なった。一部の実験では, 絶縁針電極を用いて刺入深度を変化させたときの閾値の変化, また非絶縁針を用いた時の痛覚閾値, 生じる感覚の違いについても併せて検討した。使用した鍼灸針は絶縁鍼灸針と規格, 材質は同じで絶縁処理のみが省かれているものである。結果の統計的検定にはt-検定を用いた。

III 結 果

通電刺激をしながらモニターされる記録波形は図2Aに示すように刺激時間に応じて電流量は増大している。この間に生体をながれている電流量をオシロスコープ上の観察値と比較したものが

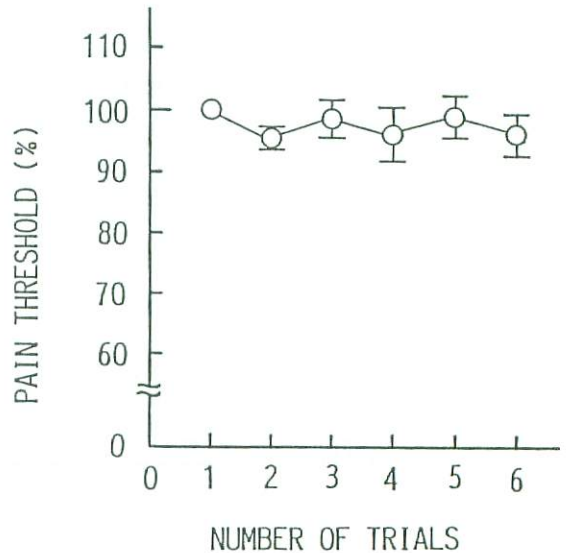


図3 繰り返し刺激時の痛覚閾値の変動
図中の○と縦棒は平均値と標準誤差を示す。

図2Bであり, ペンレコーダー上の波高の直読値から刺激時の電流量の直読が可能であることを示している。一方, 刺激部位を変化させたとき, 同一のランプ波を用いても電流量の上昇率に違いが認められる場合があった。この違いは深部組織のインピーダンスを反映するものとして解析することが可能であるが, この問題については別に報告する予定である。

図3は繰り返し刺激を加えたときの痛覚閾値の変化を示したものである。図に明らかなように5分間隔の6回までの繰り返し測定によって大きな閾値の変化は認められない。また生じた感覚も比較的類似した重だるさを訴える例が多く, 著明な感覚の変化は認められなかった。

今回用いた深部組織の局所通電刺激では, 刺激電極に絶縁針を使用した場合と非絶縁針の場合では, 類似した組織に同じ様に刺激を加えた場合でもその痛覚閾値は絶縁針の場合の方が僅かに低かったが, 有意なものでなかった。また刺激によって生じる感覚には著明な違いがみられ, 絶縁針による刺激の場合は, 感覚の深部局在性が高く, 非

INTEGRATED MAGNITUDE OF STIMULUS PULSES (mV)

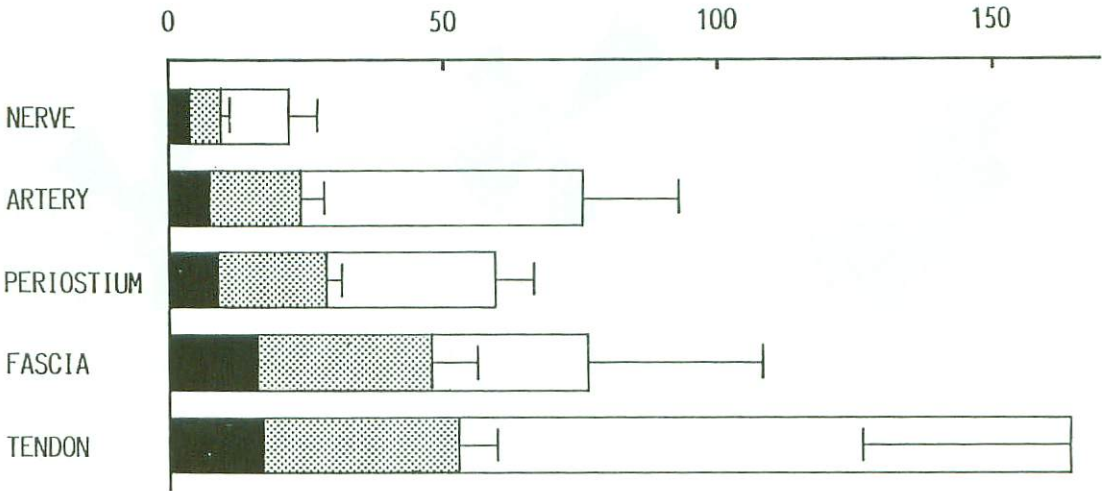


図4 各組織の検出, 痛覚, 耐痛閾値

各黒, 点, 白カラムと横棒はそれぞれ検出, 痛覚, 耐痛閾値の平均値と標準誤差を示す。

絶縁針では皮膚感覚の占める割合が高くなる傾向を示した。

各深部組織に絶縁針を刺入し通電刺激を与えると, 刺激部位によってその感覚の検出閾値, 痛覚閾値, 耐痛閾値に大きな違いが認められ, その時の感覚の質にも大きな違いがあった。図4は, 各組織における検出閾値, 痛覚閾値および耐痛閾値をまとめたものである。いずれの閾値を見ても神経束の刺激が最も低い閾値を示した。痛覚閾値について比較すると, 神経束と動脈では有意な差 ($p < 0.01$) があり, また骨膜—筋膜間にも有意な差 ($p < 0.05$) を認めたが, 骨膜と動脈の間には差はなかった。耐痛閾値は骨膜のほうが動脈より高かった。また筋膜と腱では痛覚閾値は類似していたが, 耐痛閾値については結果のばらつきが大きく有意ではなかったものの, 腱の方が高い傾向を示した。

図5は各々の部位の通電刺激で生じた感覚を質問用紙のスコアにもとづき最も高い頻度で報告された感覚の質を100として, 他の感覚の出現頻度を比率で図示した。神経束刺激時の感覚の質的な

特徴として, 表在性の局在性の高い放散感, 時に熱感が特徴として挙げられた。動脈では比較的鋭い痛みで動脈の走行に沿って放散する 경우가多く, 骨膜では持続的なしびれ感を伴ういやな痛み多く報告された。筋膜では局在性の悪い深部の重だるさ, 腱では線状に放散するしびれ感が特徴として挙げられた。しかし, 感覚の質的の差異に関しては個体差および刺激条件のわずかな違いによって大きく異なる場合も多く, 傾向としては認められるものの, まだ統計学的な検定を加えるにはいたっていない。

一方, 針尖を1~2mmずつ刺入しながら, 痛覚閾値を測定すると, わずかな針尖の位置の違いが, 痛覚閾値及びその時の感覚の性質を著しく変えることがしばしば観察された。図6はその一例であり, 下腿内側でいわゆる硬結が触知出来た部位に針電極を徐々に刺入していった時の痛覚閾値の測定結果である。針の刺入感, 超音波診断装置によるモニターの結果から, 痛覚閾値が著明に低下している部位は筋膜に由来する部位と考えられた。図中, 右に模式的な解剖図を示してある。

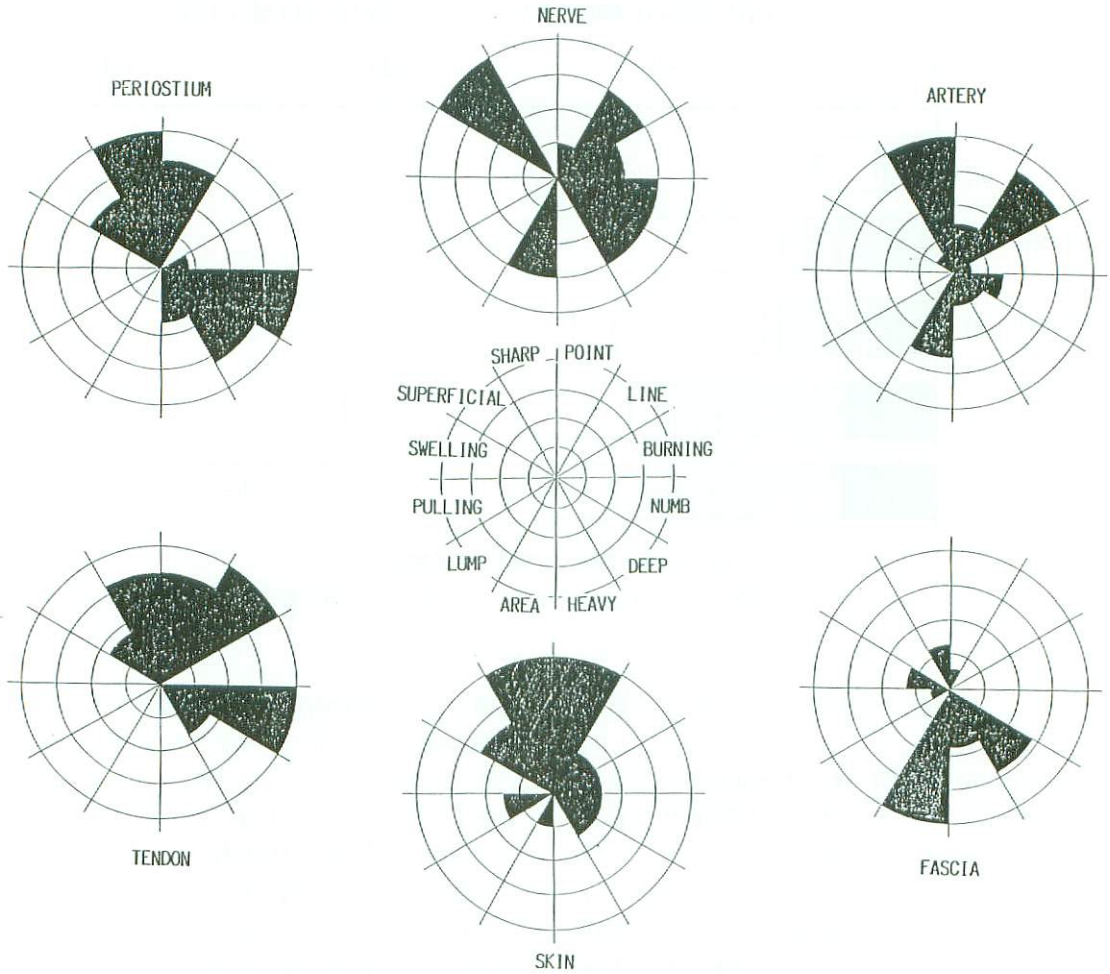


図5 電気刺激で誘発される感覚の刺激組織による違い

図中央のカテゴリーに従って各位を刺激した時に生じた感覚を、最も高い頻度で出現したものに對する百分率で示している。

IV 考 察

深部痛覚に関しては、古くよりその性質は極めて判別性が悪く、その局在性も悪いことが定説となっている^{11,12,13)}。しかし、これらの定説を築いてきた従来の研究方法は、高張食塩水の注入法¹⁰⁾、圧刺激法^{7,8,9)}が中心であり、深部痛覚閾値の部位局在性を詳細に検討する目的には方法上問題があったことは明らかである。

本研究で用いた絶縁針を用いる通電方法は、1～2mmの刺入の深さの差が、痛覚閾値を顕著に変化させ、また刺激部位の組織の違いで閾値及び感覚の質が大幅に変化している。電気刺激法での問題の一つは刺激電流の広がりであるが、今回の結果は、絶縁針電極の先端の極めて限局した部位のみが刺激されていることを示すものと考えられた。また、繰り返し刺激によって大きな閾値の変動も

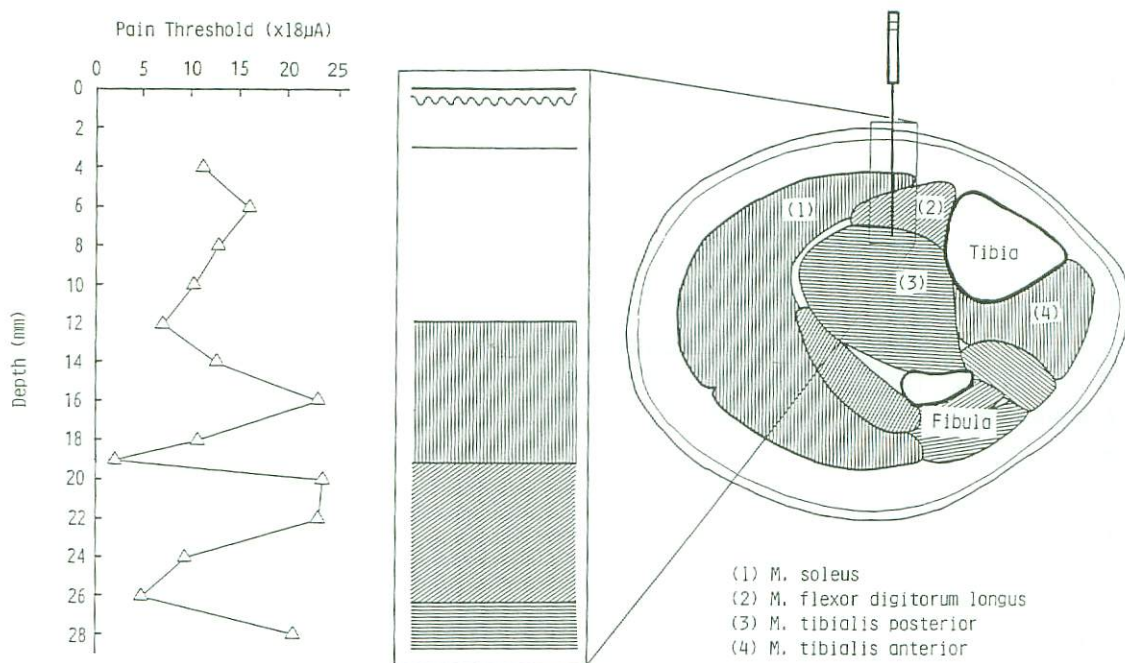


図6 刺激部位と痛覚閾値の変化の関連

下腿内側の硬結部位に針電極を刺入しながら検出閾値、痛覚閾値を測定した一例の結果を示す。図左の縦軸は皮膚からの深さを、横軸は刺激強度を記録された電流値で表示している。図中と右は、針電極刺入部位の解剖学的位置を模式的に示す。

見られないことから、通電刺激による受容器レベルでの感作もみられず、痛覚閾値を測定するには極めて有用な方法と考えられた。

一方、臨床に於ける鍼刺激により、種々の異なる感覚、いわゆる得気が生じることが知られており、その得気は鍼鎮痛の発現には不可欠とされている¹⁴⁾。この得気と呼ばれる感覚は、大きく酸、張、重、麻、の4種に区別されており、その違いが刺激する部位の組織学的差違に由来するものか否かは明らかとなっていない。この点について、鍼麻酔による四肢の切断手術時に直視下で各深部組織を機械的に刺激した結果から各組織ごとに一定の特異的感覚の存在が示唆されている¹⁵⁾。今回の我々の成績は電気刺激によって部位差を調べたものであるが、一定の部位による深部感覚の違いが見いだされており、その可能性を支持するも

のである。しかし、深部痛覚の質的違いを明らかにするには、結果の個人差、深部痛覚の記載方法、解析方法にも改善の必要性が認められた。

刺激部位による痛覚閾値の違いについては、機械刺激を与えた結果は骨膜の閾値が最も低く、その結果は神経終末の分布密度とも一致しているとされている¹²⁾が、今回用いた通電刺激方法では骨膜の痛覚閾値はわずかながら動脈より高かった。この違いの機序の可能性の一つとしては、力学的な観点からすれば骨膜は硬い骨組織上にあるため組織自体が機械的刺激によって変形を受けやすいが、針尖による機械刺激では刺激面積が極めて小さく、通電法においてはこれらの因子が顕在化しなかったことが考えられる。しかし、耐痛閾値は骨膜の方が低かったことから、両者の差は、閾値判定にかかわる感覚の性質の違いを反映して

いる可能性を示唆するとも考えられた。

ヒトにおける痛覚閾値測定に関してWolffは、Hardy型の輻射熱による測定に対して批判的であり、電気刺激法をひとつの優れた方法としてと取り上げ、痛覚閾値と耐痛閾値を用いた効果判定の有効性指摘している¹⁶⁾。

本法は、刺激時の通電量の連続的記録により、痛覚閾値、耐痛閾値が安定して出来るほか、その時間経過から深部組織のインピーダンスも測定可能である。また、刺激電極として用いた絶縁鍼灸針は、記録電極として局所における筋の電気的活動も記録出来ることが確認されている。以上の結果から、本法は鍼刺激部位としてツボを解明するうえで極めて応用範囲の広い有用な方法と考えられた。

謝 辞

本研究は、その一部を卒業研究のテーマとして行ったものである。研究に協力していただいた、川極由香里、椎口晃治、野口恭庸、青木利浩、玉城信枝の各氏、研究生の上島幸枝氏、また絶縁針作成に協力いただいた東洋医療研究所の関係者諸氏に深謝する。

本研究の一部は、厚生省特定疾患スモン調査研究班の研究助成を受けて行われたものである。

文 献

- 1) 熊澤孝朗：ハリ麻酔の作用機序について。臨床生理, 8 : 413~419, 1978.
- 2) Kawakita K : Suppression of jaw opening reflex of rats by intra-arterial administration of bradykinin. Nagoya Med J 26 : 179~191, 1982.
- 3) Kawakita K : Role of the polymodal receptors in acupuncture analgesia of the rat. Com Med East and West 6 : 312~321, 1982.
- 4) 出端昭男, 小川卓良：アンケートの集計結果。医道の日本, 423 : 9~45, 1979.
- 5) 川喜田健司：硬結について一質問表の回答に関する中間報告一。全日本鍼灸学会誌, 36 : 36~41, 1986.
- 6) Melzack R, Stillwell D M, Fox E J : Trigger points and acupuncture points for pain, correlations and implications. Pain 3 : 3~23, 1977.
- 7) Fischer A A : Pressure algometry over normal muscles. standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. Pain 30 : 115~126, 1987.
- 8) Jones D A, Newham D J, Clarkson P M : Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. Pain 30 : 233~242, 1987.
- 9) Jaeger B, Reeves J L : Quantification of changes in myofascial trigger point sensitivity with the pressure algometer following passive stretch. Pain 27 : 203~210, 1986.
- 10) Lewis T, Kellgren J H : Observations relating to referred pain. visceromotor reflexes and other associated phenomena. Clin Sci 1 : 47~91, 1939.
- 11) Lewis T : Pain. Macmillan Press Ltd, London, 1942.
- 12) 石田 肇：筋のいたみ。神経進歩 11 : 101~111, 1967.
- 13) Willis W D : The Pain System the Neural Basis of Nociceptive Transmission in the Mammalian Nervous System. Karger, Pain and Headache Vol 8, 1985.
- 14) Research Group of Acupuncture Anesthesia, Peking Medical College : Effect of Acupuncture on pain threshold of human skin. Chin Med J 3 : 151~157, 1973.
- 15) 上海中医研究所経絡針麻研究室一組ら：人体穴位針感的形態学観察。針麻酔臨床と原理研究試料選編, 芸林出版社, 香港, pp205~209, 1978.
- 16) Wolff B B : Validity of different experimental pain response parameters in Pain Research and Therapy. Raven Press, New York, Vol 3 , pp831~835, 1979.