鍼通電刺激の深部痛覚閾値に及ぼす効果

*明治鍼灸大学　東洋医学教室　**明治鍼灸大学　生理学教室
***明治鍼灸大学　附属病院研修鍼灸師　****明治鍼灸大学　外科学教室

石丸　圭荘*　篠原　昭二*　岩　昌宏*　川喜田健司**
樋口　淳一***　渡辺　清剛***　小高ますみ***　吉井　智子***
畑　幸樹****　咲田　雅一****

要旨：外科小手術に対する鍼麻酔の効果について検討した結果，これまでの臨床で用いた鍼通電方法では表在性の痛覚閾値はある程度上昇させるが，深部痛に対する鎮痛効果は不十分であった．

そこで，ヒトの深部痛覚閾値を測定するために，絶縁針電極を皮下3㎜，筋膜，筋層，骨膜に刺入し，漸増するトレインパルスを2Hzで与えながら，刺激電流量を痛覚閾値として記録した．次に，皮膚表在および深部の痛覚閾値を上昇させる通電条件を検討した結果，非絶縁針の皮下への横刺と絶縁針の深層刺入を組み合わせた通電刺激法が最も深部痛覚閾値を上昇させた．

Effect of Electrical Acupuncture on Deep Pain Threshold in Human Subjects

ISHIMARU Keisou*, SHINOHARA Shoji*, IWA Masahiro, KAWAKITA Kenji**, HIGUCHI Junichi***, WATANABE Seigo***, KODAKA Masumi***, YOSHII Tomoko***, HATA Kouki****, and SAKITA Masakazu****

**Department of Oriental Medicine, Meiji College of Oriental Medicine*
***Department of Physiology, Meiji College of Oriental Medicine*
****Practice Acupuncturist, Department of Surgery, Hospital of Meiji College of Oriental Medicine*
*****Department of Surgery, Meiji College of Oriental Medicine*

Summary: We evaluated the effect of acupuncture anesthesia on minor surgical operations. Judging from the pain score, acupuncture anesthesia had a tendency to reduce cutaneous pain, but often failed to reduce pain in homostasis manipulation and traction of deep pain.

Our present procedure increased pain threshold of skin satisfactory but not enough for operation in deep tissues. Deep pain threshold of human tissues were examined by using a current pulse algometer. An insulated acupuncture needle was inserted in to the skin 3 mm depth, fascia, muscle and periosteum, which was used as anodal stimulating electrode.

The stimulus current (3 train pulses at 2 Hz) was automatically increased at a constant rate. The amperage when a subject felt a unbearable pain was recorded as the pain threshold.

Deep pain threshold was increased most by combination of cutaneous stimulation using a non-insulated needle and deep stimulation using insulated needle.

Key Words：絶縁針 Insulated needle　深部痛 Deep pain, 鍼麻酔 Acupuncture anesthesia, 痛覚閾値 Pain threshold.

I はじめに

著者らは，鍼通電刺激の実験疼痛に対する鎮痛効果について種々の検討を行ってきたが，皮膚局所の痛覚閾値を上昇せしめるためには，その局所周囲への高頻度通電と足三里，合谷穴への低頻度遠隔通電を組み合わせた通電方式が最も有効であることを明らかにしてきた[1,2]．

そして，本法を用いて外科小手術症例に対して鍼通電麻酔を施行した結果，11例中5例（45%）では局所麻酔薬を使用することなく鍼通電麻酔のみで手術を終了することが可能であったが，残りの6例では皮膚切開は可能であっても，手術操作が進み深部組織の切開，牽引，止血操作などで疼痛を訴え局麻剤の使用を余儀なくされることがわかった[3]．このことから，鍼通電麻酔は皮下表層の痛覚閾値を上昇させるが深部組織では鍼麻酔効果が十分発現されないことが示唆された．そこで今回，鍼通電刺激がヒト深部組織の痛覚閾値におよぼす影響を検討すると同時に，皮膚表層とともに深部の痛覚閾値を上昇せしめるための通電方法を検討した．

II 方　　法

健常成人男子10名，平均年齢 26.3 ± 3.3 歳（Mean±SD）を対象とし，一側大腿前面中央部に針先部を0.5㎜残してアクリル樹脂で絶縁された40㎜18号ステンレス針（東洋医療製）を超音波エコー SAL-38B（東芝電気製）を指標に皮下3㎜，大腿直筋の筋膜面，大腿直筋筋層，大腿骨骨膜面の4ヶ所に刺入した後留置した．次に，留置された絶縁針電極に対して漸増するトレインパルスをパルス幅1 ms，間隔2 ms，2 Hzで通電し，痛みとして感じる刺激電流量を痛覚閾値（Pain Threshold）としてペンレコーダーに記録した（図1）[4,5]．

また，痛覚閾値を上昇させるための鍼通電刺激は30分間とし，鍼通電前と通電開始30分後に痛覚閾値を記録した．

刺激条件：鍼通電装置は Trimix101H（日本メディックス社製），波形は，双方向性対称波を用い，鍼通電方法は50㎜24号の絶縁針あるいは非絶縁針を痛覚閾値測定用電極の周囲4ヶ所に刺入，刺入方法により次の4群に分けた．第1群は，非絶縁針を皮下に横刺した群．第2群は，非絶縁針を深層まで刺入した群．第3群は，絶縁針を深層まで刺入した群．第4群は，非絶縁針を皮下に横刺するとともに絶縁針の深層刺入を組み合わせた群とした．通電は，切開創想定部位には高頻度（100 Hz）通電を行い，同時に遠隔の経穴である合谷，足三里へは低頻度（3 Hz）通電を行った．

また，皮膚表面の痛覚閾値の測定のため加熱式の Thermo Pain Meter UDH 104（UNIQUE MEDICAL社製）を用いた．

III 結　　果

1．Thermo Pain Meter を用いた皮膚表面の痛覚閾値

Thermo Pain Meter（加熱式）を用いた皮膚表面の痛覚閾値の変化は，非絶縁針を深層まで刺入した群（●）を除き，他の通電群では痛覚閾値は有意に上昇を示した．また中でも非絶縁針の皮下横刺と絶縁針の深層刺入を組み合わせた群（○）が51.3 ± 0.6℃から 53.2℃ ± 0.9℃まで有意（$P<0.01$）に上昇した（図2）．

2．深部痛覚測定装置を用いた皮下3㎜における痛覚閾値の変化

皮下3㎜における痛覚閾値の変化は非絶縁針の皮下横刺群（■）では1.9±0.9mAから3.2±1.6mAまで有意（$P<0.05$）に上昇した．また，非絶縁針の皮下横刺と絶縁針の深層刺入組み合わせ群（○）でも1.8±0.6mAから2.7±0.7mAと有意（$P<0.01$）な上昇が認められた．しかし，非絶縁針深層刺入群（●）および絶縁針深層刺入群（▲）では痛覚閾値の上昇は認められなかった（図3）．

3．筋膜における痛覚閾値の変化

筋膜では，非絶縁針の皮下横刺と絶縁鍼の深層刺入組み合わせ群（○）で0.9±0.5mAから1.5±0.6mAまで有意（$P<0.05$）に上昇した．また，絶縁針の深層刺入群（▲）でも同様に1.0±0.4mAから1.5±0.4mAと有意（$P<0.02$）な上昇が

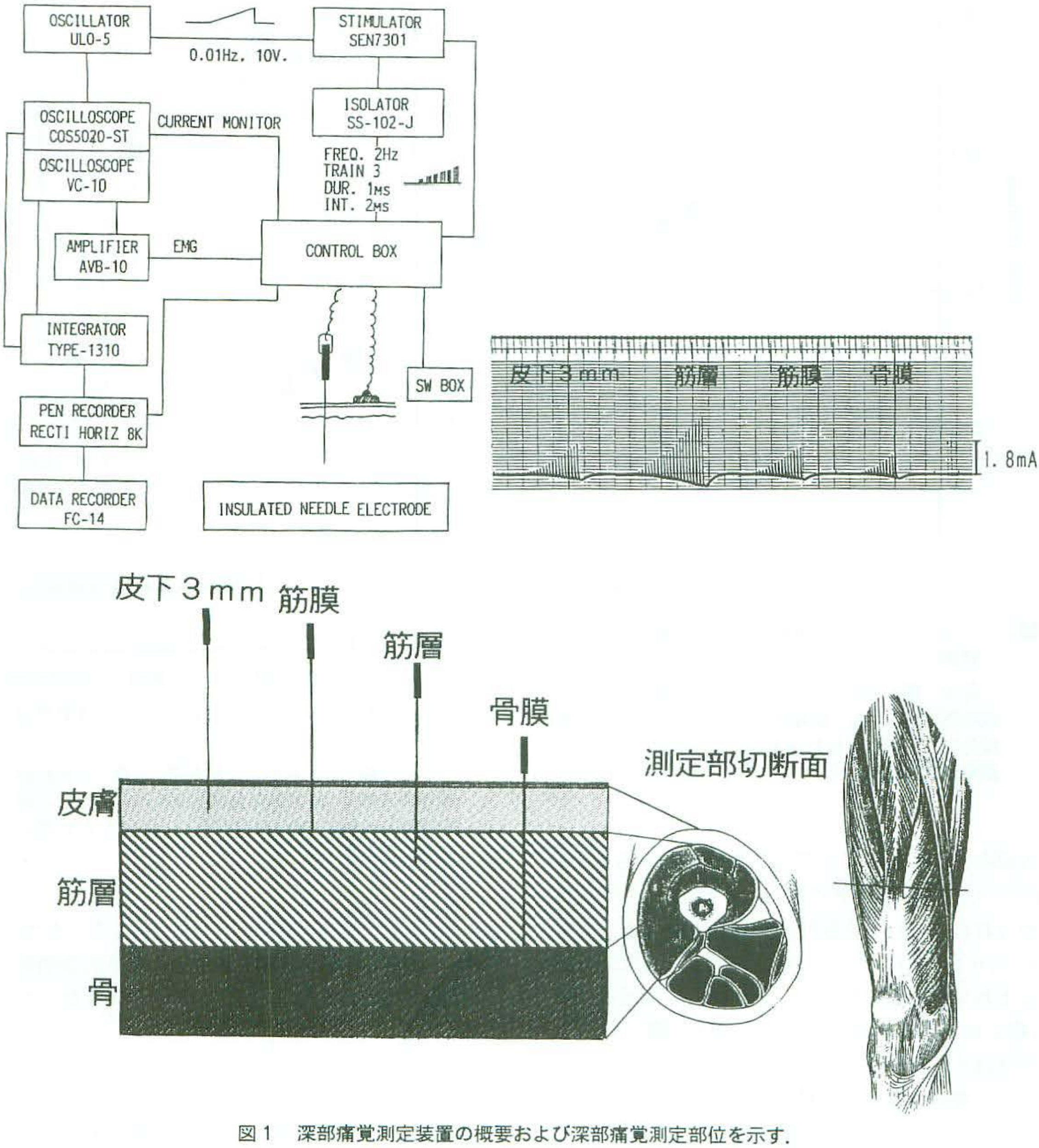

図1　深部痛覚測定装置の概要および深部痛覚測定部位を示す．

認められた（図4）．

しかし，非絶縁針の皮下横刺群（■）および非絶縁針の深層刺入群（●）では痛覚閾値の上昇は認められなかった．

4．筋層における痛覚閾値の変化

筋層では，非絶縁針の皮下横刺と絶縁針深層刺

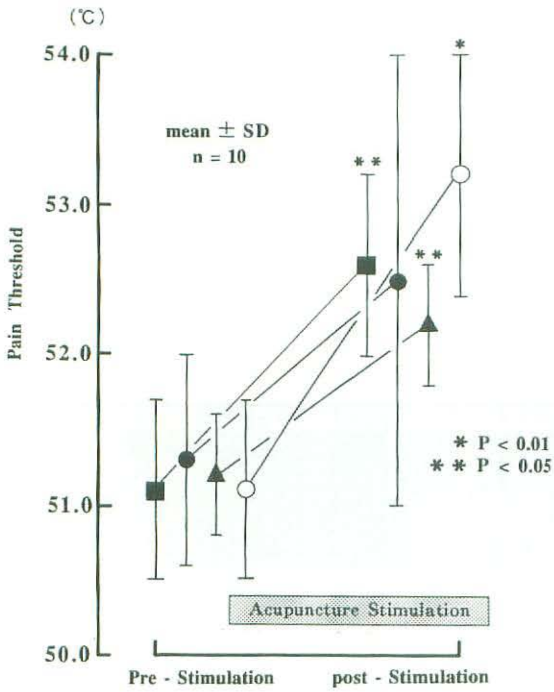

図2　Thermo Pain Meter を用いた皮膚表面の痛覚閾値の変化

図中（■）非絶縁針皮下横刺群，（●）非絶縁針深層刺入群，（▲）絶縁針深層刺入群，（○）非絶縁針皮下横刺と絶縁針深層刺入の組み合わせ群の通電刺激条件を示す．

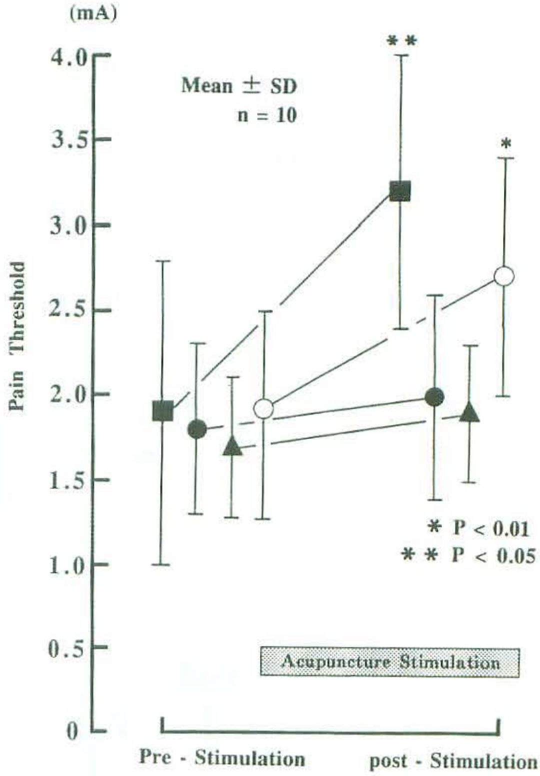

図3　深部痛覚計を用いた皮下３㎜における痛覚閾値の変化

図中（■）非絶縁針皮下横刺群，（●）非絶縁針深層刺入群，（▲）絶縁針深層刺入群，（○）非絶縁針皮下横刺と絶縁針深層刺入の組み合わせ群の通電刺激条件を示す．

入組み合わせ群（○）で 2.2±0.7mA から 3.0±0.9mA まで有意（P＜0.05）な閾値の上昇が認められた．また，絶縁針の深層刺入群（▲）でも1.7±0.4mAから2.3±0.5mAと有意（P＜0.01）な上昇を認めた．しかし，非絶縁針の深層刺入群（●）および非絶縁針の皮下横刺群（■）では上昇は認められなかった（図５）．

5．骨膜における痛覚閾値の変化

骨膜における痛覚閾値の変化は他の組織に比べて，最も電流量が少なく痛覚閾値が低かった．

非絶縁針の皮下横刺と絶縁鍼の深層刺入組み合わせ群（○）では痛覚閾値が0.4±0.2mAから0.8±0.3mAまで有意（P＜0.01）に上昇した．また，絶縁針深層刺入群（▲）でも0.4±0.1mAから0.7±0.2mAまで有意（P＜0.01）に上昇した．また，非絶縁針皮下横刺群（■）および非絶縁針深層刺入群（●）では有意な上昇は認められなかった（図６）．

Ⅳ 考　　察

鍼麻酔のヒト深部痛覚に及ぼす影響に関しては，これまで高張食塩水の注入や圧痛計による圧痛測定法などが用いられてきた．しかし，同時に異なった深部組織の痛覚閾値を測定し，通電条件ごとに比較した研究はほとんど行われていない．

そこで，絶縁針電極を用いて大腿前面部中央部

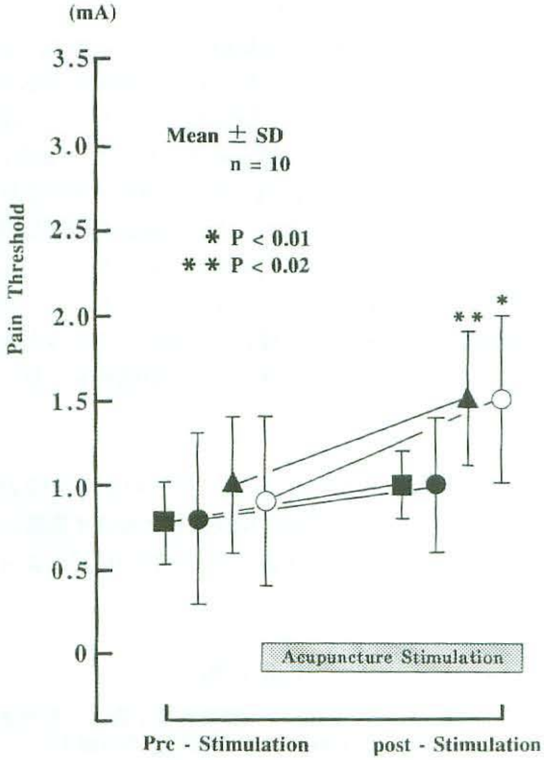

図4　深部痛覚計を用いた筋膜における痛覚閾値の変化

図中（■）非絶縁針皮下横刺群，（●）非絶縁針深層刺入群，（▲）絶縁針深層刺入群，（○）非絶縁針皮下横刺と絶縁針深層刺入の組み合わせ群の通電刺激条件を示す．

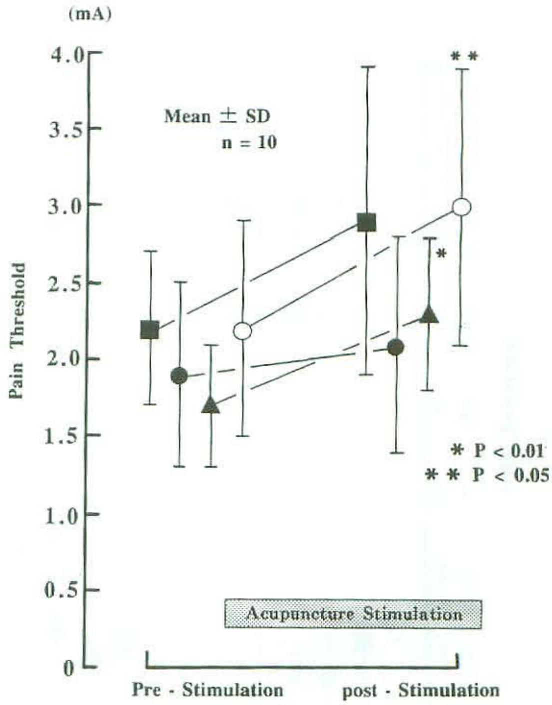

図5　深部痛覚計を用いた筋層における痛覚閾値の変化

図中（■）非絶縁針皮下横刺群，（●）非絶縁針深層刺入群，（▲）絶縁針深層刺入群，（○）非絶縁針皮下横刺と絶縁針深層刺入の組み合わせ群の通電刺激条件を示す．

各組織での深部痛覚閾値を測定し，同時に鍼通電刺激による深部痛覚閾値を最も上昇させる通電条件について検討した．各組織に痛みとして感じる電流量（痛覚閾値）は筋層で最も高く，次いで，皮下3㎜，筋膜，骨膜の順であった．このことは，各組織の神経終末の分布密度状態を反映しているものと考えられた[6,9-12]．

今回の実験で，皮下への横刺に絶縁針の深部刺鍼を加えた高頻度通電では深部の痛覚閾値とくに筋膜，骨膜の痛覚閾値まで上昇させることが明らかとなった．これらの結果は絶縁針の構造上，刺入した針尖部の組織に高密度で電流が流れるために，より限定された深部組織への通電刺激が可能になり，深部痛覚閾値の上昇を促したものと考えられる．

鍼通電刺激の鎮痛機序には種々の機構が関与すると考えられるが，局所の高頻度刺激は末梢神経分節内あるいは近傍の鎮痛効果が期待できるが，筋収縮が惹起されるような場合には，細径神経線維（Aδ，C fiber）の興奮がおこり，中枢における下行性抑制系を賦活させることもあきらかにされている[7-9]．また，細径神経線維さらにポリモーダル受容器の微細構造やその分布様式に関しては不明な点が多いが，現在のところ形態学的には，全身にわたって皮膚，筋，筋膜，内臓などに存在することが明らかとなっている[6,10-12]．これ

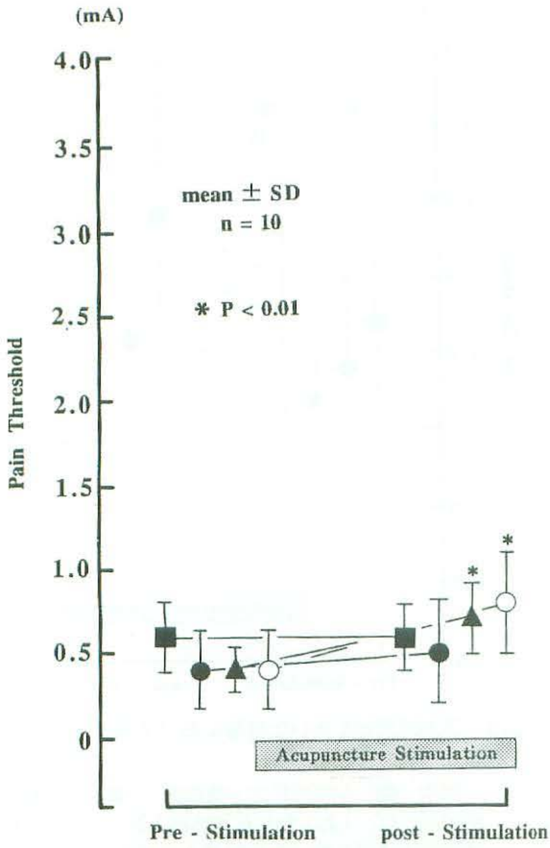

図6 深部痛覚計を用いた骨膜における痛覚閾値の変化

図中（■）非絶縁針皮下横刺群，（●）非絶縁針深層刺入群，（▲）絶縁針深層刺入群，（○）非絶縁針皮下横刺と絶縁針深層刺入の組み合わせ群の通電刺激条件を示す．

らの報告から，皮下での横刺のみでは深部組織における十分な鎮痛効果が得られなかったのが，深部に絶縁針の通電刺激を併用することによって，深部組織内での細径神経線維に興奮が伝達され効果的な痛覚閾値の上昇を促したものと推測できる．

今回の実験結果より，非絶縁針の皮下横刺と絶縁針の深層刺入の組み合わせ通電法を用いた鎮痛法の臨床応用の可能性が強く示唆された．

V まとめ

鍼通電刺激の深部痛覚閾値に及ぼす効果は，通電を行う組織によって影響され，非絶縁針の皮下への横刺は表在性の痛覚閾値を上昇させるが，深部の痛覚閾値の上昇は認められなかった．また，非絶縁針の深部への刺鍼も深部の痛覚閾値を上昇させることはなかった．一方，絶縁針を深層に刺入した場合，深層の痛覚閾値は上昇させるが，表在性の痛覚閾値は上昇させなかった．しかし，非絶縁針の皮下横刺と絶縁針の深層刺入を組み合わせた場合，表在性および深部の痛覚閾値を有意に上昇させた．

なお，本研究は平成3年度文部省科学研究奨励金（課題：鍼通電麻酔の深部痛覚に及ぼす影響に関する実験的研究，課題番号：03771015）によって行った．

引用文献

1) 石丸圭荘，篠原昭二ら：腹部外科手術後の創部痛に対するＳＳＰ療法の実験的研究，明治鍼灸医学，5：1～6，1989．
2) 石丸圭荘，篠原昭二ら：鍼およびＳＳＰ電極通電刺激が痛覚閾値に及ぼす影響，明治鍼灸医学，6：61～67，1990．
3) 工藤大作，石丸圭荘ら：外科小手術に対する鍼麻酔の効果，明治鍼灸医学，6：77～82，1990．
4) 川喜田健司，岩瀬善彦ら：深部痛覚閾値の測定法について，明治鍼灸医学，4：51～58．1988．
5) Kawakita K, Iwase Y : Deep pain measurement at tender points bypulse algometry with needle electrodes : Pain, 44 : 235～239, 1991.
6) Salt TH, Hill RE et al : Neurotransmitter candidates of somatosensory primary afferent fibers, Neuroscience, 10 : 1033～1035, 1983.
7) 武重千冬：鍼鎮痛の機序，神経研究の進歩，26(5)：948～961，1982．
8) 川喜田健司：鍼灸刺激の末梢受容機序におけるポリモーダル受容器の役割，明治鍼灸医学，6：23～35，1990．
9) Kumazawa T, Mizumura K : Thin-fiber receptors responding to mechanical, chemical and thermal simulation in the skeltal muscle of the dog. J Physiol (Lond.), 273 : 179

〜194, 1977.

10) Kumazawa T, Mizumura K : The polymodal receptors in the testis of the dog. Brain Res **136** : 553〜558, 1977.

11) Kruger L, Kumazawa T, Mizumura K, Sato J & Yeh Y : Observations on electrophysiologically characterized receptive fields of thin testicular afferent axons:a preliminary note on the analysis of fine structural specializations of polymodal receptors. Somatosensory Res, **5** : 373〜380, 1988.

12) Kumazawa T, Perl E, R : Primate cutaneous sensory unit with unmyelinated (C)afferent fibers. J, Neurophysiol, **40** : 1325〜1338, 1977.