

鍼およびSSP電極通電刺激が痛覚閾値に及ぼす影響

*明治鍼灸大学 東洋医学教室 **米田内科整形外科

****明治鍼灸大学附属病院 外科研修鍼灸師 ****明治鍼灸大学外科学教室

石丸 圭荘* 篠原 昭二* 北出 利勝* 森岡敏次郎**
工藤 大作*** 梅木 昇*** 甲田 久士*** 岩 昌宏***
畑 幸樹**** 咲田 雅一****

要旨: 腹部外科手術における術後の鍼鎮痛を想定し以下の項目について比較検討した。

1. 鍼およびSSP電極通電刺激の痛覚閾値に及ぼす影響について、
2. 痛覚閾値を上昇させる通電量について、
3. 同一被検者における痛覚閾値上昇効果の再現性について、

鍼痛電刺激における痛覚閾値の上限は $63.8 \pm 6.3^\circ\text{C}$ で、SSP通電刺激では $59.0 \pm 3.2^\circ\text{C}$ であった。また痛覚閾値が上限に達するまでの通電時間は、鍼通電刺激では 35.0 ± 12.2 分、SSP電極通電刺激では 57.5 ± 14.7 分であり、SSPに比較して鍼通電刺激が22.5分早く最大痛覚閾値に達した。また、個体差があるが各症例とも電流量の増加に伴い痛覚閾値は上昇する傾向を認め、これらの痛覚閾値の変化には再現性が認められた。

以上の結果は、外科手術後の鍼鎮痛法を考慮する場合の基礎データとして重要なものと考えられる。

Effect on Pain Threshold of Low Frequency Electrical Acupuncture (LFEA) and Silver Spike Point(SSP) Electrical Stimulation

ISHIMARU Keisou*, SHINOHARA Shouji*, KITADE Toshikatsu*
MORIOKA Toshijirou**, KUDOU Daisaku***, UMEKI Noboru***
IWA Masahiro***, KOUDA Hisashi***, HATA Kouki****
and SAKITA Masakazu****

*Department of Oriental Medicine, Meiji College of Oriental Medicine

**Yoneda Internal Orthopedic Surgery

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

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

Summary: In order to examine the effects of LFEA (low frequency electrical acupuncture) and SSP (silver spike point) stimulation on the pain threshold in abdominal area, we performed 3 experiments as follows.

1. Whether LFEA or SSP stimulation elevate the pain threshold in upper abdomen?
2. What is the effective methods of stimulation?
3. Is there a reproducibility on analgesic effects?

As the results, the peak value of the pain threshold of upper abdomen reached at $63.8 \pm 6.3^\circ\text{C}$ on LFEA and at $59.0 \pm 3.2^\circ\text{C}$ on SSP stimulation. The time which needed to reach the peak value of the pain threshold was $35.0 \pm 12.2(\text{min.})$ on LFEA and $57.5 \pm 14.7(\text{min.})$ on SSP stimulation.

The effect of LFEA for the pain threshold was earlier and higher than that of the SSP stimulation. Increasing of electrical flow volume (mA) in LFEA and SSP stimulation caused an elevation of the pain threshold.

Pain threshold was more elevated by the stimulation of gradual increasing electrical flow volume than by stimulation of the constant flow. The result of re-test performing 10 days after indicates the reproducibility on analgesic effects.

These results suggested that LFEA and SSP will be effective for the control of the post operative pain after abdominal surgery.

Key Words: 痛覚閾値 Pain Threshold, 鍼通電刺激 Low Frequency Electrical Acupuncture Stimulation, SSP通電刺激 Silver Spike Point Electrical Stimulation

I 緒 言

経穴に鍼の雀啄（刺入した鍼を手動により上下させる）刺激を与えたり、手技による雀啄刺激のかわりに低頻度（1～3 Hz）の電気刺激を一定時間行くと徐々に鎮痛効果が現れ、刺激終了後も持続することがある。この鎮痛効果はオピオイドの拮抗剤ナロキソンによって拮抗されることから¹⁾、内因性モルヒネ様物質（morphine like factor : MLF）が関与していると考えられている。

一方、同じ経穴を刺激しても高頻度刺激（50～100Hz）の場合は刺激開始と同時に鎮痛効果が出現し、刺激終了と同時にほぼその効果は消失する^{2,3)}。この鎮痛はナロキソンで拮抗されないことから、低頻度刺激の場合と異なり、MelzackとWallが提唱したGate control説などの非オピオイドを介した機序によって鎮痛が現れたものと考えられている^{4,5,6)}。

我々は、これらの鍼鎮痛に関する基礎的な見解を基に痛覚閾値を上昇させる刺激方法について種々の研究を行い、高頻度局所刺激と足三里、合谷穴

などへの低頻度遠隔経穴刺激を組み合わせた通電方法が最も痛覚閾値を上昇させることを明らかにした^{7,8,9)}。また、これらの通電条件を腹部外科手術後の創部痛や外来小手術の鍼麻酔に応用しその成果について報告した^{9,10)}。そこで今回は、通電量と痛覚閾値の関係および鍼とSSP電極通電が痛覚閾値に及ぼす効果の差について検討したので報告する。

II 方 法

対象：健康成人男子6名（平均年齢23.5歳）を対象とし、同一被験者に鍼およびSSP電極による通電を行った。

痛覚閾値の測定：痛覚計 THERMO METER UDH-104（UNIQUE MEDICAL 社製）を用い、上腹部正中切開創を想定し、その中央（図1）にて刺激前15分から刺激後60分まで、15分間隔で痛覚閾値の測定を行った。この痛覚計は、皮膚にあてる Probe の先端温度が毎秒0.25℃の速度で上昇するように設定されている。この Probe を痛覚閾値測定部位に置き、Switch を入れると、局所

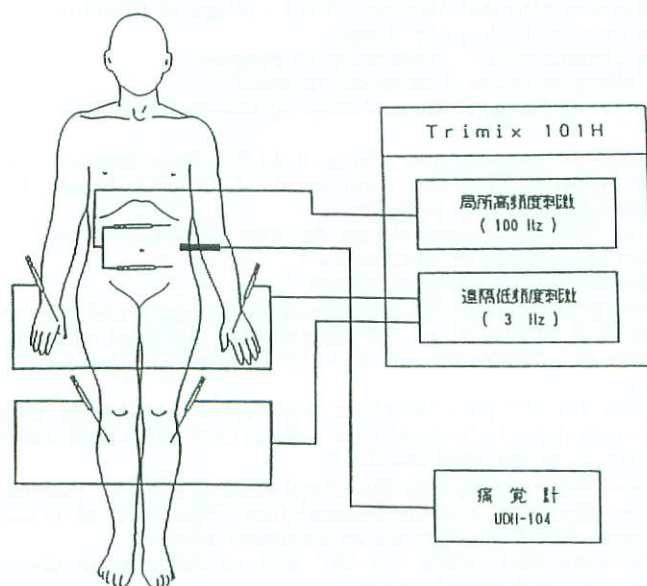


図1 測定条件：通電条件および痛覚閾値の測定法

では温感から熱感覚さらに痛覚へと変化するが、被験者の耐えられなくなった時点の温度を痛覚閾値 (Pain Threshold) とした。

刺激部位および刺激周波数: 刺激装置として Trimix 101H: 日本メディックス社製を使用し、SSP電極13φおよびステンレス製50mm40号鍼灸針を電極として用いた。遠隔部低頻度刺激は、両側足三里、合谷穴に電極を固定し3Hz通電を行い、局所高頻度刺激は腹部切開創想定部位より左右6cm離れた部位で上下15cmの間隔を置いて2対固定し、100Hzの通電刺激を行った(図1)。

刺激時間と刺激の強さ: 約20分間安静仰臥位の後、痛覚閾値がピークに達するまで通電刺激を行った。刺激の強さは被験者が耐えられる最大の刺激とし、刺激に対する慣れに対して、通電量を漸次増加させた。

通電量の測定: 電流を刺激開始時から最大の通電量に達するまでの電流量を Trimix 101H の電流量デジタルモニターより記録した。

通電量と痛覚閾値の関係: SSP電極を用いて、同じ条件設定のもとで健康成人男子9名の(平均年齢25.4歳)を対象として耐えられる最大の通電量に漸次増加させた場合と耐えられる通電量を初期値から一定にした場合の痛覚閾値の変化を記録した。

統計学的な有意差検定は、student's t test を用いた。

III 結 果

1. 鍼およびSSP電極通電の痛覚閾値変化と最大痛覚閾値に達する迄の通電時間の検討(表1)
鍼通電刺激によって、痛覚閾値の平均値は刺激

表1 鍼およびSSP電極通電刺激の痛覚閾値の変化と最大閾値に達するまでの時間の検討

Mean ± S D

鍼 通 電 刺 激	刺激前の痛覚閾値 (°C)	最大上昇した痛覚閾値 (°C)	刺激前値から上昇した痛覚閾値	最大閾値に達する時間 (分)
症 例 1	52.5	72.8	20.3	45
2	51.4	59.3	7.9	15
3	51.9	59.7	8.6	45
4	51.1	57.6	6.5	45
5	50.5	63.0	12.5	30
6	51.2	70.4	19.2	30
各症例の平均	51.4 ± 0.7	63.8 ± 6.3	12.5 ± 6.0	35.0 ± 12.2

Mean ± S D

SSP電極通電刺激	刺激前の痛覚閾値 (°C)	最大上昇した痛覚閾値 (°C)	刺激前値から上昇した痛覚閾値	最大閾値に達する時間 (分)
症 例 1	52.1	61.6	9.5	75
2	51.4	54.6	3.2	45
3	52.6	57.3	4.7	45
4	50.5	59.0	8.5	60
5	51.1	58.2	7.1	45
6	51.2	63.5	12.3	75
各症例の平均	51.5 ± 0.8	59.0 ± 3.2	7.6 ± 3.3	57.5 ± 14.7

前の $51.4 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から $63.8 \pm 6.3^{\circ}\text{C}$ まで 12.4°C の有意($P < 0.01$)な上昇を示した。SSP刺激では刺激前の $51.5 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ から $59.0 \pm 3.2^{\circ}\text{C}$ まで 7.5°C ($P < 0.01$)上昇したがその上昇は鍼通電刺激には及ばなかった。上昇した痛覚閾値の上昇幅を症例毎にみても、鍼通電刺激では最高 20.3°C の上昇であり最低でも 6.5°C であった。一方、SSP電極では最高 12.3°C 、最低 3.2°C でこの結果からも明らかに鍼通電刺激の方が痛覚閾値をよ

表2 各部位刺激における鍼およびSSP電極による通電刺激時の通電量の検討

N=6 Mean±SD	刺激開始時の電流量 (mA)			
	上腹	下腹	合谷	三里
鍼	6.3 ± 9.0	3.4 ± 7.1	21.0 ± 22.9	15.8 ± 16.0
SSP	21.7 ± 8.7	14.7 ± 15.6	27.8 ± 22.8	87.2 ± 41.7

N=6 Mean±SD	最大閾値到達時の電流量 (mA)			
	上腹	下腹	合谷	三里
鍼	10.3 ± 13.0	6.8 ± 8.6	25.5 ± 15.7	25.2 ± 15.7
SSP	31.2 ± 17.2	30.0 ± 23.3	44.0 ± 23.6	95.8 ± 55.0

く上昇させる傾向のあることが判った。また、鍼通電刺激の場合では、刺激開始後 35.0 ± 12.2 分で痛覚閾値がほぼピークに達し、SSP刺激が約 57.5 ± 14.7 分要したのに対して約22.5分早かった。

2. 各部位における鍼およびSSP電極による通電刺激時の通電量の検討(表2)

各部位における鍼およびSSP電極の通電刺激時の電流(mA)量を、刺激開始時と最大痛覚閾値に到達した時点の値と比較した。SSP電極通電に比して鍼通電では $1/3 \sim 1/4$ 程度の僅かな電流量で刺激されていることがわかる。また、両者とも最大痛覚閾値到達時の通電量は通電開始から痛覚閾値上昇に伴い増大している。なお、通電電流量と痛覚閾値との相関関係は認めなかった。また、各部位での通電量を比較すると高頻度刺激を行った腹部より低頻度刺激を行った合谷、足三里穴の通電量が高値であった。

3. 通電量を一定にした場合と通電量を漸次増加させた場合での痛覚閾値の変化(図2)

通電量を漸時増加させた群(★)と通電量の経時的な増加を行わず一定量で通電を行った群(■)

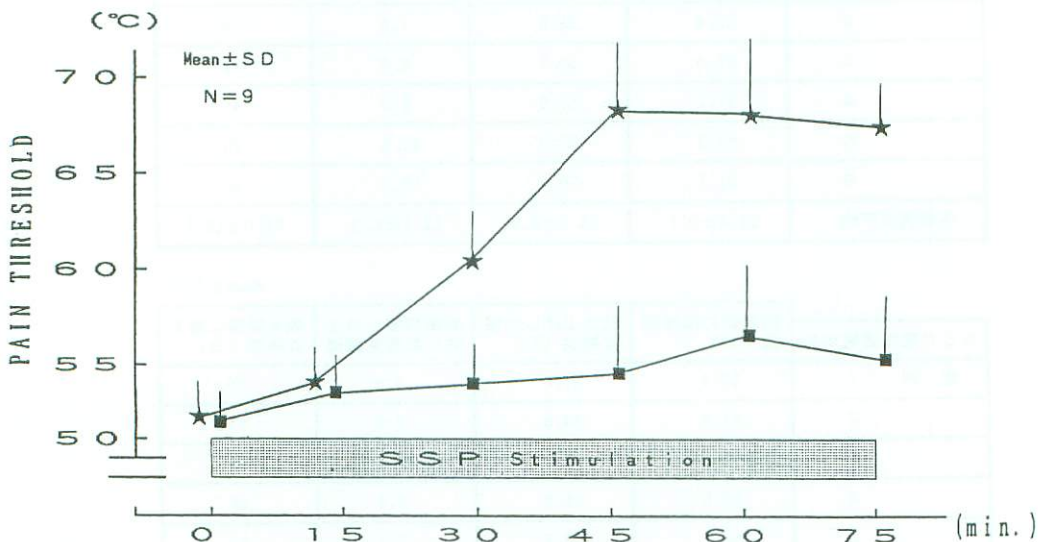


図2 通電量一定の(★)通電量増加群と通電量を漸次増加させた(■)通電量一定群の痛覚閾値の変化

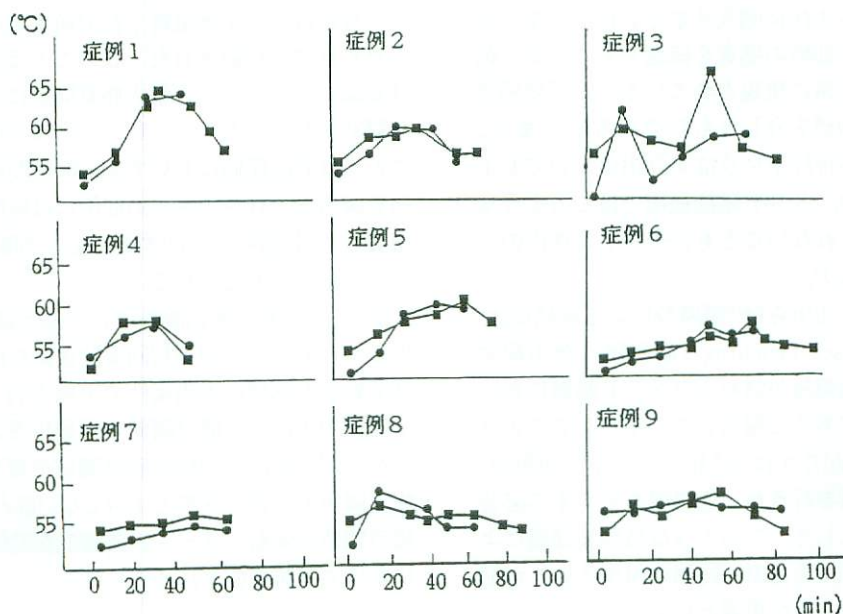


図3 SSP電極通電による痛覚閾値の再現性について
 (■) 初回痛覚閾値 (●) 10日後の痛覚閾値

との痛覚閾値に及ぼす効果についてSSP電極通電群で比較した。通電量増加群(★)は痛覚閾値が刺激前値 $51.4 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ から刺激開始45分後に $66.3 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$ と 14.9°C の有意($P < 0.01$)な上昇を認め、その後閾値の上昇は認めずほぼプラトーであった。これに対して通電量一定群(■)では $51.3 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ から刺激60分値で $55.6 \pm 1.9^{\circ}\text{C}$ と 4.3°C 上昇したにすぎず、痛覚閾値の有意な上昇は認めなかった。

4. SSP通電刺激による痛覚閾値の変化の再現性についての検討(図3)

これらの通電刺激による痛覚閾値の変化の再現性をみる目的で、SSP電極刺激にて耐えられる最大の通電量を用い、初回痛覚閾値(■)を測定した10日後に再度、同様な条件で痛覚閾値(●)の測定を行った。その結果、症例3を除く9例中8例において痛覚閾値の上昇パターンがほぼ一致した結果が得られ、その変動幅は $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の誤差範囲で十分に再現性のあることが確認された。

IV 考 察

鍼およびSSP電極刺激の両者とも刺激前値に比し痛覚閾値の有意($P < 0.01$)な上昇を示した。しかし、両者の上昇パターンには差があり、上昇幅については有意差は認められないものの、鍼が $63.8 \pm 6.3^{\circ}\text{C}$ であったのに対してSSPでは $59.0 \pm 3.3^{\circ}\text{C}$ と鍼通電の場合の痛覚閾値上昇率が高いことが判った。

また、痛覚閾値がピークに達するまでの時間をみると、鍼通電刺激では 35.0 ± 12.2 分で、SSP電極刺激の場合の 57.5 ± 14.7 分に対して約22.5分速かった。このように鍼とSSP電極によって効果の差が生じる理由については明らかではないが、鍼は通電を行わず雀啄刺激を与えるだけで痛覚閾値が上昇することが明らかにされている¹³⁾。このことから鍼刺激にさらに低周波通電をすることによってより強い刺激の加重が皮膚表面に貼付するSSPのような表面電極よりも高い痛覚閾値の上

昇を惹起したものと考えられる。

さらに、鍼を生体に刺入するときに生じる「得気」と呼ばれる独特の感覚を確認することが、鍼麻酔において非常に重視されている¹³⁾。得気感覚がどのような神経を介したものであるか、また、得気感覚の生体神経系に及ぼす効果についても不明な点が多いが、SSP電極通電ではこのような得気感覚が得られないことも差を生じた理由の一つに上げられる¹⁴⁾。

一方、兵頭、北出らは¹⁰⁾鍼麻酔による鎮痛には、得気およびMuscleTwiching(筋収縮)が出現する程度の強い通電量が鍼およびSSP鎮痛において極めて重要であると報告している¹²⁾。このようなTwichingを起こすにはMotor Point(運動点)への選択的刺激を行うか、通電量を多くする必要があり、何れにしろ、このような低周波通電による鎮痛にはPointを選ぶ(得気の得やすい)か通電量を多くすることが重要といえる。

そこで、鍼およびSSP電極を使用する場合の通電刺激による通電量について検討した結果、鍼ではSSPの約1/3~1/4程度の電流量であり、合谷、足三里では電流量が高く腹部局所では低かった。この理由は、合谷、足三里穴は3 Hz、腹部は100 Hzの通電が行われており、周波数の違いによる差によるものと考えられた。また、鍼においては、皮膚表面に刺激電極を当てる経皮的電気刺激法(Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation: TENS)やSSP療法とは異なり抵抗のある皮膚を鍼が直接皮内に穿刺されるため、僅かな電流と電圧で痛覚閾値を上昇させることが可能になったものと考えられる。

次に、鍼麻酔ではできるだけ通電量を増加させる必要があるとされている。そこで、(図2)に示した如く、SSP電極を用いて通電量を耐えられる最大の刺激に増加させてゆく漸増群と通電量を初期値の耐えられる刺激に保持した一定群とで比較した結果、一定群ではほとんど痛覚閾値の上昇はみられず、漸増群で痛覚閾値が有意に上昇したことから、痛覚閾値の上昇は通電量に依存することが裏づけられた。また、漸増群において痛覚

閾値は通電45分でピークに達しそれ以後痛覚閾値の上昇はみとめず通電終了75分値まで痛覚閾値が上昇したまま持続された。このことは前実験における鍼およびSSPの最大痛覚閾値に達する時間が鍼 35.0 ± 12.2 分、SSP 57.5 ± 14.7 分を要したことより刺激鎮痛において30~60分間通電しても痛覚閾値の上昇を示さない症例には麻酔効果は期待できず、刺激時間に関する一応の判断基準を示唆したものと考えられる。

次に、SSP電極刺激を用いて痛覚閾値の再現性について同一症例を初回実験後より10日後に初回実験時と同様の通電条件で実験を行った結果、9症例中1例のみ痛覚閾値の再現性を認めず、他の8症例は初回と同様の痛覚閾値の変化を認め、痛覚閾値の上昇する群と上昇しない群との個体差、痛覚閾値の変動パターン、閾値の変動幅のいずれにおいても再現性が認められた。

V ま と め

(1) 鍼・SSP電極通電刺激では、痛覚閾値と最大痛覚閾値に達する時間には個人差があるが、両者とも痛覚閾値を有意に上昇させた。

(2) 痛覚閾値の上昇は鍼通電がSSP電極通電に比べて短時間に上昇し、痛覚閾値の上昇巾も大きかった。

(3) 鍼通電はSSP電極通電の約1/3~1/4程度の通電量で痛覚閾値の上昇が認められた。

(4) 痛覚閾値の上昇は電流量の増加にしたがって上昇した。

(5) SSP通電刺激の同一症例における痛覚閾値変化には再現性が認められた。

文 献

- 1) Mayer D J, Price D D, Rafii A: Antagonism of acupuncture analgesia in man by the narcotic antagonist naloxone. Brain Res 121: 368~372, 1977.
- 2) 清水信介, 小栗弘子ら: 鍼麻酔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. 昭和医科大学雑誌 40: 695~700, 1980.
- 3) Pomeranz B, Chiu D: Naloxone blockade

- 3) Pomeranz B, Chiu D : Naloxone blockade of acupuncture analgesia: endorphin implicated. *Life Sci* **19** : 1757~1762, 1976.
- 4) Sjolund B H, Eriksson M B E : The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral conditioning stimulation. *Brain Res* **173** : 295~301, 1979.
- 5) Cheng R, Pomeranz B : ElectAcupuncture analgesia could be mediated by atleast two pain relieving mechanisms; endorphin and non endorphin systems. *Life Sci* **25** : 1957~1963, 1979.
- 6) 熊沢孝郎 : 痛みの gate control theory とその批評. *医学のあゆみ* **90** : 888~894, 1974.
- 7) 武重千冬 : 鍼鎮痛の機序. *神経進歩* **26**(5) : 948~961, 1982.
- 8) 篠原昭二, 石丸圭荘ら : S S P 療法の効果的通電条件に関する検討 (その 6) - 高頻度局所通電と低頻度遠隔通電の組合せによる鎮痛効果について -. 第10回 S S P セミナー講演集, S S P 療法研究回 : 79~81, 1988.
- 9) 石丸圭荘, 篠原昭二ら : 腹部外科手術後の創部痛に対する S S P 療法の実験的研究. *明治鍼灸医学* (5) : 1~6, 1989.
- 10) 呉 志宏, 甲田久士ら : 腹部外科手術後の創部痛に対する S S P 療法の効果. *京都府立医科大学雑誌* **99**(4) : 437~444, 1989.
- 12) Peking Acupuncture Anesthesia Coordinating Group : Preliminary study on the mechanism of acupuncture anesthesia. *Sci. Sinica* **16** : 447~456, 1973.
- 13) 川喜田健司 : 鍼灸刺激の末梢受容機序とツボの関連. *日本生理学会誌* **51** : 303~315, 1989.
- 14) 兵頭正義, 北出利勝 : S S P 療法研究会, 1989.