

《原 著》

鍼鎮痛の発現に関与する脊髓上行路の検討

明治鍼灸大学・生理学教室

川喜田健司

要旨：軽麻酔下のラットにおいて下顎切歯の電気刺激で誘発される開口反射は、三角波を用いた総腭骨神経中のAデルタ（A δ ）線維の選択的條件刺激（5 Hz, 15 min）によって、鍼通電刺激と類似した時間経過をもつ著明な抑制を受けた。この抑制効果は、条件刺激側と反対側の脊髓腹側の切断によって著しく減弱した。また、脊髓前側索から、条件刺激時の誘発活動電位が記録された他、記録部位周辺の局所的電気刺激（50 Hz, 15 sec）も顕著な開口反射の抑制をもたらした。

以上の結果から、鍼鎮痛の発現に関与する求心系の主な脊髓上行路は対側の前側索であると考えられた。

The Spinal Ascending Pathway of the Afferent Impulses Responsible for the Induction of Acupuncture Analgesia

Kenji KAWAKITA

Department of Physiology, Meiji College of Oriental Medicine

Summary: In lightly anesthetized rats, the jaw-opening reflex elicited by tooth pulp stimulation was recorded from the digastric muscle. The amplitude of evoked digastric EMG was used as a pain index. The selective A-delta fiber stimulation by triangular pulse was used instead of electro-acupuncture stimulation. In the experiment of cordotomy, rats were fixed in a stereotaxic holder. The cord was exposed and transected stereotaxically with a small knife attached to a micromanipulator. The cord was stimulated electrically and/or recorded with a microelectrode inserted stereotaxically.

The digastric EMG evoked by tooth pulp stimulation (1.5 xT, T: threshold of evoked EMG) showed a biphasic wave form and its latency was about 6 ms. The amplitude of digastric EMG was clearly suppressed by the conditioning A-delta fiber stimulation in the common peroneal nerve (15 min, 5 Hz). This suppressive effects were almost abolished by the cordotomy of the contralateral anterior quadrant. The evoked potentials of the conditioning stimulation were recorded from the anterolateral fasciculus. The focal stimulation of the similar regions with microelectrode (15 sec, 50 Hz, 40 or 80 μ A) also induced a rapid and short-lasting suppression.

These results show that the contralateral anterolateral fasciculus in the spinal cord is the main ascending pathway of the afferent impulses of the conditioning A-delta fiber stimulation. The participation of pain-related receptors and/or afferent fibers in the peripheral process of acupuncture analgesia is suggested.

Key words: 鍼鎮痛 Acupuncture analgesia, 開口反射 Jaw opening reflex, 脊髓上行路 Spinal ascending pathway, 脊髓前側索 Spinal anterolateral fasciculus, 選択的A δ 線維刺激 Selective A-delta fiber stimulation.

I はじめに

鍼通電刺激によって鎮痛効果が発現することは、すでに数多くの研究から明らかとなっている^{2,6,10,16,17,22,24,26,27)}しかし、鍼通電刺激と称される刺激方法でもその刺激部位、刺激のパラメーターは各研究者によってまちまちである。そのため、鍼通電刺激がどのような求心性神経線維、あるいは受容器を興奮させることによって鎮痛効果を発現させているのかという点についても未だ十分に意見の一致を見ておらず、鍼鎮痛の機序を解明する上に混乱をもたらす要因の一つとなっていることは否めない。

鍼通電又は末梢神経の条件刺激によって発現する鎮痛効果の末梢機序に関しては、現在までのところ、比較的太い神経線維によるものとする説^{17,27)}細い神経線維やポリモーダル受容器が関与するとする説^{2,3,8,10,13,20)}の相反する見解が提出されている。鎮痛効果の発現という側面に関しては、両者共に、その一端を担っているものと考えられるが、しかし、鍼刺激による鎮痛効果発現の機序を解明するためには、この末梢機序における太い神経・細い神経の違いを明確に区別する必要がある。そのためには、従来の鍼通電刺激法では、不可能であり、それに代わる方法が必要となってきている。

我々は、これまで矩形波のかわりに三角波を用い、末梢神経束中の細径線維であるA δ 線維を選択的に刺激することによって、低周波鍼通電(5 Hz, 15 分)の場合と類似した開口反射の抑制効果が発現することを報告してきた。¹¹⁾ 開口反射とは、三叉神経の支配領域である口腔粘膜・歯肉・歯髄等に侵害的な刺激が加わると口を開く運動が生じる、一種の防御反射であり、古くから痛覚の研究に用いられてきている。この開口反射は、鍼通電刺激によって著明な抑制を受けることが、報告されており^{6,28)} 鍼鎮痛の機序を解明する上で極めて有用な反射と考えられる。

本研究は、ラットの開口反射に対する抑制効果の発現を鎮痛効果判定の指標とし、鍼通電刺激にかえて末梢神経中のA δ 線維を選択的條件刺激し

た時の鎮痛効果発現に関与する脊髄上行路を明らかにする目的で、脊髄の切断実験、脊髄の局所電気刺激実験、及び脊髄における、末梢神経刺激時の誘発電位の記録実験を行ったものである。

II 方 法

実験にはウィスター系ラット(320–480 g)を用いた。動物は thiamylal sodium (40mg/kg腹腔内注射)で麻酔し、気管及び大腿静脈にカニューレを挿入した。そのあと総腓骨神経を分離し末梢部で結紮、切断し、次に坐骨神経を分離、それぞれを双極の刺激電極及び記録電極上にのせた。鍼通電刺激にかわるA δ 線維の選択刺激は三角波を用いて行った。¹¹⁾ 総腓骨神経を三角波で電気刺激した時の複合活動電位を坐骨神経で記録、モニターし、A δ 線維が選択的に刺激されている条件を決定したのち鍼通電刺激のかわる条件刺激として用いた。なおこの方法の詳細は別稿¹¹⁾を参照されたい。

歯髄の電気刺激には、下顎切歯を歯頸部で切断した後、歯髄腔中に挿入した2本の先端以外は絶縁したステンレス線(直径100 μ m, 極間距離2 mm)を用いた。また、歯髄刺激側と同側の顎二腹筋に双極の埋込電極をとりつけ、歯髄の電気刺激で誘発される筋電図を導出し、常法に従って観察・写真撮影を行った。実験中の歯髄の電気刺激条件は、期間0.1msの単発の定電流矩形波とし、その強さは誘発筋電図の閾値の1.5倍で、0.5Hzの頻度とした。

脊髄の切断実験では、ラットを脳・脊髄定位固定装置に固定し、脊髄をTh₁₀~L₁のレベルで露出した後、マイクロマニプレーターにとりつけた小型のブレードを用いて、ステレオタキックに所定の脊髄を部分的に切断した。また記録実験では、同様の方法で脊髄を露出したあと、絶縁したタングステン微小電極をマイクロマニプレーターを用いて刺入し、常法に従って末梢神経刺激時の誘発活動電位を導出した。活動電位は必要に応じてオシログラフ上で写真撮影を行った。一方、刺激実験では、記録電極と同様の金属微小電極を

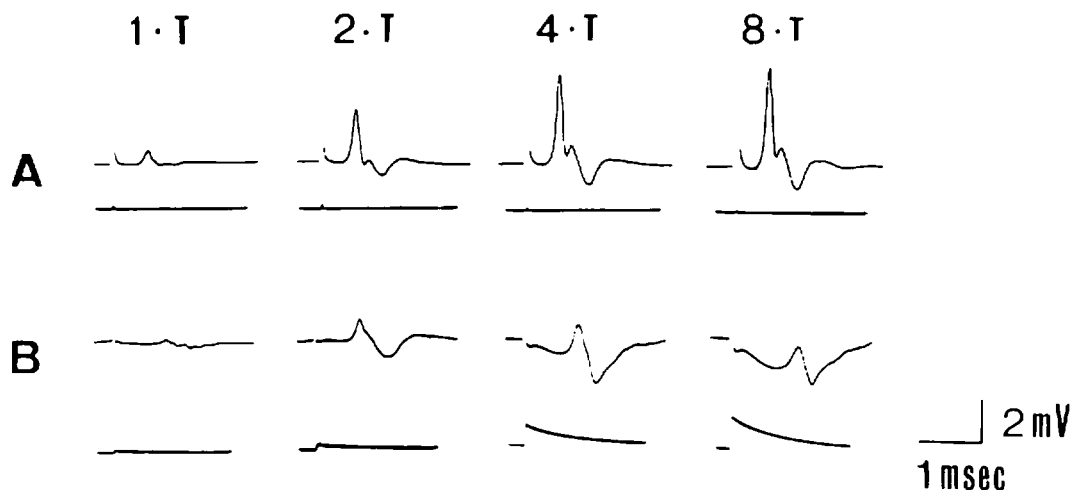


図1 総腓骨神経を矩形波(A)及び三角波(B)で刺激した時に得られた複合活動電位(上)と刺激波形(下)。

図中の1 T～8 Tは複合活動電位の閾値刺激電圧の倍数を表わす。

刺入しながら、電気刺激(100Hz, 100 μ s, 40 μ A or 80 μ A)を加え、開口反射に対する抑制効果の有無を調べた。記録及び刺激実験では必要に応じて直流通電してマーキングを行った。実験終了後、灌流固定し脊髄をとり出して40 μ mの凍結切片を作成し切断部位、記録部位、刺激部位を顕微鏡下でそれぞれ確認した。

手術及び実験期間中、ラットは軽い麻酔状態を保つよう必要に応じて希釈した thiamylal sodium を静脈内へ投与した。また、直腸温は36～37℃に、ランプ及びニクロム線ヒーターを用いて保った。

なお結果の有意差検定には Student の t-test を用いた。

Ⅲ 結 果

末梢神経を三角波で電気刺激すると、矩形波刺激の場合とは異なり伝導速度の遅い神経線維だけを興奮させることができる。図1は総腓骨神経を矩形波(期間0.1ms)と三角波で刺激した時に坐骨神経から記録された複合活動電位を示している。

図の上段に明らかなように、一般に用いられる矩形波刺激では刺激強度が徐々になると、まず最初に早い潜時の活動電位が出現し、しだいにその振幅が大きくなってゆく。そしてその伝導速度の早い電位の後に、潜時の長い小さな電位が認められるようになる。一方、三角波の刺激では、図の下段に示すように刺激強度が高まるにつれて、その時記録される活動電位の潜時は長くなり、矩形波刺激時に観察されるような早い潜時の活動電位は認められなくなる。閾値強度の8倍(8×T)の条件において複合活動電位のピークの潜時から算出された伝導速度は約19m/sであり、A δ 線維のみが選択的に刺激されていることを示している。また三角波刺激によるA δ 線維の興奮は、刺激頻度5 Hz, 15分間条件刺激期間中安定していることが、坐骨神経から記録した複合活動電位の波形から確認されている。

図2は、総腓骨神経中のA δ 線維の選択的条件刺激によって生じた開口反射に対する抑制効果を示している。それぞれの記録は、歯髄の電気刺激

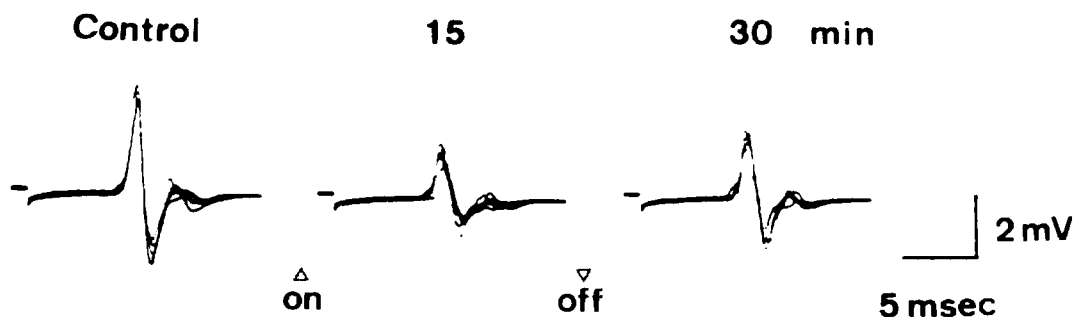


図2 三角波を用いたAデルタ線維の選択的條件刺激の顎二腹筋誘発筋電図に対する抑制効果。図中の筋電図は5回重ね撮りしたものであり、刺激開始前、刺激開始後15分、及び刺激終了後15分のもをそれぞれ示している。また、onとoffは、刺激の開始と終了の時点を示している。

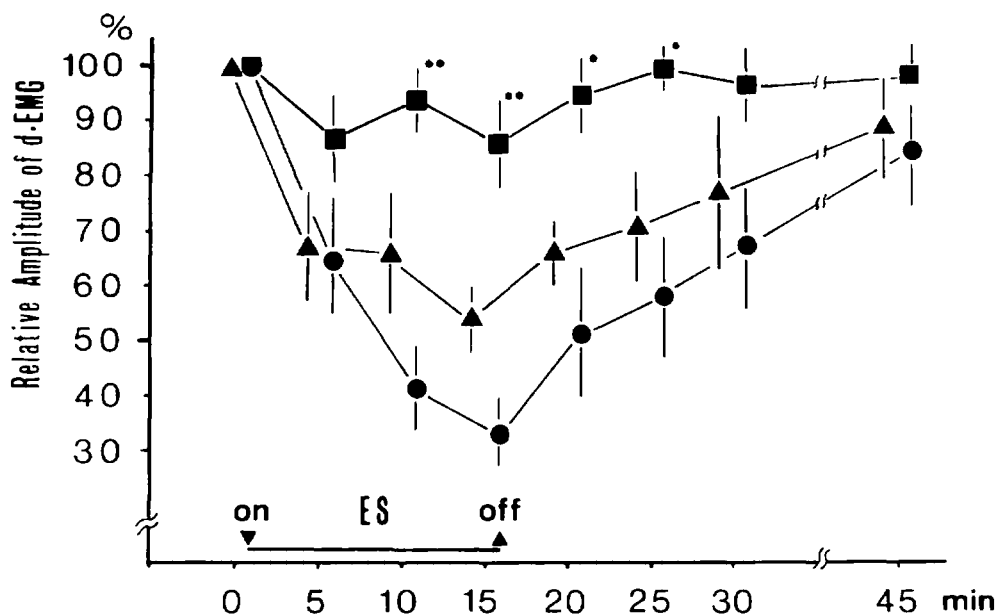


図3 開口反射に対するAデルタ線維の選択的條件刺激の抑制効果に及ぼす脊髓の部分的切断の影響。

図の縦軸は顎二腹筋筋電図の振幅、横軸は時間をあらわす。図中の各印と縦線は、脊髓無損傷群 (●, $n=15$)、両側背側部切断群 (▲, $n=6$)、及び対側背腹側部切断群 (■, $n=4$) の平均値と標準誤差を示している。また、星印は、脊髓無損傷群との間の t -検定の結果を示している。(★ $P<0.05$, ★★ $P<0.01$)。

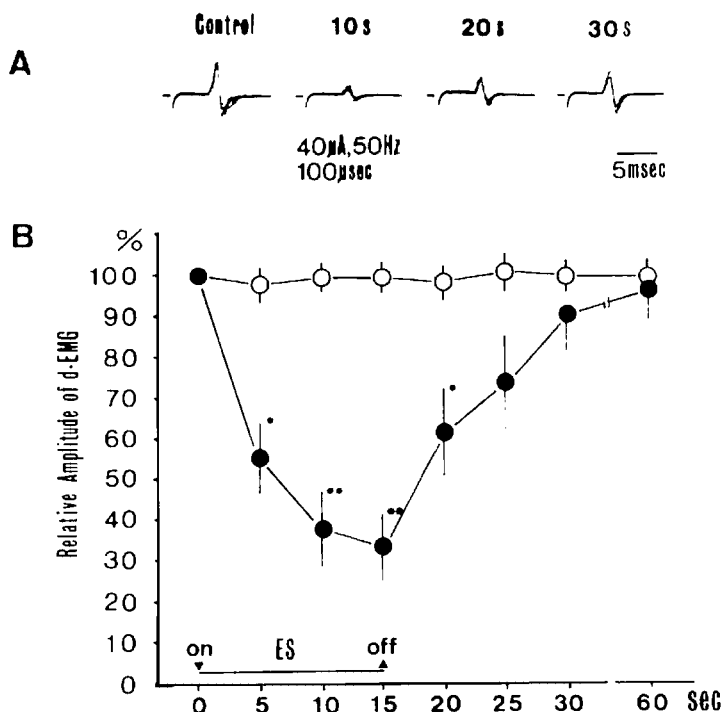


図4 脊髓の局所通電刺激の開口反射に対する抑制効果。

図Aは、前側索の局所通電刺激で得られた顎二腹筋誘発筋電図の抑制効果の一例である。図Bは、抑制効果の時間経過を50Hz刺激群（●●， $n=6$ ），5Hz刺激群（○○， $n=6$ ）としてあらわしている。図中の星印は、それぞれの時間での t -検定の結果を示している（★ $P < 0.05$ ，★★ $P < 0.01$ ）。図の縦軸は誘発筋電図の振幅、横軸は時間をあらわしている。

時の顎二腹筋誘発筋電図を5回重ね撮りしたもので（0.5Hz），潜時が約6msの二相性の安定した筋電図が得られている。この潜時は条件刺激期間中はほとんど変化を受けないが、振巾は15分間のA δ 線維の条件刺激によって、刺激前の約40%まで、著明に減少し、刺激終了後徐々に刺激前の振巾に回復する傾向を示している。この抑制効果の時間経過、及びこの開口反射の抑制作用に関与する求心性入力 of 脊髓での上行路を調べた実験の一つが図3に示されている脊髓の部分的切断実験である。

脊髓が損傷されていない例（黒丸印、15例）では、顎二腹筋の誘発筋電図の振巾は、A δ 線維の条件刺激開始後徐々に抑制されてゆき、15分間の

刺激終了時には刺激前の32%にまで減少している。そして、刺激終了後はしだいに回復し、約30分には元に戻っている。

一方、脊髓を総腓骨神経の条件刺激側と反対側で半切すると、（黒四角印、4例）A δ 線維の条件刺激による開口反射に対する抑制効果はほとんど消失し、脊髓無損傷群との間には有意な差が認められた（★★ $P < 0.01$ ，★ $P < 0.05$ ）。また、条件刺激側と同側の脊髓を半切した後、対側の脊側を切断した場合（黒三角印、6例）では、脊髓が完全なラットに比べて、その効果はやや低下するものの、その抑制効果は著明であり、無損傷群との間に抑制度に関して有意な差は認められなかった。これらの結果は脊髓の対側腹側部の四半切を

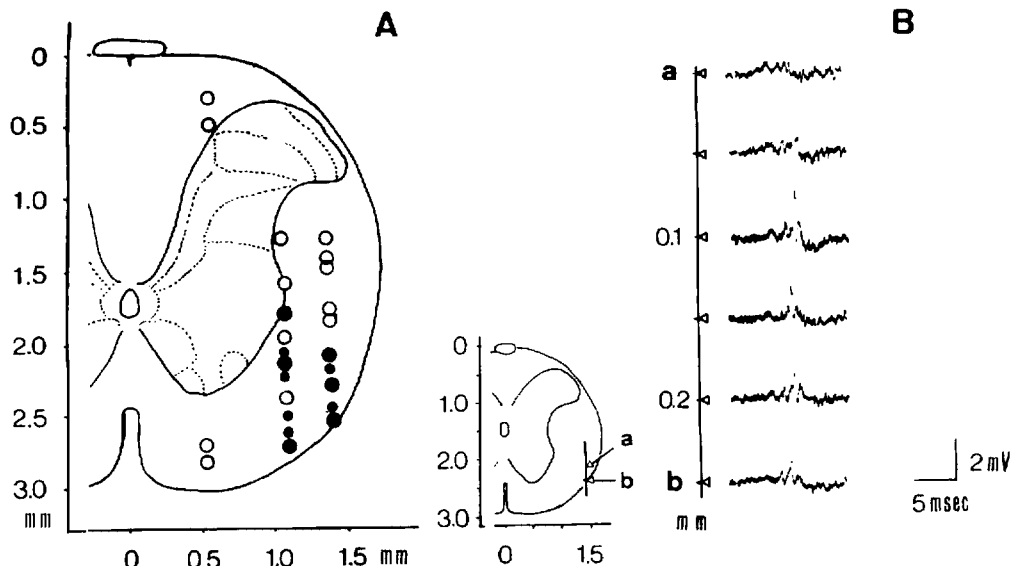


図5 脊髓の局所通電刺激部位と条件刺激時の誘発活動電位の記録部位。

図A中の黒丸印(大, 小)は, それぞれ50Hz, 80 μ A, と40 μ Aの刺激で有意な抑制効果の認められた部位, 白丸印(大)は認められなかった部位を示す. 図Bは前側索における誘発活動電位の記録部位(左)及びそれぞれの部位における記録波形(右)を表わす. 図中のa, bは記録の開始と終る部位を示している.

上行する系が, A δ 線維条件刺激による開口反射の抑制効果発現に強く関与していることを示唆している.

次に, 脊髓の前側索に刺激電極を挿入し, 通電した時の開口反射に対する抑制効果を調べたものが図4である. 図4-Aは脊髓前側索該当部位を50Hz, 期間0.1ms, 40 μ Aの矩形波を15秒間通電した時の顎二腹筋誘発筋電図の一連の変化を示している. また図4-Bは, 40 μ A, 50Hzの局所通電刺激により開口反射の抑制が認められた6例について, その時間経過を平均値と標準誤差で表わしたものである. 図に明らかなように50Hz, 15秒間の前側索の通電刺激(黒丸印)は, 刺激直後から開口反射に対して強い抑制をもたらし, 刺激終了後15秒ですでにほとんど刺激前の値に回復している. 一方, これらの部位に対して, 5Hzの低頻度通電刺激を加えた時は, 15秒の刺激期間

中全く抑制が認められなかった(白丸印).

図5-Aは, 脊髓の局所通電実験を行った際の刺激電極の先端部位を示しており, 大きい黒丸は80 μ Aの刺激電流で開口反射に対して抑制が認められたもの(40 μ Aでは抑制が起きなかった部位), 小さい黒丸は40 μ Aの刺激で抑制の生じたもの, 大きい白丸は80 μ Aの刺激で抑制が認められなかったものをそれぞれ示している. 図に明らかなように, 通電刺激により著明な開口反射が認められた部位は, 脊髓の前側索の部位に該当しており, 例数は少ないものの前索・後索部位は無効であった. また図5-Bは, 総腓骨神経を三角波で電気刺激した時に, 誘発電位の記録できた一例を示している. 誘発電位の記録部位は刺激対側の前側索であり, 図のaに相当する部位でマイクロマニプレーターを用いて, 電極を移動させた時の誘発電位の例を示している. 誘発電位の潜時は約

6 msで一定であり、a点より100 μ mのところでの振巾は最大となっている。その後刺入を続けてゆくと、しだいに振巾は減少し、やがて消失する。この誘発電位の記録された部位は、図5-Aの脊髓の局所的刺激実験で有効とされた部位に一致すること、また脊髓の部分的切断実験の結果ともよく符号する。

以上の結果から、今回の末梢神経中のA δ 線維の選択的条件刺激によって発現する開口反射の抑制効果に関与する脊髓上行路の主要なものは対側の前側索であると考えられた。

IV 考 察

本研究で効果判定の指標として用いた開口反射は、三叉神経を求心路とし、効果器を顎二腹筋とする多シナプス反射であり、脳神経支配領域での侵害性反射と考えられている。²⁵⁾ 一方条件刺激で用いた総腓骨神経は、脊髓のL₄~S₂の脊髓神経支配を受ける体性神経であり、三叉神経支配領域とは全く異っている。本研究において、開口反射が脊髓神経の条件刺激で著明な抑制を受けた事実は、このメカニズムを単純なゲートコントロール説(閥門制御説)、即ち太い神経の興奮が細い神経の興奮の中樞への伝達を抑制する。¹⁹⁾ という、同一脊髓分節内での現象に基く原理で説明することが困難であることを示している。

近年、鎮痛の中樞性発現機序に関して、中脳水道周囲灰白質(PAG)、~~巨大細胞網様核~~NRGC、~~傍巨大細胞網様核~~NRPG、及び大縫線核(NRM)などの神経核群が、痛覚抑制系の中樞として働き、それらは脊髓の背側索を下行する線維群を介して、脊髓の後角において痛覚伝達を下行性に抑制するという考えが多くの研究者によって確認され、支持されている。^{2,18,23)} この他、DNIC(diffuse noxious inhibitory control)と呼ばれる全身性に生じる痛覚抑制現象も報告されており、^{5,15)} 鍼鎮痛の機序の一部を説明しうるものとしても注目されている。これらの内因性の痛覚抑制系には、エンドルフィンなどの内因性オピエートをはじめとして、各種の脳内ペ

ドが密接に関連していることが明らかになっており、^{7,16,26)} 鍼鎮痛における痛覚抑制を発現する系についての知見は、ほぼ統一されてきているのが現状である。

一方、鍼刺激と称される刺激により興奮する求心系即ち、その受容器、求心性神経線維、脊髓上行路及び脳内伝導路については、未だ見解の一致しない点、不明な点が多い。その最たるものが、刺激部位としての経穴である。経穴の問題は本研究の課題とは直接関連を持たないものの、経穴・非経穴のいずれに対する鍼刺激でも一定の鍼感(鍼刺激で生じる深部痛覚に類似した特殊な感覚)が起これば鎮痛効果が発現することが報告されており、²²⁾ 鍼鎮痛に関しては、効果の上に程度の違いは認められるものの、特殊な部位としての経穴の存在は未だ確認されていない。²⁸⁾

また、鍼刺激と関連した求心性神経として「経穴A β 線維説」が提唱されている。²⁷⁾ この説によれば、経穴部位にはA β 線維として分類されている有髄の比較的太い触・圧覚を司る神経線維が密に分布しているというものである。しかし、その根拠となっている実験では、45Hzという比較的高い頻度のパルス通電を用いており、いわゆる鍼麻酔方式^{2,21)}と称されている低頻度刺激(1~5 Hz)とは異なる現象を観察している可能性が高い。又、高頻度刺激に伴い二次的に細径線維受容器が興奮していることも知られており、^{9,12,21)} 更にはA δ 線維の選択的条件刺激が鍼通電刺激と同様の開口反射の抑制を生じること、¹¹⁾ などから、A β 線維のみをもって鍼鎮痛の求心性線維と考えることは極めて困難であり、むしろA δ 、C線維といった細い神経線維がより重要な役割を担っているものと考えられる。A β 線維に関しては、経皮的神経刺激(TENS)と呼ばれる刺激方法による鎮痛効果の発現に関与している可能性の方が高いように思われる。

本研究において鍼刺激のかわりに三角波によるA δ 線維の選択的条件刺激方法を用いた理由としては、(1)従来の鍼通電方式では、各種の受容器・神経線維が直接・間接的に刺激され、何を刺激し

ているのか、単に刺激電流の強度のみによっては同定が困難であること。(2)神経の直接刺激を用いた場合でも矩形波では図1-Aのように細い神経が興奮している条件では、必ず同時に太い神経線維も興奮しており、両者を結果の上から区別することは容易でないことが挙げられる。そこで、すでにA δ 線維の選択的条件刺激が鍼通電刺激とよく類似した効果をもたらすことが明らかになっていることから、¹¹⁾ 鍼鎮痛の機序として脊髄上行路の検討を行うために、A δ 線維の選択的刺激方法を用いたものである。

本研究において、脊髄の前側索が開口反射のA δ 線維の選択的条件刺激で生じる抑制効果発現の主な上行路となっていることが、脊髄の部分的切断実験、脊髄の局所的電気刺激実験及び、末梢神経刺激で誘発される活動電位の脊髄における記録実験によって明らかにされた。この結果は、ネコの内臓一体性反射に対する鍼の抑制効果が前側索の切断で消失する、^{2,4)} という報告と基本的に一致している。

脊髄前側索は、解剖学的・臨床医学的には古くより痛覚の伝導路として知られており、鍼刺激で誘発される感覚は深部痛覚に極めて類似した感覚であること⁴⁾などと併せて考えると、鍼刺激によって興奮している受容器及び神経線維は、痛覚のそれと類似したものである可能性が極めて高い事を示している。

熊澤は鍼鎮痛の機序をポリモーダル受容器(polymodal receptor)を入力とする痛覚におけるネガティブフィードバック機構とする仮説を提唱している。¹³⁾ ポリモーダル受容器は機械・熱・化学刺激のいずれにも応じ、A δ , C線維で伝導される細径線維受容器であり、侵害受容器の一種と考えられ、その脊髄上行路は前側索とされている。^{1,14)} この受容器は鍼刺のような機械的刺激、灸のような熱刺激のいずれの刺激にも応じ得ること、またポリモーダル受容器の選択的刺激が、鍼鎮痛に類似した鎮痛効果を発現することが報告されており、¹⁰⁾ 鍼刺激のみならず灸刺激の受容器としての可能性が極めて高いことは、実験的にも裏

付けられてきている。

今回用いた三角波によるA δ 線維の選択的条件刺激法は、ポリモーダル受容器のみを刺激している訳ではないが、少なくとも鍼鎮痛の効果が痛覚と密接に関連したポリモーダル受容器をはじめとする細径線維受容器からの求心路を介して発現していることは明らかになったと言えよう。

謝 辞

本研究は著者が岐阜歯科大学口腔生理学教室(現・朝日大学歯学部)在籍中に、一部文部省科学研究補助金(課題番号56770884)によって行ったものである。研究にあたり多大な御援助をいただいた船越正也教授に深謝の意を表する。また原稿の御校閲をいただいた岩瀬善彦教授に深謝する。

文 献

- 1) Accornero, N., Bini, L. and Manfredi, M. : Selective activation of peripheral nerve fibre groups of different diameter by triangular shaped stimulus pulses. *J. Physiol.*, 273 : 539~560, 1977.
- 2) Andersson, S. A. : Pain control by sensory stimulation. In: J. J. Bonica, J. C. Liebeskind and D. G. Albe-Fessard (Eds) *Advances in Pain Research and Therapy*, Raven Press, New York, 3 : 569~585, 1979.
- 3) Chung, J. M., Fang, Z. R., Cargill, C. L. and Willis, W. D. : Prolonged, naloxone-reversible inhibition of the flexion reflex in the cat. *Pain*, 15 : 35~53, 1983.
- 4) Co-operating group of Acupuncture Anaesthesia of Hua Shan Hospital : Department of Physiology of First Medical College, Shanghai. The effect of certain neurologic diseases on needling "Teh-chi". *Kexue Tongbao*, 18 : 90~93, 1973.
- 5) Dickenson, A. H., Le Bars, D. and Besson, J. M. : Diffuse Noxious Inhibitory Controls (DNIC). Effects on trigeminal nucleus caudalis neurons in the rat. *Brain Res.*, 200 : 293~305, 1980.
- 6) Ha, H., Tah, E. C., Fukunaga, H., and Aochi, O. : Naloxone reversal of acupuncture analgesia in the monkey. *Exp. Neurol.*, 73 : 298~303, 1981.

- 7) Han, J. S. and Terenius, L. : Neurochemical basis of acupuncture analgesia. *Ann. Rev. Pharmacol. & Toxicol.*, 22 : 193 ~ 220, 1982.
- 8) Holmgren, E. : Increase of pain threshold as a function of conditioning electrical stimulation. *Am. J. Chin. Med.*, 3 : 133 ~ 142, 1975.
- 9) Kawakita, K. and Funakoshi, M. : Role of the subsequently activated receptors in electro-acupuncture of the rat. *Am. J. Chin. Med.*, 9 : 164 ~ 170, 1981.
- 10) Kawakita, K. : Role of the polymodal receptors in acupuncture analgesia of the rat. *Comp. Med. East & West*, 6 : 312 ~ 321, 1982.
- 11) Kawakita, K. and Funakoshi, M. : Suppression of the jaw-opening reflex by conditioning A delta fiber stimulation and electro-acupuncture in the rat. *Exp. Neurol.*, 78 : 461 ~ 465, 1982.
- 12) Kline, R. L. Yeung, K. Y. and Calaresu, F. R. : Role of somatic nerves in the cardiovascular responses to stimulation of an acupuncture point in anesthetized rabbits. *Exp. Neurol.*, 61 : 561 ~ 570, 1978.
- 13) 熊沢孝朗 : ハリ麻酔の作用機序について. *臨床生理*. 8 : 413 ~ 419, 1978.
- 14) Kumazawa, T. and Mizumura, K. : Thin-fibre receptors responding to mechanical, chemical, and thermal stimulation in the skeletal muscle of the dog. *J. Physiol.*, 273 : 179 ~ 194, 1977.
- 15) Le Bars, D., Dickenson, A. H. and Besson, J. M. : Diffuse Noxious Inhibitory Controls (DNIC). I. Effects on dorsal horn convergent neurons in the rat. *Pain*, 6 : 283 ~ 304, 1979.
- 16) Lee-Peng, C. H., Yang, M. M. P., Kok, S. H. and Woo, Y. K. : Endorphin release : a possible mechanism of acupuncture analgesia. *Comp. Med. East & West*, 6 : 57 ~ 60, 1978.
- 17) Lü, G. W., Liang, R. Z., Xie, J. Q. Wang, Y. S. and He, G. R. : Role of peripheral afferent nerve fibre in acupuncture analgesia elicited by needling point Zusanli. *Sci. Sinica*, 22 : 680 ~ 692, 1979.
- 18) Mayer, D. J. and Price, D. D. : Central nervous system mechanisms of analgesia. *Pain*, 2 : 379 ~ 404, 1976.
- 19) Melzack, R. and Wall, P. D. : Pain mechanisms : A new theory. *Science*, 150 : 971 ~ 979, 1965.
- 20) Melzack, R. : Prolonged relief of pain by brief, intense transcutaneous somatic stimulation. *Pain*, 1 : 357 ~ 373, 1975.
- 21) Paintal, A. S. : Functional analysis of group III afferent fibres of mammalian muscles. *J. Physiol.*, 152 : 250 ~ 270, 1960.
- 22) 北京医学院基礎部針麻原理研究組 : 針刺人体些穴位对皮膚痛閾的影響. *中華医学雜誌*. 3 : 151 ~ 157, 1973.
- 23) Sessle, B. J. and Hu, J. W. : Raphe-induced suppression of the jaw-opening reflex and single neurons in trigeminal subnucleus oralis, and influence of naloxone and subnucleus caudalis. *Pain*, 10 : 19 ~ 36, 1981.
- 24) Shen, E. Ts'ai, T. T. and Lan, C. : Supraspinal participation in the inhibitory effect of acupuncture on viscerosomatic reflex discharges. *Chin. Med. J.*, 1 : 431 ~ 440, 1975.
- 25) Sumino, R. : Central neural pathways involved in the jaw-opening reflex in the cat. In R. Dubner & Y. Kawamura (Eds) *Oral-Facial Sensory and Motor Mechanisms*, Appleton-Century-Crofts, New York : 315 ~ 322, 1971.
- 26) Takeshige, C., Sato, T. and Komugi, H. : Role of peri-aqueductal central grey in acupuncture analgesia. *Acupuncture & Electro-Therap. Res.*, 5 : 323 ~ 337, 1980.
- 27) Toda, K. : Effects of electro-acupuncture on rat jaw opening reflex elicited by tooth pulp stimulation. *Jpn. J. Physiol.*, 28 : 485 ~ 497, 1978.
- 28) Toda, K., Suda, H., Ichioka, M., and Iriki, A. : Local electrical stimulation: Effective needling points for suppressing jaw opening reflex in rat. *Pain*, 9 : 199 ~ 207, 1980.