

《原 著》

## 電針麻酔と全身麻酔が深部体温および筋緊張におよぼす効果の比較検討

\*明治鍼灸大学・東洋医学教室 \*\*麻布大学獣医学部外科教室

矢野 忠\* 丸山 彰貞\* 森 和\* 田村 哲次\*\*

要旨：バルビタールによる全身麻酔は意識をブロックした深麻酔を生ずるが、電針麻酔は意識をブロックせずに鎮痛効果をもたらす。この2つの麻酔の相違について深部体温と筋の微小振動（マイクロバイブレーション：MV）を指標として24頭のイヌを対象に実験を行った。

その結果、全身麻酔下では体幹部および末梢部の深部体温は著しく低下したが、電針麻酔下では体幹部の深部体温はほとんど変化しなかったが、末梢部のそれは逆に上昇した。また、MVで全身麻酔および電針麻酔ともに各帯域の振幅は減少し、共通の反応を示した。

### Comparative Studies of Electroacupuncture Anesthesia and General Anesthesia on the Deep Body Temperature and the Muscle Tone

Tadashi YANO\*, Akisada MARUYAMA\*,  
Kazu MORI\* and Tetsuji TAMURA\*\*

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

\*\* Department of Veterinary Surgery, School of Veterinary Medicine, Azabu University

Summary: General anesthetic effect of barbiturate bring out a deep anesthesia of unconsciousness, while electroacupuncture anesthesia is characteristic of consciousness with analgesia. Differences of anesthetic effects between general anesthesia and electroacupuncture anesthesia was studied on the deep body temperature and the microvibration (MV), using twenty-four dogs.

Under general anesthesia, the deep body temperature was decreased markedly in both the truncus and the extremities, while electroacupuncture anesthesia raised the temperature in the extremities without any marked influence on the truncal temperature. Both anesthesia resulted in a similar change of MV amplitude decreased at every frequency range.

Key Words: 電針麻酔 Electroacupuncture anesthesia, 深部体温 Deep body temperature, 微小振動 Microvibration, 筋緊張 Muscle tone, 全身麻酔 General anesthesia.

## I 研究目的

針灸の治療効果として鎮痛作用、生体防禦作用、末梢循環の改善作用、自律神経機能の調整作用および中枢神経機能の調節作用などが指摘されている。そして、これらの作用は単独に、時には複合的に作用して治療効果が発現するものと考えられる。しかし、これらさまざまな針灸の治療作用の中で最も顕著な作用は針麻酔に代表されるように、その鎮痛作用であると考えられる。

針麻酔が中国から紹介されて以来、これに関する研究は非常に盛んである。特に注目されている研究は、針麻酔と内在性オピオイドに関する研究である。現在、針麻酔による鎮痛効果の発現機序は、 $\beta$ -エンドルフィンや Met-エンケファリンの遊離によることが明らかにされつつある。<sup>1,2,3,4,5,6,7)</sup>しかし、電針麻酔のさいの針通電刺激により引き起こされる生理的反應を個体のレベルで研究した例は乏しい。<sup>8,9,10)</sup>

電針麻酔が鎮痛作用だけでなく針灸共通の治療作用である生体調節系の調整作用を持つとすれば、針通電刺激とそれによって引き起こされる種々の生理的反應との関連性を明らかにすることは、治効メカニズムを解明するうえで重要な研究であると考えられる。そのさい、その指標として種々の生体反応が考えられるが、針通電の刺激効果をより明らかにするためになるべく無侵襲的に計測しうるものにするのであり、この条件を満たすものとして深部体温および体表微小振動 (Microvibration: 以下MVと記す) が考えられる。深部体温は循環動態や自律神経機能の指標<sup>11)</sup>として、MVは骨格筋の筋線維の振戦に由来することから筋緊張を表す指標<sup>12,13)</sup>として用いられている。いずれも無侵襲的に体外計測が可能である。

本研究では電針麻酔 (針通電刺激) の生理的機序を明らかにするため、上記の二つの指標を用い、電針麻酔の効果を全身麻酔 (薬物麻酔) と対比させながら比較検討した。

## II 材料および方法

1. 実験材料: 実験材料は、7時~19時を明帯 (照明下) とし、19時~翌朝7時を暗帯 (無照明下) とした条件下で一週間管理飼育された雑種犬のべ24頭を用いた。

2. 方法: 深部体温については対照群 (5頭) と針通電刺激群 (5頭) および全身麻酔群 (5頭) にの3群に分け、深部体温計 (テルモ社製ファイナークアテンブルDC-1型) で全身8ヶ所 (頭部、心臓部、腹部、直腸、左右前肢、左右後肢) において剃毛した部位にプローブを密着固定し、打点式記録計で同時記録した。(図1) ここでいう深部体温とは、計測する部位の皮下およそ10mm前後の体温をいい、中核温と同義語ではない。測定時間はプローブ (深部体温を測定するピックアップ) 装着15分後から開始し、対照群では60分間、電針麻酔群では針通電中の75分間、ペントバルビタール麻酔群では麻酔下の300分間とした。なおプローブには直径45mmと25mmの2種類があり、体幹部では45mmのプローブを、肢端部では25mmのプローブを使用し、剃毛した部位にマジックバンドで密着固定した。直腸は直腸用カテテルプローブを用いた。

MVについても対照群 (3頭) と針通電刺激群 (9頭) と全身麻酔群 (3頭) の3群に分けて行った。MVは、剃毛した大腿外側部にピックアップ

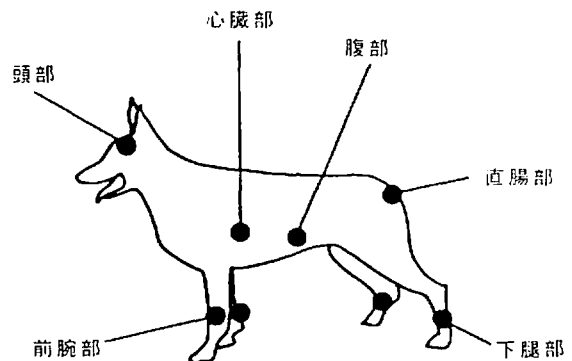


図1 深部体温測定部位

(日本光電製MTピックアップMT-3T型:直径23mm,厚さ6.5mm)をビニールテープで固定し,ポリグラフで測定した.データはすべてデータレコーダに収録した.測定時間は電針麻酔では刺激前(コントロール)と針通電刺激終了後5分間とし,全身麻酔では刺激前と硫酸アトロピンとセラクタル(化学名:キシラジン)筋注直後から塩酸ケタミン筋注後5分間までとした.刺激前の測定は動物の保定後20分前後でおちついた時点から5分間行った.なお,MVの波形解析はシグナルプロセッサ(日本電気三栄製7TOTA)で行った.解析のために使用したプログラムの型式は,アベレージNo.300とパワースペクトルNo.48(パワーアレー:パワースペクトルの鳥かん図)である.解析条件としてサンプリングタイムは10msec,加算はアベレージで2ないし3回とした.なお,周波数の帯域区分は,ヒト脳波の分類に準拠し,<sup>14,15)</sup>

$\theta$  は 4 Hz ~ 7 Hz,  $\alpha$  1 は 7 Hz ~ 10 Hz,  $\alpha$  2 は 10 Hz ~ 13 Hz,  $\beta$  1 は 13 Hz ~ 20 Hz,  $\beta$  2 は 20 Hz ~ 30 Hz とした.

全身麻酔は,深部体温の測定ではペントバルビタールナトリウム(25mg/kg 静注)を使用した.MVの測定では薬物の麻酔効果を段階的にみるため前投薬として硫酸アトロピン0.025mg/kgとセラクタル2mg/kgを同時に筋注し,10分後に塩酸ケタミン8mg/kgを筋注して,麻酔を誘導した.

電針麻酔としての針通電刺激方法は,石崎の開発した一對透針通電麻酔を採用した.<sup>16,17,18,19)</sup>石崎の一對透針通電麻酔は,一本の針で表裏関係にある経穴を貫き,2穴同時に刺激する方法である.図2は,一對透針通電麻酔の刺入部位と疼痛閾値上昇部位を示したものである.本実験では図に示すポイント(経穴)に10~20Hzで軽度の筋攣縮が生ずる程度(約1~2V)で刺激した.

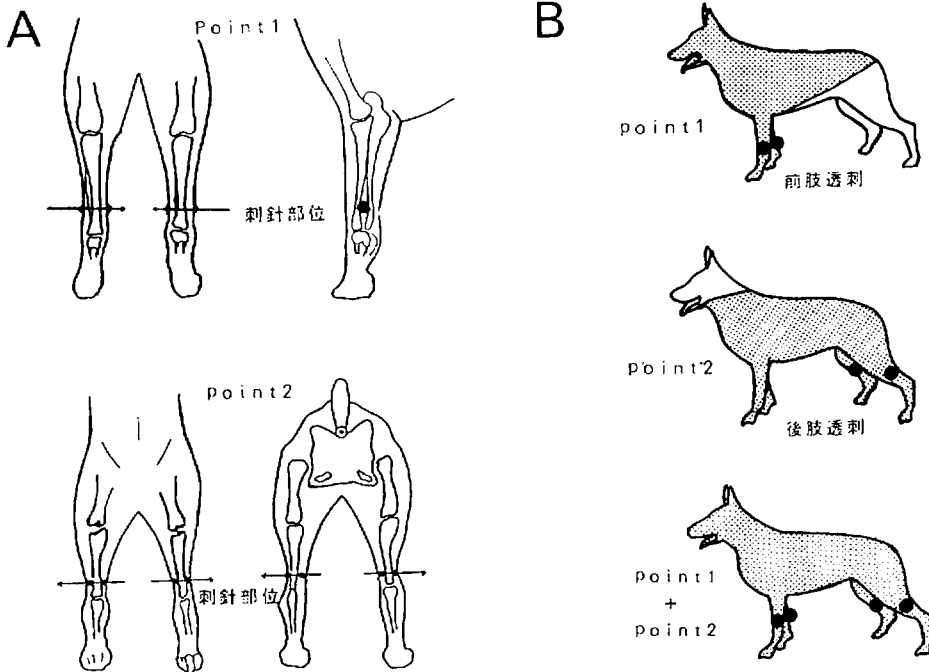


図2 針通電刺激による針麻酔の方法

Point 1 (前刺透刺) の刺入方法は、前肢肘関節と手根骨の間で手根骨の上部1/3の尺骨後縁にある表側の外関穴から裏側の内関穴へ一本の針で直角に透刺する。Point 2 も同様に後肢膝関節と足根骨の間で足根骨の上部1/3の脛骨後縁にある裏側の三陰交穴から表側の附陽穴へ透刺する方法である。使用した針は直径0.7mm前後、長さ70mmのステンレス針である。鎮痛効果の判定は、鉗子による皮下圧迫(鉗圧テスト)時の体動と鳴声の有無によった。なお、図の疼痛閾値上昇部位は石崎がこれまでの電針麻酔方式の予備実験(約100頭のイヌ)から導いたものである。通電時間は深部体温の測定では75分間とし、MVの測定では15分間とした。刺激装置は、動物用ハリ電極治療器(東京電気製テックパルスAM3000)を使用した。

実験中のイヌの保定は起立式断耳杵保定器を使用し、拘束ストレスが加わらないよう配慮した。なお、実験はすべて恒温室(室温 $26 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )で行った。

### III 結 果

#### 1. 針通電刺激および全身麻酔における深部体温の変化

起立式断耳杵保定器で保定したままの状態でも60分間の時間経過にともなう深部体温の変動(対象群)は、各部位とも $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内で極めて小さかった(図は略)。

図3は、ペントバルビタール麻酔下における各部位の深部体温の変化を示す。四肢末梢では薬物静注後、一過性の上昇が認められるが、時間経過とともに各部位の深部体温は漸次下降する。しかし、150分頃から頭部、心臓部、直腸部ではやや回復する傾向を示すが、四肢末梢では依然下降状態にある。深部体温の下降を部位別に比較すると直腸部、頭部、心臓部の体幹部では最大約 $3.2 \sim 3.4^{\circ}\text{C}$ の下降を示したのに対し、前肢、後肢の末梢部では最大約 $7.9 \sim 8.4^{\circ}\text{C}$ の下降を示した。このことから全身麻酔は全身の深部体温を下降させるが、特に末梢部に強く影響し、その効果は非常に長いと言える。

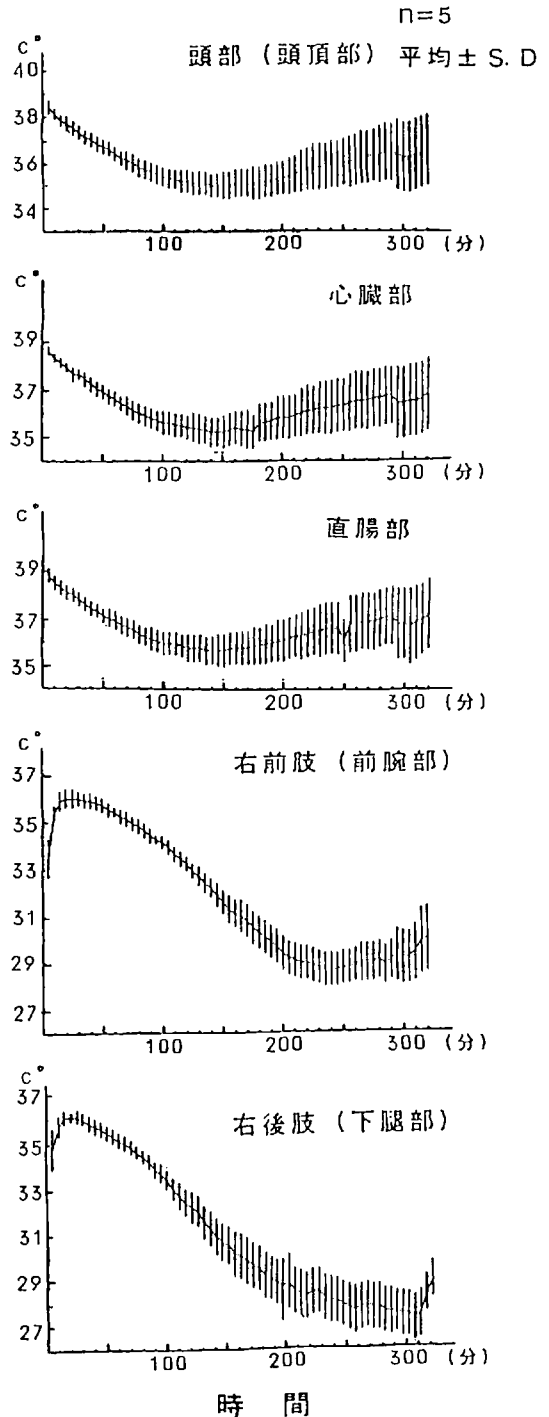


図3 ネンバルビタール麻酔下の深部体温の変化

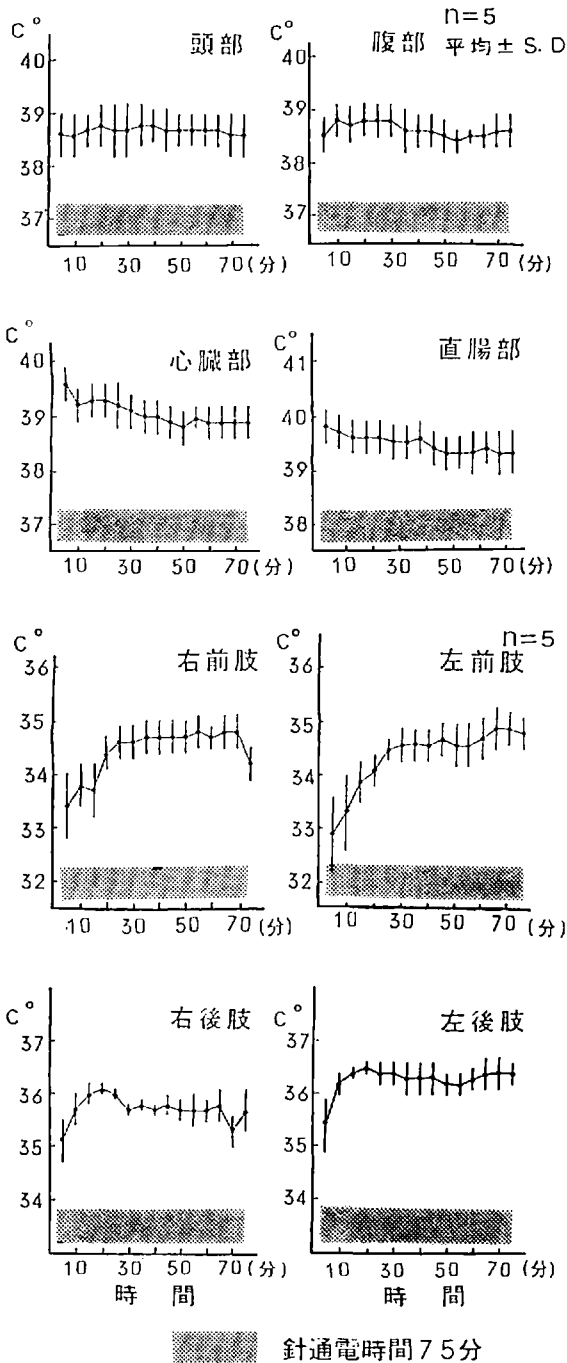


図4 針通電刺激(75分)にたいする深部体温の変化

図4は針通電刺激(電針麻酔)にたいする深部体温の変化を示す。針通電刺激中、頭部、腹部の温度はほとんど変化せず、心臓部と直腸部ではやや下降する傾向を示した。しかし、その温度勾配は $0.5^{\circ}\text{C}$ 以内と小さく、対照群における自然動揺の範囲以内であった。一方、前肢、後肢の末梢部では明らかな上昇( $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ )を示した。このことから針通電刺激は中枢温に相当する体幹部の深部体温にはほとんど影響せず、むしろ末梢循環を促進する作用があると考えられる。

2. 針通電刺激(電針麻酔)および全身麻酔における筋緊張の変化

図5は、対照群におけるMVのパワーアレーを示す。対照群は、 $\theta$ 波( $4\sim 7\text{Hz}$ )、 $\beta$ 波( $13\sim 30\text{Hz}$ )に含有成分の多いMVのパワースペクトルパターンを示した。対照群では時間経過にともなう変動は認められなかった。

図6は、全身麻酔と針通電刺激にたいするMVのパワーアレーの変化を示す。全身麻酔(A)ではアトロピン、セラクタル筋注1分後では全周波数帯域においてパワーは著明に減少した。さらにケタミン筋注によりMVのパワーはさらに減少し、わずかに $\alpha$ 帯域にパワーの出現を認める程度となった。

一方、針通電刺激(B)では針通電刺激終了直後にパワーは著しく減少したが、3~5分後にパワーはかなり回復している。しかし、症例によってはパワーの減少が持続するものもあり、個体差を示した。以上の結果から全身麻酔と針通電刺激(電針麻酔)はともにMVのパワーの減少をおこすことがわかったが、その効果の持続は電針麻酔で短かった。

図7-Aは、全身麻酔におけるMV帯域別振幅の増減変動を示す。アトロピン、セラクタル筋注1分後では全周波数帯域において振幅は著明に減少した。さらにケタミン筋注後3分で各帯域の振幅はさらに減少し、わずかに $\alpha_2$ 帯域( $10\sim 13\text{Hz}$ )に振幅を認める程度となっている。

図7-Bは、針通電刺激におけるMV帯域別振幅の増減変化を示す。9例の実験中4例で同様の

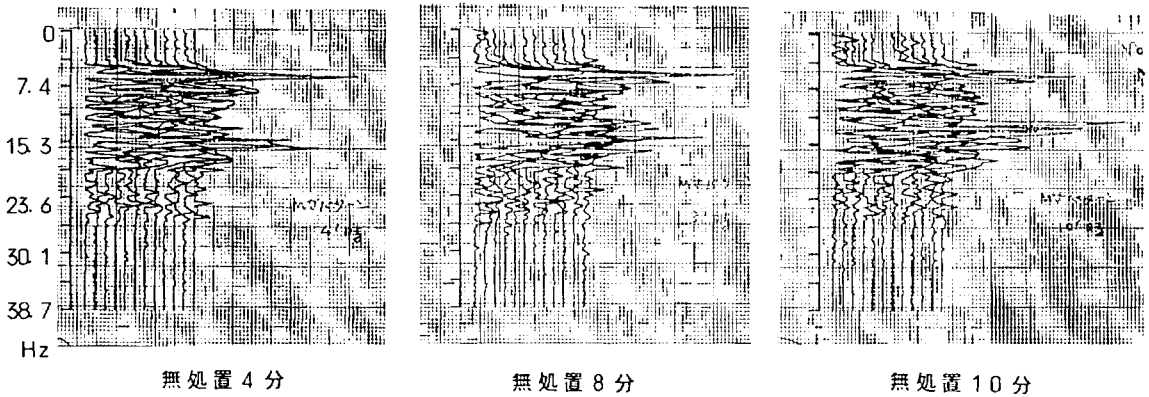


図5 対照群におけるMV原波形とパワーアレー

サンプリングタイムは10msec, 1ラインのデータ長は2.5秒

結果が得られた。針通電刺激により全帯域の振幅は減少し、全身麻酔と同様な変化を示した。なお、振幅の減少を示さなかった4例はいずれも $\alpha$ 帯域や $\beta$ 帯域の増大する傾向を示した。

#### IV 考 察

針通電刺激は一般的には針による「麻酔」として考えられている。しかし、中国では電針麻酔は「不麻不酔」と言われ、明瞭な意識状態の下で痛みのコントロールとともに生体機能を調節することを特徴としており、薬物による全身麻酔とは根本的に異なる。したがって、針通電刺激の特性を明らかにするには、電針麻酔と全身麻酔における生体の生理的反応について比較検討することが望ましいと考えられる。

深部体温は、麻酔時における生体自律機能のモニターとして利用されている。<sup>22,23)</sup> 深部体温計は、体表から計測部直下の組織温を連続的に計測できる装置である。その測定原理は、<sup>11,24,25,26)</sup> 体表上の一部を完全な断熱材で覆えば、深部と体表の温度が釣り合うという熱流補償法による。現在、市販されている深部体温計の検出精度は室温

25°Cでゴム板9mmまで0.1°C以内で計測できる。したがって中核温 (core temperature) が計測できるのではないかと考えられたが、厳密には深部体温計で計測される深部体温 (deep body temperature) は、計測する部位の深部温 (deep temperature) であって中核温ではないとされている。しかし、体幹部 (頭部、腹部、直腸など) の深部体温は中核温に相当し、中枢温としての意味をもつが、四肢末梢部の深部体温は、外殻温 (shell temperature) に対応すると言われている。

本実験では対照群での時間経過にともなう深部体温の変動は、頭部、心臓部、直腸部 (中枢温) および四肢末梢部 (末梢温) のいずれでも0.5°C以内と極めて小さく、安定している。これにたいし全身麻酔下における深部体温の変動は極めて大きく、中枢温 (頭部、心臓部、直腸部) では最大で3.2~3.4°C程度下降した。末梢部 (前肢、後肢) ではその傾向はさらに著しく、最大で8.4°Cまで下降した。このように全身麻酔の場合は麻酔剤の影響で全身の深部体温は下降し、特に四肢末梢部における深部体温の下降は著しい特徴を示し

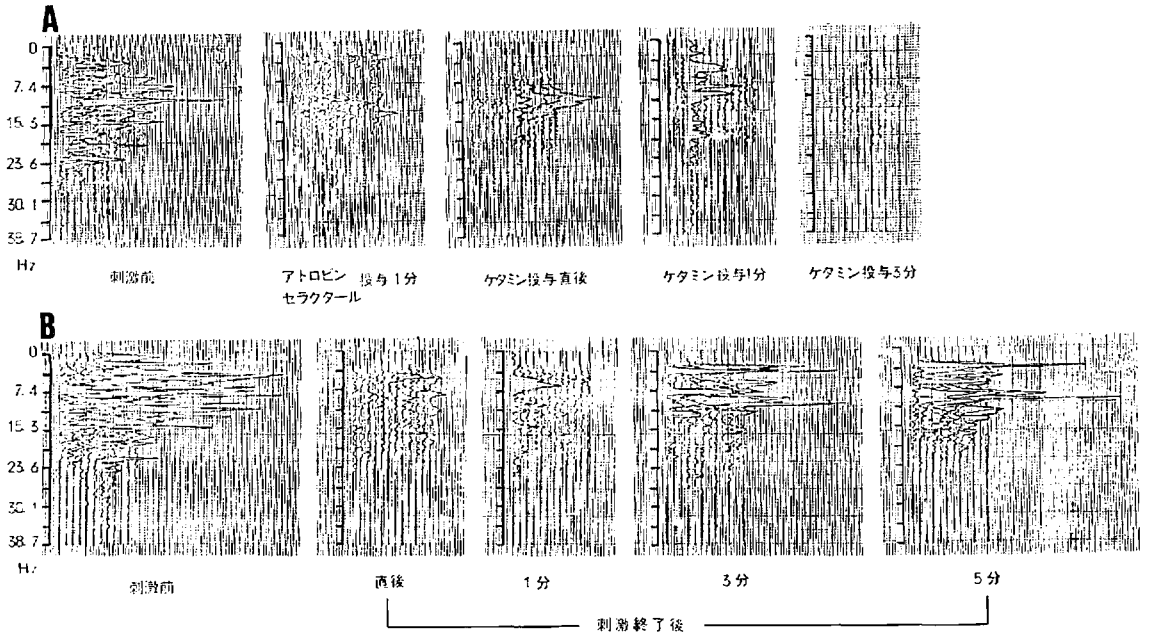


図6 薬物麻酔 (A) と針通電刺激 (B) におけるMVパワーアレーの変化

薬物麻酔では顕著なパワーの減少を示した。針通電刺激 (電針麻酔) では薬物麻酔ほど著しくはないが同様なパターンを示した。(サンプリングタイムは10msec, 1ラインのデータ長は2.5秒)

た。

これにたいし針通電刺激による電針麻酔の場合、心臓部、直腸部で約0.5°C程度の下降を示すものの頭部、腹部では安定しており、四肢末梢では軽度の温度上昇が認められた。このように針通電刺激は、全身麻酔の場合のように全身の深部体温を下降させず、むしろ四肢末梢部の循環改善を引き起こし、この部位の深部体温を上昇させるところが特徴と言える。末梢部の深部温度の上昇は、おそらく針通電刺激による筋収縮にともなう末梢循環の促進によるものであろう。

一方、MVも全身麻酔による鎮痛効果の判定に早くから応用されていた生体反応の一つである。MVの発生機序は、筋振動成分と心弾心性振動成

分に由来し、自律神経が密接に関与していると言われている。<sup>12,13)</sup> MVの振幅の変化について諸説をまとめると、振幅減少は自律神経安定状態、心身の弛緩(リラククス)、筋の弛緩、麻酔時にみられ、振幅増大は自律神経不安定、筋の過緊張、精神の緊張、痛み刺激時にみられる。したがってMVは、筋の緊張を測定する指標として、また痛みの指標として有用である。<sup>27,28,29,30,31,32)</sup>

本実験では全身麻酔によりMVの振幅は著明に減少し、各帯域別でも周波数のパワーは著しく減少した。この振幅の減少は塩酸ケタミンの投与で著明となるが、前投薬の硫酸アトロピンとセラクタルの投与でも引き起こされる。つまり、振幅の減少は中枢性麻酔剤による筋弛緩作用で著明と

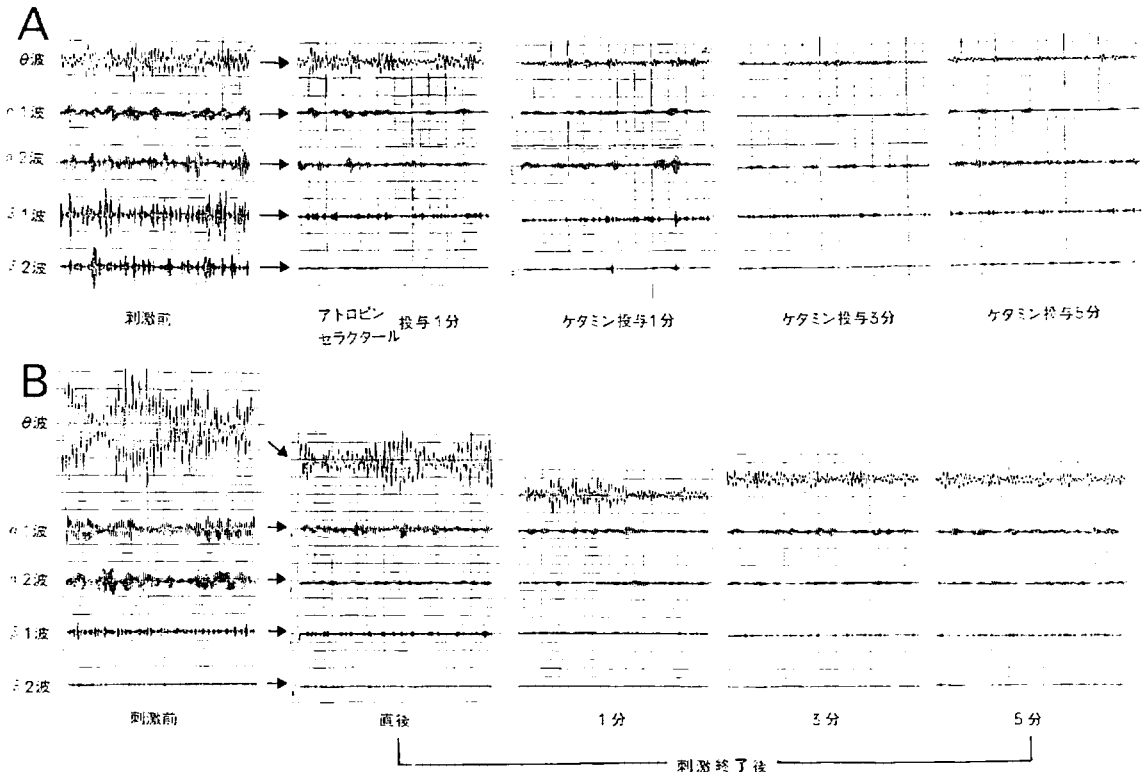


図7 薬物麻酔(A)と針通電刺激(B)におけるMV周波数帯域別振幅の変化

逆フーリエ解析による各周波数帯域のアナログ波形である。薬物麻酔(A)では前投薬(アトロピンとセラクタル)でも振幅は減少し、塩酸ケタミン投与でさらに振幅は減少を示した。Bは針通電刺激(電針麻酔)でMV振幅の顕著な減少を示した代表例である。他の症例も同様な変化を示したが、薬物麻酔ほど抑制的ではない。

なるが、セラクタルのような鎮静剤でも起こることがわかる。したがってMV振幅の減少は、中枢神経機能の鎮静効果(心身のリラックス効果)を現す指標にもなりうる。

針通電刺激でもMVの各周波数帯域のパワーは、全身麻酔と同様減少した。この現象はおそらく針通電刺激による中枢神経系への鎮静作用によるものと考えられる。それはヒトの実験でも針通電の鎮静効果が報告<sup>33)</sup>されていること、また、セラクタル投与と同様の反応を示したことはこの考えを支持するものである。

以上、深部温度とMVの結果を総合してみると全身麻酔は生体反応を強力に抑制することによって鎮痛作用を得る。これにたいし針通電刺激による電針麻酔は正常な生体反応を維持しながら鎮痛効果を得ることができる。したがって電針麻酔は全身麻酔のように強力な薬理作用による「麻酔」とは根本的に異なるものである。

#### V まとめ

針通電刺激の刺激特性を明らかにするため深部体温とMVにたいする効果を指標として全身麻酔



と比較検討した結果、以下の成績を得た。

1) 全身麻酔による深部体温は著しく変化し、中枢温(頭部、心臓部、直腸部)で最大3.2~3.5°C、四肢末梢部(前肢部、後肢部)では最大8.4°C下降した。

2) 針通電刺激による深部体温の変化を調べた結果、中枢温の変動は小さく、自然動揺内であったが、四肢末梢部では軽度上昇した。

3) 全身麻酔によりMVは、各周波数帯域において著明な振幅の減少を示した。

4) 針通電刺激でも全身麻酔と同様、各周波数帯域で著しい振幅の減少を示した。

以上の結果から針通電刺激による電針麻酔と全身麻酔との間の差異について論議した。

#### 文 献

- 1) Mayer, D. J., Price D. D. and Rafii, A : Antagonism of acupuncture analgesia in man by the narcotic antagonist naloxone, *Brain Research* 121 : 368, 1977.
- 2) Pomeranz, B. and Chiu, D. : Naloxone blockade of acupuncture analgesia. Endorphin is implicated. *Life Sci*, 19 : 1757, 1976
- 3) Pomeranz, B. and Peets J. M. : CXBK mice deficient in opiate receptors show poor electroacupuncture analgesia, *Nature*, 273 : 675, 1978.
- 4) Chung, S. and Dickenson, A. : Pain, enkephalin and acupuncture, *Nature*, 283 : 243, 1980.
- 5) Pomerantz, D. : Brain's opiates at work in acupuncture?, *New Science*, 173 : 12, 1977.
- 6) 森 和, 矢野 忠, 丸山彰貞 : 脳内活性物質と針麻酔の関連性についての研究, 岡崎国立共同研究機構生理学研究年報, 6 : 170, 1985.
- 7) 矢野 忠, 丸山彰貞, 森 和 : 針灸医学への獣医学的アプローチ, *臨床獣医*, 3 : 35, 1985.
- 8) 芹沢勝助, 森 和, 西条一止 : 鍼麻酔方式による鎮痛・麻酔作用について, *東京教育大学教育学部紀要*, 20 : 181, 1974.
- 9) 森 和, 芹沢勝助 : 動物針麻酔の実験医学的研究, *東京教育大学教育学部紀要*, 24 : 197, 1978.
- 10) 浦野菊男, 大野 豊, 山田 茂 : イヌのハリ通電麻酔の臨床的効果, *獣医畜産新報*, 678 : 94, 1978.
- 11) Togawa, T., Nemoto, T. and Tsuji, T. : Deep temperature monitoring in intensive care, *Resuscitation*, 7 : 53, 1979.
- 12) 菅野久信 : MVの発生機序, *MICROVIBRATION—基礎と応用*, 稲永和豊編集, 医学書院, 東京, 第1版 : 22, 1966.
- 13) 尾崎俊行 : MVの基礎的研究, *MICROVIBRATION—基礎と応用*, 稲永和豊編集, 医学書院, 東京, 第1版 : 40, 1966.
- 14) 佐野圭司 : 正常脳波, 新脳波入門, 時実利彦, 藤森聞一, 島岡安雄, 佐野圭司共著, 医学書院, 第4版 : 117, 1974.
- 15) Walter, W. G., Hill, D. and Parr, G. : Electroencephalography. A Symposium on its various aspects, Mac Millan, New York, 11th : 63, 203, 1950.
- 16) 石崎 智 : 犬における針通電麻酔による頭部、頸部の Analgesia の解明と Area の拡大による手術の実際, *獣医畜産新報*, 683 : 334, 1978.
- 17) 石崎 智 : 犬における針通電麻酔による腹部、腰部、臀部の Analgesia の解明と Area の拡大による手術の実際, *獣医畜産新報*, 648 : 409, 1978.
- 18) 石崎 智 : Poor-risk と針麻酔, *獣医麻酔*, 12 : 59, 1981.
- 19) Young, H. G. : Regional analgesia dogs with electro-acupuncture, *California Veterinarian/November* : 11, 1979.
- 20) 小林 聡 : 針麻酔の作用機序とその周辺, *理療の科学*, 10 : 65, 1984.
- 21) 小林 聡 : 針麻酔の作用機序とその周辺, *理療の科学*, 11 : 64, 1986.
- 22) 須磨幸蔵 : 術中術後患者モニタリング, 今日臨床外科5, メディカルビュー社, 第1版, 東京 : 21, 1977.
- 23) 秦 恒彦, 森本文子, 窪田悦三 : 深部体温(コアテンプ)を使用した麻酔中の深部体温変動の解析, *臨床体温*, 3 : 11, 1983.
- 24) Fox, R. H., Solman, A. J. and Isaacs, R. : A new method monitoring deep body temperature from the skin surface, *Clinical Science*, 44 : 81, 1973.
- 25) 根本 鉄 : 深部体温センサー, *医機学*, 55 : 626, 1985.
- 26) 辻 隆之, 須磨幸蔵 : 深部体温計, *臨床検査*, 29 : 1027, 1985.
- 27) 田中 潔 : 薬理学におけるMVの応用, *MICROVIBRATION—基礎と応用*, 稲永和豊編集, 医学書院, 東京, 第1版 : 116, 1966.
- 28) 長崎信行, 勝田信夫 : 鎮痛剤判定法としてのMVの応用, *MICROVIBRATION—基礎と*

- 応用, 稲永和豊編集, 医学書院, 東京, 第1版: 132, 1966.
- 29) 横尾秀洪: 疼痛指標としての Minor Tremor Pain Response に関する基礎的研究第1編, デジタル型積分計による定量化に関する実験, 久留米医誌, 28: 1078, 1965.
- 30) 横尾秀洪: 疼痛指標としての Minor Tremor Pain Response に関する基礎的研究第2編, デジタル型積分計による定量化に関する実験, 久留米医誌, 28: 1276, 1965.
- 31) 桑江朝彦: 鎮痛効果判定法としての Minor Tremor 疼痛反応及びその機転に関する研究, 久留米医誌, 28: 1351, 1965.
- 32) 山内育郎: 精神薬物とMV, MICROVIBRATION—基礎と応用, 稲永和豊編集, 医学書院, 東京, 第1版: 219, 1966.
- 33) 矢野 忠, 丸山彰貞, 田中淳子他: 鍼通電, TENSによるEEGトポグラムの変化, 明治鍼灸医学, 1: 55, 1985.