

《原 著》

鍼通電, TENSによるEEGトポグラムの変化

明治鍼灸大学・東洋医学教室

矢野 忠 丸山 彰貞 田中 淳子
片山 憲史 森 和

要旨：鍼治療効果の重要な因子として“鍼のひびき”がある。特に心地よいひびき（刺激感覚）は、鍼の適量刺激の指標と考えられている。現在、鍼の響き感覚を得るには手による方法と電気刺激による方法がある。手による方法では鍼の響き感覚を微妙かつ自在に操作できるが、それには高度の技術が要求される。そのため日常臨床では簡単に安定的に刺激感覚を得ることのできる電気刺激による方法が頻用されている。

そこで鍼麻酔や鍼鎮痛の治療に応用されている鍼通電とTENSを取り上げ、その刺激効果について検討した。今回は特に刺激感覚の観点からアプローチし、低周波通電療法の大脳皮質機能に及ぼす効果について脳波トポグラムを指標に実験を行なった。

その結果、低周波通電は、精神を安定化し、快適状態に誘導する作用があることを明らかにすることができた。

The Effects of Electro-acupuncture and TENS on EEG Topogram

**Tadashi YANO, Akisada MARUYAMA, Atsuko TANAKA,
Kenji KATAYAMA, and Kazu MORI**

Department of Oriental Medicine, Meiji Collage of Oriental Medicine

Summary: Acupuncture medicine is characterized by the use of mild physical stimulation on specific areas of the body (acupoint) to help adjust the function of the entire body.

A comfortable sensation induced by acupuncture is considered to be sign of the therapeutic effects.

This study was desiged to examine the effects on the electro-acupuncture and TENS for testing their influences on the central nervous system.

EEG topogram was recorded on 12 healthy male adults with the ten-twenty electrode system. During the EEG recording the eyes were closed and the total power of each frequency band (theta band, alpha band, beta band) was represented in the EEG topogram. The stimulation by the electro-acupuncture and TENS were performed on the neck acupoint of Wanku (完骨), the upper limb acupoints of Hoku-Shou Sanli (合谷—手三里), and the lower limb acupoints of Sanyinchiao-Tus Sanli (三陰交—足三里). Stimulation done for 10 minutes, at the frequency of 2 Hz and 8 Hz, with threshold intensity to cause a slight muscle twitch.

The results are as follows:

- 1) The power spectrograms of each separate frequency band showed distinct changes between theta band and alphe band by the stimulation.
- 2) Those changes were characterized by the increased activity of alpha and theta bands during and after the stimulation.
- 3) Changes in EEG power were not limited to any area of the cortex, but extended to the entire cortex.

Key words: 鍼通電 Electro-acupuncture, 経皮的神経刺激法 TENS, 脳波トポグラム EEG topogram.

I 研究目的

鍼灸治療効果の重要な因子として“鍼のひびき”がある。特に心地よいひびきは、鍼の適量刺激の指標と考えられている。⁸⁾優れた臨床家は、この鍼独特のひびき感覚を巧みに操作しながら、患者を快適状態に誘導するといわれている。

鍼のひびき感覚を得るには手による方法と電気刺激による方法がある。手による方法は鍼の巧みな操作によって心地よいひびきを自在に操作できるが、一定のひびき感覚をある時間連続的に発生させるにはかなり高度の技術が要求される。これに対し電気刺激による方法は手による方法ほど微妙なひびきを引き起こすことはできないが、均一のひびき感覚を連続的に発生させることは非常に容易である。

そこで鍼麻酔や鍼鎮痛の治療に頻用される鍼通電とTENS（経皮的神経刺激法, Transcutaneous Electro Nerve Stimulation）の効果について刺激感覚の観点からアプローチし、低周波通電療法の特徴について検討した。特に低周波通電時の心地よい刺激感覚が中枢神経機能（特に精

神作用）にどのような影響を及ぼすか、脳波トポグラムの指標を検討した。

その結果、低周波通電の心地よい刺激感覚は、精神を安定化し、快適状態に誘導する作用があることを明らかにすることができたので報告する。

II 研究方法

1. 研究対象

19～25才の健康成人男子ボランティア12名を研究対象とした。

2. 刺激部位

刺激部位特性を考慮し、上肢刺激（合谷—一手三里）、下肢刺激（三陰交—一足三里）、頸部刺激（完骨—完骨）の3箇所とした。

3. 刺激の種類及び刺激方法

刺激の種類として鍼通電方式とTENSの2種類を採用した。

鍼通電方式は、上肢部では片側合谷（陰極）—一手三里（陽極）を選穴し、下肢部では片側三陰交（陰極）—一足三里（陽極）選穴した。いずれの場合も2 Hzの刺激頻度で軽度の筋収縮が生ずる程

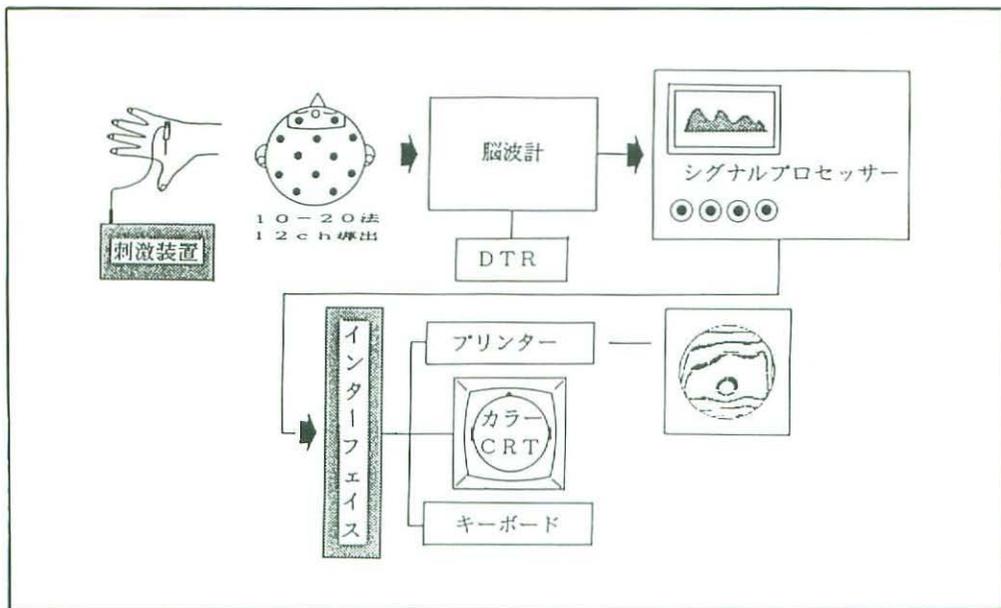


図1 EEGトポグラフィーの解析方法

パワースペクトル

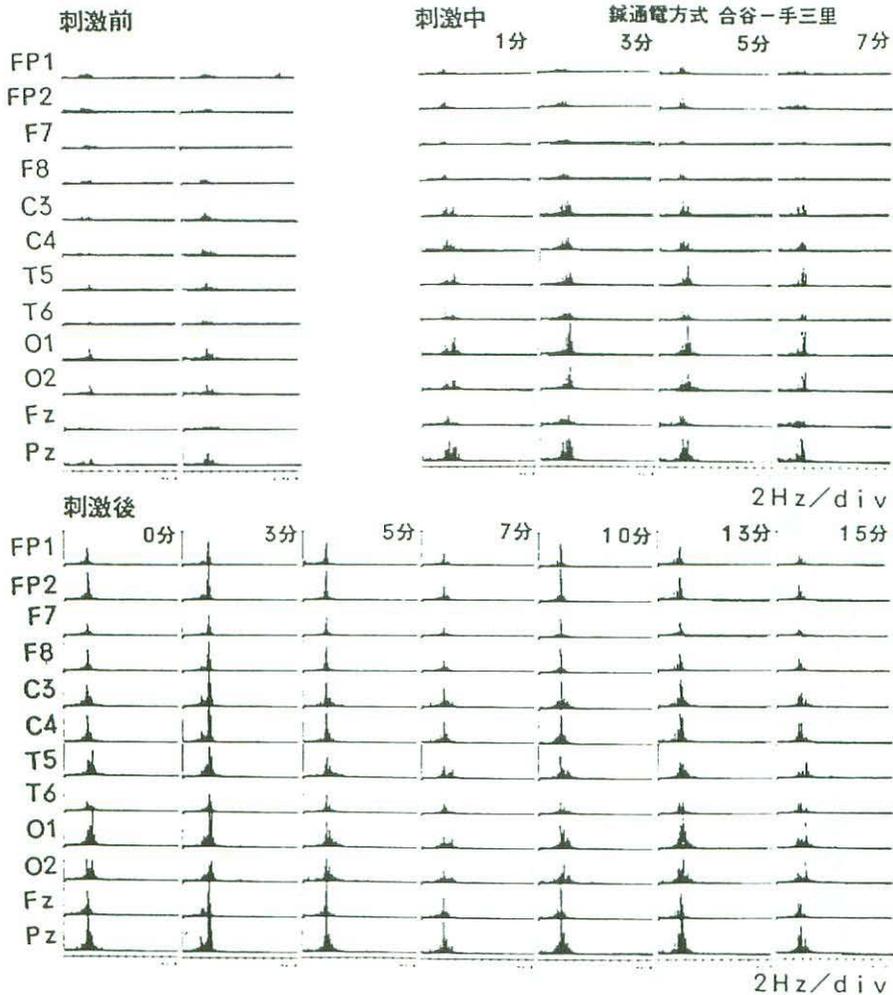


図2 鍼通電刺激がパワースペクトルに及ぼす効果

頭皮12ヶ所のパワースペクトルの変化である。刺激部位は合谷一手三里（左側）である。刺激後は前頭部、前頭極部のパワーも増大し、ほぼ全皮質領域において α 帯域のパワーは著明な増大を示した。図の記号は次のとおりである。奇数は左、偶数は右、Fp：前頭極部、F：前頭部、C：中心部、P：頭頂部、O：後頭部、T：側頭部、Fz：正中前頭部、Cz：正中中心部、Pz：正中頭頂部（以下同じ）

度の強度で10分間通電した。なお、刺激感覚として快適刺激感覚が得られるよう配慮した。

TENSは、頸部の左右完骨（左陰極、右陽極）のみとした。刺激条件は、2 Hzと8 Hzの刺激頻度で10分間通電し、鍼通電方式と同様快適刺激感覚が得られるよう刺激強度を調整した。刺激部位と刺激頻度は、いずれも臨床で常用されている部位と周波数をそのまま採用した。

4. 脳波記録法と解析方法

脳波記録は、半防音シールド室で行った。コントロールは脳波電極装着後20分間とし、刺激中・刺激後15~20分まで記録した。

脳波電極は皿電極とし、Ten-Twenty Electrode System に従い、頭皮上12ヶ所に装着した。不関電極は両側耳朶とし、時定数0.3sec high cut off の条件下で単極誘導で記録した（図1）。

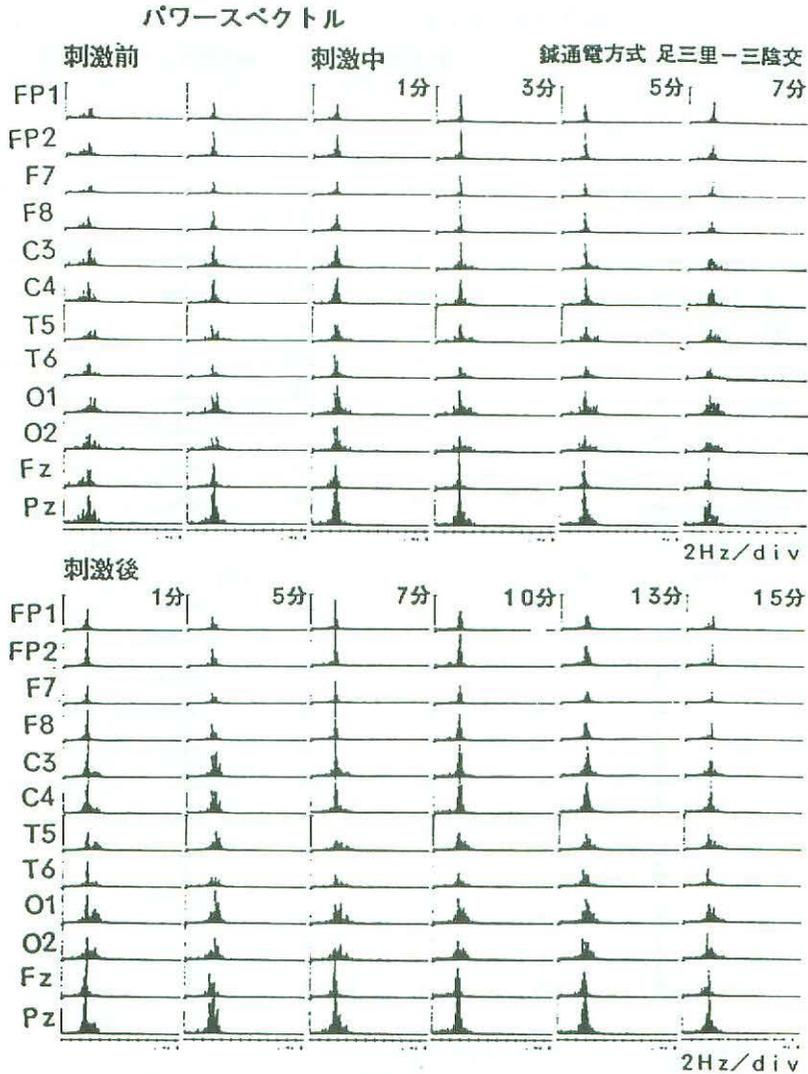


図3 鍼通電刺激がパワースペクトルに及ぼす効果について

頭皮上12ヶ所のパワースペクトルの変化である。刺激部位は三陰交-足三里（左側）である。合谷-手三里刺激と同様刺激中から刺激後にかけて α 帯域のパワーは増大を示した。

脳波記録はすべて安静臥床閉眼時に行い、全データはDTR（データレコーダ）に収録し、offlineで日本電気三栄測器製 EEG Topography System 500 で解析した。なお、解析データ長は約40秒前後とした。

脳波解析は、FFT（Fast Fourier Transform）による各周波数帯域の全パワーを求め、これを脳波等電位分布図（Amplitude Topogram）

としてカラーCRT上に表示し、刺激前後のEEGトポグラムのパターン変化を中心に検討した。なお、一部の症例についてはパワースペクトルを検討した。

5. 低周波通電刺激時の内省調査

低周波通電刺激によって引き起こされた感覚や気分あるいは心身の状態について実験終了時に口頭で聴取した。

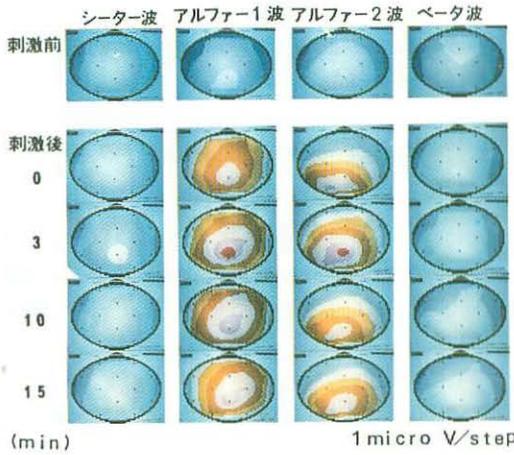


図4 鍼通電刺激によるEEGトポグラムの変化
刺激部位は合谷一手三里（右側）である。刺激後、頭頂部を中心に全皮質領域の α 帯域のパワーは著しく増大した。特に $\alpha 1$ 帯域のパワーの増大は顕著である。

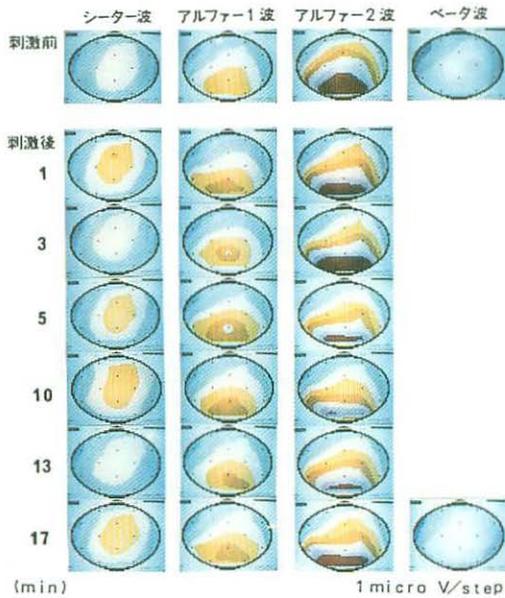


図5 鍼通電刺激によるEEGトポグラムの変化
刺激部位は合谷一手三里（左側）である。刺激後、頭頂から前頭部にかけて θ 帯域のパワーは増大を示した。いわばF m θ の出現を認めた症例である。

Ⅲ 研究結果

1. 鍼通電方式の刺激効果

図2は、合谷一手三里鍼通電刺激前後における

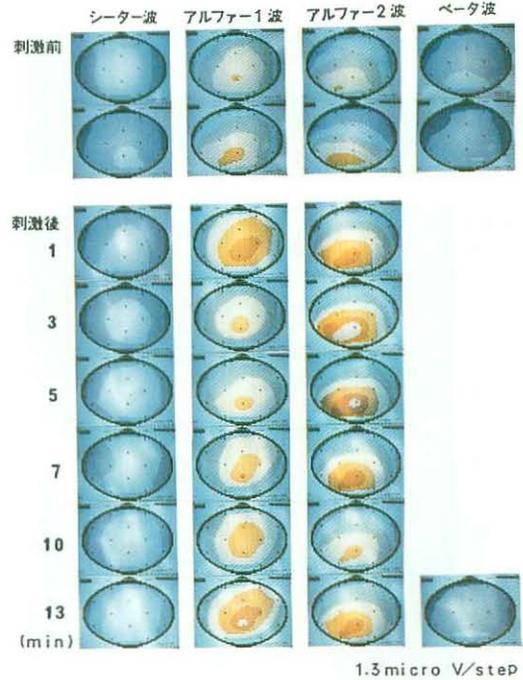


図6 鍼通電刺激によるEEGトポグラムの変化
刺激部位は三陰交一足三里（左側）である。頭頂部を中心とした α 帯域のパワーは増大するものの合谷一手三里刺激に比べるとやや小さい傾向にある。

頭皮上12ヶ所のパワースペクトルの変化を示したものである。

刺激前に比べて刺激中から頭頂部（Parietal）、後頂部（Occipital）、中心部（Central）、側頭部（Temporal）の α 帯域のパワーは著しく増大し、刺激後はさらに前頭部（Frontal）、前頭極部（Fronto-polar）の α 帯域パワーも増大し、ほぼ全皮質部のパワー増大が認められた。

図3は、三陰交一足三里鍼通電刺激前後における頭皮上12ヶ所のパワースペクトルの変化を示したものである。

合谷一手三里刺激と同様刺激中から刺激後にかけて α 帯域のパワーは徐々に増大することが認められた。

以上、代表例のパワースペクトルの変化で認められるように鍼通電刺激により α 波のパワーは増

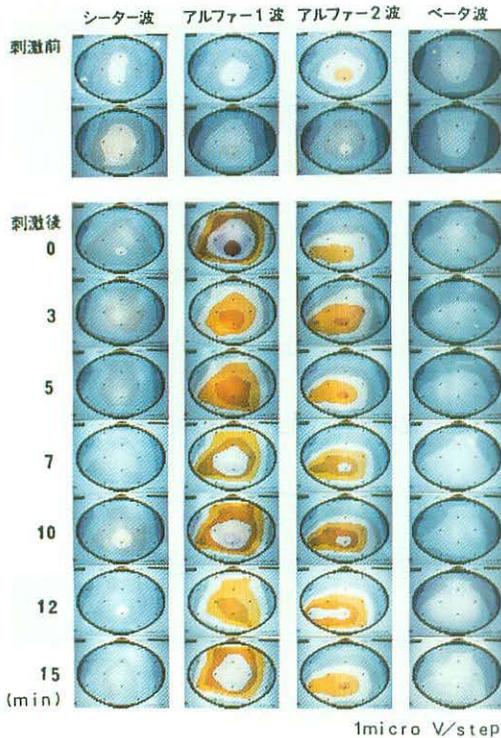


図7 TENSによるEEGトポグラムの変化

刺激部位は左右完骨である。刺激後、 α 帯域のパワーは全皮質領域において著明な増大を示した。特に $\alpha 1$ 帯域の増大は著しい。

大する傾向を示したが、これらをさらに脳波の等電位分布図として再構成し、帯域別パワーのトポグラムの変化についてさらに検討した。

図4は、合谷一手三里鍼通電刺激前後の帯域別等電位分布図である。

刺激前の等電位分布に比べて刺激後は頭頂部を中心に全皮質領域の α 帯域、特に $\alpha 1$ 帯域のパワーが著明に増大する傾向を示した。刺激後15分経過してもなお α 帯域のパワーの増大が持続している。

図5は、同じく合谷一手三里鍼通電刺激前後の帯域別等電位分布図である。

この症例は α 帯域のほかに更に θ 帯域のパワーが頭頂部から前頭部にかけて増大した例で、いわばFm θ (Frontal Midline theta rhythm) の出現を認めた症例である。刺激後の θ 帯域のパ

ワーはリズムカルに変動しながら経過している。 α 帯域のパワーは、前例と同様刺激後15分経過してもなお増加傾向にある。

図6は、三陰交一足三里鍼通電刺激前後の帯域別等電位分布図である。

刺激後、 α 帯域のパワーは増大するものの、合谷一手三里通鍼通電刺激に比べるとパワーの増大傾向はやや小さい。しかし、帯域別等電位分布図パターンの変化は合谷一手三里刺激と同様の傾向を示した。

2. TENSの刺激効果

図7は、左右完骨のTENS刺激前後の帯域別等電位分布図である。

刺激後、 α 帯域のパワーは頭頂部を中心に全皮質領域において著明な増大傾向を示した例である。刺激後15分経過してもなおパワーの増大を示している。

図8は、脳波電極装着部の α 帯域の電位を直接計測しグラフ化したものである。

刺激後、全導出部のパワーは増大し、刺激後15分経過してもなお増大傾向を維持している。特に $\alpha 1$ 帯域のパワーの増大は著しい。

図9は、同じく左右完骨のTENS刺激前後の帯域別等電位分布図である。

この症例は、 α 帯域のパワーの増大とともに θ 帯域のパワーがわずかに増大した例である。 $\alpha 1$ 帯域の著明なパワー増大にともなって、わずかに θ 帯域の出現を認める程度である。

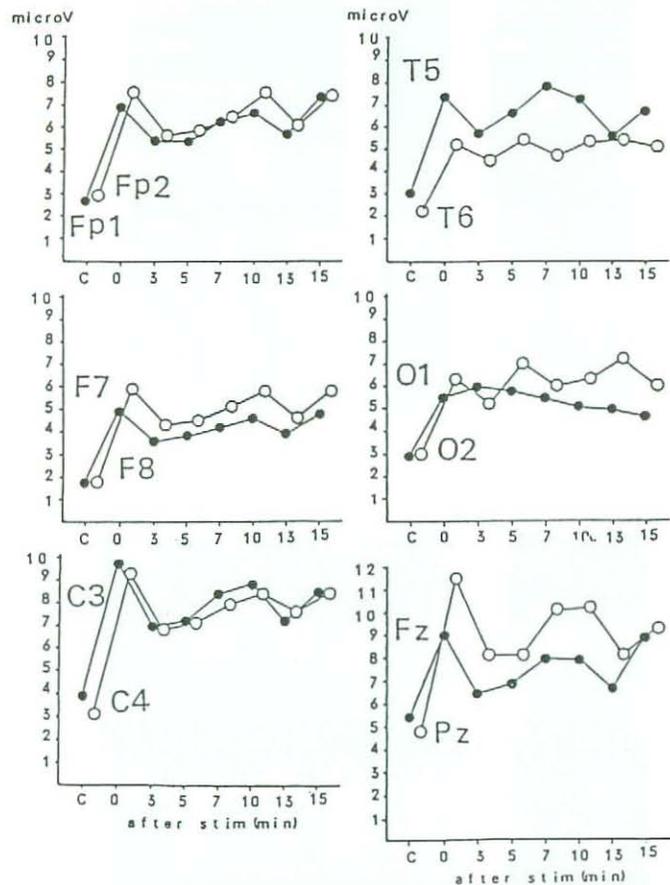
図10は左右完骨の鍼通電刺激前後の帯域別頭電位分布図と左右完骨の置鍼刺激前後の帯域別等電位分布図である。

左右完骨の鍼通電刺激では α 帯域のパワーの増大が認められたが、置鍼刺激では帯域別等電位分布図にほとんど変化が認められなかった。なお、置鍼の場合は、ひびき感覚が充分得られなかった。

3. 鍼刺激時の内省調査

完骨穴置鍼以外の全例において刺激感覚は心地よく、適度な刺激強度であることが解った。刺激中から刺激後にかけて非常に快適状態か非常に落ち着いた状態にあった。

アルファー1波



アルファー2波

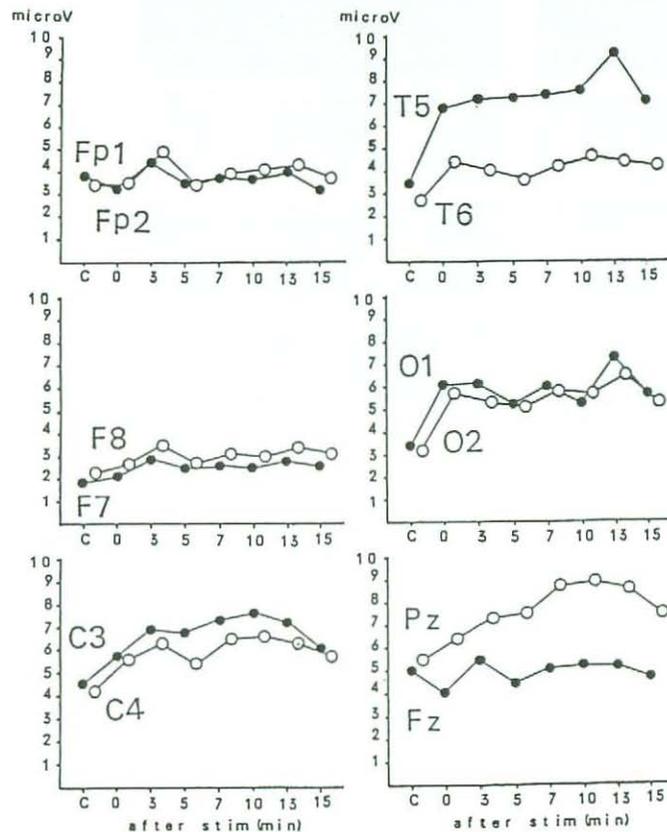


図8 TENSによるEEGトポグラムの変化

頭皮12ヶ所における α 帯域の電位変化である。 α 1帯域のパワーの増大は著しく、ほぼ全導出部において同等のパワーの増大が認められる。

IV 考 察

脳波等電位分布図は、パワースペクトル分析と脳地図作成の演算方式 (algorithm, アルゴリズム) から成っている。その演算方式は一定時間の脳波データのパワースペクトルにおける特定の周波数帯域の平均パワーの平方根をその脳波活動の等価電位と定義している。この等価の電位を頭皮上12ヶ所の測定部位について算出し、補間と量子化を行なうことによって、動的な脳波についても静止した地図として表現可能にしたものがEEGトポグラムである。したがって、脳波等電位分布図は任意の時刻における大脳皮質活動のパターン (精神作用, こころの動き) を反映するものである。もし、電位分布が高い空間周波数成分を持っている場合でも、当然その成分は補間によって平滑化されることになり、ある時刻における脳波変化を安定的に表現することが可能である。^{2,5,6,17)}

以上のような安定的な脳波解析法を採用するこ

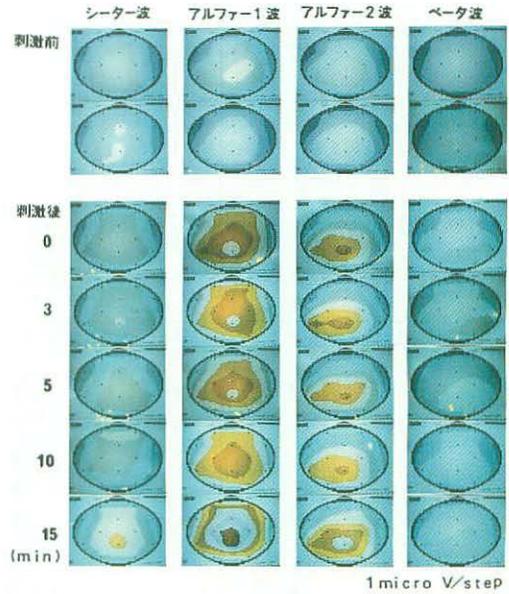
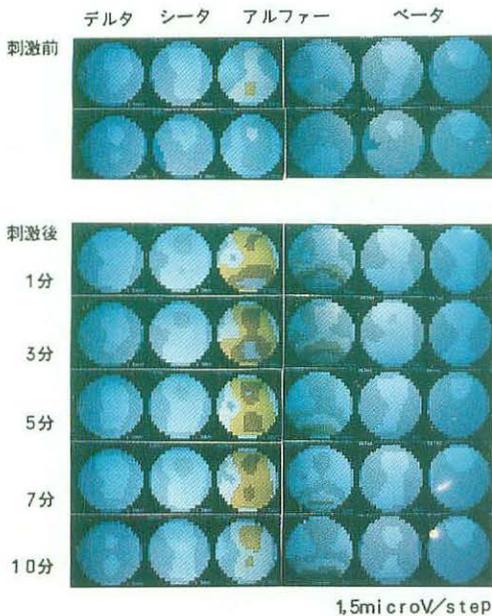


図9 TENSによるEEGトポグラムの変化
α1帯域の著明なパワー増大に伴ってθ帯域のパワーもわずかに増大している。

完骨-完骨 鍼通電方式



完骨-完骨 置鍼

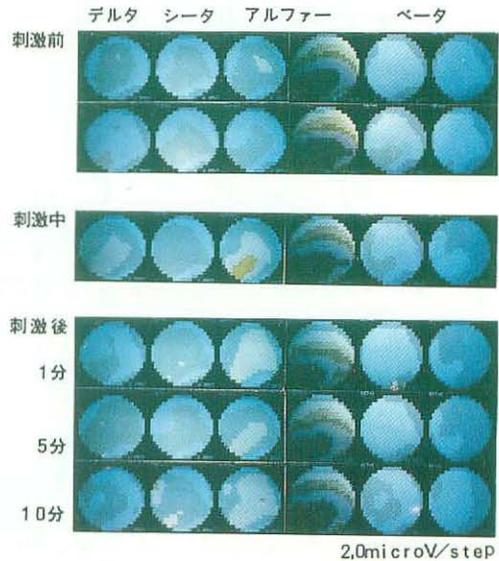


図10 完骨の鍼通電および置鍼におけるEEGトポグラムの変化

鍼通電刺激ではα帯域のパワーの増大は認められるものの、置鍼刺激ではEEGトポグラムの変化は認められなかった。なお、完骨の置鍼では充分なる“鍼のひびき”は得られなかった。

とにより低周波通電刺激の大脳皮質活動への影響を明らかにすることが出来る。

そこで各部の経穴刺激における各帯域別等電位分布図について検討したところ、共通した変化として頭頂部を中心として α 波あるいは θ 波が全皮質領域に拡散するようにパワーが増大する傾向が認められた。タイプとして α 帯域のパワー増大を示す α 波増大型と α 帯域とともに θ 帯域のパワーの増大を示す θ 波増大の2つに分類できる。

低周波通電刺激によるこのような脳波変化は上肢刺激（合谷—手三里）でも下肢刺激（三陰交—足三里）でも、さらに後頸部（完骨—完骨）刺激でもほぼ同じように発現することから刺激部位にはあまり関係ないものと考えられる。むしろ低周波通電による心地よい断続的な刺激効果が脳波変化を引き起こしたのと考えられる。いわば心地よい物理的刺激作用の非特異的な効果として捉えることができよう。

脳波等電位分布への広範囲な影響を及ぼす低周波通電刺激は、非特殊投射系を経て大脳皮質領域に作用するものと考えられる。筆者らは、合谷—手三里の低周波通電刺激における脳内神経細胞活動についてポジトロンCTイメージを検討したところ視床—皮質系の賦活作用が認められ、非特殊投射系を介した diffuse な皮質への影響を確認している（図11）^{14,15,16} 低周波通電刺激による脳波等電位分布図の変化も同様な機序によるものであろう。

また、帯域別脳波等電位分布図の中で θ 帯域あるいは α 帯域のパワーが著明に増大したことは、低周波通電時の心地よい刺激感覚により快適状態あるいは非常に落ち着いた状態が引き起こされた結果によるものと考えられる。

一般に θ 波あるいは α 波は心身のリラックスした状態にあるとき、あるいは不安状況が解消されたときに、そのパワーは増大するといわれている。⁹⁾特にFm θ は、Diazepam 投与、不安状況の解消、内的に快の状態にあるときに発生してくるといわれている。^{3,4,7,18)}したがって低周波通電により θ 帯域や α 帯域のパワーが増大すること

は、明らかに快適状態あるいは非常に落ち着いた状態に誘導された結果によるものといえる。実際、被験者全例の内省調査ではいずれも心身がリラックスし、非常に心地よい気分であったと報告していることと符号する。

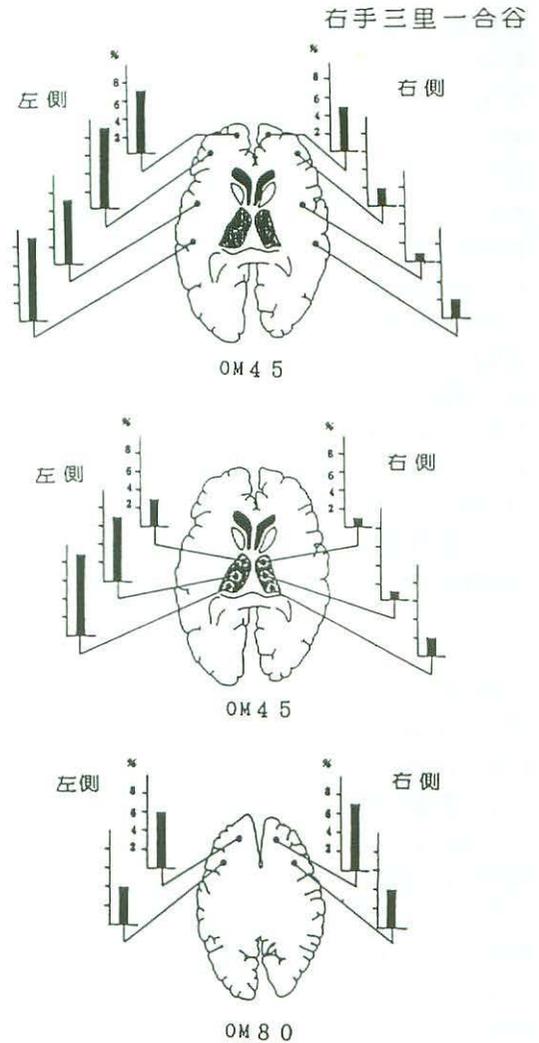


図11 鍼通電刺激における脳神経細胞の活動の変化

刺激部位は合谷—手三里（右側）である。RIは¹¹C-glucoseである。刺激前後におけるポジトロンCT画像の関心領域の増減率を求め、グラフ化した。視床部では刺激側の反対側にあたる部で代謝の亢進を認めた。このことから鍼通電刺激は視床を経由し、非特殊投射系を介して広範囲の大脳皮質に影響を及ぼすものと考えられる。

なお、このような効果が刺激中から徐々に発現し、刺激後さらに著明になることから考えて、これらの現象は単なる神経反射機構によるものではなく、アミン系やエンドルフィン類などの体液性因子が関与することを示唆するものである。最近、快感を操る神経線維としてA¹⁰ドーパミン作動神経線維が注目されている。^{10,11)} この神経線維は脳幹部から起り、広く大脳皮質を支配し、快感の発現と感情の発動の根源として機能するものと考えられている。鍼刺激による快適状態への誘導にもこのドーパミン作動神経線維の関与が推測される。そして、このような反応系を引き起こすにはA群に属する求心性の神経線維の連続的な刺激が大きな役割を演ずるものと考えられる。^{1,12,13)}

以上、低周波通電刺激による大脳皮質機能への効果について検討してきた。本研究では経穴、非経穴刺激における効果の差について検討してないため、これらの効果が経穴の非特異的効果なのか、あるいは心地よい刺激そのものの非特異的効果なのか明らかでない。この点について今後さらに検討し、低周波通電療法の中樞神経機能への効果の重要性について明らかにしていく予定である。

V ま と め

低周波通電の心地よい刺激が、大脳皮質機能にどのような効果を及ぼすか脳波トポグラムを指標に検討したところ次のような成績を得た。

1) 低周波通電により θ 波、 α 波の帯域別等電位分布図は最も著明な変化を示し、パワーの増大傾向を示す症例が圧倒的に多かった。

2) パワーの変化は、限局的ではなく頭頂部を中心として皮質全体に拡散する傾向を示した。

3) このような現象は、刺激の部位に関係なく発現した。

4) θ 波、 α 波の帯域別等電位分布図の変化は刺激開始後一定時間経過してから発現した。

この研究の一部は昭和58年度、59年度科学技術庁の委託研究によるものである。

文 献

- 1) Acupuncture Research Group of Jiangsu Hospital of Jiangsu Province: The peripheral afferent pathway in acupuncture analgesia, Chin. Med. J., 6: 360~364, 1974.
- 2) 遠藤隆二: 脳波等電位分布図. 臨床検査. 26(4): 376~378, 1982.
- 3) 石原 務, 出海光子, 岩下充雄: 安静時F m θ の媒体について, α 波, α 抑制の3条件における内省報告の比較. 臨床脳波. 21(6): 420~424, 1979.
- 4) 井上 健, 石原 務, 篠崎和広: F m θ の発生について. 臨床脳波. 26(12): 795~798, 1984.
- 5) 木谷泰治: 脳, 臨床麻酔. 17(5): 578~587, 1983.
- 6) 古関永之助: 脳波の自動解析(Ⅲ)トポグラフィおよびポリグラフィ. 臨床脳波. 24(10): 728~734, 1982.
- 7) 水木 泰他: F m θ 出現に及ぼす薬物の影響. 臨床脳波. 22(5): 332~336, 1980.
- 8) 森 和, 芹沢勝助: 脳波パターンからみた鍼の“ひびき”(得気)について, 東京教育大学教育学部紀要. 23: 121~128, 1977.
- 9) 宮本誠司, 内海庄三郎: アルファ波の臨床的意義. 臨床脳波. 25(5): 293~303, 1983.
- 10) 大木幸介: 脳と快感, 脳内麻薬物質と快感のメカニズム, 実業之日本社: 37~84, 1983.
- 11) 大木幸介: こころの量子論, こころの構造と脳. 日経サイエンス社: 79~94, 1984.
- 12) Toda. K.: Effects of electroacupuncture on the rat jaw opening reflex elicited by tooth pulp stimulation, Jpn. J. Physiol., 28: 485~497, 1978.
- 13) Toda. K.: A β nerve impulses produces electroacupuncture analgesia in rat, In: Takagi, H., et al Eds., "Advances in Endogenous and Exogenous Opioids" Kodansha/Elsevier, Tokyo/Amsterdam: 306~308, 1981.
- 14) 矢野 忠, 森 和: ポジトロンCTからみた鍼灸の効果. 核医学. 20(7): 262, 1983.
- 15) 矢野 忠, 森 和: ポジトロンCTからみた鍼灸の効果. 核医学. 21(9): 1167, 1984.
- 16) 矢野 忠, 森 和: ポジトロンCTからみた鍼灸の効果. 核医学. 22(8): 1171, 1985.
- 17) 上野照剛, 松岡成明: 徐波を示す異常脳波の抽出とその表示法. 医用電子と生体工学. 14(2): 24~30, 1976.
- 18) 山口雄三: F m θ について. 臨床脳波. 22(2): 818~825, 1980.