原 著

皮膚の振動刺激で誘発される指屈曲反射に
対する鍼刺激効果

浅 田 博* 岩 瀬 善 彦

要旨 ヒトの手掌や足底の皮膚を振動すると手指や足指に持続的な屈曲反射が起こる。この反射の出現率は通常の条件では被験者の30%にすぎないが、指の接触圧の増加や足関節の背屈を行うとこの反射はほとんどの者で誘発された。本研究ではこの反射を鍼刺激効果の判定に用いた。鍼通電刺激の強さは知覚閾値とし、鍼刺激部位は合谷、外関等の経穴、またその近傍部とした。一般に皮膚の鍼刺激によってこの振動誘発屈曲反射は強く抑制され、長い後効果が認められた。経穴とその近傍部の鍼刺激を同時に行うと、その抑制作用に加重効果が認められた。また同一及び隣接の皮膚分節では抑制効果に差はなかった。一方身体各部の鍼刺激では四肢末梢が有効で体幹部は無効であった。以上の結果から、鍼刺激の振動誘発屈曲反射に対する抑制効果には経穴による特異性は認められず、脊髄の分節性、非分節性の抑制機序の存在することが示唆された。

I 緒 言

ヒトにおいて鍼刺激の効果は、従来主観的な鎮痛作用としてとらえられてきたが、最近 Homma, I. ら¹⁾は脊髄反射の抑制作用として客観的にとらえる方法を報告した。この脊髄反射はヒトの手指や手掌の皮膚に持続的な振動刺激を与えると誘発される手指の不随意的屈曲である。この脊髄反射は振動刺激部皮膚の局所麻酔や冷却により出現しなくなることから、手指屈曲筋肉の受容器を介した内受容性の反射ではなく、皮膚にある速順応性の機械的受容を介した外受容性の多シナプス性脊髄反射である²⁾。Eklund, G. ら²⁾はこの脊髄反射を

外受容性振動誘発指屈曲反射 (Exteroceptive Vibration-induced Finger Flexion Reflex) と名づけた。

この手指の振動誘発屈曲反射の出現率は約30%にすぎない。そこで我々は足指での出現率が多いことを期待して足底皮膚の振動刺激を試み、足指の振動誘発屈曲反射を起こすことができた³⁾が、その出現率も約30%弱にしかすぎなかった。そこで反射の誘発法の改善を試みた結果、出現率は86~100%に達し、鍼刺激効果の指標として実験に用いることが十分可能になった⁴⁾。

手指の振動誘発屈曲反射に対する鍼刺激の抑制効果については、すでに Homma, I. ら¹⁾, Homma, S. ら⁵⁾, 尾崎ら^{6,7)}, 熊本ら⁸⁾が報告している。本研究では足指と手指の振動誘発屈曲反射に対する鍼刺激の抑制効果を指標にして経穴の特異性、経穴と隣接部における鍼刺激効果の差異、加重効果の有無について検討を行った。

* Hiroshi ASADA 明治鍼灸大学生理学教室(現大阪大学医療技術短大臨床生理)

共同研究者: Yoshihiko IWASE 明治鍼灸大学生理学教室

Key Words: 振動刺激, 指屈曲反射, 鍼刺激, 経穴, 非経穴, 分節性, 非分節性

II 方 法

健康成人男女21名(年齢18~31歳)を対象に行った。手指の振動誘発屈曲反射の実験方法は尾崎ら⁷⁾の方法にて行った。本論文では足指の振動誘発屈曲反射の実験方法について述べる。

被験者はベッド上に仰臥位にて膝を伸展させ、閉眼安静状態を保たせた。実験に先立ち、被験者には振動子に触れさせるなどにより緊張の排除に努めた。

1. 足関節の固定と角度

振動刺激側の足は足底面を固定板に密着させ、足部を固定板に、下腿部をベッドにそれぞれゴムバンドにて固定した(図1A)。仰臥位での通常の足関節角度は100~110°であり、これを正常角とした。足底の固定板は角度と位置を変えることにより足関節角度を70~130°に他動的に可変、固定できるようにした。足関節角度は脛骨内側上顆と内果を結ぶ線と足底面とのなす角度を測定した。また足関節部に角度計を装着し、振動刺激中に足関節の動きのないことを確認した。対側の足は正常角とし、固定は行わなかった。

2. 振動刺激

振動装置は平和電子製 TMT-18 を用い、振動子にはタッピング式バイブレーターを固定して使用した。振動刺激は角質層が比較的薄く足指の屈筋や腱の少ない第1・第2中足指節関節間上の皮膚に加えた(図1B)。

図1 実験方法

- A: 振動子による皮膚の振動刺激法及び圧力変換器による母指屈曲張力測定法
足部を固定し角度計を装着、足関節角度(θ)を測定した
B: 振動子による足底皮膚の振動刺激部位(●)

振動周波数は100Hzを使用し、皮膚の振動振幅は1mmとした。振幅0.5mm以下では刺激部位で触覚、振幅1mmでは刺激部位と近傍皮膚に局限した振動感覚、振幅1.5mm以上では広範囲な振動感覚と刺激部位の圧覚を生じた。

振動刺激は1試行につき30秒間行った。各試行の間隔は慣れ現象による反射の減弱がないよう10分間とした。

3. 鍼刺激

用いた経穴は合谷、外関、手三里、足三里、壇中、腎俞、太衝である。経穴の大きさを直径10mmと仮定して実験を進めた。

鍼はステンレス鍼(直径0.2mm)を使用した。鍼刺激は主として皮膚刺激(皮内鍼10mm)を行った。また筋刺激の場合は皮膚へ垂直に鍼を10mm刺入し、5分間置鍼した。通電は不関電極(表面電極、直径10mm)との間で通電刺激(矩形波、45Hz⁹⁾、持続時間1msec)を5分間行った。刺激強度は知覚閾値の電圧(合谷皮内10mm刺入時で2~8V)を使用した。但し、時間とともにこの閾値は上昇したので、知覚閾値感覚を保つよう電圧を上げていく漸増法を用いた。この刺激条件では指や筋の動きはみられなかった。

4. 振動誘発屈曲反射の測定

母指指腹に圧力変換器(三栄測器9E01-L2)を軽く接触させた(図1A、接触圧5gw以内)。振動刺激によって反射性に生ずる母指の屈曲を圧力変換器にて張力としてとらえ、レコーダーに張力曲線として記録した。屈曲反射は母指の接触圧を基準として張力曲線の最大のプラトーレベルまでの振幅を測定した。

鍼刺激効果の実験は屈曲反射張力が、3回以上の試行において平均値が±12%以内である被験者で行った。対照値は平均値を用い、鍼刺激後の屈曲反射は時間経過をみるため1回値をとり、対照値に対する抑制率を求めた。

III 結 果

1. 足指の振動誘発屈曲反射

足指の振動誘発屈曲反射の張力曲線の波形には、①プラトー型(図2A: 振動刺激開始時に急激な屈曲反射張力の増大を示した後プラトー状態を示す)、

図2 足指の振動誘発屈曲反射の張力曲線

A：プラトー型，B：漸増型

↓は屈曲反射張力の測定位置

(足関節角度100°，母指接触圧5gw以内)

②漸増型(図2 B: 振動刺激開始後10~30秒に亘って屈曲反射張力が漸増を示す), ③漸減型(振動刺激開始時に急激に屈曲反射張力が増大した後, 漸減する)がみられた。振動刺激を停止すると直ちに(2~3秒)もとの母指の接触圧レベルに戻る例と10数秒で漸減して戻る例とがみられた。

振動誘発屈曲反射の波形, 振幅には個人差があるが同一被験者では再現性がみられた。

被験者は振動刺激時には指の位置感覚は不明確となるが, 足指の屈曲張力が不随意に増大するのを感じた。しかしこのような屈曲感覚と張力曲線の振幅とは必ずしも一致しなかった。また, 振動停止後1~2分間は足底の振動刺激部にしびれ様の感覚が残った。

振動誘発屈曲反射は母指のみでなく第2~第5指にも同時にみられた。

足関節角度が正常角で母指の接触圧が5gw以下のとき, 足指の振動誘発屈曲反射は21名中5名に出現(張力は15~85gw)し, 出現率は24%であった。

2. 足指の振動誘発屈曲反射の誘発

A. 接触の変化

母指を能動的に一定の張力で屈曲させ, 母指の圧力変換器に対する接触圧を変化させたときの屈

曲反射の出現率について8名の被験者で調べた。

接触圧5gw以下では屈曲反射が出現しなかった被験者5名において接触圧の増大(200gw以上)により100~260gwの反射性張力が出現した。接触圧5gw以下で15~85gwの反射性張力が出現していた被験者3名においては接触圧の増大(200gw以上)により280~500gwに反射性張力は増大した。接触圧の増大による反射の誘発は100%で起こった。

図3は接触圧の増大により屈曲反射が誘発された1例を示した。接触圧5gw以下のとき屈曲反射は出現しなかった。接触圧10gwになると15gwの反射性張力が出現し(図3 A), 接触圧200gwになると180gwの反射性張力(図3 B), 接触圧600gwでは420gwの反射性張力(図3 C)がみられた。

図4は母指の接触圧を変化させたときに誘発される屈曲反射の張力を2名の被験者についてグラフに示したものである。被験者A(男)では接触圧0~500gwでの屈曲反射張力の増加率は急であり,

図3 接触圧を高めることによる振動誘発屈曲反射の誘発

↓にて母指の能動的屈曲を行い, 接触圧を高める。

接触圧 A: 弱(10gw) B: 中等度(200gw) C: 強(600gw)

↑は屈曲反射張力の測定位置 A, B, Cの順に屈曲反射張力が大きくなる。

(足関節角度100°)

図4 母指の接触圧と足指の振動誘発屈曲反射

被験者A(●)は接触圧500gw以上で、被験者B(△)は接触圧300gw以上で屈曲反射張力はほぼ一定となる。(足関節角度110°)

接触圧約500gw以上で一定となった。被験者B(女)では接触圧約300gw以上で屈曲反射張力は一定となった。また、接触圧を増大するほど屈曲反射の張力が最大のプラトーレベルに達するまでの時間が速くなる傾向が両者でみられた。

屈曲反射の張力は接触圧が100gw以下では試行ごとにほぼ一定した値が得られたが、接触圧が200gwより大きくなると振幅のバラツキが大きくなった。

B. 足関節角度の変化

足関節角度の変化による屈曲反射の誘発率を18名の被験者について調べた。正常角では屈曲反射が出現しなかった被験者14名において足関節の背屈(70~80°)により12名は20~105gwの反射性張力が出現したが、2名では出現しなかった。また、正常角で屈曲反射(反射性張力20~85gw)が出現していた被験者4名においては足関節の背屈により反射性張力は増大した(125~360gw)。すなわち足関節の背屈により振動誘発屈曲反射は86%で誘発された。

図5は足関節の背屈により反射性張力が出現した3例を示した。被験者Aは110°の正常角で反射性張力は出現しなかったが、足関節を100°, 90°、

図5 足関節角度の変化と振動誘発屈曲反射ならびに接触圧による反射の相乗効果

(A, A'), (B, B'), (C, C')はそれぞれ3名の被験者を示す。A, B, Cは接触圧5gw以下での足関節角度の変化による反射の誘発を示す。A', B', C'は接触圧を50gwにしたときの反射の相乗効果を示す。正常角A: 110°, B・C: 100°

80°と背屈するとともに反射性張力は急激に出現、増大した。被験者B、Cは正常角の100°では反射性張力は出現しなかったが、足関節を90°、80°、70°、

図6 足指の振動誘発屈曲反射に対する経穴と隣接部の鍼刺激効果

鍼刺激は皮内10mm刺入。○：合谷の鍼刺激，●：合谷と合谷より橈側10mmの鍼刺激（挿入図参照）。（足関節角度100°，母指接触圧100gw）

と背屈すると反射性張力は直線的な増加を示して出現した。

また足関節の底屈では、正常角で反射性張力が大きく出現（75gw）していた被験者1名で著明な抑制（20gw）が生じ、それ以外の被験者では反射は出現しなかった。

C. 足関節の背屈と接触圧の変化

足関節の背屈とともに母指に弱い接触圧(50gw)を加えさせたとき(図5A', B', C')反射性張力は足関節の背屈のみのときよりさらに増大して出現した。すなわちこの反射には相乗効果がみられた。

3. 鍼刺激

A. 経穴と隣接部の鍼刺激効果

図6は足指の振動誘発屈曲反射に対する経穴(合谷)への鍼刺激(皮内10mm刺入)とさらに10mm橈側の隣接部へ平行に鍼を刺入し、5分間通電したときの鍼刺激効果を比較した一例である。経穴への鍼刺激では抜鍼1分後抑制率55%，10分後に60%を示し、20分後に回復した。さらに経穴と隣接部を同時に刺激すると、抑制率は抜鍼1分後で80

図7 手指の振動誘発屈曲反射に対する経穴と同一、隣接の皮膚分節の鍼刺激効果
A, Bは2人の被験者を示す。Aは直刺鍼通電刺激，Bは直刺置針。○：外関（デルマトームC7），●：外関より橈側15mm(C6)，▲：外関より末梢側10mm(C7)。（挿入図参照）

%に上昇し、抑制は30分以上持続した。すなわちこの例では鍼刺激効果に加重効果が認められた。

合谷において筋内への直刺10mmと皮内鍼10mmの鍼通電刺激効果の比較を行ったが、いずれも約80%の抑制率で効果に差は認められなかった。

また皮内鍼の刺入距離の差(5mmと10mm)による鍼刺激効果の比較を行ったが、いずれも約80%の抑制効果を示し差は認められなかった。

B. 経穴と同一、隣接の皮膚分節の鍼刺激効果

図7は被験者2名において、手指の振動誘発屈曲反射に対する経穴(外関、皮膚分節C7)と同一皮膚分節にある非経穴(外関の末梢側10mm)及び隣接の皮膚分節C6にある非経穴(外関の橈側15mm)の鍼刺激効果を比較した結果である。

被験者Aでは筋内へ直刺10mm刺入し、経穴(外関)と隣接分節の非経穴(C6)の鍼通電刺激(4~5.5V)を行った。抜鍼1分後に抑制率はいずれも55~67%を示し、回復過程もほぼ同様で差は認められなかった。被験者Bは筋内へ直刺10mm刺入し、5分間置鍼した。経穴と同一分節の非経穴(C7)でともに抜鍼1分後で抑制率95%を示し、その後同様の回復過程を示し差は認められなかった。

すなわち鍼刺激効果に経穴特異性はみられず、同一及び隣接皮膚分節でも同様な抑制効果を示した。

C. 身体各部の皮膚の鍼刺激効果

図8は足指の振動誘発屈曲反射に対する振動刺激側と同側にある身体各部の皮膚(刺激皮膚の位置を表わす目やすとして経穴を用いた:合谷, 手三里, 壇中, 足三里)の鍼刺激効果を示している。各経穴の知覚閾値である刺激電圧は合谷が最も低く(4V), 足三里, 手三里, 壇中ではそれより高かった(5~8V)。抜鍼1分後の抑制率を比較すると合谷, 足三里では著明な抑制(60~70%)が、また、手三里では弱い抑制(47%)が認められたが、壇中では抑制効果は認められなかった。

他方、手指の振動誘発屈曲反射に対する身体各部皮膚(合谷, 手三里, 腎兪, 足三里, 太衝)の鍼刺激効果を抜鍼1分後の抑制率で比較すると合谷では著明に抑制され(80%), 手三里, 太衝では抑制は弱く(40~47%), 腎兪, 足三里では抑制効果

図8 足指の振動誘発屈曲反射に対する身体各部経穴の鍼刺激効果

○: 合谷, □: 足三里, △: 手三里, ●: 壇中 (足関節角度100°, 母指接触圧100gw)

は認められなかった。

すなわち、足指と手指の振動誘発屈曲反射に対する身体各部皮膚の鍼刺激効果には部位差があり、四肢の刺激がおおむね有効であり、体幹部は無効であった。

IV 考 察

1. 振動誘発屈曲反射の性質と誘発方法

振動誘発屈曲反射は振動刺激部皮膚の局所麻酔や冷却ブロックを行うと出現しなくなることから、この反射の受容器は足底及び手掌皮膚に存在する速順応型の機械的受容器と考えられている^{2,4,5)}。一方、漸増性の持続的な反射活動は多シナプス性の脊髓機構によるものとされており、インパルスが巡回する閉回路の持続的な求心性インパルス発射により継続される¹⁰⁾。振動誘発屈曲反射においても同様の脊髓機構が働くと考えられる。

手指の振動誘発屈曲反射では示指指腹を振動刺激すると示指のみに屈曲反射が出現することが報告されている²⁾。一方、手に円筒状振動子を握らせると全指での振動誘発把握反射が誘発される⁵⁾。我々は振動刺激を皮膚の限定した部位に与えたが、足指及び手指の全指に同時に反射性屈曲を認めたことは、振動刺激部が足指や手指でなく足底面や手掌面の皮膚であったためと考えられる。

通常の振動刺激方法では振動誘発屈曲反射は被験者の約30%に出現するのにすぎないが、足指の振動誘発屈曲反射は接触圧の増大で100%, 足関節背屈法で86%に出現した。接触圧増大による誘発では反射性張力は大きいバラツキも大きい傾向があり、足関節の背屈による誘発では反射性張力のバラツキは少ないが張力も小さかった。したがって最も安定した大きな反射性張力を得るには、足関節を背屈するとともに弱い接触圧(100gw以下)をかけて相乗効果を利用する方法がよいことが明らかとなった。

2. 鍼刺激の条件と抑制

鍼通電刺激は持続時間1msecの矩形波を45Hz⁹⁾で5分間与えた。

今回の実験では鍼通電刺激の強さとして知覚閾値、即ち通電感覚以外の痛み、「得気」などの感覚や収縮が全く起こらないような弱刺激条件で行った。

ヒトの鍼刺激の強さとしては安雲ら¹¹⁾は眼輪筋反射を指標として単発刺激にて痛覚の生じる刺激強度で最大抑制効果を得ている。動物実験ではラットの開口反射を指標として、Toda¹²⁾はAβの活動電位発射閾値の4倍以上で15分間刺激し、安雲ら¹³⁾は筋収縮閾値の1.6倍の強さでの単発刺激でそ

れぞれ抑制の最大効果を得ている。ネコの運動神経での屈曲反射のインパルス発射を抑制するにはC線維の興奮に十分な強さとして20Vの侵害刺激を末梢神経に15分間与えることが必要と報告されている¹⁴⁾。これらの刺激はすべて筋収縮や痛みを起こす強い刺激で行っている。一方、我々はもっと弱い刺激(知覚閾値)を短時間与えて振動誘発屈曲反射の抑制で最大効果を得た。このことは日常臨床での鍼の弱刺激効果を裏づける実験事実であると考えられる。知覚閾値での弱刺激で振動誘発屈曲反射に対する抑制効果は抜鍼1~10分後で抑制率は最高60~80%に達し、後効果は10~30分以上も持続した。

これまで報告されている鍼刺激の各種の反射に対する抑制効果をみると、ヒトの眼輪筋反射に対する単発通電刺激による抑制は短かく(100msec)抑制率は20~70%, 後効果は1秒前後である¹³⁾。ラットの開口反射では、Toda¹²⁾は合谷通電刺激で筋電図において最大50%の抑制を見、後効果も60分認めている。尾逃避反応では40~50%の抑制率が認められている¹⁵⁾。末梢神経の直接刺激では屈曲反射の神経ユニット活動が平均60%抑制された後効果も30分以上持続している。

以上の刺激効果と比較すると我々の振動誘発屈

図9 経穴と隣接部の鍼刺激効果

○, ⊖は刺激-興奮受容の大きさ, #, 丰は鍼刺激による抑制効果の大きさを示す。

A: 経穴皮内10mm 及び経穴と隣接部皮内各10mm 刺入の鍼刺激, B: 直刺10mm と皮内刺10mmの鍼刺激, C: 経穴, 同一分節非経穴, 隣接分節非経穴の鍼刺激,

効果果, ⊖は刺激-興奮受容の大きさ

曲反射に対する鍼刺激の抑制効果は弱い刺激強度でも大きな抑制効果が得られ後効果も長いことが特徴である。

3. 鍼刺激の部位と抑制効果

我々の振動誘発屈曲反射を指標とした実験結果では経穴とその隣接部の同時刺激で加重効果をみた(図6, 図9A)。また、経穴の特異性は認められていない。

一方, Homma, I. ら¹⁾は、経穴(外関)の鍼刺激では「得気」感覚が得られると振動誘発屈曲反射の抑制効果を生じ、隣接非経穴で「得気」感覚がないと抑制効果もないと報告している。これは「得気」感覚を指標にした強い刺激と特定の経穴が必須であり、我々の弱刺激の結果とは全く異なるものである。我々は経穴でも非経穴でも、又「得気」はなくても知覚閾値で充分効果が認められた。この理由についてはまだ明らかではないが、屈曲反射の誘発方法の差異について考慮する必要があると思われる。

神経生理学的には経穴となりうる部位の特徴として、①有髄線維が多い、②太い線維が多い、③II群(Aβ)線維が多いの3つのより多いものとさらにII群線維活動の大きいことがあげられている¹⁶⁾。このことから経穴は点ではなく面積をもっていると考えた方が妥当である。そこで経穴の大きさを直径10mm^{17,18)}の円状の面積をもったものと考えて実験を行った。

直径10mmと考えた経穴領域内とその外側の直径20mmの円周上にある非経穴領域の鍼刺激で加重効果がみられた(図9A)。すなわち経穴と非経穴の領域を同時刺激するといずれも同様な興奮を示し、反射の抑制をもたらすものと考えられる。

ただし、このような加重効果は個々の刺激の抑制率が50%以下の場合にみられ、抑制率が高い(80%)場合には認められなかった。これは抑制効果が極大に達しているためと考えられ、もっと抑制率の低い弱刺激条件下での実験が必要であろう。

図9Bは皮内鍼と筋内鍼の効果を比較したものであるが反射の抑制に差はみられなかった。すなわち我々の鍼刺激条件では皮内鍼と筋内鍼の刺激は振動誘発屈曲反射の抑制については等価であった。

経穴と同一皮膚分節、隣接皮膚分節の鍼刺激は

同様の抑制効果を示し差はみられない(図9C)。

鍼刺激によるヒトの眼輪筋反射の抑制¹⁹⁾、ヒトの皮膚感覚の二点融合野の拡大効果²⁰⁾、ラット開口反射の積分筋電図の抑制効果²¹⁾の実験において、それぞれ経穴と同一、隣接または近接分節の非経穴の鍼刺激は同様の抑制効果を示したことが報告されている。これらは我々の結果とほぼ同じである。

ヒトの皮膚痛み刺激による大脳皮質誘発電位では皮膚分節性の鍼刺激効果のみが認められた²²⁾。また臨床分野で、関連痛のある皮膚部位に皮内鍼をさすと著効を示す²³⁾ことが報告されているが、このことは関連痛が出現する皮膚分節が重要であることを示す。

以上のことから鍼刺激効果には脊髓分節性の機序が関与していることが示されている。

振動誘発屈曲反射に対する鍼刺激効果をみると、四肢末梢部が有効で体幹部は無効であり部位差が認められた。

手指と足指の振動誘発屈曲反射に対するそれぞれの鍼刺激効果は、部位差はほぼ同じ傾向を示し、概して四肢末梢部ほど有効であり、少し体幹に近くなると効果に差が出やすい傾向を認めた。

ヒトの眼輪筋反射の鍼刺激による抑制は顔面、上肢、下肢の順で閾値が低く、四肢末梢部がより有効であることが報告されている²⁴⁾。ラット開口反射を指標にしたものでは安雲ら¹³⁾は四肢とくに前肢遠隔部が有効であるとし、また、戸田²¹⁾も部位差があることを示している。筋内ブラジキニン注射による化学刺激においてもラット開口反射及び尾逃避反応に対して部位差があり、四肢が有効で背部、腹部は無効であることが報告されている²⁵⁾。

このような遠隔部の鍼刺激によって生じる効果には、非分節性の機序が考えられよう。

4. 振動誘発屈曲反射の抑制の神経機序

末梢神経説としてTorebjörk ら²⁶⁾は繰り返し電気刺激すると神経線維とくに痛みを伝えるC線維が伝導ブロックされ鎮痛効果を生じるとした。鍼刺激の場合にも当然起こりうると考えられる。

広汎性皮膚抑制については、KUBOTA ら²⁷⁾によれば除脳ネコで前肢末梢神経の単発刺激は下肢屈筋伸筋、咬筋、顎二腹筋等の単、多シナプス反射

を抑制する。JABBVR²⁸⁾は広汎な皮膚刺激の入力が延髄楔状束核、薄束核に抑制的に作用することを報告している。

鍼の抑制機序として戸田¹⁾は三叉神経脊髄路尾側亜核での抑制機序仮説をたてている。すなわち、同一分節内経穴鍼刺激($A\beta$ 興奮)によりシナプス前抑制とシナプス後抑制が誘発され、分節外経穴ではシナプス後抑制が優位に働く。また、後効果は中脳中心灰白質系(PAG系)中心の鎮痛中枢による下行性抑制が働くとしている。

鎮痛の機序に関する交感神経系の関与は、Procacci²⁹⁾により明らかにされている。皮膚刺激が脊髄レベルで交感神経を介し、受容器周辺の血流量を変化させ痛み受容器の閾値を上げる体制—交感系の間接効果による抑制機序である。

以上の所見から、我々の振動誘発屈曲反射の鍼刺激による抑制機構としても末梢と中枢における2つの可能性が考えられる。末梢においては鍼刺激の末梢神経の伝導ブロックや体性—交感神経系による振動受容器の感度低下、一方、中枢においては脊髄さらに上位レベルにおけるシナプス前、後抑制の存在、さらに長時間に及ぶ後効果に関しては体液性機序が関与していることも考える必要があると思われる。

V 結 論

ヒトにおける鍼刺激効果の客観的指標として、足指及び手指の振動誘発屈曲反射を誘発し用いた。

- 1) 足指の振動誘発屈曲反射の出現率は被験者の30%であった。反射の張力曲線はプラトー型、漸増型、漸減型の3型に区別され反射性張力は15~85gwであった。
- 2) 足指の振動誘発屈曲反射が出現しなかった被験者で、母指の接触圧の増大及び足関節の背屈により被験者の86~100%に反射が誘発された。2方法を併用すると相乗効果が認められた。
- 3) 一般に皮膚の鍼通電刺激を知覚閾値で行うとこの反射は著しく抑制され(最大抑制率80%)、30分に及ぶ長い抑制効果が認められた。
- 4) 経穴と隣接部の鍼刺激を同時に行うと反射の抑制に加重効果が認められた。経穴に特異性は認められなかった。

- 5) 同一及び隣接皮膚分節の鍼刺激では同様の抑制効果がみられた。また身体各部皮膚の鍼刺激効果に部位差が認められ、四肢末梢部が最も有効であり体幹部は無効であった。これらの鍼刺激効果の機序として脊髄分節性及び非分節性の機序が考えられる。

稿を終わるにあたり、本研究に対し多大な御協力をいただきました本学東洋医学教室尾崎昭弘講師、解剖学教室熊本賢三助手に深謝いたします。また、本稿に対し貴重な御助言をいただきました本学生理学教室川喜田健司助教授に感謝いたします。

本論文の要旨は第12回脳波筋電図学会(米子)、第60回日本生理学会大会(大阪)及び第33回全日本鍼灸学会学術大会(神戸)にて発表した。

引用文献

- 1) Homma, I., et al.: Inhibitory effect of acupuncture on the vibration-induced finger flexion reflex in man. *Neurosci. Lett.*, 19: 209-212, 1980
- 2) Eklund, G., et al.: Exteroceptive vibration-induced finger flexion reflex in man. *J. Neurosurg. Psychiatr.*, 41: 438-443, 1978
- 3) 熊本賢三, 浅田博, 岩瀬善彦: 足指の振動性屈曲反射, *日本生理学雑誌* 45(2):104. (1983)
- 4) Asada, H., et al.: The exteroceptive vibration-induced toe flexion reflex. *J. Physiol. Soc. Japan.* 45(8,9)426. (1983)
- 5) Homma, S. & Homma, I.: Inhibitory effect of acupuncture on the vibration-induced grasp reflex in man. *Neurosci. Lett.*, 32: 209-212, 1983
- 6) 尾崎昭弘ら: 皮膚分節の鍼刺激と手指の外受容振動誘発指屈曲反射, *脳波と筋電図* 11(1):67, (1983)
- 7) 尾崎昭弘ら: 皮膚の振動刺激による外受容性振動誘発指屈曲反射の性質と鍼刺激効果, *東医とペイン* 14(4):181~191. (1984)
- 8) 熊本賢三ら: 鍼刺激の外受容性振動誘発指屈曲反射への影響, 第33回全日本鍼灸学会抄録集 44, (1983)
- 9) Toda, K., et al.: Effective conditions of Electro-acupuncture stimulation for Suppressing Tooth Pulp-evoked Jaw-opening Reflex in the Rat. *Bull. Tokyo Med. Dent. Univ.*, 27

- : 111-119, 1980
- 10) Holtborn, H. and Wigström, H. : Motor Response with Long Latency and Maintained Duration Evoked by Activity in Ia afferents. In Progress in Clinical Neurophysiol., Vol. 8, Ed. J. E. Desmedt, 99-106, 1980
 - 11) 安雲和四郎ら：ハリ刺激時の眼輪筋反射，日鍼灸誌 29(3);36~41. (1980)
 - 12) Toda, K., : Effects of electroacupuncture on the rat jaw opening reflex elicited by tooth pulp stimulation. Jap. J. Physiol., 28 : 485-497, 1978
 - 13) 安雲和四郎ら：ハリ通電刺激によるラット開口反射の抑制，日鍼灸誌 30(3);204~208. (1981)
 - 14) Chung, J. M., et al. : Prolonged, Naloxone-reversible Inhibition of the Flexion Reflex in the Cat. Pain, 15 : 35-53, 1983
 - 15) 藤下倂彦ら：D-フェニルアラニンで出現する非経穴部刺激による鎮痛と針鎮痛との相違，昭医誌 41;657~658. (1981)
 - 16) Lü, G., et al. : Afferent nerve fiber composition at point zusanli in relation to acupuncture analgesia : A functional morphologic investigation. Chin. Med. J., 94 : 255-263, 1981
 - 17) 兵頭正義：痛みとのたたかい，鍼灸療法とハリ麻酔，医学のあゆみ 120(9);398~402. (1982)
 - 18) 小田博久，佐藤暢：ツボと皮膚通電について，医道の日本 472; 6~11. (1983)
 - 19) 錦織綾彦ら：ハリ通電刺激による皮膚抑制，自律神経雑誌 27(2,3);274~275. (1980)
 - 20) 前山文子ら：皮膚の二点融合感覚と鍼刺激の効果，日鍼灸誌 33(4);347~359. (1984)
 - 21) 戸田一雄：針鎮痛の神経生理学的基础，紫耀(東京都歯科医師会雑誌) 31(5); 7~16. (1983)
 - 22) Chapman, C. R., et al. : Effects of intrasegmental electrical stimulation and sensory decision theory. Pain, 3;213-227. 1977
 - 23) 高岡松雄：医家のための痛みのハリ治療，医道の日本社，東京. (1980)
 - 24) 山口雄二：ハリ通電刺激による皮膚抑制，現代東洋医学 2(4);87~89. (1981)
 - 25) Kawakita, K. & Funakoshi, M. : Analgesic effects induced by selective activation of the muscular polymodal receptors in the Rat. Pain Supplement 2 : 245, 1984
 - 26) Torebjörk, H. E. & Hallim, R. G. : Excitation failure in thin nerve fiber structures and accompanying hypalgesia during repetitive electric skin stimulation Advances in Neurology Vol. 4 ; 733-735, New York, Raven Press, 1974
 - 27) Kubota, K, et al. : Postsynaptic Inhibitions of Trigeminal and Lumbar Motoneurons From the Superficial Radial Nerve in the Cat. Jpn. J. Physiol. 18;198-215, 1968
 - 28) Jabbur, S. J. & Banna, N. R. : Widespread Cutaneous Inhibition in Dorsal Column Nuclei. J. Neurophysiol. 33;616-624, 1970
 - 29) Procacci, P., et al. : Cutaneous pain threshold changes after sympathetic block in reflex dystrophies. Pain, 1;167-175. 1975
- (〒629-03 京都府船井郡日吉町
明治鍼灸大学生理学教室)

Effect of Acupuncture Stimulation on the Finger or Toe Flexion Reflex induced by Vibration to the Human Skin

Hiroshi Asada, Yoshihiko Iwase

Department of Physiology, Meiji College of Oriental Medicine

Vibration applied to the human palm or sole skin induces the tonic finger or toe flexion reflex. This reflex occurred merely in 30 per cent of the subjects, however the toe flexion reflex was induced in almost all subjects by increase of voluntary flexion of the toe or upward rotation of the ankle joint. This reflex was used as an indicator of the effectiveness of acupuncture stimulation (AS). Electroacupuncture stimulation was mainly applied to the skin with the intensity of perception threshold. AS sites used were Ho-ku, Wai-kuan, etc.. As a rule, this reflex was inhibited strongly and the inhibitory effect continued for 30 min or more. AS applied simultaneously to the acupuncture point and its neighboring area showed summation of the inhibitory effect on the reflex. There was no difference between the effects of AS applied to the same or neighboring dermatome. AS to periphery of limbs was effective but AS to the body was almost ineffective. These results suggest that there is no specificity of the acupuncture point and there are both segmental and nonsegmental mechanisms participate in this inhibitory of AS on vibration-induced flexion reflex.