

原 著

経穴への刺鍼及び電気鍼によるラット前肢と後肢 の皮膚血流の変化

趙 菲, 林 治 秀, 田 端 孝 義

東北大学大学院歯学研究科 口腔生物学講座 口腔生理学分野
(主任: 林 治秀教授)

Effect of acupuncture on the blood flow of the rat fore- and hind-limb skin

Fei Zhao, Haruhide Hayashi and Takayoshi Tabata

*Division of Oral Physiology, Department of Oral Biology,
Tohoku University Graduate School of Dentistry
(Chief: Prof. Haruhide Hayashi)*

Abstract: The change in blood flow of the fingers and foot pads induced by acupuncture needle insertion (acupuncture) or by electrical stimulation delivered through the needles (electro-acupuncture) to acupuncture points (Hegu, Waiguan, or Housanli) was bilaterally measured with a laser blood flow meter in rats anesthetized with pentobarbital sodium. Acupuncture and electro-acupuncture of the Hegu significantly increased mean blood flow of the ipsilateral finger pad to 221% and 190% (mean blood flow before needle insertion, 100%) 5 min after stimulation, and 172% and 175% 15 min after stimulation, respectively. Electro-acupuncture of the Hegu bilaterally decreased blood flow of foot pads 15 min after removal of the stimulating needle. Acupuncture and electro-acupuncture stimuli applied to the Waiguan increased blood flow of the ipsilateral finger to 155% and 166% 5 min after stimulation and 154% and 156% 15 min after stimulation, respectively. Acupuncture and electro-acupuncture stimulation of the Housanli decreased blood flow in the ipsilateral foot pad to 84% and 90% 5 min after stimulation, 89% and 91% 15 min after stimulation, and 91% and 90% 15 min after needle removal, respectively. Both treatments also decreased blood flow of the contralateral foot pads and bilateral finger pads 5 min after stimulation. These results show that acupuncture and electro-acupuncture of the Hegu and Waiguan increased blood flow of the ipsilateral fingers, while acupuncture and electro-acupuncture of the Housanli induced a sustained decrease in blood flow of the ipsilateral foot pad during stimulation and a transient decrease in blood flow of the contralateral foot pad and of the ipsilateral and contralateral fingers.

Key words: acupuncture, electro-acupuncture, blood flow, acupuncture point, limb skin

内容要旨: ペントバルビタールナトリウムで麻酔したラットの経穴 (合谷, 外関, 後三里) に刺鍼又は電気鍼刺激を行い, 両側の指と足底の血流変化をレーザー血流計で測定した。経穴刺激による血流変化 (増加又は減少) は皮膚上の刺激電極の位置, 刺激開始後の時間や動物の個体差によりかなり異なっていた。刺鍼前の血流量を100%とし, 記録したラットで統計的に集計し平均値で表すと, 合谷への刺鍼と電気鍼は同側指掌の血流を留鍼5分で221%と190%へ, 15分で172%と175%へとそれぞれ有意に増加させた。しかし, 合谷電気鍼の抜鍼後には, 両側足底の血流は減少した。外関への刺鍼と電気鍼も同側指掌の血流を留鍼5分で155%と166%へ, 15分で154%と156%へとそれぞれ増加させた。又, 後三里への刺鍼と電気鍼は同側足底の血流を留鍼5分で84%と90%へ, 15分で89%と91%へ, 抜鍼後15分で91%と90%へとそれぞれ減少させた。更に, 留鍼5分時点では対側足底, 同側指の血流も減少させた。以上の結果は, 合谷と外関の刺鍼と電気鍼刺激は同側指の血流を増加させるが, 後三里刺激は同側足底の血流を持続的に減少させ, 対側足底や両側指の血流を一過性に減少させる事を示している。

序 論

中国では古来より種々な身体の疾患に対し, 経穴鍼灸刺激に

よる治療が多くなされて来た。鍼灸刺激は鎮痛作用, 免疫促進作用及び身体機能調整作用を示すことが知られており¹⁾, これらの作用発現機序に関する西洋医学による解析が近年行われ

てきた。しかしながら、中医学による鍼灸治療の原理と、それらに対する西洋近代医学に基づく作用機序の説明との間には未だに不明な点が多く存在する。

鍼灸刺激は鎮痛効果以外に循環調節作用もあり、高血圧患者や低血圧患者のような循環器系疾患の治療にも利用されている¹⁻⁵⁾。末梢血流変化は、これまで多くの場合、温度センサーを用いて温度上昇を血管拡張による血流増加、また温度低下を血管縮小による血流低下として観察してきた⁶⁻¹³⁾。しかしながら、血流計を用いて直接末梢血流変化を計測した例は少なく、また四肢同時に観察した例は見当たらない。

臨床的な経穴鍼刺激は治療効果を上げる目的で、通常両側性に刺激したり、複数の経穴を同時刺激したりする³⁻⁵⁾。また刺激方法も、刺鍼の場合と通電を行う電気鍼の場合とがある。血流変化は刺激場所、刺激法及び被験者により異なるため、それらが組み合わされる臨床においては血流変化も非常に複雑になり、解析が困難になっているのが現状である。

本実験では、経穴刺激の血流変化に対する効果の解析を容易にするために、まず刺激を単純化することとし、片側の一カ所の経穴を刺激することにした。一方血流変化は複数の場所から記録した。実験動物は経穴が確立しているラットを用い、経穴は臨床治療で多用され、頭痛や歯痛等の鎮痛時に選択される合谷や外関及び下肢麻痺や脾胃病治療に選択される足三里を選んで、片側の経穴に刺鍼又は電気鍼刺激を行った。そして血流については、レーザー・ドプラー血流計を用いて両側の四肢の末梢皮膚（指掌と足底）の血流変化を観察した。

方 法

Wistar系ラット（55匹、雌、体重約250-300g）をペントバルビタールナトリウム（50mg/kg、腹腔内投与）で麻酔し、固定台に伏臥位に置いた。麻酔は瞳孔の縮小、規則的な低頻度呼吸、自発的な身体運動の消失及びピンチ刺激による屈曲反射の消失等を参考に麻酔深度を調節した。動物の取扱は東北大学医学部及び歯学部の実験動物取扱規定に従った。なお、組織侵襲を減らすため、気管カニューレ、人工呼吸は行わなかった。固定台は両側の前肢指掌側の皮膚血流変化を測定できる位置に、レーザー・ドプラー血流計（アドバンス社、ALF21D）の2本の棒状のセンサー（Nタイプ）を装着したものをを用いた。指掌用センサー先端には、それぞれ左右の第3指第一指節掌側中央部を出力が最大になるように軽く当て、布製接着テープで手と指を固定した。また、両側後肢を固定台に固定し、指と同様両側の足底中央部に皮膚用センサー（CSタイプ）を出力が最大になるように軽く当て、センサーを布製接着テープで固定した。手足を固定後15-20分間経過した後、ラットが安静状態にあることを確認し、血流計による皮膚血流記録を開始した。

記録開始後、四肢の血流が約30分間安定していることを確かめ、刺鍼の場合経穴に鍼（セイリン、No.5、0.25mm×30mm）を刺入し、約15分間放置した後抜鍼した。ラットの経穴

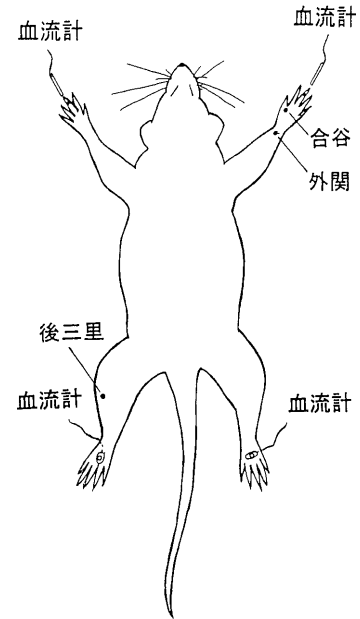


図1 刺鍼と電気鍼を行ったラットの経穴（合谷、外関、後三里）と末梢皮膚血流測定部位（指掌と足底）との位置関係。

は骨や筋の配置を基にし、ヒト経穴に対応する位置を決定した¹⁴⁾。刺針したラット経穴は合谷 (Hegu, LI4)、外関 (Waiguan, TE5) 及び後三里 (Houshanli, ST36; ヒトの足三里に相当) である。合谷と外関での鍼刺入の深さは1-2mmとし、後三里では7mmとした。鍼刺入後そのまま放置したものを「刺鍼」、刺入後直ちに通電したものを「電気鍼」とした。図1は刺鍼と電気鍼に用いた経穴の位置と血流を測定した両側の指掌及び足底（湧泉, KI1）の場所を模式的に表している。電気鍼の場合、刺鍼後直ちに鍼を介し電気刺激装置（日本光電、SEN-7203）で電気刺激（繰り返し矩形波：パルス幅2ms、頻度15Hz、刺激強度0.5mA以下）を開始した。鍼電極は陰極とし、他方の電極は14cm×15cmの銅板を腹部に置いた。刺激電流の強さは、通電により刺鍼部に僅かな筋収縮が生じ始める強度より少し弱い値（just-subthreshold）に調節した。刺鍼及び電気鍼の留鍼時間は15分間とし、その後鍼を抜き、経穴刺激を終了した。

血流は刺鍼30分前から抜鍼後15分までペンシログラム（三栄測器、BK12）で連続的に記録観察した。尚、同一ラットにおいて複数回（同一経穴及び異種経穴の組み合わせで最高三回）鍼刺激を行う場合、各テストの間隔を30分以上あげ、血流が回復したことを確認してから次の鍼刺激による血流変化の測定を開始した。

又、血流は刺鍼直前、留鍼5分及び15分、抜鍼後15分の時点で測定し、刺鍼前の血流量に対する各時点の血流量（血流計出力、電圧）の割合（%）を血流変化とした。又、鍼刺激による血流への影響は刺鍼前血流量の10%以上変化した時、血流増加または減少とした。この値はほぼ標準誤差範囲が重ならない変化量である。更に、血流が増加から減少へ、又は減少から

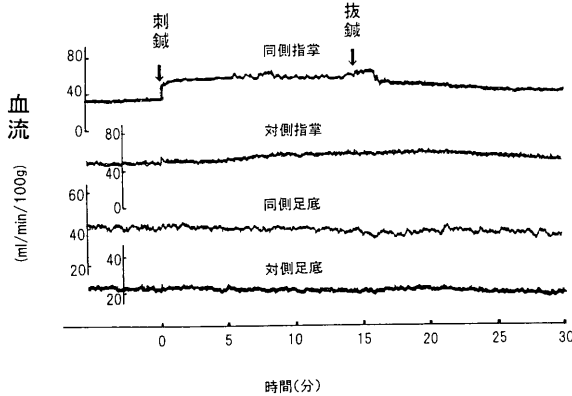


図2 合谷への電気鍼による両側指掌と足底の血流変化。

増加へと変わる場合はより大きく変化する方向の血流変化を採用した。抜鍼後 15 分の血流を抜鍼後血流とした。血流変化に対する有意差検定は Friedman test 及び Wilcoxon test ($p < 0.1$ 又は $p < 0.05$)を用いた。

結 果

図2は合谷に通電を行った時の両側の指掌と足底の血流変化の記録例である。合谷の電気鍼により同側指掌の血流は増加し続け、抜鍼により徐々に元の値に回復している。対側指掌の血流は刺激後徐々に増加し、抜鍼後徐々に元の値に戻っている。また、両側の足底の血流はほとんど変化していない。

表1 合谷への刺鍼 (A) と電気鍼 (B) による経時的血流変化とその出現数。括弧内の数字は抜鍼後血流が増加 (↑) 又は減少 (↓) した例数を表す。

A. 刺鍼					
	同側指掌	対側指掌	同側足底	対側足底	合計
(1) 持続的増加	11 (↑ 6, ↓ 1)	0	1 (↑ 1)	0	12 (19%)
// 減少	1	0	0	0	1 (2%)
(2) 漸 増	2 (↑ 2)	5 (↑ 5)	2 (↑ 2)	2 (↑ 2)	11 (17%)
// 漸 減	0	2 (↓ 2)	0	2 (↓ 2)	4 (6%)
(3) 一過性増加	0	1	1 (↑ 1)	0	2 (3%)
// 減少	0	0	1 (↓ 1)	1 (↓ 1)	2 (3%)
(4) 2相性増減	0	0	0	0	0
// 減増	0	0	0	0	0
(5) 変化なし	2 (↓ 1)	10 (↑ 5, ↓ 2)	11 (↑ 1, ↓ 2)	11 (↑ 2, ↓ 2)	32 (50%)
B. 電気鍼					
	同側指掌	対側指掌	同側足底	対側足底	合計
(1) 持続的増加	19 (↑ 11, ↓ 2)	3 (↑ 3)	0	3 (↑ 1)	25 (27%)
// 減少	1 (↓ 1)	2 (↓ 2)	3 (↓ 3)	5 (↓ 5)	11 (12%)
(2) 漸 増	1	1	1 (↑ 1)	0	3 (3%)
// 漸 減	0	2 (↓ 2)	1 (↓ 1)	1	4 (4%)
(3) 一過性増加	1	2 (↑ 1, ↓ 1)	2 (↑ 1, ↓ 1)	0	5 (5%)
// 減少	0	1	0	1 (↓ 1)	2 (2%)
(4) 2相性増減	1 (↓ 1)	0	1 (↓ 1)	1 (↓ 1)	3 (3%)
// 減増	0	0	0	0	0
(5) 変化なし	0	12 (↑ 2, ↓ 2)	15 (↑ 2, ↓ 4)	12 (↑ 2, ↓ 1)	39 (42%)

経穴への刺鍼や電気鍼による血流変化のパターンは個体、刺激方法、測定位置及び留鍼中や抜鍼後の測定時間の違により種々観察された。それらを分類すると、(1) 刺鍼直後より留鍼中増加 (又は減少) している持続的血液変化型、(2) 留鍼5分頃にはほとんど変化なく、その後徐々に増加 (又は減少) していく漸増 (又は漸減) の血液変化型、(3) 留鍼約5分頃血流が最も増加 (又は減少) し、その後徐々に元に戻り、留鍼15分後には刺鍼前の血流量へ回復する一過性血液変化型、(4) 留鍼5分頃に血流が増加 (又は減少) し、留鍼15分頃には減少 (又は増加) に転じる二相性増減 (又は減増) 変移型、(5) 鍼刺激で血流が変化しないものが観察された (表1)。又、抜鍼後の血流は増加、不変 (回復) 又は減少の三種に分類された。

1 合谷の刺鍼と電気鍼による血流変化

図3は合谷の刺鍼、図4は電気鍼によってそれぞれ誘発される各ラットの経時的血流変化を表している。血流の変化は各個体、刺激方法、測定場所及び鍼刺激開始後の時間により増加、減少或は不変のものがあ、非常に複雑であった。

1) 四肢血流の増減

図5は、合谷刺鍼と電気鍼による留鍼中と抜鍼後の血流変化を、増加、減少及び変化なしの割合で示している。刺鍼と電気鍼は、多くの場合同側指掌の血流を増加させるが、他の場所では増加する場合と減少する場合がほぼ同程度観察された。

図6は合谷への刺鍼と電気鍼による指掌と足底の血流変化

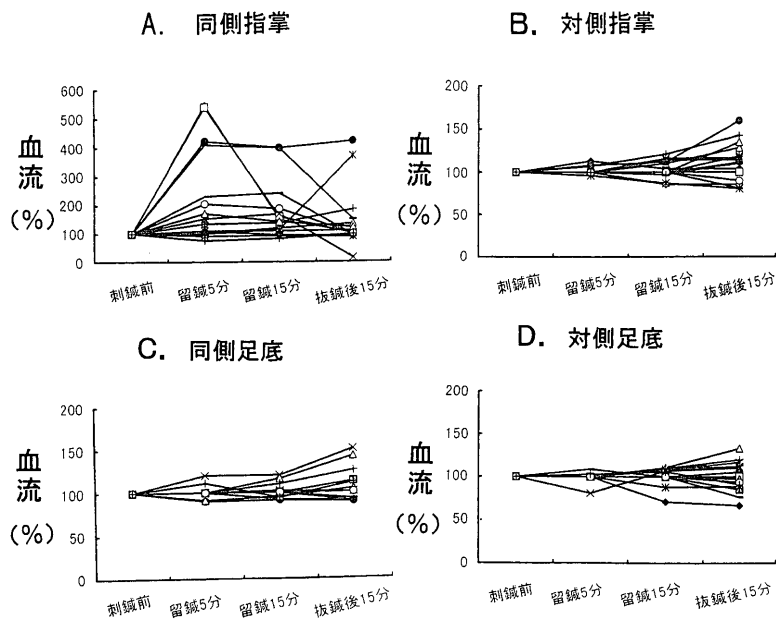


図3 合谷への刺鍼による指掌と足底の刺鍼直前, 留鍼5分, 留鍼15分及び抜鍼後15分の各ラットの血流変化 (n=16)。A; 同側指掌。B; 対側指掌。C; 同側足底。D; 対側足底。

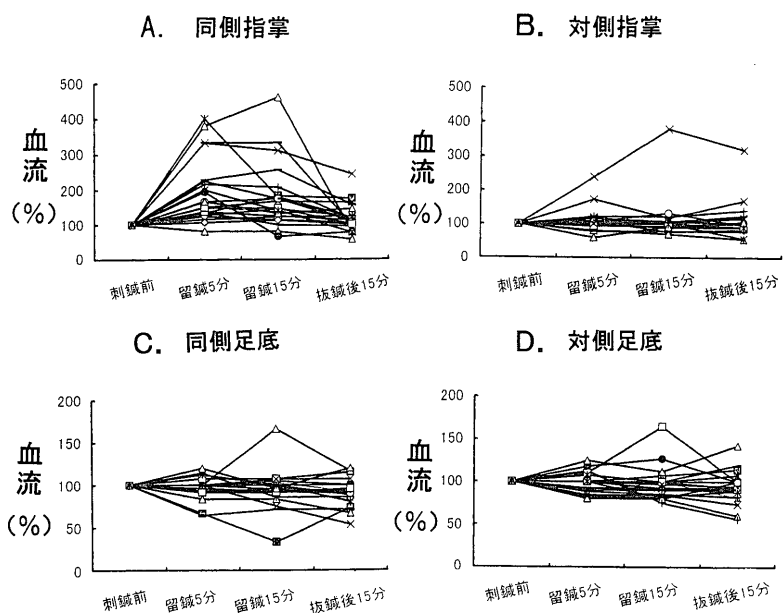


図4 合谷への電気鍼による指掌と足底の刺鍼直前, 留鍼5分, 留鍼15分及び抜鍼後15分の各ラットの血流変化 (n=23)。A; 同側指掌。B; 対側指掌。C; 同側足底。D; 対側足底。

を留鍼5分, 15分及び抜鍼後15分の時点でそれぞれ集計したものである。刺鍼により同側指掌の血流は留鍼5分と15分の時点で, それぞれ $221 \pm 42\%$ (平均値 \pm 標準誤差) と $172 \pm 24\%$ と有意に増加し, 抜鍼後元の値に回復した。電気鍼による同側指掌の血流も同様に, 留鍼5分と15分の時点で, それぞれ $190 \pm 19\%$ と $175 \pm 19\%$ と有意に増加し, 抜鍼後に回復した。又, 電気鍼は両側足底の血流を留鍼15分や抜鍼後にわずかに減少させた (同側足底で $92 \pm 3\%$, 対側足底で $94 \pm 4\%$)。対側指掌の血流には, 刺鍼と電気鍼共に, 留鍼中及び抜鍼後のい

ずれの時点でも有意な血流変化が認められなかった。

2) 四肢の経時的血流変化

合谷刺鍼による同側指掌の血流は 81% (13/16) のラットで増加し, その多くは持続的増加・抜鍼後増加型であった (表1)。電気鍼でも同様に, 留鍼中 96% (22/23) で増加し, その多くは持続的増加・抜鍼後増加型であった。

刺鍼での対側指掌の血流は留鍼中 38% (6/16) のラットで増加し, 多くは漸増・抜鍼後増加型であり, 漸減・抜鍼後減少

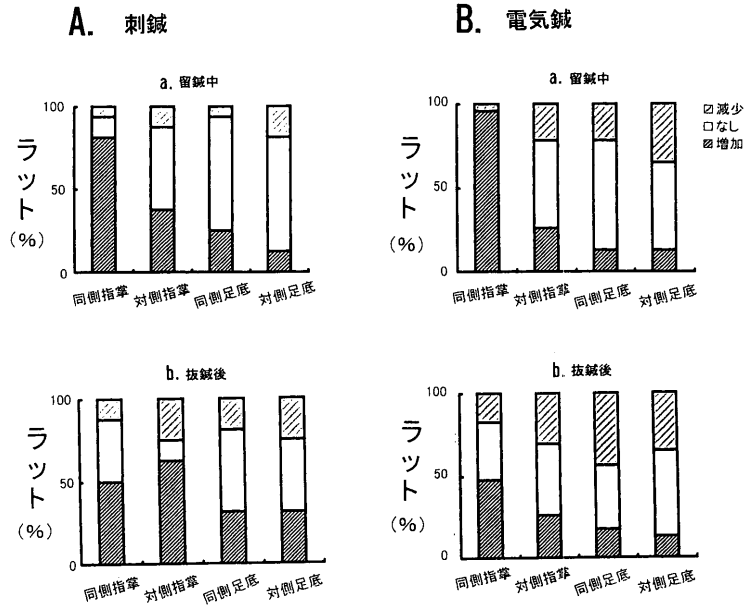


図5 指掌と足底の血流が合谷の刺鍼 (A, n=16) と電気鍼 (B, n=23) によって増加したラットと減少したラットの割合。a; 留鍼中の血流変化。b; 抜鍼後の血流変化。

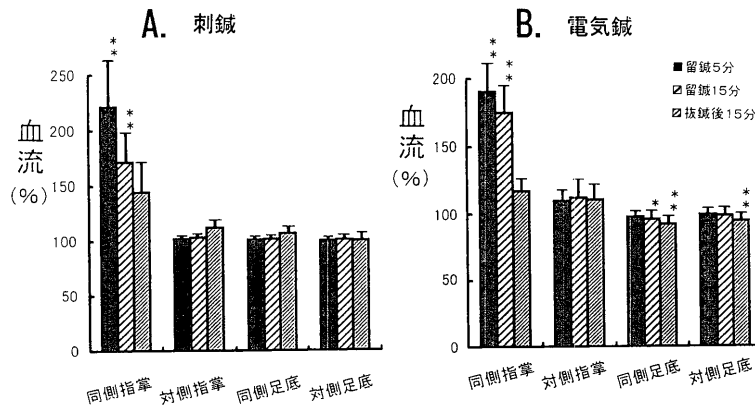


図6 合谷への刺鍼 (A, n=16) と電気鍼 (B, n=23) による指掌と足底の留鍼5分、留鍼15分及び抜鍼後15分の血流変化。各ラットで計測した血流変化の平均値と標準誤差。(Wilcoxon test: **, $p < 0.05$; *, $p < 0.1$)

型も少し観察された (13%, 2/16)。電気鍼では留鍼中 26% (6/23) で増加し、その中には持続的増加、一過性増加及び漸増型が含まれ、その過半数は抜鍼後も増加していた。留鍼中血流減少は 22% (5/23) で、抜鍼後も減少を続けた。約半数のラットでは刺鍼と電気鍼共に、留鍼中血流変化が見られなかった。しかし、その中には抜鍼後血流変化する例が含まれていた。

刺鍼による同側足底の血流は留鍼中 25% (4/16) のラットで増加し、それらは一過性、持続性及び漸増型で、抜鍼後増加型であった。電気鍼では留鍼中 13% (3/23) で増加し、血流減少は 17% (4/23) であった。過半数は留鍼中血流変化が見られなかった。

刺鍼による対側足底の血流は 13% (2/16) で血流が増加し、それらは漸増・抜鍼後増加型であった。血流減少は 19% (3/16) で、一過性減少及び漸減型・抜鍼後減少型であった。電気鍼では留鍼中 13% (3/23) で血流増加し、それらは持続性増加型で

あった。留鍼中血流減少は 30% (7/23) で、それらには持続的減少、一過性減少及び漸減型が含まれ、抜鍼後も減少していた。

3) 指掌と足底での血流増減の組み合わせ: 合谷刺鍼による指掌と足底の血流増減の組み合わせを観察した 16 例中、全ての個所の血流増加が見られたもの (2 例)、両側指掌と対側足底の増加 (2 例)、両側指掌の増加 (2 例)、同側指掌のみの増加 (1 例)、同側指掌の増加と対側指掌の減少 (2 例)、両側指掌の増加と同側足底の減少 (1 例)、同側指掌の増加と他は全て減少 (1 例)、両側指掌と同側足底の増加と対側足底の減少 (1 例)、対側指掌と同側足底の増加と同側指掌と対側足底の減少 (1 例)、対側指掌と同側足底の増加と同側指掌の減少 (1 例)、対側指掌の増加と両側足底の減少 (1 例) 及び対側指減少および対側足底減少 (1 例) であった。全く血流変化しない例は観察されなかった。

合谷電気鍼による組み合わせを観察した23例中、両側指掌の増加と両側足底の減少(4例)、両側指掌の増加(2例)、両側指掌の増加と同側足底の減少(2例)、同側指掌の増加と対側指掌の減少(3例)、同側指掌のみの増加(2例)、同側指掌と両側足底の増加(2例)、同側指掌と両側足底の増加と対側指掌の減少(1例)、同側指掌の増加と対側足底の減少(1例)、両側指掌と足底の増加と対側足底の減少(1例)、同側指掌の増加と他は全て減少(1例)、同側指掌と対側足底の増加と同側足底の減少(1例)、同側指掌と対側足底の増加(1例)、同側指掌の増加と対側指掌と足底の減少(1例)及び全ての場所の減少(1例)であった。全く血流変化しない例は観察されなかった。

2 外関への刺鍼と電気鍼による血流変化

図7と図8はそれぞれ外関への刺鍼と電気鍼による各ラットの経時的血流変化を表している。合谷刺鍼時と同様に、血流の変化は個体差、刺激方法、測定位置及び刺鍼後の時間により異なり、複雑に組み合わさっていた。

1) 四肢血流の増減

図9には、これらの血流変化を留鍼中と抜鍼後の血流増加、減少及び変化しないものとしてまとめた。刺鍼と電気鍼共に、留鍼中同側指掌の血流増加が特徴的であった。

図10は外関の刺鍼と電気鍼による指掌と足底の血流変化を、留鍼5分、15分及び抜鍼後15分の時点で計測し集計したものである。

刺鍼により同側指掌の血流は留鍼5分、15分及び抜鍼後15分にそれぞれ155±26%、154±25%及び118±11%と共に増加し、対側指掌や両側足底の血流には有意な血流変化が認められ

なかった。

電気鍼では同側指掌の血流は留鍼5分と15分の時点で、それぞれ166±30%と156±35%に増加したが、抜鍼後15分の変化は有意な増加ではなかった。対側指掌や両側足底では血流変化は観察されなかった。

2) 四肢の経時的血流変化

外関への刺鍼では留鍼中、同側指掌の血流は観察したラットの78% (7/9) で増加し、多くは持続的及び漸増型で、半数は抜鍼後も増加を示した(表2)。血流減少は11% (1/9) であった。電気鍼でも留鍼中、同側指掌の血流は観察したラットの89% (8/9) で増加し、それらの多くは持続的増加型であった。血流減少は11% (1/9) であった。

刺鍼による対側指掌の血流は、留鍼中22% (2/9) のラットで持続型増加を示した。血流減少も22% (2/9) であり、持続的減少と漸減型であった。電気鍼では、留鍼中11% (1/9) で持続的に増加したのみで、血流減少は44% (4/9) と増加例より多く、それらは持続的減少、一過性減少及び二相性増減型で、抜鍼後も減少していた。

刺鍼による同側足底の血流は留鍼中33% (3/9) のラットで増加し、それらは持続性増加と漸増型であった。電気鍼では22% (2/9) が血流増加し、持続的増加型であった。刺鍼と電気鍼共に、血流が減少するのは11% (1/9) と少なく、それらは持続的減少型であった。

刺鍼による対側足底の血流は33% (3/9) のラットで血流が増加し、持続的増加と漸増型であった。血流減少は11% (1/9) で、漸次減少型であった。電気鍼では33% (3/9) が血流増加し、漸増型であった。血流減少は33% (3/9) で、刺鍼時よ

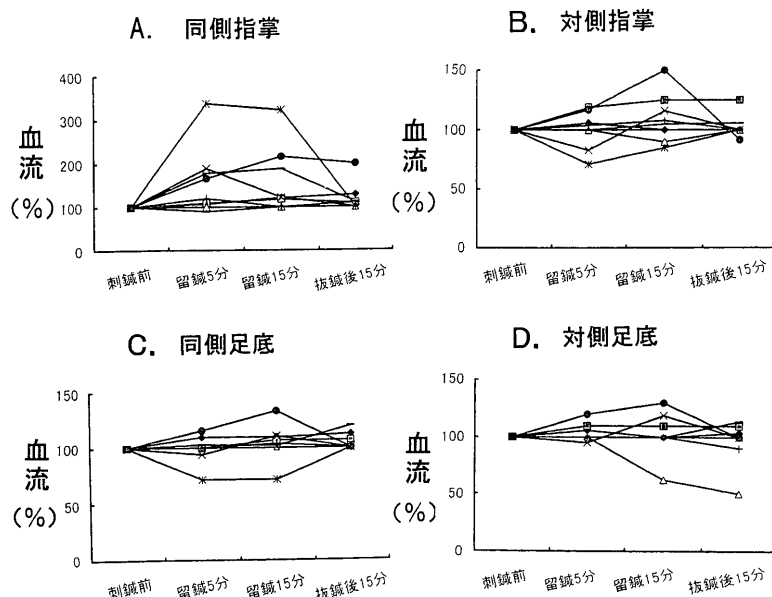


図7 外関への刺鍼による指掌と足底の刺鍼直前、留鍼5分、留鍼15分及び抜鍼後15分の各ラットの血流変化 (n=9)。A; 同側指掌。B; 対側指掌。C; 同側足底。D; 対側足底。

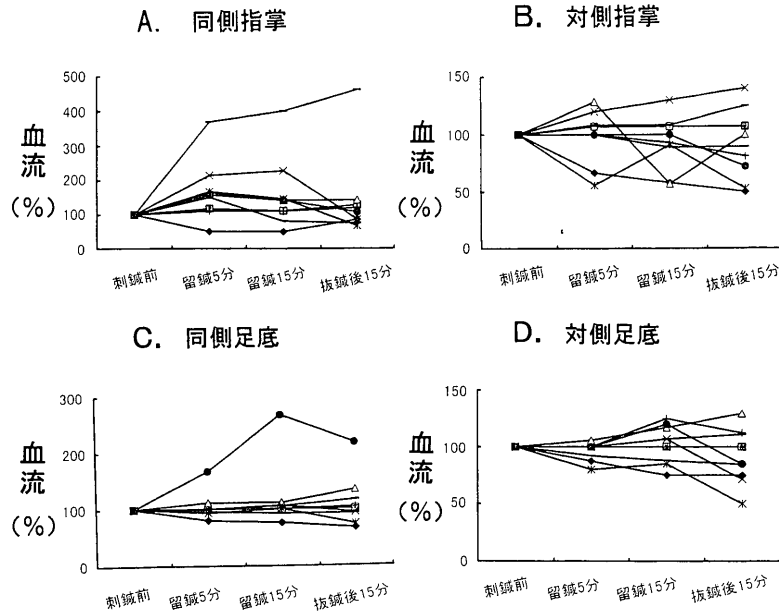


図8 外関への電気鍼による指掌と足底の刺鍼直前, 留鍼5分, 留鍼15分及び抜鍼後15分の各ラットの血流変化 (n=9)。A; 同側指掌。B; 対側指掌。C; 同側足底。D; 対側足底。

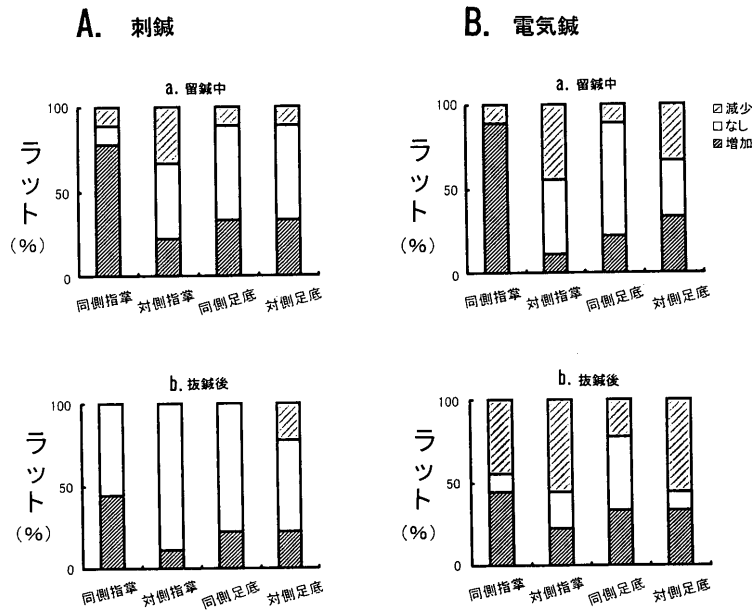


図9 指掌と足底の血流が外関の刺鍼 (A) と電気鍼 (B) によって増加したラットと減少したラットの割合 (n=9)。a; 留鍼中の血流変化。b; 抜鍼後の血流変化。

り多く, それらは持続的減少と漸減型で抜鍼後も減少していた。

3) 指掌と足底での血流増減の組み合わせ: 外関刺鍼による指掌と足底の血流増減の組み合わせを9例中, 全ての個所の血流増加が見られたもの (1例), 両側指掌と対側足底の増加 (1例), 同側指掌と同側足底の増加 (1例), 同側指掌と両側足底の増加 (1例), 同側指掌のみの増加 (1例), 同側指掌の増加と対側足底の減少 (1例), 同側指掌と両側足底の増加と対側指掌

の減少 (1例), 同側指掌の増加と対側指掌と同側足底の減少 (1例), 対側指掌と対側足底の減少 (1例) が観察された。外関刺鍼により全く血流変化しない例は観察されなかった。

外関電気鍼による組み合わせを観察した9例中, 同側指掌と両側足底で増加と対側指掌の減少 (3例), 同側指掌と対側足底の増加と対側指掌の減少 (1例), 同側指掌の増加と他全てで減少 (1例), 両側指掌の増加と対側足底の減少 (1例), 同側指掌の増加と対側指掌と足底の減少 (1例), 同側指掌のみの増加 (1例) 及び全ての箇所での減少 (1例) であり, 全く血流変化

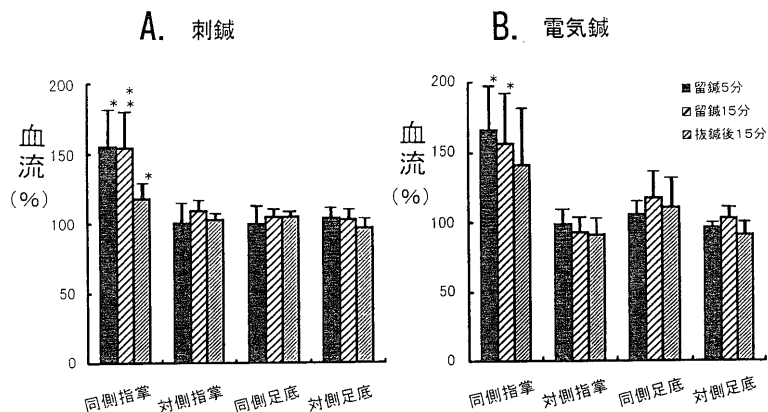


図10 外関への刺鍼 (A, n=9) と電気鍼 (B, n=9) による指掌と足底の留鍼5分, 留鍼15分及び抜鍼後15分の血流変化。各ラットで計測した血流変化の平均値と標準誤差。(Wilcoxon test: **, p<0.05; *, p<0.1)

表2 外関への刺鍼 (A) と電気鍼 (B) による経時的血流変化とその出現数。括弧内の数字は抜鍼後血流が増加 (↑) 又は減少 (↓) した例数を表す。

A. 刺鍼					
	同側足底	対側足底	同側指掌	対側指掌	合計
(1) 持続的増加	0	1 (↑1)	1 (↑1)	0	2 (3%)
// 減少	5 (↑4)	7 (↓4)	2 (↓2)	2 (↓1)	16 (27%)
(2) 漸増	1 (↓1)	0	2 (↑1)	1 (↑1)	4 (7%)
漸減	1	1 (↓1)	0	0	2 (3%)
(3) 一過性増加	0	0	2 (↑1)	1 (↑1)	3 (5%)
// 減少	5 (↑1)	3 (↓1)	2	5 (↑1)	15 (25%)
(4) 2相性増減	0	0	0	0	0
// 減増	0	0	1 (↑1)	1 (↑1)	2 (3%)
(5) 変化なし	3 (↓2)	3 (↑1)	5 (↑1, ↓1)	5 (↑2)	16 (27%)
B. 電気鍼					
	同側足底	対側足底	同側指掌	対側指掌	合計
(1) 持続的増加	1 (↑1)	1 (↑1)	2 (↑1, ↓1)	5 (↑3, ↓2)	9 (13%)
// 減少	9 (↑1, ↓6)	3 (↓3)	5 (↓4)	2 (↓2)	19 (26%)
(2) 漸増	1 (↑1)	1 (↑1)	2 (↑1)	0	4 (6%)
漸減	2 (↓2)	0	0	2 (↓2)	4 (6%)
(3) 一過性増加	0	0	1	0	1 (1%)
// 減少	2 (↓1)	3 (↓1)	3 (↓1)	1 (↓1)	9 (13%)
(4) 2相性増減	0	0	0	0	0
// 減増	0	0	0	0	0
(5) 変化なし	3	10 (↑2, ↓2)	5 (↑2)	8 (↑3, ↓1)	26 (36%)

しない例は観察されなかった。

3 後三里への刺鍼と電気鍼による血流変化

図11と図12は後三里刺鍼と電気鍼によって誘発される各ラットの経時的血流変化を表している。合谷や外関刺鍼時と同様に、後三里刺激でも個体差, 刺激方法, 測定場所及び刺鍼後の時間により血流は種々変化していた。

1) 四肢血流の増減

図13に留鍼中と抜鍼後の血流増加, 減少及び変化しないも

の割合をまとめて示す。刺鍼と電気鍼共に, 同側足底の血流が減少した。

図14は後三里刺鍼と電気鍼による指掌と足底の血流変化を留鍼5分, 15分及び抜鍼後15分の時点で計測し集計したものである。

刺鍼により同側足底の血流は留鍼5分, 15分及び抜鍼15分後にそれぞれ84±4%, 89±4%及び91±5%と共に有意に減少していた(図14A)。対側足底, 同側指掌及び対側指掌の血流も留鍼5分に, それぞれ90±3%, 93±4%及び87±4%と有意に減少していたが, その後は元の値に回復した。

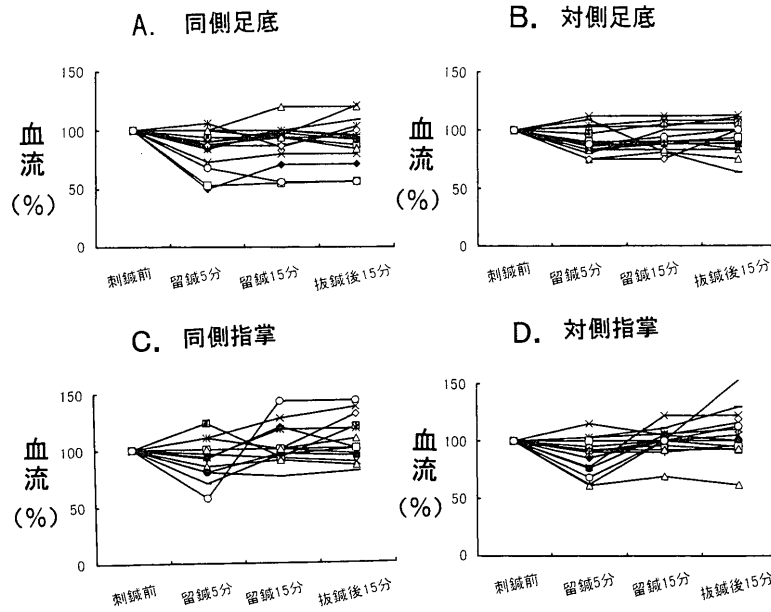


図 11 後三里への刺鍼による指掌と足底の刺鍼直前, 留鍼 5 分, 留鍼 15 分及び抜鍼後 15 分の各ラットの血流変化 (n=15)。A; 同側足底。B; 対側足底。C; 同側指掌。D; 対側指掌。

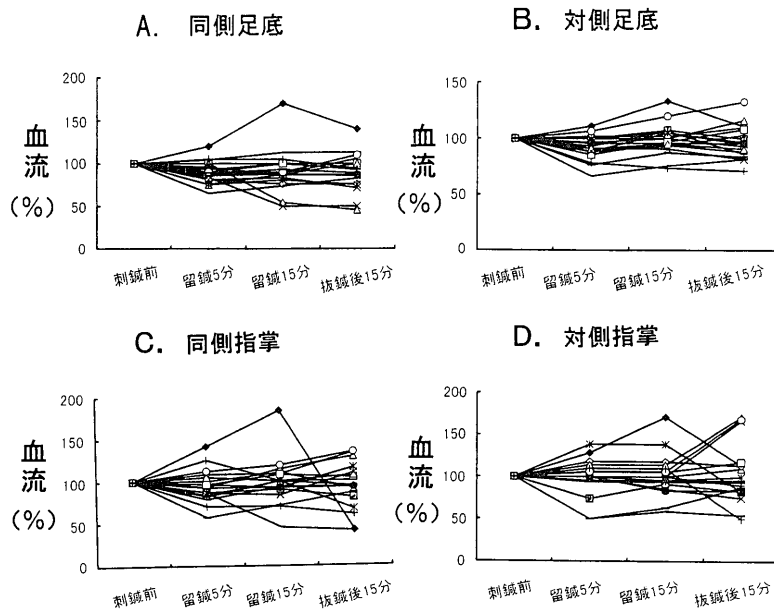


図 12 後三里への電気鍼による指掌と足底の刺鍼直前, 留鍼 5 分, 留鍼 15 分及び抜鍼後 15 分の各ラットの血流変化 (n=18)。A; 同側足底。B; 対側足底。C; 同側指掌。D; 対側指掌。

図 14B は電気鍼による指掌と足底の血流変化である。電気鍼により同側足底の血流は留鍼 5 分, 15 分及び抜鍼 15 分後にそれぞれ $90 \pm 3\%$, $91 \pm 6\%$ 及び $90 \pm 5\%$ と共に有意に減少していた。対側足底と同側指掌の血流も留鍼 5 分で $92 \pm 3\%$ と $94 \pm 5\%$ に有意に減少していたが, その後は元の値に回復した。対側指掌には変化が認められなかった。

2) 四肢の経時的血流変化

後三里刺鍼による同側足底の血流は留鍼中 73% (11/15) の

ラットで減少し, それらは持続的減少, 一過性減少及び漸減型であった (表 3)。血流増加は僅かであった (7%, 1/15, 漸増型)。電気鍼では留鍼中, 同側足底の血流は 72% (13/18) のラットで減少し, 持続的減少, 一過性減少及び漸減型であった。血流増加は少なく (11%, 2/18) で, 持続的増加と漸増型であった。

刺鍼による対側足底の血流は留鍼中 73% (11/15) のラットで減少していた。それらの多くは, 持続的減少型と一過性減少型で, 抜鍼後も減少していた。血流増加は 7% (1/15) で, 持続

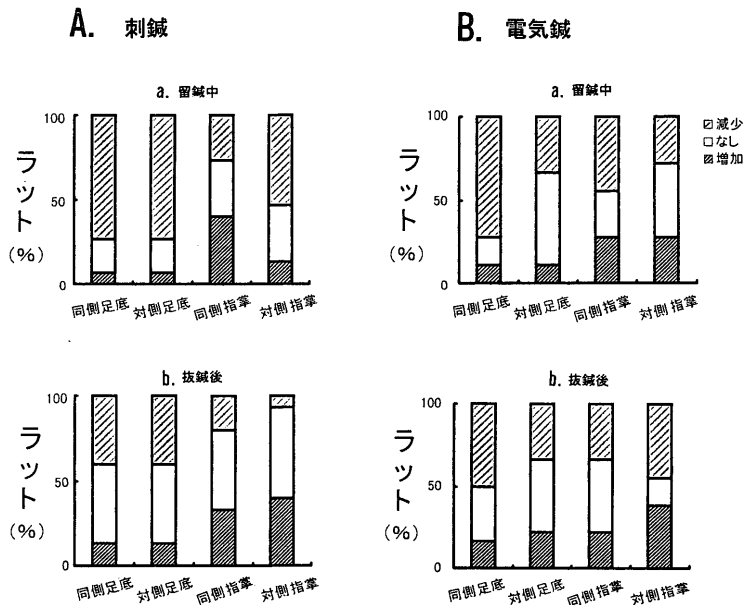


図13 指掌と足底の血流が後三里の刺鍼 (A, n=15) と電気鍼 (B, n=18) によって増加したラットと減少したラットの割合。a; 留鍼中の血流変化。b; 抜鍼後の血流変化。

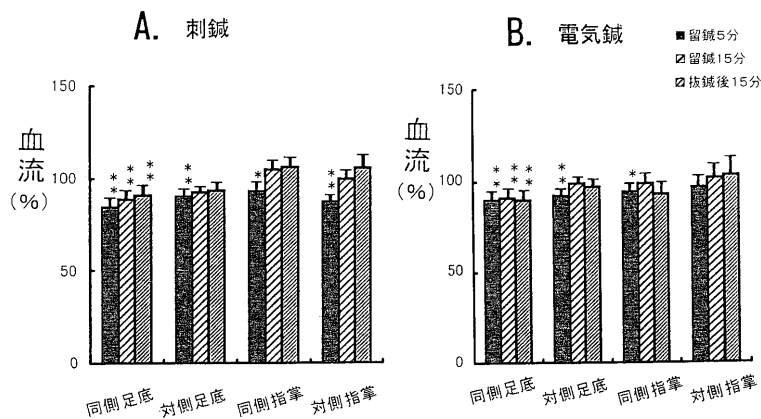


図14 後三里への刺鍼 (A, n=15) と電気鍼 (B, n=18) による指掌と足底の留鍼5分, 留鍼15分及び抜鍼後15分の血流変化。各ラットで計測した血流変化の平均値と標準誤差。(Wilcoxon test: **, $p < 0.05$; *, $p < 0.1$)

性増加型であった。電気鍼では留鍼中, 対側足底の血流は33% (6/18) のラットで減少し, 持続的減少と一過性減少型であった。血流増加は11% (2/18) で, 持続的増加と漸増型であった。

後三里刺鍼による同側指掌の血流は留鍼中27% (4/15) のラットで減少し, 持続的減少と一過性減少型であった。血流増加は33% (5/15) で, それらには, 持続的増加, 一過性増加及び漸増型が含まれていた。電気鍼では44% (8/18) のラットで減少し, 持続的減少と一過性減少型であった。血流増加は28% (5/18) で, 持続的増加, 一過性増加及び漸増型であった。

後三里刺鍼による対側指掌の血流は47% (7/15) のラットで血流が減少し, それらは持続的減少, 一過性減少及び二相性減増型であった。血流増加は13% (2/15) と少なく, それらは一過性増加と漸増型であった。電気鍼では28% (5/18) のラットで減少し (持続的減少, 一過性減少及び漸減型), 抜鍼後も減少していた。血流増加は28% (5/18) で, 全て持続的増加で

あったが, 抜鍼後は増加するものと減少するものが観察された。

3) 指掌と足底での血流増減の組み合わせ: 後三里刺鍼による足底と指掌の血流増減の組み合わせを15例中, 全ての個所の血流減少 (2例), 両側足底の血流減少 (2例), 両側足底の減少と両側指掌の増加 (1例), 両側足底と対側指掌の減少と同側指掌の増加 (3例), 両側足底と同側指掌の減少と対側指掌の増加 (1例), 同側足底と同側指掌の減少と対側足底と対側指掌の増加 (1例), 同側足底の減少と同側指掌の増加 (1例), 同側足底の減少と両側指掌の増加 (1例), 同側足底の増加と対側足底と両側指掌の減少 (1例), 同側足底と両側指掌の増加と対側足底と両側指掌の減少 (1例) 及び対側足底の増加と対側指掌の減少 (1例) が観察された。後三里刺鍼により全く血流変化しない例は観察されなかった。

表3 後三里への刺鍼 (A) と電気鍼 (B) による経時的血流変化とその出現数。括弧内の数字は抜鍼後血流が増加 (↑) 又は減少 (↓) した例数を表す。

A. 刺鍼					
	同側指掌	対側指掌	同側足底	対側足底	合計
(1) 持続的増加	4 (↑2)	2 (↑1)	2 (↑1)	2 (↑1)	10 (2%)
// 減少	0	1	1	0	2 (6%)
(2) 漸増	2 (↑1)	0	1	1	7 (19%)
// 漸減	0	1	0	1 (↓1)	2 (6%)
(3) 一過性増加	1	0	0	0	1 (3%)
// 減少	1 (↑1)	0	0	0	1 (3%)
(4) 2相性増減	0	0	0	0	0
// 減増	0	1	0	0	1 (3%)
(5) 変化なし	1	4	5 (↑1)	5 (↑1, ↓1)	15 (42%)
B. 電気鍼					
	同側指掌	対側指掌	同側足底	対側足底	合計
(1) 持続的増加	7 (↑4, ↓2)	1 (↑1)	2 (↑2)	0	10 (28%)
// 減少	1 (↓1)	1 (↓1)	1 (↓1)	2 (↓2)	5 (14%)
(2) 漸増	0	0	0	3 (↑2, ↓1)	3 (8%)
// 漸減	0	1 (↓1)	0	1 (↓1)	1 (3%)
(3) 一過性増加	0	0	0	0	0
// 減少	0	1 (↓1)	0	0	1 (3%)
(4) 2相性増減	1 (↓1)	1	0	0	2 (6%)
// 減増	0	0	0	0	0
(5) 変化なし	0	4 (↑1, ↓2)	6 (↑1, ↓1)	3 (↑1, ↓1)	13 (36%)

後三里電気鍼による組み合わせを18例中、同側足底の減少と対側足底と両側指掌の増加(3例)、両側足底と指掌全体の減少(2例)、両側足底と対側指掌の減少と同側指掌の増加(1例)、両側足底と同側指掌の減少(1例)、両側足底と同側指掌の減少と対側指掌の増加(1例)、両側足底の減少と対側指掌の増加(1例)、同側足底と同側指掌の減少と対側指掌の増加(1例)、同側足底の減少と対側指掌の増加(1例)、同側足底と対側指掌の減少(1例)、同側足底の減少と同側指掌の増加(1例)、両側足底と両側指掌の全て増加(1例)、同側足底の増加と同側指掌の減少(1例)、対側足底と同側指掌の減少(1例)、同側足底と対側指掌の減少と同側指掌の増加(1例)及び両側指掌の減少(1例)であった。全く血流変化しない例は観察されなかった。

考 察

本研究では、ラットの経穴(合谷・外関・後三里)を刺鍼と電気鍼で刺激し、レーザー血流計で四肢末梢である両側の指掌と足底の血流変化を同時観察した。四肢の血流変化の多様な組み合わせに対して測定した例数が少ないこと、一般に鍼の効果は個体差が大きいことから観察結果の記述に止まった部分が多いが、いくつかの有意な経穴の鍼刺激効果が見出された。

又、四肢の皮膚血流は一般に交感神経の興奮状態により変化すると考えられている。交感神経興奮促進は血管平滑筋の α 受容体を介し血管縮小を起こし、血流は低下する。又、交感神

経興奮低下により血管拡張・血流増加となる。従って、四肢の多様な血流変化は経穴刺激による四肢皮膚支配交感神経の多様な興奮状況を反映しているものと推定される。

1) 合谷刺激

合谷への刺鍼による同側指掌の血流は留鍼中81%のラットで、電気鍼は96%のラットで増加した。ヒトの場合、合谷刺激は主に頭痛、歯痛、顔面の腫れ及び胃痛等の鎮痛のために多用される経穴であるが^{15,19)}、更に合谷刺鍼はヒトの同側指の血流をも増加すると言われている^{1,4,16)}。しかし、刺鍼方法の違いにより指の温度が低下したり²⁾、手足皮膚の血管が収縮することもあるという¹⁾。今回のラットでの実験においても、血流が減少した例は少数(刺鍼で6%、電気鍼で4%)ながら観察された。

合谷刺鍼による対側指掌の血流は全体的には血流変化が認められなかった。しかし、個体により増加するもの(刺鍼で38%、電気鍼で26%)と減少するもの(刺鍼で13%、電気鍼で22%)が観察された。このような個体差は他の経穴刺激、血流測定部位でも一般的に観察されている^{1,14,17)}。

足底に対する影響は留鍼中、統計的には血流変化が観察されなかったが、電気鍼の抜鍼後血流が減少した。ヒトでも、合谷刺鍼により足の皮膚血流が減少すると言われており^{1,14)}、今回のラットの実験結果はそれと一致している。

鍼灸の臨床治療の時、刺激条件により治療効果が影響されると言われており、個体差、経穴の特異性、治療時の経穴選択、

刺鍼手法及び電気鍼時の刺激強度などの研究が種々行われてきた^{1,12)}。今回の実験でも、合谷刺鍼による両側足底の血流は留鍼中及び抜鍼後も変化が見られなかったが、電気鍼の抜鍼後血流が減少した。この刺鍼と電気鍼による足底血流の違いは刺激の強度に因ると推定される。

2) 外関刺激

外関刺激により同側指掌の血流は留鍼中78%のラットで、電気鍼は89%のラットで増加したが、減少した例も少数(刺鍼と電気鍼とも11%)観察された。

ヒトの外関刺激は合谷同様に、頭痛、歯痛、胃痛及び上肢の痛み等の鎮痛に多用され^{15,19)}、更に手指血管をも拡張すると言われている¹⁴⁾。今回のラットの結果も手指血管拡張を支持するものであった。対側指掌と両側足底の血流には平均値では変化は認められなかったが、個体により増加するものや減少するものが観察された。又、抜鍼後の血流は、両側の指掌と足底のいずれの部位においても、刺鍼時より電気鍼時の方が減少する傾向があった。これも合谷電気鍼の場合と同様、刺激電流が交感神経の緊張を誘発し、血管を収縮させた結果と推測される。

3) 後三里刺激

後三里刺鍼による同側足底の血流は留鍼中73%のラットで、電気鍼は72%のラットで減少した。対側足底や両側指掌の血流も留鍼5分には血流減少し、その後回復した。ヒトの足三里(ラットの後三里)刺激は鍼灸医学で消化器系や下肢の治療に良く用いられる経穴であり^{1,3,18,19)}、足三里の刺鍼は胃の血流増加²⁰⁾、下腿の血管容積変化¹⁾、下肢血流減少¹⁷⁾及び手の皮膚血管収縮²⁾を起こすと言われている。しかし、個体により血流増加するものも少数例観察され、個体差による違いが見られた。

4) 鍼刺激による血流変化

鍼刺激による血流に対する効果は麻酔に影響されると考えられる。ウレタン又はウレタン・ α -クロラロス麻酔も試みたが有意な差は見出されなかった。本実験結果とヒトに対する鍼の効果との間に共通する部分も見出されたので、麻酔の影響が大きいとは考えられない。

もし、経穴への刺鍼や電気鍼により急激な循環血流量(分時心拍出量)の変化が起ると、身体全体の血流増加又は減少が起る。又、循環血流量が一定ならば、一部の血流増加は他方の血流減少を引き起こす(一般に貸借現象と呼ばれている)。合谷刺激で、両側指掌と足底の全てで血流増加した例は刺鍼の33%と電気鍼の9%、減少した例は電気鍼の4%であった。外関刺激で全ての箇所が増加した例は刺鍼の12%、減少した例は電気鍼の12%であった。又、後三里の刺激で増加した例は電気鍼の6%、減少した例は刺鍼の13%、電気鍼の11%であった。この様な少数例では循環血流量の変化(又は血圧変化)を反映していることが考えられる。しかし、今回のラット経穴刺激の多くの場合、同側と対側及び指掌と足底で血流の増加又は

減少が種々組み合わせり、四肢間における貸借現象様の結果が観察された。今回の実験では、刺激条件を出来る限り一定になるように経穴刺激を行っているため、それぞれのラットにおける四肢の血流変化(増加と減少の組み合わせ)の違いはラットの個体差を反映していると考えざるを得ない。

5) 刺鍼と電気鍼による鎮痛と血流変化

手足の皮膚血管の拡張や収縮を起こすのはポリモーダルC線維や交感神経である^{20,22,23)}。刺鍼や電気鍼によってポリモーダルC線維が興奮すると、神経末端からサブスタンスPやカルシトニン遺伝子関連ペプチドが分泌される。それらの物質により血管拡張を引き起こす。一方、交感神経興奮により皮膚血管は収縮して血流減少を引き起こし、興奮低下により血管拡張して血流増加を引き起こす。

経穴への刺鍼や電気鍼による刺激は脳内の痛覚上行経路や下行性抑制系に影響を与える可能性が高い。しかし、鍼刺激と血流変化とを関連づける神経機構は、まだほとんど知られていない¹⁰⁾。

今回の実験で、合谷や外関の鍼刺激は同側指掌の血流を増加させている。これには一部ポリモーダルC線維の軸索を直接刺激したためか或は軸索反射が関係している可能性も示唆される。しかし、対側指掌や両側足底の血流変化は単にC線維の遠心性効果や軸索反射のみでは説明出来ない。従って、これには脊髄分節内反射(segmental reflex)及び高位の中枢を介しての両側性の複雑な交感神経系への調節作用を考える必要がある^{11,21)}。この様な中枢性の調節作用を介し、合谷や外関刺激は同側指の血流増加(交感神経活動抑制による血管拡張)を誘発している可能性がある。

又、本実験での経穴電気鍼刺激はオピオイドを介する鎮痛機構の活動を惹起するような刺激パラメーターを用いた。強い痛みを感じる程度の刺激を与えると、皮膚血流と深部血流は低下する傾向が多いと言われている¹⁰⁾。これは、痛みによる反射的な交感神経緊張状態を引き起こし、強い血管収縮をもたらす結果と考えられている。後三里刺激による四肢の血流減少はこの様な全身性の反射を介して起っている可能性がある。しかし、四肢の血流増加又は減少は極めて複雑であり、電気鍼で、必ずしも血流減少を引き起こすことにはならなかった。従って、これらの血流変化には、オピオイドや非オピオイド系を介する下行性痛覚抑制系や広汎性侵害抑制調節(DNIC鎮痛系)を介する経路の関与が示唆される²⁴⁻³⁰⁾。

文 献

- 1) 鄧 春雷, 殷 克敬: 実験鍼灸学. 人民衛生出版, 北京, 1998.
- 2) 川喜田健司, 岩崎友昭, 岡村貞一, 船越正也: 鍼通電刺激の血圧下降効果と鎮痛効果の比較. 岐歯学誌 12(1): 13-19, 1985.

- 3) 楊 長森: 鍼灸治療学. 上海科学技術出版, 上海, 1985, pp. 22-94.
- 4) 靳 瑞: 中国針灸学. (川井正久, 張 碧英, 川合重孝. 共訳). 医道の日本社, 横須賀, 1995, pp. 150-212.
- 5) 戴 錫孟, 後藤修司: 鍼灸学[臨床篇]. 東洋学術出版, 市川, 2000.
- 6) 西条一止: 皮膚温分布と経絡・経穴現象. 日温物医誌 **39**(3, 4): 1-96, 1976.
- 7) 佐伯正史, 横山茂彦, 迫田信雄, 小寺敏子, 福岡邦子: 合谷穴刺針の皮膚温に及ぼす影響, 第一報. 全鍼灸誌 **25**(2): 30-34, 1976.
- 8) 松本 勲, 森本安夫, 川井正久, 福田代見, 小田原良誠, 関野光雄, 高島文一: 鍼刺激の下肢深部温及び皮膚温に及ぼす影響. 自律神経 **26**(3, 4): 97-101, 1980.
- 9) 内田輝和, 古谷 生, 藤原秀雄, 井元利明, 岡田成喜, 小坂二度見: 針通電治療の末梢深部温に与える影響. 全鍼灸誌 **31**(2): 170-174, 1981.
- 10) 西牧紀子, 山田伸之, 池内隆治, 篠原昭二, 松本 勲, 森和: 太衝穴施灸による下肢末梢循環の変化——皮膚温・深部温を指標として. 明治鍼灸医学創刊号: 41-48, 1985.
- 11) 松本 勲, 兵藤正義: Acupuncture(ハリ)と血流. 循環制御 **6**(4): 469-480, 1985.
- 12) 石崎直人, 伏田信一, 岡本芳幸, 清藤昌平, 江川雅人, 廣正基, 山田伸之, 矢野 忠: 手背部体表温度分布に及ぼす片側曲池穴鍼刺激の効果——刺鍼手技の相違による検討. 明治鍼灸医学 **8**: 21-26, 1991.
- 13) 王 財源, 遠藤 宏, 豊田住江, 河内 明, 北出利勝, 兵頭正義: 鍼灸古典手技「焼火山」による施術局所および経絡上の温度変化について. 全鍼灸誌 **41**(4): 370-373, 1991.
- 14) 林 文注: 実験鍼灸学. 上海中医学院出版, 上海, 1989, pp. 169-201.
- 15) 戴 錫孟, 後藤修司: 鍼灸学[経穴篇]. 東洋学術出版, 市川, 2000, pp. 141-452.
- 16) 飯田陽一, 河内 明, 豊田住江, 佐子幸男, 丸山智一, 北出利勝, 兵頭正義: 鍼または低出力レーザー照射による末梢循環血流動態に及ぼす影響について. 全鍼灸誌 **39**(3): 287-289, 1989.
- 17) 甲田久士, 岩 昌宏, 工藤代作, 渡辺藤之, 石丸 圭荘, 篠原昭二, 畑 幸樹, 鈴木博司, 咲田雅一: 次膠穴鍼通電刺激の下肢末梢血流量に及ぼす影響. 全鍼灸誌 **39**(4): 391-399, 1989.
- 18) 松本 勲, 池内隆治: 家兔胃壁血流に対する鍼刺激の効果——後肢下腿前側鍼刺激の影響——. 明治鍼灸医学 **12**: 7-12, 1993.
- 19) 靳 瑞: 中国針灸学. (川井正久, 張 碧英, 川合重孝共訳). 医道の日本社, 横須賀, 1995, pp. 49-107.
- 20) 百合野公庸, 徳富康男, 田山文隆, 無敵剛介: 末梢静脈循環動態におよぼすハリ通電効果の無侵襲的研究. 全鍼灸誌 **36**(3): 172-177, 1986.
- 21) 松本 勲, 篠原昭二, 池内隆治, 山田伸之, 行待寿紀: 鍼刺激によるヒト下腿筋血流の改善. 明治鍼灸医学 **8**: 83-87, 1990.
- 22) 錦織綾彦, 檜葉 均, 上田至宏: 鍼灸刺激と神経ペプチド. 鍼灸臨床の科学. 医歯薬出版, 東京, 2000, pp. 377-394.
- 23) 川喜田健司: 侵害刺激としての鍼灸刺激, —ポリモーダル受容器仮説—. 鍼灸臨床の科学. 医歯薬出版, 東京, 2000, pp. 395-408.
- 24) 武重千冬: 動物実験による針の鎮痛発現機序に関する研究, 下巻. 昭和大学医学部第一生理学教室, 1992.
- 25) 宮沢康朗, 戸田一雄: 鍼治療学の基礎と臨床 III. 鍼作用機序研究の検討(欧州編). メディサイエンス, 東京, 1994.
- 26) Bowsler, D.: Mechanisms of acupuncture. Filside, J. and White, A. (edit.): Medical Acupuncture. Churchill Livingstone, Edinburgh, 1998, pp. 69-83.
- 27) Baldry, P.E. 著, 川喜田健司監訳: トリガーポイント鍼療法. 医道の日本社, 横須賀, 1999, pp. 47-127.
- 28) 上田至宏, 檜葉 均, 錦織綾彦: 鍼鎮痛と反射活動. 鍼灸臨床の科学. 医歯薬出版, 東京, 2000, pp. 483-502.
- 29) 川喜田健司: TENS, DNIC と鍼鎮痛. 鍼灸臨床の科学. 医歯薬出版, 東京, 2000, pp. 469-481.
- 30) 廖 登稔: 電気鍼・TENS・レーザー鍼療法の実際. 医歯薬出版, 東京, 2001.