

心拍出量および筋交感神経活動に及ぼす鍼通電刺激の影響

†黒野由利子

明治鍼灸大学大学院

要旨：心拍出量および血圧、心拍数および筋交感神経活動(MSNA)を指標に、異なる体位における鍼通電刺激の効果について偽鍼通電刺激を対照に比較検討した。また、被験者の不安強度の違いで鍼通電刺激の効果に差があるかどうかについても併せて検討した。実験対象は健康成人ボランティア14名(男10名、女4名、平均年齢27.0±4.0歳)とした。

その結果、偽鍼通電刺激による血圧、心拍数、心拍出量、MSNAの変化は仰臥位、座位ともにコントロールと比べて変化は見られなかった。一方、本物の鍼通電刺激による変化は、仰臥位においては各測定項目とも変化は見られなかったが、座位において心拍出量とMSNAはコントロールに比し有意に減少した。また、血圧調節に関与する血液検査(アルドステロン、アドレナリン、ノルアドレナリン、レニン活性)はいずれの体位、刺激でも変化しなかった。

以上のことから、交感神経活動が優位な状態になる座位において鍼通電刺激は交感神経機能を抑制する方向に働いた可能性があり、その作用においては液性ではなく神経性の関与が考えられた。また、これらの反応は被験者の不安強度に左右されることなく、鍼通電刺激特有のものであることが示唆された。

I. はじめに

鍼灸刺激および鍼通電刺激が循環動態に及ぼす影響については、数多くの報告があり、ほとんどが血圧、心拍数、皮下血流量、四肢末梢血流量等を指標としたものである¹⁻⁹⁾。しかし、心拍出量に焦点を当てた研究は少なく、それに対する影響については一定の見解を得るまでに至っていない^{10, 11)}。しかも、鍼灸刺激および鍼通電刺激の血圧、心拍数、皮下血流量、四肢末梢血流量等への影響を考察するには、心拍出量への影響を明らかにすることが必要である。

そこで、本研究では、心拍出量に焦点を当て、同時に血圧、心拍数および筋交感神経活動(MSNA: Muscle Sympathetic Nerve Activity)を同時観察することで、鍼通電刺激の心拍出量に及ぼす影響を明らかにし、循環動態に及ぼす影響の機序の一端を解明することができるものと考えた。特に筋交感神経活動は血圧調節系において重要な機能を担っており^{12, 13)}、循環動態への影響を検討する上では重要な指標になり得ると考えた。また、鍼通電刺激前後で血圧調節に関与する血液中の物質を定量することで、神経性および体液性

の両面から検討することが可能となり、さらに偽鍼通電刺激を設定したことで、循環動態に及ぼす精神心理的な影響が除去でき、鍼通電刺激による効果を検証することが可能になると考えた。これら多角的な方面から、鍼通電刺激が循環動態、特に心拍出量とMSNAに及ぼす影響について体位による自律神経活動状況と関連させて観察、検討したので報告する。

II. 方法

1. 対象

健康成人ボランティア14名(男10名、女4名、平均年齢27.0±4.0歳)を対象とした(表1)。その内訳は仰臥位での測定が8名(男6名、女2名、

表1 仰臥位、座位における被験者の男女比および年齢
各体位における被験者の男女比、年齢に差は見られなかった。

	仰臥位	座位
男/女 比	6 / 2	7 / 3
年齢	26.8 ± 4.4	27.1 ± 3.8

平成13年11月30日受付、平成14年1月15日受理

Key Words : 心拍出量 Cardiac Output, マイクロニューログラム Microneurogram
筋交感神経活動 Muscle Sympathetic Nerve Activity, 鍼通電刺激 Electro-acupuncture
偽鍼 Sham Acupuncture

†連絡先：〒629-0392 京都府船井郡日吉町保野田ヒノ谷6 TEL 0771-72-1181 明治鍼灸大学大学院

平均年齢 26.8 ± 4.4 歳), 座位での測定が10名(男7名, 女3名, 平均年齢 27.1 ± 3.8 歳)で, そのうち仰臥位, 座位の両体位で測定を行った被験者は4名であった。

被験者には実験の主旨を十分説明し, 文書にて同意を得た。なお, 本研究は明治鍼灸大学研究倫理委員会の承認を得て行った。

2. 測定項目

測定項目は平均血圧, 心拍数, 心電図, 筋交感神経活動および血液検査の5項目とした。

(1) 平均血圧, 心拍数, 心電図, 心拍出量の測定

血圧および心拍数は, フィナプレス (Ohmeda 2300, Ohmeda社製, 日本) を用いて右第2指より導出した。心電図は胸部双極誘導で記録し, 心拍出量はインピーダンスプレステチモグラフにて測定した。

インピーダンスプレステチモグラフは図1に示すように剣状突起およびその下3cm, 頸部下端およびその上3cmに帯状のテープ電極を1周させ, 生体インピーダンス用増幅アンプ (4134, 日本電気三栄社製) にて時定数0.003秒, high cut filter 30で増幅し, Z_0 値を算出, さらに生体電気用増幅アンプ (1253A, 日本電気三栄社製) にて微分した dz/dt 波を記録した。 Z_0 値および dz/dt 波は心

拍出量を求める式

$$CO = SV \times \frac{60}{dz/dtINT} \times \frac{1}{1000} \quad [l/min]$$

$$SV = \rho \times \left(\frac{L}{Z_0}\right)^2 \times \frac{dz}{dt \text{ min}} \times T [ml]$$

ρ = 血管抵抗 (定数135), L = 頸部, 胸部電極間距離, T = 心室駆出時間にその値もしくは算出した数値をあてはめ, 心拍出量を求めた。

(2) 筋交感神経 (MSNA) の記録

被験者を仰臥位にし, 左膝窩より先端露出部 $25 \mu m$ を除きエポキシ樹脂で被覆, 絶縁したタンダステン電極 (先端 $\phi 1 \mu m$, 軸 $\phi 100 \mu m$, インピーダンス $4 \sim 5 M \Omega$, FredericHear社, U.S.A.) を無麻酔, 経皮的に脛骨神経の筋神経束内に刺入し, 遠心性筋交感神経の活動電位を導出した。

筋交感神経のインパルス活動は, 生体電気用増幅アンプ (DAM 70, WPI社, U.S.A.) にて時定数300Hz, high cut filter 3000Hzのフィルターをかけ, 1000倍に増幅して観察した。同時に, これらのインパルス活動を積分ユニット (1322, 日本電気三栄社製) にて時定数0.2秒の全波整流積分波としてペンレコーダー (PC208Ax, SONY社製) で描出した (図2)。なお, 筋交感神経活動は,

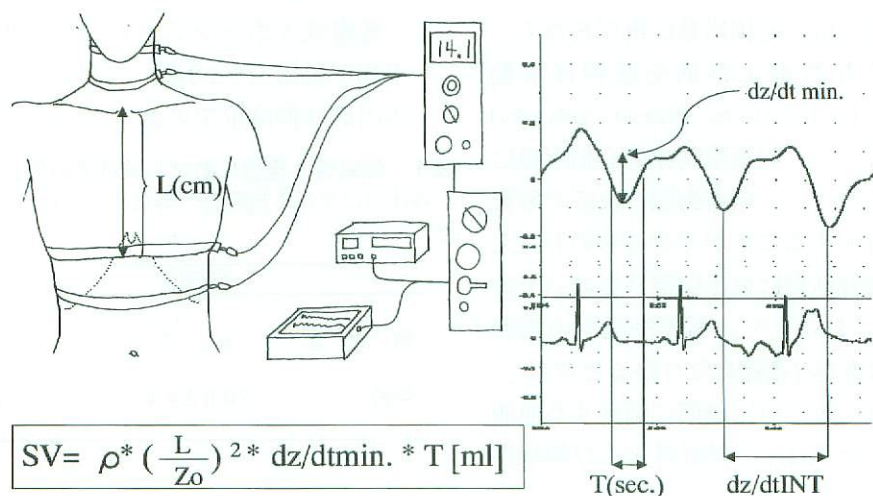


図1 心拍出量の計測方法

インピーダンス法による心拍出量の計測方法および計算式を示す。

頸部と胸部にテープ電極を巻き付け, インピーダンス用増幅アンプ, 生体電気用増幅アンプを用いて計算式に必要な値を算出またはペーパーに書き出した波形を用いて導き出した。

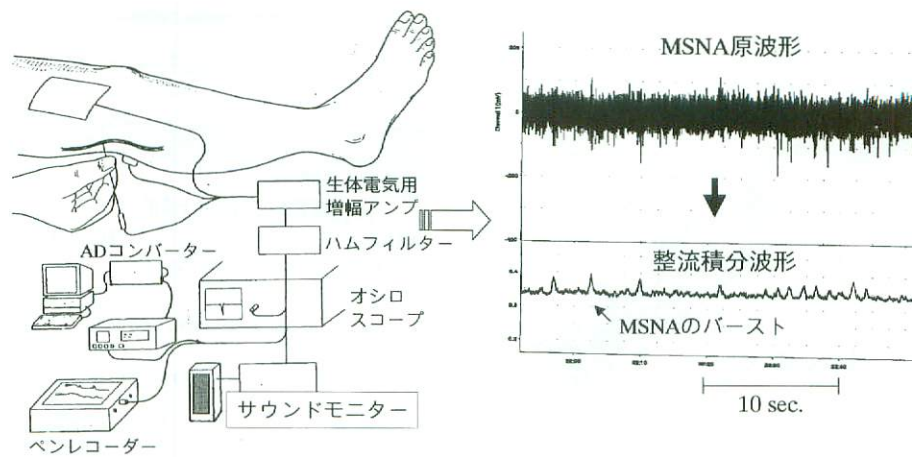


図2 筋交感神経活動(MSNA)の導出法と波形

左：下肢膝下よりあらかじめ表面電気刺激によって神経の走行を確かめた後、タングステン針電極を刺して筋交感神経にあてるように針先を調節する。

右上：MSNA原波形。ノイズとは別の比較的大きな自発的なバーストが認められる。

右下：MSNA整流積分波形。ノイズカットされ、MSNAのバーストが明瞭に確認できる。

心拍に同期した発火であること、バルサルバ試験により活動増加すること、突発音などの精神的刺激で変化がみられないこと等から同定した¹³⁾。

(3) 血液検査

検査項目は、血圧調節に関係があるとされているアルドステロン、ノルアドレナリン、アドレナリン、ドーパミン、レニン活性を測定した。

採血針刺入による数値の変動を避けるため、あらかじめ右肘部の静脈に留置針を刺入して採血ルートを確認した後、生理食塩水を点滴し、10分以上経過してから三方活栓よりコントロール、鍼通電刺激10分終了時の2回、採血を行った。採血後、血液は速やかに遠心分離3000回転5分を行い、血漿を分離後-25度で凍結保存した。

アルドステロンはラジオイムノアッセイRadio immunoassay 硫酸塩析法、ノルアドレナリン、アドレナリン、ドーパミンは高性能液体クロマトグラフィーHigh performance liquid chromatography(HPLC)、レニン活性はラジオイムノアッセイRadioimmunoassay 固相法にて測定した。なお、採血は同大学付属病院医師により行い、上記物質の定量はシオノギバイオメディカル大阪ラボラトリーにて行った。

3. 被験者の不安度

被験者全員に実験直前にState-Trait Anxiety Inventory (状態・特性不安検査(STAI)日本語版(三京房発行)¹⁴⁾、以下STAIと略す)を行わせ、特性不安および状態不安を段階基準にて評価した。

4. 偽鍼装置の作製

偽鍼の作製にあたって、まず、鍼が生体組織内に刺入しているか、あるいは生体組織内に鍼が刺さらないよう皮膚上に貼付するオイルゼリーシート内に刺入しているかが判らない状態をつくりだす装置を開発した。オイルゼリーシートは厚さ1cm、縦4cm、横10cmのものを使用し、生体組織と同等の硬度を有するもの¹⁵⁾を採用した。そのシートに鍼の刺入感を生体組織と同一に近づけるため手術用のサージカルメイト(ホギメディカル社、日本)をシート表面に貼付した。

実験に当たっては、鍼を刺鍼する者からオイルゼリーシートが見えないようにアルミ製の半円筒型アームカバー(φ10cm、長さ21cm)を前腕前面に被覆した。アームカバーには予め内関穴相当部位に直径約1cmの穴を開け、そこから鍼管を挿入して鍼刺激が行えるようにした(図3)。さらに、ゼリーの厚さ分の刺入距離の差を感じないように、アルミ製のアームカバーとオイルゼリーシートの

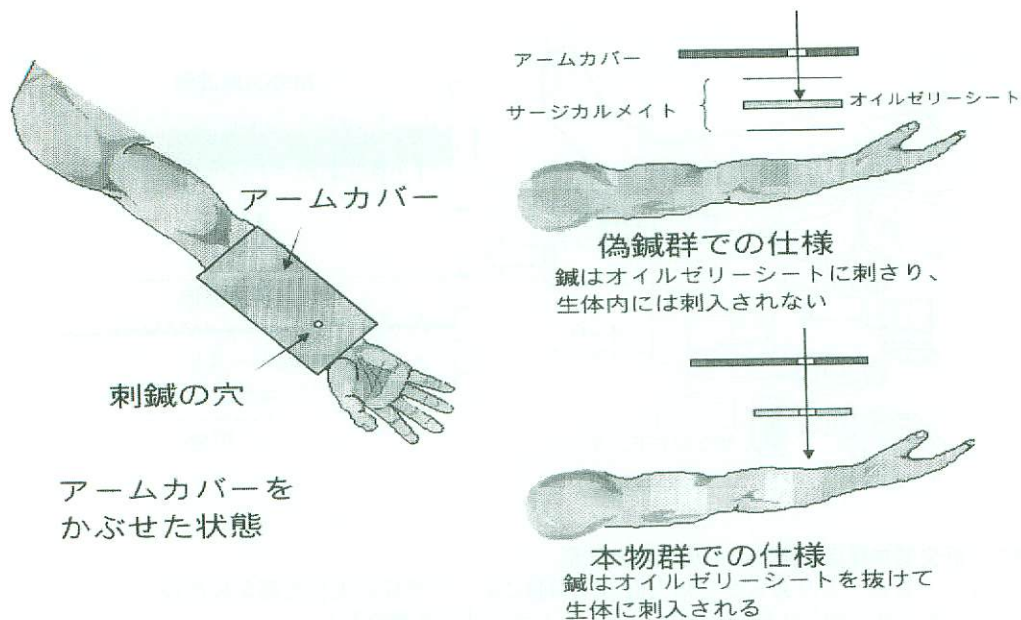


図3 偽鍼の構造

- 左：オイルゼリーシートにアルミ製の半円筒カバーをかぶせたところ。鍼管が通るだけの穴があいており、中の様子は験者から見えなくなっている。
- 右：アームカバーの内部を断面から見たところ。本物の鍼通電刺激の時はオイルゼリーシートに穴があいているものを用い、鍼が生体に刺さるようになっている。偽鍼通電刺激の場合、穴のないオイルゼリーシートに鍼が刺さるため、鍼は生体に触れることなく見かけ上生体に刺入されたように見える。

距離を調節した。

この偽鍼装置については事前に鍼灸師11名を対象に、その有用性と妥当性について試験した。オイルゼリーシートを前腕前面に載せ、アームカバーを被せた場合と、オイルゼリーシートを載せずにアームカバーを被せた場合とで、前腕前面の内関穴部に雀啄刺激を行わせ、刺入時の抵抗感、違和感、抜鍼時の違和感、全体的な刺入感についてVASにて評価した。

5. 鍼通電刺激

鍼の刺入は第3者に依頼し、験者とした。鍼刺激は本鍼、偽鍼いづれも鍼通電刺激とした。鍼通電刺激は、内関穴に深度0.6~0.8cm以内で垂直に鍼を刺入させ、もう一端は皿電極（生体電極SEB115、日本電気三栄社製）を用いて内関穴の近位3cmに装着した。なお、皿電極はあらかじめ通電器に接続しておき、アームカバーを被覆した。

鍼通電刺激は、刺激頻度1.3Hzで10分間行った。本物の鍼通電刺激においては、刺激強度は筋収縮の有無を刺した鍼が動いているかどうかという程度で確認し、被験者が不快を感じない程度で最大5Vとした。なお、鍼はステンレス製ディス

ポーザブル鍼（ $\phi 0.2\text{mm}$ 、長さ40mm、セイリン化成製）を使用した。

偽鍼通電刺激は穴のあいていないオイルゼリーシートを内関穴部位に貼付し、鍼がシートを貫通しないよう0.6~0.8cm以内で垂直に刺鍼させ、もう一端は皿電極とし、本物と同様に通電装置の電源を入れて、通電が行われているように見せかけた。なお、本物の鍼通電刺激時および偽鍼の鍼通電刺激時において、被験者には不快感や痛みの有無について口答で確認し、通電感覚の有無については質問しなかった。

6. プロトコール

実験室内は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定し、衣類の着用枚数は被験者の任意とした。実験時間帯は、午前10時から午後3時の間に行った。

仰臥位あるいは座位のいずれかの体位にて、各測定項目の電極などをすべて装着した後、フィナプレスにて血圧および心拍数が安定していることを確認してから実験を開始した。

あらかじめ本物と偽鍼の刺激の順番を封筒法により決定し、験者が実験室に入室する前に筆者がオイルゼリーシートおよびアームカバーを装着し

て験者に本物鍼通電刺激か偽鍼通電刺激か判らないようにした。験者を入室させて、筆者が鍼通電刺激の説明を行った後、験者が続いて鍼通電刺激を行った。鍼通電刺激は被験者1人あたり本物1回、偽鍼1回行った。刺激と刺激の間は少なくとも30分以上あけ、フィナプレスにて血圧および心拍数が刺激前の数値に戻ったのを確認してから次の刺激を開始した。

なお、同一被験者で仰臥位と座位の両体位を行った場合は、半年以上間隔をあけて実験を行った。

7. データ処理

仰臥位と座位における鍼刺激および偽鍼刺激時の各測定項目は刺激前10分間、刺激中10分間の平均値を算出した。これらの値およびオイルゼリーシートの刺激感覚に対するVASによるアンケート結果は、二元配置分散分析を行った。STAI判定結果別の鍼刺激効果についてはクラスカル・ウォリス検定を行った。

III. 結果

1. 偽鍼装置の妥当性

刺入時の抵抗感、違和感、抜鍼時の違和感、全体的な刺入感についてVASで評価した。その結果、生体内（内関穴）刺鍼はそれぞれ、 41 ± 26 mm, 53 ± 32 mm, 29 ± 37 mm, 74 ± 19 mmであった。一方、オイルゼリーシートを用いた偽鍼装置におけるそれぞれの感覚は、 34 ± 26 mm, 40 ± 32 mm, 40 ± 35 mm, 61 ± 18 mmであった（図4）。

各評価項目における両者間では、有意差は認め

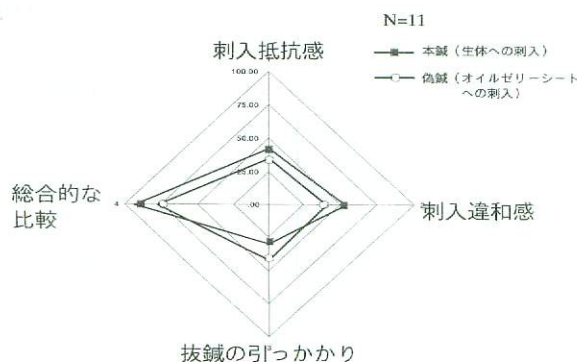


図4 オイルゼリーシートの官能検査の結果

穴のあいたオイルゼリーシートと穴のあいていないオイルゼリーシートを用い、実験同様アルミ製半円筒カバーを取り付けて鍼灸師11名が刺入感覚を visual analog scale (VAS) で評価した。4つの質問にたいして生体に刺入した場合とオイルゼリーシートに刺入した場合で差は見られなかった。

られなかった。すなわち内関穴部位における生体組織とオイルゼリーシートでは、術者の刺入感覚には差がないことが明らかになった。

2. 被験者の緊張度

STAIでは特性不安（その人が元々持っている不安度）と状態不安（その場での不安度）を観察することが可能とされ、それぞれ5段階に分けられている¹⁴⁾。

今回被験者全例にSTAIを行ったところ、仰臥位の実験で特性不安が高かったのは8例中3例であった。また、状態不安が高かったのは8例中4例であった。一方、座位では特性不安が高かったのは10例中6例であった。また、状態不安が高かったのは10例中6例であった。

これら仰臥位の被験者と座位の被験者では、STAIの結果に有意な差は見られなかった。

3. 鍼通電刺激効果

各測定項目はコントロール、鍼通電刺激、偽鍼通電刺激、それぞれにおいて平均値±標準誤差で表した。血圧、心拍数は実測値で、心拍出量およびMSNAはコントロールの時点で差が見られたため、コントロール値からの変化値（Δ値）で表した。

(1) 平均血圧

コントロールの平均血圧値は、仰臥位で 85 ± 5 mmHg、座位で 89 ± 10 mmHg、偽鍼通電刺激時の平均血圧値は、仰臥位で 85 ± 6 mmHg、座位で 90 ± 8 mmHg、鍼通電刺激時の平均血圧値は、仰臥位で 85 ± 4 mmHg、座位で 93 ± 8 mmHgであった（図5-A）。各体位におけるコントロールと偽鍼通電刺激時および鍼通電刺激時との間では、鍼通電刺激で若干の上昇がみられたものの、有意な差は認められなかった。

(2) 心拍数

コントロールの心拍数は、仰臥位で 56 ± 6 拍/分、座位で 59 ± 7 拍/分、偽鍼刺激時の心拍数は、仰臥位で 57 ± 6 拍/分、座位で 58 ± 6 拍/分、鍼通電刺激時の心拍数は仰臥位で 58 ± 5 拍/分、座位で 61 ± 7 拍/分であった（図5-B）。各体位におけるコントロールと偽鍼通電刺激時および鍼通電

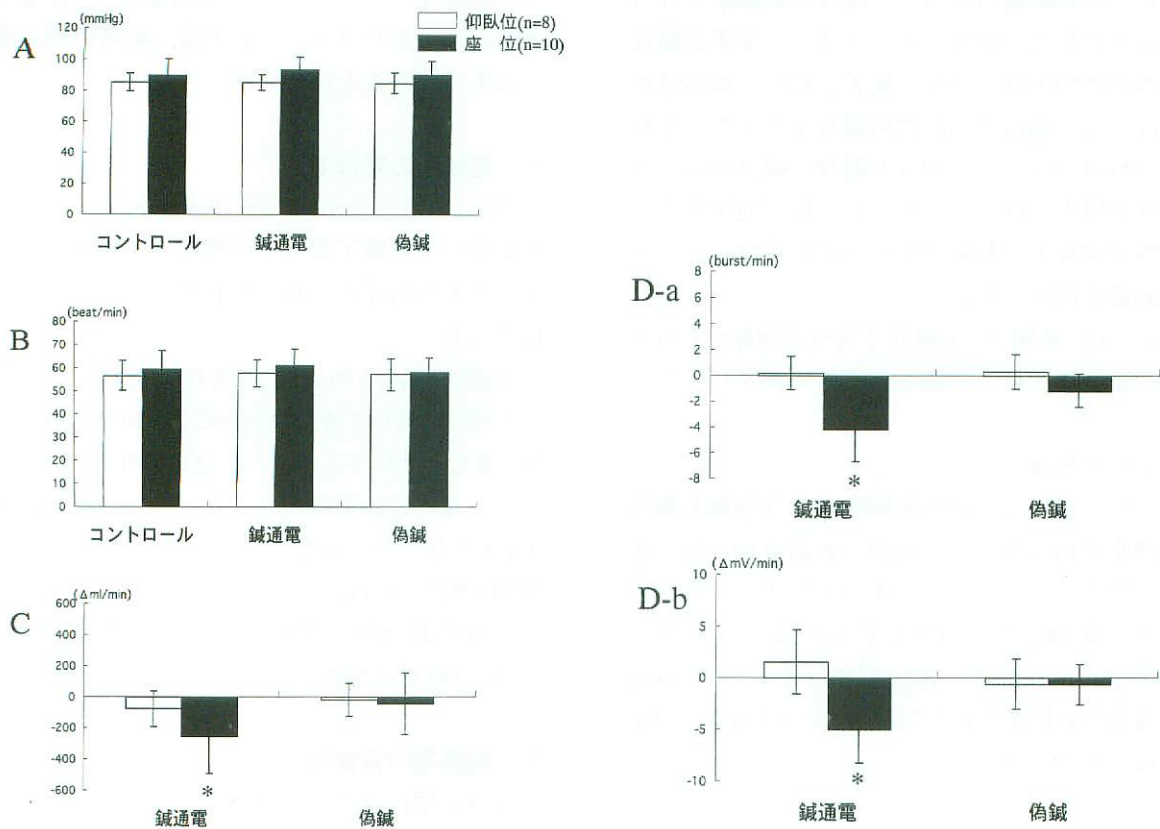


図5 体位別（仰臥位，座位）での鍼通電刺激および偽鍼通電刺激効果

A：血圧 B：心拍数 C： Δ 心拍出量 D：a= Δ MSNA分時バースト数 b= Δ MSNA振幅 *： $p < 0.05$

A：仰臥位，座位共に各鍼刺激に対して有意な差は見られなかった。

B：仰臥位，座位共に各鍼刺激に対して有意な差は見られなかった。

C：仰臥位では本物鍼通電および偽鍼通電刺激で差は見られなかったが，座位における本物鍼通電刺激ではコントロールより有意に減少($p < 0.05$)が見られた。

D：a=座位の本物鍼通電刺激でのみ有意な減少($p < 0.05$)が見られた。

b=座位の本物鍼通電刺激でのみ有意な減少($p < 0.05$)が見られた。

刺激時との間では，ほとんど変化は認められなかった。

(3) 心拍出量

偽鍼刺激時の心拍出量の Δ 値は，仰臥位で -39.83 ± 70.10 ml/分，座位で -42.97 ± 199.99 ml/分，鍼通電刺激時の心拍出量の Δ 値は，仰臥位で -63.6 ± 129.13 ml/分，座位で -253.51 ± 238.19 ml/分であった(図5-C)．偽鍼通電刺激時および鍼通電刺激時における仰臥位と座位との間では，座位における鍼通電刺激においてのみ，有意な減少($p < 0.05$)を示した。

(4) MSNA

MSNAは分時バースト数および振幅にて評価した¹³⁾．MSNAの分時バースト数の Δ 値は，偽

鍼通電刺激時では仰臥位で 0.32 ± 1.34 burst/min，座位で -1.12 ± 1.27 burst/minであった．鍼通電刺激時では仰臥位で 0.19 ± 1.29 burst/min，座位で -4.125 ± 2.52 burst/min，偽鍼通電刺激時および鍼通電刺激時における仰臥位と座位との間では，座位における鍼通電刺激においてのみ，有意な減少($P < 0.05$)を示した(図5-Da)．

MSNAの振幅 Δ 値は，偽鍼通電刺激時では仰臥位で -0.6 ± 0.24 mV，座位で 0.17 ± 0.31 mV，鍼通電刺激時では仰臥位で -0.9 ± 2 mV，座位で -5 ± 3 mVであった(図5-Db)．偽鍼通電刺激時および鍼通電刺激時における仰臥位と座位との間では，座位における鍼通電刺激においてのみ，有意な減少($p < 0.05$)を示した。

表2 不安尺度(STAI)別の各測定項目の結果

A 仰臥位	コントロール			鍼通電		偽鍼	
	High	Low					
血圧 (mmHg)	84.14 ± 2.71	87.10 ± 7.65		83.00 ± 4.47	88.06 ± 3.99	83.00 ± 4.49	87.58 ± 7.42
心拍数 (beat/min)	58.98 ± 2.75	54.70 ± 8.06		59.95 ± 2.86	56.07 ± 7.16	58.28 ± 5.13	56.59 ± 8.06
Δ心拍出量 (Δml/min)				78.88 ± 0.00	97.18 ± 537.40	-491.15 ± 0.00	228.98 ± 446.32
ΔMSNA Δburst/min				0.55 ± 1.04	-0.35 ± 1.45	-0.57 ± 0.42	1.68 ± 1.08
Δ mV/min				2.72 ± 3.25	0.20 ± 1.97	0.88 ± 2.06	-2.80 ± 0.00

B 座位	コントロール			鍼通電		偽鍼	
	High	Low					
血圧 (mmHg)	87.99 ± 10.69	92.78 ± 9.84		91.81 ± 4.21	96.52 ± 11.76	88.69 ± 6.80	93.65 ± 10.86
心拍数 (beat/min)	61.16 ± 7.08	57.31 ± 8.20		62.48 ± 4.43	59.07 ± 9.48	60.32 ± 6.13	55.19 ± 4.96
Δ心拍出量 (Δml/min)				-270.24 ± 288.09	-232.59 ± 152.05	-62.07 ± 118.37	-19.10 ± 267.31
ΔMSNA Δburst/min				-3.60 ± 3.01	-5.00 ± 0.82	-2.60 ± 2.06	-1.67 ± 1.25
Δ mV/min				-4.11 ± 4.02	-6.19 ± 0.67	-1.43 ± 2.20	-0.24 ± 1.47

A：仰臥位におけるSTAI別の結果 B：座位におけるSTAI別の結果
 High:STAI高値のグループ Moderate&Low:STAI中等度以下のグループ
 コントロール時、鍼通電刺激時、偽鍼通電刺激時の血圧、心拍数、Δ心拍出量、ΔMSNAバースト数および振幅を示す。A、B共にSTAIの結果に左右されることはなかった。

表3 鍼通電刺激前後での血液検査結果

	コントロール	鍼通電	コントロール	鍼通電	コントロール	鍼通電	コントロール	鍼通電		
	アルドステロン (pg/ml)		ノルアドレナリン (ng/ml)		アドレナリン (ng/ml)		ドーパミン (ng/ml)		レニン活性 (ng/ml/h)	
仰臥位	74.29 ± 14.22	70.50 ± 16.33	0.39 ± 0.14	0.38 ± 0.17	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	1.03 ± 0.73	0.96 ± 0.51
座位	78.84 ± 35.34	73.70 ± 30.38	0.27 ± 0.13	0.29 ± 0.11	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	1.32 ± 0.79	1.09 ± 0.88

仰臥位、座位におけるコントロール時と鍼通電刺激直後のアルドステロン、アドレナリン、ノルアドレナリン、レニン活性値を示す。いずれも正常範囲内の小さな変化であった。

(5) 心拍出量とMSNA振幅の相関関係

得られた心拍出量のΔ値とMSNA振幅のΔ値との相関をみたところ、 $Y = 35.406X + 19.963$ ($P < 0.05$)、 $R^2 = 0.25$ で、有意な相関が見られた。

(6) 被験者の不安感の強度の違いによる鍼通電刺激反応

不安強度の程度が高いか、そうでないかで被験者を2群に分けて、それぞれの各測定項目における反応をみた。2群の不安度、それぞれに属する被験者の平均血圧、心拍数、心拍出量、MSNAの値を表2 a,bに示す。

不安強度により鍼通電刺激および偽鍼通電刺激の反応が若干異なる傾向を示したが、有意差は見

られなかった。

4. 血液検査結果

アルドステロン、ノルアドレナリン、アドレナリン、ドーパミン、レニン活性は、仰臥位で6名、座位で9名測定した。なお、血液検査については本物の鍼通電刺激においてのみ測定した。

アルドステロンおよびレニンにおいては、各体位ともに鍼通電刺激で減少する傾向を示したが、正常範囲内であった。また、ノルアドレナリンについては、各体位ともにほとんど変化はみられず、アドレナリンおよびドーパミンについても正常範囲内であった (表3)。

IV. 考察

鍼通電刺激の循環動態に及ぼす影響に関する研究の多くは、血圧、心拍数、皮下血流量、四肢末梢血流量等を指標としたものであり^{1-6, 9)}、心拍出量に焦点を当てた研究は少ない。また、その作用機序にせまる研究においては、自律神経遮断剤を用いたもの^{9, 10, 13)}が多かったが、近年ようやく自律神経活動を直接観察した研究が散見されるようになってきた^{4, 6, 10)}。

そこで本研究では、偽鍼通電刺激との比較対照の研究デザインのもとで、心拍出量とMSNAに焦点を当て、血圧、心拍数の同時観察および血圧調節に關与する血液中の物質を定量することで、鍼通電刺激の心拍出量とMSNAに及ぼす影響を明らかにすると共に、その作用機序の一端を解明することを目的とした。

1. 偽鍼の妥当性について

ヒトを対象とした鍼刺激実験においてその効果を明白にするために、比較対照群を設けた研究デザインが推奨されており、NIH合意声明書においてもそのことが提唱されている。そういったことから近年では、偽鍼を作製し、その有用性について検討した報告が散見されるようになってきた。

偽鍼については、鍼管を皮膚にあて圧迫するもの、鍼以外のもので皮膚表面から圧刺激を加えるもの、鍼先が鍼柄に引き込まれるもの、と工夫がこらされていた^{1, 17, 18)}。いずれの偽鍼も、その表面積は小さいものの皮膚表面に刺激を与えている可能性があり、また、鍼通電刺激による偽鍼を試みた実験でも鍼は明らかに生体内に刺入されていた¹⁸⁾。さらにこれらの実験は、被験者に対するブラインドを目的としたものであり、験者に対するブラインドについてはほとんど検討されていなかった。このように偽鍼の作製は種々行われているが、前述したような問題点が残されていた。そこで本実験では、験者にブラインドが可能で、生体に鍼を刺さない、新しい偽鍼を開発した。

先ず験者のブラインドを目的として開発した偽鍼の妥当性を検証するために、基本となる刺入感について、鍼灸師11名を対象にVAS方式によって評価した。その結果、偽鍼と本鍼の刺入感については差がないことが明らかとなり、験者に対してブラインドをかけることが可能となった(図4)。

また、この装置では皮膚表面に鍼が接触しないようになっているため、これまでの実験で採用されてきた「偽鍼」よりはより低刺激になっていると考えられた。そのため、今回の実験で採用した方法は偽鍼として有効であったと思われた。しかし、被験者側へのブラインドについては被験者に刺激感覚の確認をとっていなかったために、両者にブラインドがかかっているとはいえない。ただ、実験後日、数名の被験者から実験中の鍼刺激感覚についてのコメントが寄せられ、どちらの刺激も同様に感じられたとの感想も聞かれ、被験者側へのブラインドがかけられる可能性も考えられた。

2. 刺激部位と刺激方法について

今回行った実験では刺激部位として、内関穴を選択した。内関穴は心包経に属した経穴で、心疾患およびそれに起因する症状に有効とされている。内関穴の心機能に及ぼす影響については、江川ら⁷⁾はエコーカーディオグラフィーを指標に、健常成人においては左室収縮能および拡張能の増大を、糖尿病性心筋症患者においては左室拡張能異常の改善が得られたとし⁸⁾、岡ら¹⁹⁾は冠状動脈の内径が拡張したと報告した。また、筆者らも冠状動脈アンギオグラフィー検査を必要とした虚血性心疾患患者を対象に内関穴の刺鍼を行ったところ、心電図および心臓超音波検査などで異常のなかったグループにおいてはニトログリセリンの約69%に相当する冠状動脈内径の拡張作用を認めた。また、臨床的には狭心症に対する鍼治療あるいはTENSの効果に関する報告がある。

Richterら²⁰⁾は、内関穴を含む鍼治療の効果について、運動負荷で誘発した胸痛の程度、胸痛を誘発する最大運動量、ST-segment depressionを指標にプラセボとの比較対照試験において検討したところ、鍼治療は有効であったと報告している。一方、実験動物を用いた研究でも、ネコの内関穴相当部位への鍼通電刺激で心筋虚血は改善されたとの報告もある²¹⁾。以上のことから、今回の実験では内関穴を刺激部位として採用し、心疾患の既往のない健康成人を対象に心拍出量への影響について検討した。

なお、本実験では手による鍼刺激ではなく、鍼通電刺激を用いた理由であるが、ひとつには鍼通電刺激を用いることにより手操作による鍼刺激よ

りは定量的な刺激を与えることができる、二つ目にはこれまでの研究の多くは短時間の鍼刺激に対する循環動態の一過性の反応を観察したものの^{3, 5, 6, 9, 22)}が多かったことから10分間の持続的、安定的刺激に対する効果を観察するため、三つ目には前述したように鍼通電刺激の方が手による鍼刺激よりもプラセボが設定しやすいこと、四つ目には鍼灸臨床では比較的良好に使用されていること、からであった。

Shibutaniら²³⁾は通電刺激による鎮痛効果についてラバー電極よりも鍼電極が、強度の刺激よりも中等度の刺激が高い鎮痛効果をもたらすと報告していたことから、痛みを伴わない強度を採用した。さらに本実験での鍼通電刺激の強度は、筋収縮が生じない程度としたが、これはMSNAの影響を考慮したからであった。

3. 鍼通電刺激の平均血圧、心拍数、心拍出量、MSNAにおよぼす影響

本実験では、異なる体位における鍼通電刺激と偽鍼通電刺激の平均血圧、心拍数、心拍出量、MSNAに及ぼす影響を観察した。その結果、刺激に対して有意な反応を示したのは、座位における鍼通電刺激での心拍出量とMSNAのみであった。

心拍出量は、循環動態の変化を捉える上で重要な指標であるが、それに対する鍼刺激の影響についてはこれまでの実験においてはほとんど観察されてこなかった¹¹⁾。心拍出量の変化は血圧、心拍数、心室壁運動、末梢血管抵抗など様々な要因の関与を受けており、その変化の原因を一つに絞り込むのは容易ではない。そこで本実験では、心拍出量、血圧、心拍数、筋交感神経活動の多次元同時観察をすることとした。

心拍出量は体位によって異なり、上体を起こすと心拍出量は減少し、代償として心拍数は増加し、血圧を調節するといわれている²⁴⁻²⁶⁾。本実験の結果でも、コントロールの時点では仰臥位に比べて座位での心拍出量は低く、これまでと同様の結果が得られた。

そこで、コントロール値からの変化をより明確にするためにΔ値を求め、それぞれの体位での鍼通電刺激と偽鍼通電刺激に対する変化を観察した。その結果、座位での鍼通電刺激においてのみ心拍

出量は有意に減少したことから、偽鍼通電刺激との比較対照において心拍出量の減少は、鍼通電刺激の効果であることが明らかになった。

心拍出量の減少は、静脈環流量の減少、心収縮力の低下、心拍数の増加、末梢血管抵抗の減少などの要因を受けるが、心拍数に変化が見られなかったことから、静脈血の環流量の減少、末梢血管抵抗の低下、心収縮力の低下などによることが想定される。江川ら⁷⁾は10分の置鍼刺激で血圧、心拍数に変化せずに心臓の左室拡張能が亢進したのは末梢血管抵抗の減衰によるものではないかと考察した。本実験でも、血圧、心拍数には変化が見られなかったことから心拍出量の低下には末梢血管抵抗の低下が関わっているのではないかと推察された。

一方、血圧調節の液性調整系との関連を見るために、アルドステロン、アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン、レニン活性の血中濃度を測定した。その結果、仰臥位、座位共に鍼通電刺激前後の値は、有意な変化が認められず、かつ、正常範囲内であった。アルドステロンとレニンの減少傾向は循環血量を減少させ、循環抵抗を低下させるように作用するものといわれているが、血圧および心拍数には変化が見られなかったことから鍼通電刺激の血圧調節に及ぼす液性の関与は低いものと考えられた。このことから本実験で採用した筋収縮を伴わない10分間の比較的弱刺激の鍼通電刺激では、液性変化を引き起こすまでに至らなかったと考えられた。鍼通電刺激で液性変化が観察されなかったことについてはKnardahlらの報告¹⁾と同様であった。従って、心拍出量の減少には、神経性調節系の関与、主として自律神経活動の関与が想定された。

従来、自律神経活動の関与を観察する方法として、自律神経遮断剤による実験が行われてきたが、使用する薬物によって遮断される経路や部位が異なり、神経活動の直接的な観察とは言い難いと思われた。この点、マイクロニューログラフィでは、交感神経節後線維のインパルスを直接観察することが可能であることから、鍼通電刺激の交感神経活動の関与を直接的に評価できる。こういったことから、本実験では筋交感神経活動への影響を観察した。

交感神経活動は加齢⁴⁾や疾患の有無¹²⁾、ある

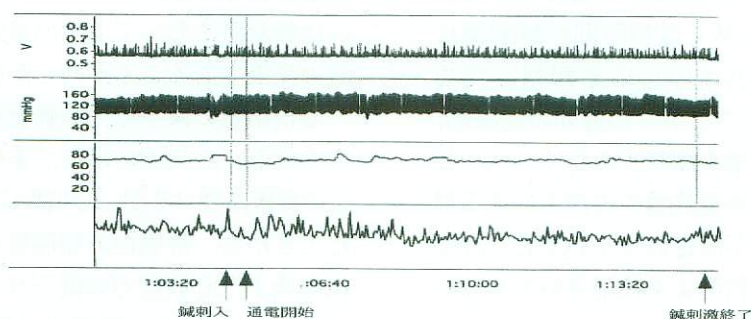


図6 本物鍼通電刺激を行ったときの経時的变化の1例

最上：MSNA積分波 上：血圧 下：心拍数 最下：心拍出量

鍼刺激直後で心拍数はわずかに減少しているものの、約1分でコントロール値に回復し、刺激終了まで顕著な減少は観察されなかった。血圧はほとんど変化しなかった。しかし、心拍出量は鍼通電刺激の後半から徐々に減少が観察された。

いは安静時と運動時²³⁾、仰臥位と座位、立位の体位変化²⁵⁾により活動が異なる。そこで本実験では、疾病のない、しかも体位変化に対する筋交感神経活動の反応がよい20代から30代の健康成人ボランティアを対象とした。

その結果、仰臥位では鍼通電刺激および偽鍼通電刺激ともにMSNAに有意な変化は見られなかったことから、座位でのMSNAの減少は偽鍼通電刺激との比較対照において鍼通電刺激による効果とみなすことができた。従って、座位でのMSNAの減少には体位の影響が関与しているものと思われた。すなわち、健康成人においては交感神経、副交感神経ともに活動が抑えられている仰臥位の状態よりも、交感神経活動が高まっている座位の状態においてのみ、鍼通電刺激の筋交感神経活動への影響が発現されることを示唆する結果となった。この結果は、Ballegaardら²⁷⁾の実験結果を支持するものとなり、生体の自律神経活動の状態により鍼に対する反応性が異なる可能性が示唆された。しかも、鍼通電刺激時における心拍出量減少反応とMSNA減少反応との関係について検討したところ、両者間の反応性に有意な相関関係が得られたことから、この2つの減少反応には、何らかの関連性があることが示唆された。

そこで、これらの結果と平均血圧および心拍数が変化しなかった結果とを併せて考察すると、座位での鍼通電刺激は、体位によって亢進した交感神経活動に抑制的に作用し、末梢血管抵抗を低下させ、その結果として心臓への環流血を減少させたことで心拍出量が減少したものと考えられた。しかも平均血圧、心拍数に影響が見られなかった

ことから、MSNAの変化は圧受容器反射を介したものではなく、高位中枢を介した反応であることが示唆された。また、血圧および心拍数に影響を及ぼさなかったことについては、本実験が鍼通電刺激中のトータルな反応への検証に焦点を当てたことによるものと考えられた。すなわち、これまでに報告されてきた血圧あるいは心拍数への影響は、30秒から1分間程度の短時間における鍼刺激によって血圧あるいは心拍数の変化を観察したものであり、本実験のように、10分間という比較的長い刺激時間におけるトータルな影響を見たものではないことによるものと考えられた。実際、被験者個々について観察してみると刺激直後に心拍数が一過性に減少する例も観察されたが、その変化はすみやかにコントロール値に回復し、心拍数減少反応は刺激中持続的に観察されるものではなかった。このことから、鍼刺激時に同期して観察される一過性の心拍数減少反応は、鍼刺激に対する体性自律神経反射によるものであると考えられた。

いずれにしても、今回の実験では体位を変化させることにより、自律神経活動の異なる状態を作り出して、偽鍼通電刺激と比較対照した。その結果、自律神経活動をシフトさせた状態でのみ本物の鍼通電刺激で反応が得られたことから、生体の自律神経活動の状態により鍼の生体の反応が異なることが示唆された。すなわち本実験で採用した筋収縮を伴わない比較的弱い鍼通電刺激は、その結果からみて生体の恒常性を維持する方向に働きかけることを示唆するものであった。

さらに、これまで行われた自律神経を指標とし

た鍼刺激効果の実験の中には、被験者の精神的な要素が関与している可能性を示唆するものがあった³⁾。そこで、実験直前にSTAIによる不安尺度を調査した結果、両体位ともに被験者の半数近くが高い数値を示したが、両体位間では有意な差は見られなかった。また、STAIのカテゴリー別における測定結果の違いについても検討したが、鍼通電刺激と偽鍼刺激との間には相違いは見られなかった。このことから各体位における鍼通電刺激の影響は、被験者の不安度に左右される可能性は低いと思われた。すなわち、鍼通電刺激で得られた心拍出量およびMSNAの減少は被験者の精神的な不安の強さに左右されない、鍼通電刺激固有の効果であったと考えられた。

V. 結 語

心拍出量および血圧、心拍数および筋交感神経活動(MSNA)を指標に、異なる体位における鍼通電刺激の効果について偽鍼通電刺激を対照に比較検討した結果、次のような事項が得られた。

1. 今回作成した偽鍼は、験者へのブラインドとして有用であった。
2. 仰臥位では鍼通電刺激と偽鍼通電刺激のいずれにおいても、平均血圧、心拍数、心拍出量および筋交感神経活動には影響を及ぼさなかった。
3. 座位では偽鍼通電刺激においては平均血圧、心拍数、心拍出量および筋交感神経活動には影響を及ぼさなかったが、鍼通電刺激において心拍出量及び筋交感神経活動はコントロールに比較して有意に減少した。
4. 鍼通電刺激における心拍出量の変化とMSNAの変化の間に有意な相関関係が見られた。
5. 上記の結果から、体位による自律神経活動の違いによって鍼通電刺激効果が異なる可能性が示唆された。
6. また、鍼通電刺激の心拍出量および筋交感神経活動への影響は、被験者の不安強度によって影響されることはなかった。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご指導頂きました明治鍼灸大学臨床鍼灸医学教室矢野 忠教授に深謝

いたします。そして、適切なるご教示をいただいた同内科学教室下尾和敏教授、採血に関して全面的にご協力頂きました田村 隆朗講師、小野 公裕助手、市田裕紀子助手はじめ同附属病院看護師、臨床検査技師の方々に心から感謝いたします。また、マイクロニューログラムの手技指導に全面的なご教示を頂きました名古屋大学環境医学研究所自律神経分野教室の先生方、ならびに実験を遂行するにあたり終始補助いただいた同臨床鍼灸医学教室の先生方ならびに研修生の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Knardahl S, Elam M, Olausson B, Wallin G : Sympathetic nerve activity after acupuncture in human. *Pain*, 75 : 19-25, 1998.
- 2) Chao DM, Shen LL, Tjen-A-Looi S, Pitsillides KF, et al : Naloxone reverses inhibitory effect of electroacupuncture on sympathetic cardiovascular reflex responses. *Am. J. Physiology*, 276 : H2127-2134, 1999.
- 3) 今井 賢治 : 鍼刺激が引き起こすヒトの胃電図、瞬時心拍数および交感神経性皮膚反応の変化とその機序に関する研究. *明治鍼灸医学*, 19 : 45-55, 1996.
- 4) 杉山 由樹, 岡田 久, 渡邊 丈真, 松川 俊義ら : 筋交感神経活動による血圧上昇反応に及ぼす加齢の影響. *自律神経*, 31 : 462-466, 1994.
- 5) 田村 美恵, 智原 栄一 : 前腕鍼刺激による心電図R-R間隔延長に与えるHead-up tiltの影響. *自律神経*, 36 : 491-498, 1999.
- 6) 薛 叶祥, 杉山 由樹, 松川 俊義, 岩瀬 敏ら : 鍼がヒトの筋交感神経活動に及ぼす影響. *名大環研年報*, 45 : 244-247, 1994.
- 7) Egawa M, Kiyofuji S, Ishizaki N, Tanaka T, et al : The effect of acupuncture at Neiguan point on the circulatory system: Evaluation by pulse doppler echocardiography. *Meiji Shinkyu Igaku*, 4 : 25-32, 1988.
- 8) Egawa M, Shimoo K, Kanamoto M, Ishizaki N, et al : The effect of acupuncture at Neiguan point on the circulatory system(II): Improving diastolic abnormalities in diabetic patients. *Meiji Shinkyu Igaku*, 7 : 1-10, 1990.
- 9) 西條 一止, 森 英俊, 津嘉山 洋, 山下 仁 : 「経験医術の化学」伝統医学の正しい継承と発展のためへの提言. *全日本鍼灸学会雑誌*, 45 : 177-191, 1995.
- 10) 森山 朝正 : 交感神経節後遠心線維活動におよぼす鍼刺激の作用について-古刺法「巨刺」の微少

- 神経電図による解析一. 日温気物医誌, 49-2:95-102, 1986.
- 11) 田山 文隆: ハリ通電刺激の効果に関する臨床生理学的研究. 久留米医学会雑誌, 48:28-56, 1985.
 - 12) 間野 忠明: Microneurography—最近の進歩と応用一. 脳波と筋電図, 27:35-48, 1999.
 - 13) 間野 忠明, 岩瀬 敏, 松川 俊義: ニューログラムと交感神経. 東京女子医大誌, 63:75-87, 1993.
 - 14) 中里 克治, 水口 公信: 新しい不安尺度STAI日本版の作成. 心身医学, 22:108-112, 1982
 - 15) 有馬 義貴: 触診法の客観化に関する基礎的研究—触診時の指の動作を基本にした生体の硬さ測定—. 医用電子と生体工学, 36:321-336, 1998.
 - 16) 矢澤 一博: 鍼刺激による一過性心拍数減少反応の機序について. 日温気物医誌, 48:183-189, 1985.
 - 17) Park J, White A, Lee H, 山下 仁ら: 新しく開発した偽鍼とその信用性. 全日本鍼灸学会雑誌, 50:111-114, 2000.
 - 18) Kleinhenz J, Streitberger K, Windeler J, Güßbacher A, et al: Randomised clinical trial comparing the effects of acupuncture and a newly designed placebo needle in rotator cuff tendinitis. Pain, 83:235-241, 1999.
 - 19) 岡 孝和: 狭心症の鍼治療—内関を中心として—. 日本東洋医学雑誌, 38:85, 1987.
 - 20) Richter A, Herlitz J, Hjalmarson Å: Effects of acupuncture in patients with angine pectoris. Euro. Heart Journal, 12:175-178, 1991.
 - 21) Peng L, Koullis F, Stephen V, Rendig, et al: Reversal of reflex-induced myocardial ischemia by median nerve stimulation. Circulation, 97:1186-1194, 1998.
 - 22) Noguchi E, Ohsawa H, Kobayashi S, Shimura M et al: The effect of electro-acupuncture stimulation on the muscle blood flow of the hindlimb in anesthetized rats. Auto. Nervous System, 75:78-86, 1999.
 - 23) Shibutani K, Ishibashi H, Yatsu M: Stimulus intensity and electro suitability for acupuncture anesthesia with low frequency pulse stimulators. 日大口腔科学, 19:48-51, 1993.
 - 24) 斎藤 満, 岩瀬 敏, 阿倍 博, 間野 忠明: 連続的な体位変換時の筋交感神経活動と下腿容積, 心拍出量変化との関連. 名大環研年報, 36:38-40, 1985.
 - 25) 斎藤 満, 間野 忠明, 岩瀬 敏: Microneurographyによる筋交感神経活動の評価—健常若年成人の標準値と計測値の再現性—. 自律神経, 25:155-161, 1988.
 - 26) 田中 正一, 國本 雅也, 大藤 均: 下半身陰圧負荷 (-40Hg, 30分) に対する筋交感神経活動の変化 (健常成人での検討). 自律神経, 36:401-405, 1999.
 - 27) Ballegaard S, Muteki T, Harada H, et al: Modulatory effect of acupuncture on the cardiovascular system:A cross-over study. Acupuncture&electro-therapeutics Res, 18:103-115, 1993.

The Effect of Electro-acupuncture Stimulation on Cardiac Output and Muscle Sympathetic Nerve Activity

†KURONO Yuriko

*Department of Clinical Acupuncture and Moxibustion,
Graduate School of Acupuncture and Moxibustion,
Meiji University of Oriental Medicine.*

Abstract

Purpose : The present study was to determine whether the effect of electrical acupuncture stimulation on the circulatory system differs according to posture in human subjects.

Methods : Electrical acupuncture was performed in both supine and sitting positions while monitoring blood pressure, heart rate, cardiac output and muscle sympathetic nerve activity (MSNA). Blood specimens were obtained before and after electrical acupuncture to evaluate changes in aldosterone, adrenaline, noradrenaline and plasma renin activity. Acupuncture needles were inserted at EH6(Neiguan) and then stimulated using a pulse generator at a frequency of 1.3Hz in real acupuncture session, while needles were inserted into an oil-jelly plate placed on the forearm to stimulate needle insertion in the placebo control session.

Results and Discussion : Decrease in the delta value of cardiac output and in MSNA were recorded in the sitting position during the real acupuncture session, while there were no changes recorded in the supine position and in the placebo control session. There were no changes in blood chemistry data in either before or after the real acupuncture stimulation. Mental state of the subjects evaluated with STAI did not affect to the response in the present study. Therefore, it was suggested that electrical acupuncture suppresses the sympathetic nerve activity when it was predominant, not by the humoral route but by the neural route.

Received on November 30, 2001 ; Accepted on January 15, 2002

† To whom correspondence should be addressed.

Meiji University of Oriental Medicine, Hiyoshi-cho, Funaigun, Kyoto 629-0392, Japan