

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

今井 賢治

明治鍼灸大学大学院外科学

要旨: 鍼刺激が引き起こす胃電図(EGG)、瞬時心拍数(HR)および交感神経性皮膚反応(SSR)の変化とその機序についてヒトを対象に検討した。その結果、(1)腹部への鍼刺激ではEGG振幅の抑制、HRの減少、SSRの出現を認めた。しかし、これらの変化は腹部の一定の経穴に特有なものではなく、非経穴部位でも認められた。(2)四肢への刺激ではHRの減少とSSRの出現は得られたものの、EGGに一定の変化は認められなかった。(3)副交感神経遮断剤(硫酸アトロピン)投与下における腹部への鍼刺激では、EGG振幅の抑制は認められたが、HRの減少反応は3例中2例で認められなくなり、SSRは完全に消失した。(4)副交感神経興奮剤(ワゴスチグミン[®])投与下における鍼刺激では特に薬物の影響を受けず、EGG振幅の抑制、HRの減少、SSRの出現が認められた。これらの結果から鍼刺激は、胃機能、心臓機能、皮膚交感神経機能にそれぞれ独立した一定の変化を及ぼし、その各々の反応の発現には自律神経遠心路を介している事が明らかとなった。

I はじめに

鍼灸療法はわが国における伝統医療の一つに位置付けられており、臨床的には疼痛の軽減、筋緊張の緩和、血液循環の改善等を目的に応用されている¹⁾。また一方では、内臓機能に及ぼす効果²⁻⁶⁾や体温⁷⁾、末梢の効果器⁸⁾、Microneurogramによる筋交感神経活動⁹⁻¹⁰⁾、瞳孔反応¹¹⁾等を指標とした研究から、鍼灸刺激によるヒトの自律神経機能への作用について解析が進められている。一般的に鍼灸療法は、交感神経機能の抑制、副交感神経機能の促進を引き起こすものと考えられている¹²⁾。しかし、これまでに鍼灸刺激による複数の臓器・器管の変化を同時に観察し、その作用を体系的に検討したというヒトでの報告は無く、その詳細については未だ不明な点が多い。

本論文では、胃電図 (Electrogastrography: EGG)、瞬時心拍数 (instantaneous Heart Rate: HR) および交感神経性皮膚反応 (Sympathetic Skin Response: SSR) を指標に用い、ヒト身体各部位に位置する経穴および、非経穴部位への鍼刺激が胃、心臓、皮膚交感神経の各機能に対してどのような影響を及ぼすのかを検討した。さらに、

鍼刺激に伴うEGG, HR, SSRの変化が如何なる神経性の機序に基づいているのかを解析するため、副交感神経遮断剤、および副交感神経興奮剤を使用して、副交感神経の活動性に変化を与え、その際に得られた鍼刺激による反応性の変化から自律神経系に及ぼす鍼の影響について検討した。

II 対象および方法

1. 対象

健康人男性49名、女性6名の計55名(19~52歳、平均年齢24歳)を対象とした。この内、37名はEGGおよびHRを、9名はHRとSSRを同時に記録した。また他の9名はEGG, HR, SSRを同時に記録した。

またこれらの被験者とは別に、EGG, HR, SSRを同時に記録した6名中の男性3名ずつに硫酸アトロピン(24歳, 25歳, 27歳)、またはワゴスチグミン(24歳, 27歳, 32歳)を投与した上で鍼刺激を行い、薬剤投与時における反応性の変化について検討した。

2. 鍼刺激

鍼刺激は各測定波形の十分な安定を確認したうえで、図1に示した体表の経穴(胸・腹部: 中脘

平成8年11月12日受付, 平成9年1月10日受理

Key Words: 鍼 Acupuncture 胃電図 Electrogastrogram 心拍数 Heart rate, 交感神経性皮膚反応 Sympathetic skin response 自律神経機能 Autonomic nervous function

†連絡先: 〒629-03 京都府船井郡日吉町 明治鍼灸大学 大学院外科学

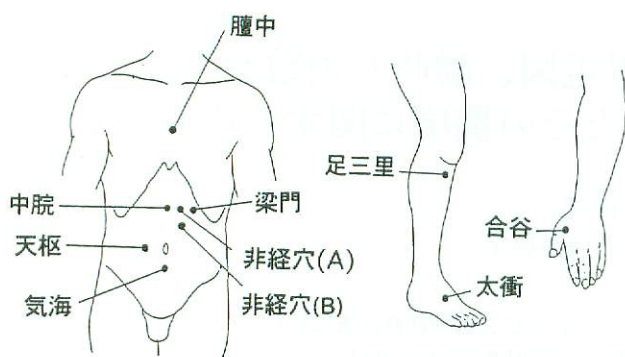


図1 鍼刺激の部位

胸・腹部および上・下肢に位置する経穴、および腹部の非経穴部位に対して鍼刺激を行った。非経穴(A)は中脘穴と梁門穴の midpoint に求め、非経穴(B)はその2cm下方に求めた。

穴、膻中穴、梁門穴、天枢穴、氣海穴。上肢：合谷穴。下肢：足三里穴、太衝穴。）、および非経穴部位（腹部上の非経穴Aおよび非経穴B）に、太さ0.2mm、長さ50mmのディスポーザブル製ステンレス鍼を使用して、60～120秒間の雀啄術（刺入した鍼を上下させる手技）を1秒に1回の頻度で行った。また、鍼の刺入の深さは約1.5～2.5cmとして、約1時間のデータ測定時に2～4回の鍼刺激を繰り返し行った。鍼刺激の反復に際しては、10分から15分の間隔を開け、各波形の安定が目視で確認できた際に実施した。尚、薬物投与下での鍼刺激は中脘穴に対してのみ行い、投与前、投与後共に十分な測定波形の安定を確認したうえで実施した。

3. データの収集

データの記録は、仰臥位で約1時間にわたり行われた。実験に先立ち被験者には最低5時間の絶飲食を守るように指示をした。薬物投与下での実験については、30分間の安静時記録と、投与後60分間の約90分にわたる記録を行った。

測定にはポリグラフシステム360のユニット型バイオアンプ（1253A、日本電気三栄）を用い、EGGはhigh cut filter 0.1 Hz、時定数3sec、HRおよびSSRはhigh cut filter 30Hz、時定数0.03 secの設定で増幅した。尚、EGGは既報⁵⁾の如く腹壁に装着した皿電極から誘導し、SSRは右手の手掌と示指爪上部に装着した皿電極から導出した。HRは心電図を胸部誘導により求め、R-R間隔から算出した。同時にストレン・ゲージを上腹部に固定し、腹壁運動から呼吸周期を求めた。

これらのデータはすべてデータレコーダー（TEAC XR-50）に保存した。

4. データ解析

記録データは後に再生され、A/Dコンバータ

（Mac Lab 2e, AD Instruments）を介し、パーソナル・コンピューター（Macintosh PB-160）に50HzのLow pass filterを経て、Sampling 500msecの設定で取り込まれた。データの表示・解析には波形解析ソフトChart 3.4（Mac Lab 2e付属）を用い、鍼刺激前後での各測定波形の目視による観察を行った。さらにEGGにおいては鍼刺激前2分間、および鍼刺激中の振幅と周期を求めて、両値を各刺激部位ごとで比較した。また、硫酸アトロピン投与後のEGGの解析は10pointsの移動平均による波形処理を加えた。

HRは鍼刺激前2分間の平均心拍数と鍼刺激中の平均心拍数を求め、両値の群内比較を行った。SSRは原波形のみの観察とした。

統計処理には、Stat calc version 1.0（NIFTY-Serve フリーソフト）を使用してWilcoxon testを行った。

尚、同一被験者において同じ箇所への数回にわたる刺激を実施した場合には、それらデータの平均を代表値として解析を行った。

5. 薬物の投与

末梢のムスカリン受容体を遮断するために0.02 mg/kgの硫酸アトロピンの静脈内投与、ならびに副交感神経の亢進を目的に0.008mg/kgのワグスチグミンの静脈内投与を実施した。

静脈の確保は左前腕に24Gサーフロー針を留置し、小児用輸液セットで生理食塩水の持続点滴を行った。この状態で30分間の安静時データを測定の後、三方活栓より薬物を静注した。

6. インフォームド・コンセント

上記すべての実験を実施する際には、その趣旨および内容を被験者に十分説明し、了解を得た上で行なった。特に、薬物の投与に際しては、その副作用や詳細な注意事項を口頭および書面で説明し、同意を得た上で実験を遂行した。

III 結果

1. 鍼刺激によるEGGの変化

(1) 胸部・腹部に位置する各経穴および非経穴部位への鍼刺激

図2に腹部へ鍼刺激を実施した3例について、EGG原波形の変化を示した。このような3cycles/min(cpm)を基本周期とするEGGが今回対象としたすべての被験者で記録でき、また多くの被験者において、鍼刺激に伴う振幅の低下が認められた。これらの変化について、鍼刺激前後における振幅および周期の変化を求め、各刺激部位ごとでの群内比較を行ったところ（表1-a、表1-b）、

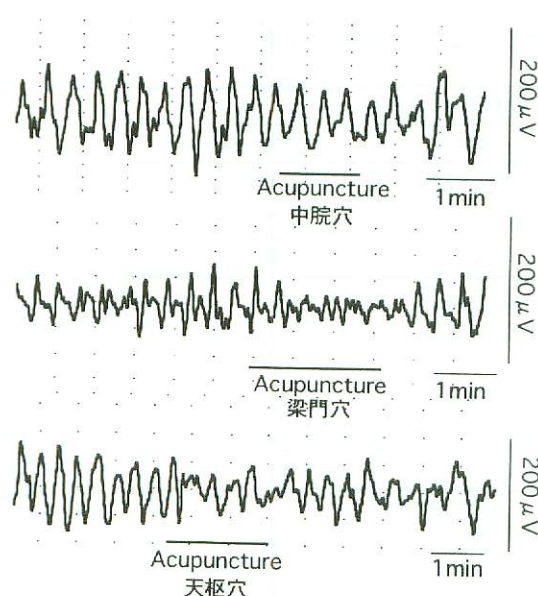


図2 腹部の経穴への雀啄刺激によるEGG原波形の変化。鍼刺激に伴い振幅の低下がいずれの経穴においても認められた。このような変化が多くの特験者で見受けられたが、なかには変化の認められない場合や、逆に振幅の増加を示す例も散見された。

振幅については、中脘穴、梁門穴、天枢穴、気海穴において統計的に有意な減少が認められた（いずれも $p < 0.05$, Wilcoxon test）（表1-a）。さらに、この変化が経穴に特有な反応であるのか否かを知るために、経穴に相当していない腹部上の2箇所（非経穴Aおよび非経穴B）においても同様に検討した。その結果、非経穴Aでは刺激前値が $140.9 \pm 13 \mu V$ ($M \pm SE$)だったのに対し、鍼刺激

時には $122.0 \pm 12 \mu V$ を示した。非経穴Bでも刺激前値が $131.3 \pm 11.2 \mu V$ ($M \pm SE$)だったのに対し、鍼刺激時には $117 \pm 11.7 \mu V$ を示し、いずれの非経穴部位においても鍼刺激による振幅の減少が有意に認められた（いずれも $p < 0.05$, Wilcoxon test）。

一方、鍼刺激によるEGG周期の変化については、統計的に有意な結果は認められなかった。（表1-b）

(2) 四肢への鍼刺激

上肢に位置する合谷穴、および下肢に位置する足三里穴、太衝穴への鍼刺激を行い、EGGの振幅および周期を算出した。その結果、被験者のなかには大きな変化を示す例も見受けられたが、全体の比較では一定した変化が確認できなかった（wilcoxon test）（表2-a, 表2-b）。

(3) 薬物投与下における検討

a. 硫酸アトロピンの投与

アトロピン投与前の鍼刺激ではいずれも明らかな振幅の減少が認められた（図3）。しかし、投与後においてはアトロピン自体による胃運動の抑制がEGGの抑制を引き起こし、呼吸周期に一致した波形が主成分となったため、原波形から鍼刺激の変化を観察するのは困難であった。そこで、移動平均を行い波形処理をした上で鍼刺激による変化を観察したところ、3例共に腹部への鍼刺激に伴う振幅の低下が認められた。

表1-a 腹部経穴および非経穴部位への鍼刺激によるEGG振幅の変化

	腹部刺激部位						
	臍中 (N=9)	中脘 (N=17)	梁門 (N=6)	天枢 (N=10)	気海 (N=9)	非経穴(A) (N=9)	非経穴(B) (N=9)
鍼刺激前振幅 (μV)	145 ± 13	131 ± 9.3	162.6 ± 11.3	137.8 ± 13	141 ± 12.7	140.9 ± 13	131.3 ± 11.2
鍼刺激時振幅 (μV)	136.4 ± 13.3	105 ± 10.9	132.8 ± 9.9	112.2 ± 14	126 ± 10.8	122.0 ± 12	117.0 ± 11.7
P値*	N.S.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

* 鍼刺激前vs鍼刺激時(wilcoxon test), N.S.: No significant Nは被験者数を示す。Mean $\pm$ SEで表示

表1-b 腹部経穴および非経穴部位への鍼刺激によるEGG周期の変化

	腹部刺激部位						
	臍中 (N=9)	中脘 (N=17)	梁門 (N=6)	天枢 (N=10)	気海 (N=9)	非経穴(A) (N=9)	非経穴(B) (N=9)
鍼刺激前周期 (cpm)	3.01 ± 0.06	3.06 ± 0.05	3.1 ± 0.08	3.07 ± 0.07	3.0 ± 0.08	3.08 ± 0.07	3.08 ± 0.06
鍼刺激時周期 (cpm)	3.0 ± 0.08	3.0 ± 0.06	2.95 ± 0.06	3.0 ± 0.05	2.9 ± 0.09	2.93 ± 0.07	2.95 ± 0.07
P値*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

* 鍼刺激前vs鍼刺激時(wilcoxon test), N.S.: No significant Nは被験者数を示す。Mean $\pm$ SEで表示

表2-a 上肢および下肢の経穴への鍼刺激によるEGG振幅の変化。

	上・下肢刺激部位		
	合谷 (N=15)	足三里 (N=15)	太衝 (N=9)
鍼刺激前振幅 (μV)	140.1 $\pm$ 10.5	135.7 $\pm$ 7.2	136.4 $\pm$ 11.8
鍼刺激時振幅 (μV)	141.0 $\pm$ 9.3	137.6 $\pm$ 8.4	137.3 $\pm$ 12.3
P値*	N.S.	N.S.	N.S.

* 鍼刺激前vs鍼刺激時(wilcoxon test), N.S.: No significant
Nは被験者数を示す。 Mean $\pm$ SEで表示

表2-b 上肢および下肢の経穴への鍼刺激によるEGG周期の変化。

	上・下肢刺激部位		
	合谷 (N=15)	足三里 (N=15)	太衝 (N=9)
鍼刺激前周期 (cpm)	3.08 $\pm$ 0.05	2.98 $\pm$ 0.06	3.01 $\pm$ 0.06
鍼刺激時周期 (cpm)	3.11 $\pm$ 0.04	3.0 $\pm$ 0.03	3.1 $\pm$ 0.07
P値*	N.S.	N.S.	N.S.

* 鍼刺激前vs鍼刺激時(wilcoxon test), N.S.: No significant
Nは被験者数を示す。 Mean $\pm$ SEで表示

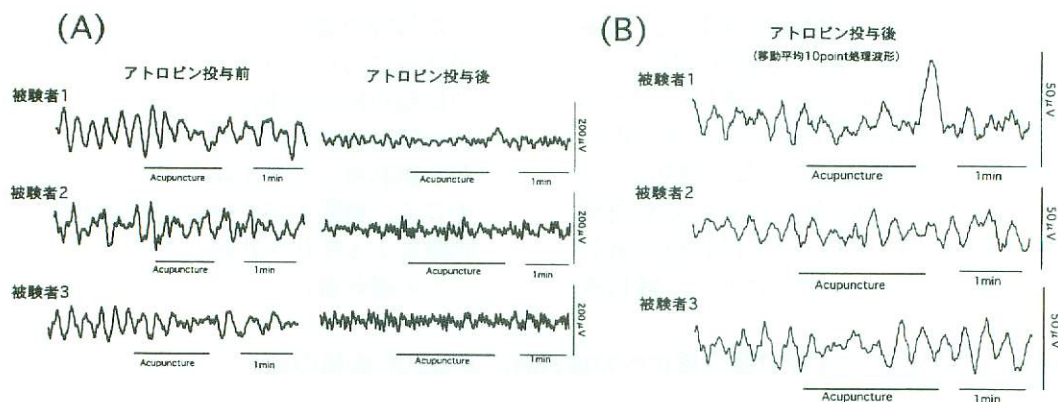


図3 硫酸アトロピン投与下での鍼刺激によるEGGの変化

アトロピン投与前の鍼刺激ではいずれも明らかな振幅の減少が認められた。しかし、アトロピンの投与に伴いEGGが著しく減弱してしまい、波形の判別が困難となった(A)。そのため、アトロピン投与後のデータにつき移動平均を行い波形処理をした上で鍼刺激による変化を観察したところ、3例のすべてで刺激に伴う振幅の低下が認められた (B)。

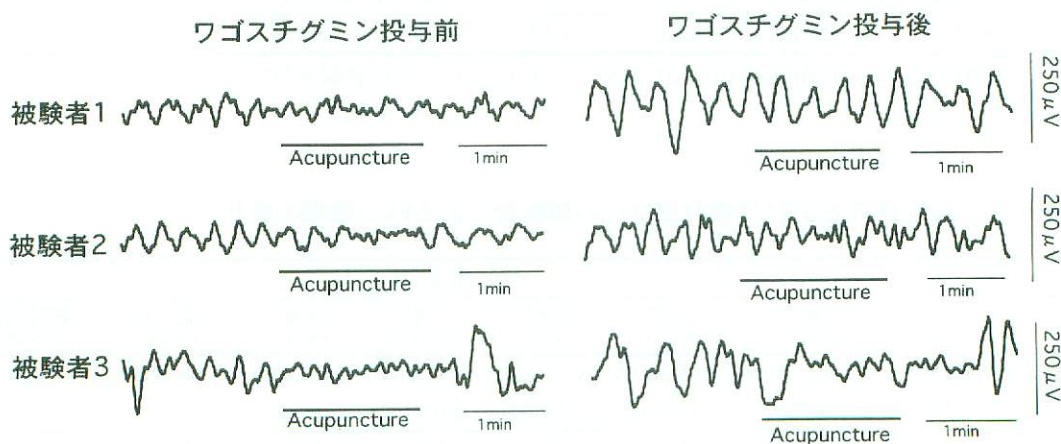


図4 ワゴスチグミン投与下での鍼刺激によるEGGの変化

全例で明らかなEGGの亢進がワゴスチグミンの投与により出現した。さらに、鍼刺激による振幅の低下は、投与前、投与後のいずれにおいても観察できた。

b. ワゴスチグミンの投与

ワゴスチグミン投与により全例で明らかなEGGの亢進が認められた。また、腹部への鍼刺激による振幅の低下は、投与前、投与後のいずれにおいても全例で観察された(図4)。

2. 鍼刺激によるHRの変化

(1) 体表各部位への鍼刺激によるHRの反応
HRを指標に鍼刺激が及ぼす心臓機能への影響

を観察した。その結果、ほとんどの鍼刺激時において顕著なHRの減少反応を認めた。この反応は刺激部位による差がなく、四肢や腹部の経穴および非経穴部のいずれの部位においても雀啄刺激を行っている間に出現し、手技を終えると徐々に刺激前の心拍数の基線レベルに戻る傾向があった(図5)。また、各刺激部位ごとで鍼刺激前後のHRの変化を比較すると、すべての部位で有意な減少が得られた(wilcoxon test)(表3-a, 表3-b)。

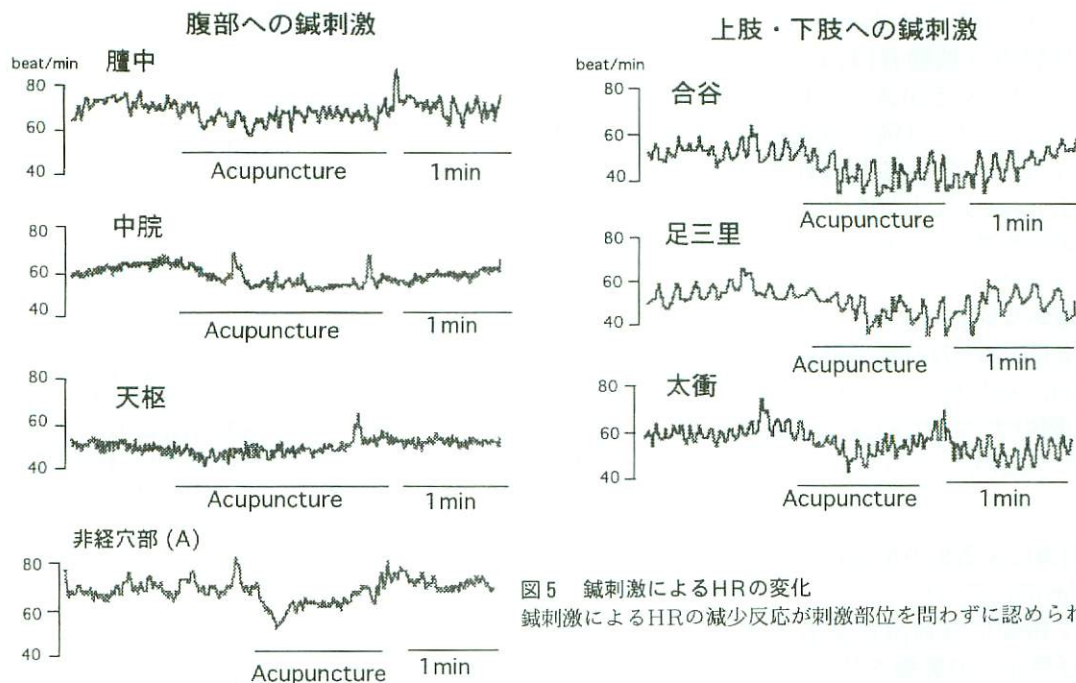


図5 鍼刺激によるHRの変化
鍼刺激によるHRの減少反応が刺激部位を問わずに認められた。

表3-a 腹部経穴および非経穴部位への鍼刺激によるHRの変化

	腹部刺激部位						
	膻中 (N=9)	中脘 (N=26)	梁門 (N=6)	天枢 (N=10)	気海 (N=9)	非経穴(A) (N=9)	非経穴(B) (N=9)
鍼刺激前心拍数(拍)	61.3±7.2	60.7±7.5	58.6±5.5	60.9±8.0	58.3±5.9	61.5±7.4	60.6±7.1
鍼刺激時心拍数(拍)	57.5±5.4	56.8±7.0	55.6±5.0	55.8±7.1	55.1±4.8	57.4±5.7	57.8±6.0
P値*	<0.05	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

* 鍼刺激前vs鍼刺激時(wilcoxon test) Nは被験者数を示す。 Mean±SEで表示

表3-b 上肢および下肢の経穴への鍼刺激によるHRの変化。

	上・下肢刺激部位		
	合谷 (N=24)	足三里 (N=23)	太衝 (N=12)
鍼刺激前心拍数(拍)	58.5±7.1	57.7±7.1	60.3±7.4
鍼刺激時心拍数(拍)	55.4±5.6	55.0±5.8	56.0±6.2
P値*	<0.01	<0.01	<0.05

* 鍼刺激前vs鍼刺激時(wilcoxon test) Nは被験者数を示す。 Mean±SEで表示

(2)薬物投与下における検討

a. 硫酸アトロピンの投与

アトロピン投与による急激なHRの増加と呼吸性変動成分の消失を観察し、これらの安定を確認した上で、中脘穴への鍼刺激を実施した。その結果(図6)、投与前には鍼刺激に伴うHRの減少がすべての被験者で認められていたが、投与後では、同様の鍼刺激を行ったにもかかわらず、2例の被験者(被験者1および2)ではHRの減少反応が認められなくなった。しかし、1例(被験者3)では投与後においても鍼刺激に伴うHRの減少反応が確認できた。

b. ワゴスチグミンの投与

ワゴスチグミン投与により全例で僅かな徐脈を認めた。また、鍼刺激によるHRの減少反応は、投与前、投与後のいずれにおいても3例のすべてで明らかに観察された(図7)。

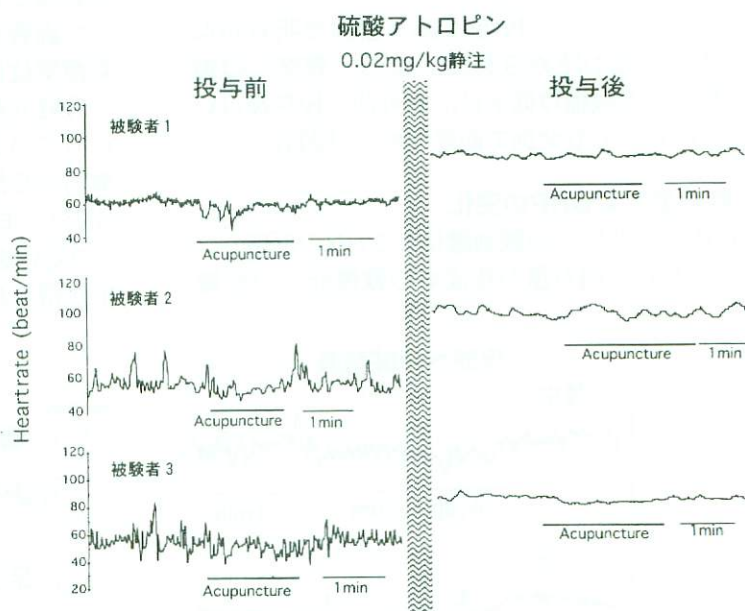


図6 硫酸アトロピン投与下での鍼刺激によるHRの変化。鍼刺激に伴うHRの減少反応はアトロピン投与前には明確であったが、投与後では2例の被験者(被験者1および2)において鍼刺激時の変化が認められなくなった。しかし、1例(被験者3)では投与後においても鍼刺激に伴うHRの減少反応は確認できた。

3. 鍼刺激によるSSRの変化

(1)刺激部位差の検討

SSRを指標に鍼刺激による皮膚交感神経機能への影響を観察した。EGGおよびHRと同時にSSRの記録を実施し、計47回の鍼刺激を行ったところ、刺激部位を問わず腹部・四肢へのいずれの鍼刺激でも、雀啄刺激の最中に全例でSSRが出現した(図8)。また、この反応は経穴および非経穴のいずれにおいても同様に出現した。

(2)薬物投与下における検討

図9にアトロピン投与を行った1例(上段)とワゴスチグミンを投与した1例(下段)の結果を示した。いずれも薬物投与前には鍼刺激時にSSRの出現が認められていたが、アトロピンの投与によりこの変化は全く認められなくなった。また、ワゴスチグミンの投与では鍼刺激に伴うSSRの出現に影響は認められなかった。尚、この結果は3例のすべてで同様であった。

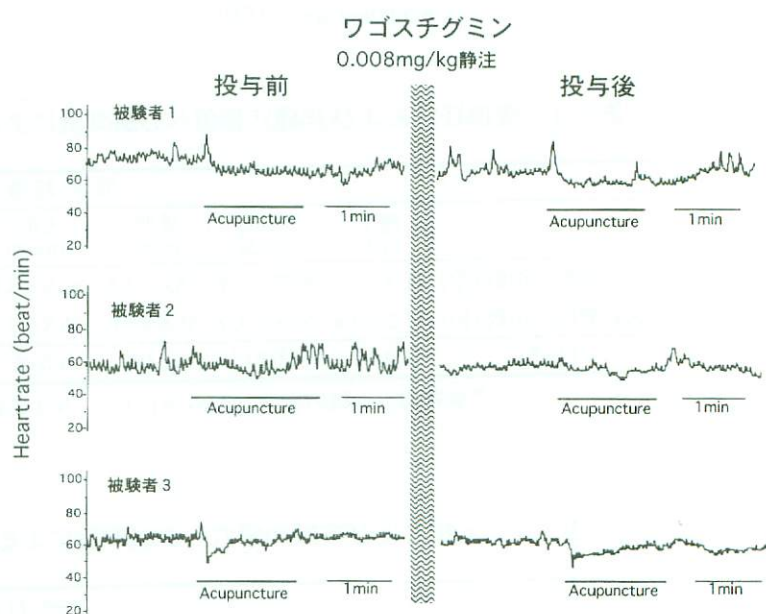


図7 ワゴスチグミン投与下での鍼刺激によるHRの変化。鍼刺激によるHRの減少反応は、投与前、投与後のいずれにおいても3例のすべてで明らかに観察できた。

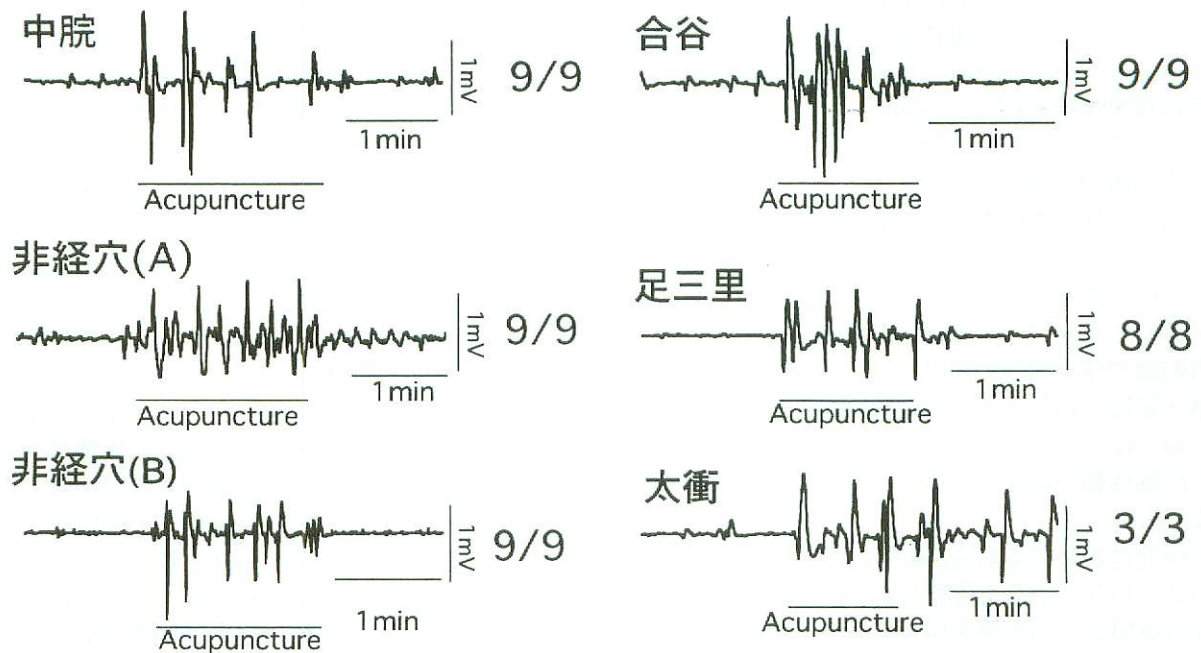
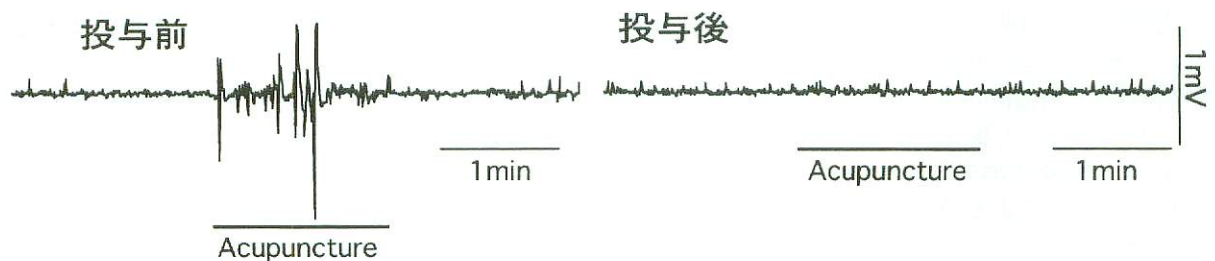


図8 鍼刺激によるSSRの変化.

総計47回の鍼刺激を行ったところ、刺激部位を問わず腹部・四肢へのいずれの鍼刺激でも、雀啄刺激の最中に全回でSSRが出現した。この反応は経穴および非経穴のいずれにおいても同様に出現した。
 各波形の右側に、SSRの出現回数/被験者数、を表示した。

(A) アトロピン投与例



(B) ワゴスチグミン投与例

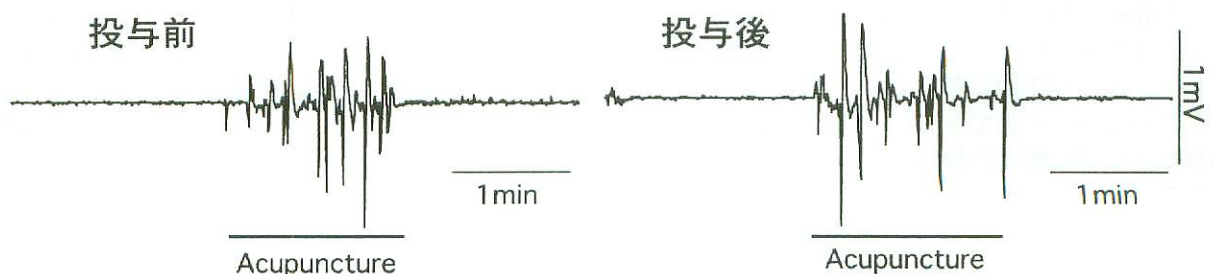


図9 硫酸アトロピンおよびワゴスチグミン投与下での鍼刺激によるSSRの変化.

アトロピン投与例（上段:A）とワゴスチグミン投与例（下段:B）における鍼刺激時の変化を示した。いずれも薬物投与前には鍼刺激時にSSRの出現が認められていたが、アトロピンの投与によりこの変化は消失した。また、ワゴスチグミンの投与では鍼刺激に伴うSSRの出現に影響は認められなかった。このような結果がすべての例で確認できた。

IV 考 察

今回指標に用いたEGG, HR, SSRはいずれも非侵襲的な胃機能, 心臓機能, 皮膚交感神経機能の評価法として用いられており, それらの生理的調節には自律神経が大きく関わっていることが知られている。そのため, 鍼刺激のような体表への物理的刺激の効果を捉え, さらにその自律神経機能に対する作用を解析するための指標として応用が可能と考えられる。これまでにEGGとHRに関しては, それぞれ胃および心臓の運動機能を反映することが判明しており, またSSRについては, 侵害刺激や精神的な負荷等を加えた際に得られる手掌・足底の電位変化として知られ, 皮膚交感神経を遠心路とするコリン作動性神経の活動に由来する汗腺活動の変化であることが明らかになっている^{8) 13)}。

本研究においてこれら3種の生理的指標を用いたのは, EGGとHRを指標とする事で鍼刺激による異なる臓器への影響を照合でき, またSSRを付加することで, 物理的な鍼刺激の効果ばかりではなく, その精神的因子による影響をも含んだ交感神経機能への関与を推定できると考えたからである。

ヒトの胃機能に及ぼす鍼灸の効果に関しては, 野口³⁾, Tougas et al⁴⁾ が酸分泌の変化について報告しており, また, 著者らもEGGを指標に胃運動への効果を検討してきた^{5) 14)}。これまでに, EGGと胃運動との関連については, 胃運動発現時の周期はその周期に調律され, 胃運動の強さは振幅に反映することが知られている¹⁵⁾。また, 空腹時胃運動の各phaseをEGGから判定できるのかどうかについても現在, 種々論議されている¹⁶⁾。EGGは胃全摘後に消失し^{17) 18)}, また本検討でもアトロピン投与によるEGGの抑制と, ワゴスチグミン投与による亢進が得られたことから, 胃の電位変化を反映しているのは間違のない事実であると思われる。

本検討での鍼刺激によるEGGへの影響は, 腹部への雀啄刺激によりEGG振幅の減少が得られたが, 上肢や下肢への刺激では一定の変化が認められず, さらに周期に関しても一定の変化が認められないという結果であった。故に, 腹部への鍼刺激は主に胃収縮力の抑制を引き起こす作用のある事を示唆している。また, 著者らは既報^{5) 14)}で中脘穴への鍼刺激により今回と同様なEGGの抑制反応が引き起こされる事を報告したが, 本検討から, この抑制反応は中脘穴のみならず, 梁門穴, 天枢穴, 気海穴など腹部の他の経穴への鍼刺激でも明らかに認められ, しかも, 非経穴部でも抑制が認められたことから腹部上の比較的広い領域へ

の刺激で得られる反応で, これらの経穴に特有な反応では無いことも判明した。そこで, このEGG振幅の抑制反応の神経性機序を解析するため, 硫酸アトロピンによる副交感神経の遮断, およびワゴスチグミンによる副交感神経の亢進を引き起こした上で, 中脘穴へ鍼刺激を行い, EGGがどのように変化するのか観察した。その結果, アトロピンの投与に伴いEGGの振幅は顕著に抑制されたものの, 鍼刺激に伴う振幅の減少反応は依然と観察された。また, ワゴスチグミンの投与ではEGGの振幅が増大したが, この状況下でも鍼刺激に伴う抑制反応は観察できた。このことは, 腹部への鍼刺激で誘発されるEGGの抑制反応は, 副交感神経系の遮断あるいは亢進等に影響されるものではない事を意味している。これと類似した結果をKametani¹⁹⁾, Sato et al²⁰⁾ は麻酔ラットを用いた実験から確かめており, 腹部への侵害刺激や鍼様刺激(acupuncture-like stimulation)は交感神経胃枝の遠心性放電を分節性に増加させ, 胃運動の抑制反射を誘発することを報告している。本結果でも胃のデルマトーム近傍に位置する腹部領域への鍼刺激でEGGの抑制が認められた事, またこの反応の出現に副交感神経系が影響を及ぼさなかった事は, これらの動物実験の結果に一致している。ゆえに, ヒトにおいても同様な反射経路が存在し, 腹部への鍼刺激は交感神経の遠心性活動を分節的に亢進させ, EGGの抑制反応を引き起こしたのと考えるのが妥当であろう。

一方, 動物実験から四肢への侵害刺激は迷走神経性の胃運動亢進反応を引き起こすことも知られている^{19) 20)}。そこで当初, 腹部への鍼刺激の結果が動物実験の結果と一致したため, 下肢への刺激で迷走神経性のEGGの亢進反応が得られることを期待したが, そのような結果は得られなかった。今後, 様々な刺激部位・刺激方法等での検討を加え, EGGを効率よく亢進させるような手法を検索したいと考えている。

次に, HRの変化についてであるが, 上肢, 下肢および腹部への鍼刺激でいずれも明らかな減少が認められたことから, 経絡や経穴に特有な反応ではなく, 体表のどこに刺激をしても得られる全身的な反応であることが判明した。これと同様な結果を矢澤²⁾, 西条¹²⁾, Sugiyama et al⁹⁾ もヒトで確認している。なかでも矢澤²⁾は自律神経の薬理的遮断からその機序に関する検討を実施し, またSugiyama et al⁹⁾は鍼刺激に伴い, Micro-neurogramから得た筋交感神経活動の増加とHRの減少反応を同時に認めたため, その反応には副交感神経のみが関与していることを推測した。本検討では, 鍼刺激時のHRの減少反応は, コリン

拮抗剤であるアトロピンの投与により3例中2例で明らかに反応が消失したが、ワゴスチグミンによる副交感神経の亢進時では投与前と同様に3例のすべてで鍼刺激による反応は誘発されることが判った。故に、鍼刺激によるHRの減少反応は、副交感神経、あるいはコリン作動性神経を遠心性に介して誘発される反応である可能性が大きいものと考えられる。しかし、矢澤²⁾によればアトロピン投与後の鍼刺激は、完全にHRの減少反応を消失させることは無く、その程度を少なくするのみであり、完全な消失を得るには β -ブロッカーの併用投与が必要であるとして、鍼刺激時の変化には副交感神経の亢進と交感神経 β -系の抑制の両方が関与していることを示唆している。本実験において1例の被験者では、アトロピンの投与後にHRの減少反応が鍼刺激で引き起こされており、この例では矢澤の報告のように交感神経の抑制が影響を及ぼしている可能性も否定できない。現時点ではこの領域におけるデータの集積は数少なく、今後更なる例数の集積からその機序を詳細に解析する必要があるものと考えている。

一方、麻酔動物への体性刺激による心拍数の変化に関する報告^{21) 22)}も散見され、ネコでは侵害刺激による交感神経心臓枝の遠心性放電の増加と、迷走神経の遠心性放電の僅かな減少に伴い心拍数が増加する事が判明している¹⁹⁾。また、ラットでは体温によりその反応が異なり、平常体温では刺激に伴い増加、低温では減少を示し、これらの反応が交感神経心臓枝の遠心性放電の増減のみに基づいていることが明らかになっている²³⁾。しかし前述の如く、ヒトでは鍼刺激により部位差なく安定したHRの減少反応が得られ、さらにその機序として副交感神経の亢進が大きく関わっている点で、これらの動物実験の結果とは異なっており、現時点では、動物実験から得たメカニズムをそのままヒトに当てはめるのは妥当では無いものと思われる。

さらにSSRに関しては、四肢・腹部の刺激部位を問わずすべての鍼刺激時において認められ、間接的ではあるものの、末梢における明らかな皮膚交感神経の活動増加が示された。従来、SSRの出現にはコリン作動性の皮膚交感神経が遠心路であることが知られており、頸・腰部交感神経節の遮断や、アトロピンのiontophoresisによりその消失が確認されている¹³⁾。今回アトロピンの静注で鍼刺激に伴うSSRの出現が認められなくなったことから、雀啄刺激の最中にはコリン作動性皮膚交感神経の活動が増加し、手掌の発汗促進を引き起こした結果、SSRを出現させるというmechanismが明確となり、一方、ワゴスチグミン投与では

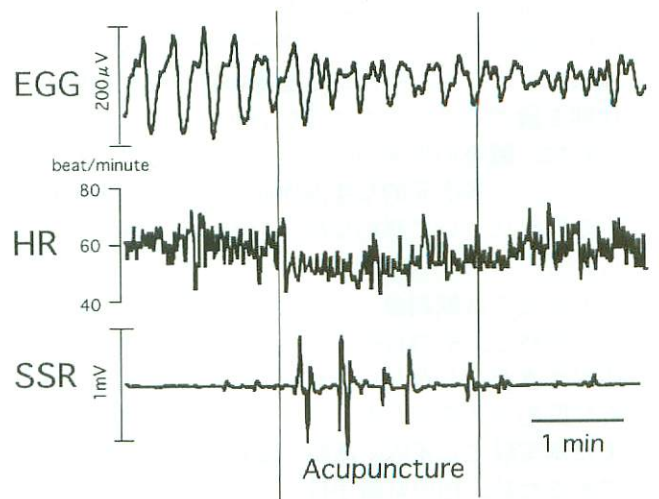


図10 腹部への鍼刺激が引き起こすEGG, HR, SSRの同時変化。腹部への鍼刺激によりEGGの抑制, HRの減少, SSRの出現が同時に誘発された。

SSRの出現には影響を与えない事も判った。

以上、鍼刺激によるEGG, HR, SSRの変化をまとめると、腹部への刺激によりEGGの抑制, HRの減少, SSRの出現が確認でき(図10)、四肢への刺激ではHRの減少とSSRの出現は得られたものの、EGGに変化は認められないという結果が得られた。これら3種の指標の変化を詳細に照らし合わせることで、鍼刺激がヒトの自律神経系に如何なる影響を及ぼしているのかという点について以下に考察を加えた。まず、皮膚交感神経活動を反映するSSRの増加とHRの減少とが同時に認められたが、この結果は自律神経系の調節に関する従来の知見とは矛盾しているように思われる。則ち、鍼刺激によるSSRの増加は交感神経活動の増加を示しており、さらにSugiyama et al⁹⁾の報告と照合すると筋交感神経活動の増加をも伴っているはずであるため、これを全身における一律的な反応と仮定すれば、HRの増加が得られるはずである。さらに、EGGが胃運動を反映している以上、全身的に交感神経が亢進したとすればどこに刺激を加えようともEGGの抑制が得られるはずと思われる。また逆に、鍼刺激によるHRの減少が副交感神経の亢進を全身的に引き起こしていると仮定した場合、或いは、鍼刺激でSSRの出現とHRの減少が得られたことをコリン作動性神経が選択的に亢進されたものと仮定したとすれば、胃の運動に関しては亢進が引き起こされるはずであり、どこに鍼刺激を行ってもEGGの波形は増大することが期待される。しかし、そのような結果は得られず、むしろ腹部への鍼刺激のみでEGGは抑制された。

これらの結果は、鍼刺激により得られたヒトの

胃、心臓、汗腺の変化はそれぞれ独立した自律神経性の調節機構の元にある事を示唆しており、一種類のみの指標の変化から全身の自律神経機能の状態を論ずるのは妥当ではないものと思われた。それ故、鍼灸の自律神経機能への効果を論ずる際には、より多次元的な生理機能の観察と解析からその効果について詳細な検討を進めるべきと考えられる。

本論文では鍼刺激によるEGG, HR, SSRの変化を観察し、その自律神経系との関わりについて述べてきた。しかし、これらの変化が鍼刺激に特有な反応であるのか否かについては言及できず、また本実験では雀啄刺激時の変化を観察したのみであるため、他の刺激手技では如何なる結果が得られるのかは判らず、今後も検討すべき点が数多く残っている。さらに、鍼刺激に伴う被験者の精神的負荷の影響についてSSRから推察すると、体性刺激としての鍼の作用とその際における心理的影響の両者が関与してSSRを顕著に増加させ、皮膚交感神経活動の増加を惹起したものと考えられるが、その際における両者の比重の割合がどれ程なのかは不明である。しかし、一連の変化が精神的負荷のみによる全身的な強い交感神経の亢進による反応であるなら、HRは増加し、EGGの抑制反応は腹部への刺激のみならず、上肢や下肢への刺激の際にも得られるはずである。故に、鍼刺激によるEGGおよびHRの変化については、精神的影響よりもむしろ物理的刺激としての鍼刺激自体による効果が大いものと考えられることができるであろう。

【謝辞】

稿を終えるに臨み、終始御指導を賜った明治鍼灸大学外科学教室咲田雅一教授に深甚なる謝意を捧げます。そして適切なる御教示をいただいた、同第一生理学教室西川弘恭教授、同鍼灸基礎学教室尾崎昭弘教授、薬物の使用に関して全面的に御協力いただいた同麻酔学教室智原栄一助教授、SSRの記録について御教示をいただいた同鍼灸基礎学教室渡辺一平助手をはじめ、同第三東洋医学臨床教室石丸圭荘講師、岩 昌宏助手、大学院生の池田和久氏に心から感謝の意を表します。また、貴重な御助言を承った東京都老人総合研究所佐藤昭夫副所長に厚く御礼を申し上げます。

【文 献】

- 吉川恵士：鍼麻酔から低周波鍼通電療法まで。日温気物医誌, 57 : 151-166, 1994.
- 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.
- 野口栄太郎：鍼刺激の胃酸分泌機能に及ぼす影響。日温気物医誌, 52 : 146-158, 1985.
- Tougas, G., Yuan, L.Y., Rademaker, J. W., et al : Effect of acupuncture on gastric acid secretion in healthy male volunteers. Dig. Dis. Sci., 37 : 1576-1582, 1992.
- 今井賢治, 石丸圭荘, 岩昌宏ら：ヒト腹部への鍼刺激が引き起こす胃電図 (Electrogastrography: EGG) の抑制反応。自律神経, 33 : 134-139, 1996.
- 矢野 忠, 石崎直人, 広 正基ら：胆嚢収縮剤負荷下における丘墟穴への鍼通電刺激の胆嚢形態に及ぼす効果。明治鍼灸医学, 15 : 30-46, 1994.
- Ernst, M. & Lee, M.H.M. : Sympathetic vasomotor changes induced by manual and electrical acupuncture of the hoku point visualized by thermography. Pain., 21 : 25-33, 1985.
- 矢野 忠, 西田真子, 清川朝栄ら：健康成人の皮膚交感神経反応に及ぼす鍼刺激の効果。明治鍼灸医学, 11 : 47-52, 1992.
- Sugiyama, Y., Xue, ye-xiang. & Mano, T. : Transient increase in human muscle sympathetic nerve activity manual acupuncture. Jap. J. Physiol., 45 : 337-345, 1995.
- 森山朝正：鍼刺激によってヒトの筋交感神経活動が初期にexcitation, 刺激中にinhibitionを起こす現象の微小神経電図法による検討。日本生理学雑誌, 49 : 711-721, 1987.
- 山口 智：鍼治療が瞳孔反応に及ぼす影響。日温気物医誌, 58 : 232-240, 1995.
- 西条一止, 森 英俊, 津嘉山 洋ら：経験医術の科学。伝統医学の正しい継承と発展のためへの提言。全日鍼灸誌, 45 : 177-191, 1995.
- Knezevic, W. & Bajada, S. : Peripheral autonomic surface potential. A quantitative technique for recording sympathetic conduction in man. J. Neurol. Sci., 67 : 239-251, 1985.
- 今井賢治：Electrogastrography (EGG) を指標とした鍼刺激の効果および外科領域におけるその応用に関する研究。明治鍼灸医学, 12 : 45-54, 1993.
- Smout, A.J.P.M., Grashuis, J.L. & Van der Schee E.J : What is measured in electrogastrography? Dig. Dis. Sci., 25 : 179-1187, 1980.
- Sun, W.M., Smout, A.J.P.M., Malbert, C., et al : Relationship between surface electrogastrography and antropyloric pressures. Am. J. Physiol., 268 : G424-G430, 1995.
- 今井賢治, 岩昌宏, 石丸圭荘ら：胃癌患者およびその胃切除術後におけるElectrogastrography (EGG)。京都府立医科大学雑誌, 103 : 13-22, 1994.
- 今井賢治, 石丸圭荘, 池田和久ら：腹部外科手術直後より翌朝までのElectrogastrography。術後の異常波形に関する検討。医学のあゆみ, 178 : 857-856, 1996.
- Kametani, H., Sato, A. & Sato, Y. : Neural mechanisms of reflex facilitation and inhibition

- of gastric motility to stimulation of various skin area in rat. *J. Physiol.*, 294 : 407-418, 1979.
- 20) Sato, A., Sato, Y., Suzuki, A. et al. : Neural mechanisms of the reflex inhibition and excitation of gastric motility elicited by acupuncture-like stimulation in anesthetized rat. *Neurosci. Res.*, 18 : 53-62, 1993.
- 21) Kaufman, A., Sato, A., Sato, Y. et al. : Reflex changes in a cardiac function after mechanical and thermal stimulation of the skin at various segmental levels in cat. *Neuroscience.*, 2 : 103-109, 1977.
- 22) Sato, A., Sato, Y., Shimada, . et al : Varying changes in heart rate produced by nociceptive stimulation of the skin in rat at different temperatures. *Brain. Res.*, 110 : 301-311, 1976.

Effects of acupuncture on electrogastrogram, instantaneous heart rate and sympathetic skin response with pharmacological analysis to elucidate the neural mechanisms in humans.

IMAI Kenji

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

Summary: The effects of acupuncture on percutaneous electrogastrograms (EGG), instantaneous heart rate (HR) and sympathetic skin response (SSR) were examined and the neurological mechanisms in humans were analyzed pharmacologically.

By abdominal acupuncture, the amplitude of EGG was suppressed, HR decreased and SSR was induced. These responses were not peculiar to specific acupoints and were also observed on non-acupoints. Acupuncture onto extremities evoked the same HR and SSR responses, but did not affect the EGG.

Moreover, under administration of vagal blocker (atropine sulfate), abdominal acupuncture suppressed the amplitude of EGG, but did not decrease HR and induce SSR. The changes in EGG, HR and SSR induced by abdominal acupuncture were not influenced under administration of a vagal stimulator (vagosigmin).

These findings suggest that the acupuncture stimulation give some effects on gastric function, cardiac function and sympathetic skin nerve function individually, and that these respective responses are mediated through the sympathetic and vagal efferent pathways.