

腸管運動に対する鍼・灸刺激の影響に関する実験的研究

岩 昌 宏

明治鍼灸大学 臨床鍼灸医学教室

要旨：腸管運動に対する鍼灸刺激の効果を明らかにする目的で本研究は行われた。

実験1：腸管の蠕動運動による移送能を検討するために、マウスの胃内に注入された炭末の小腸内での移動距離を指標とし、腸管運動を薬剤により亢進あるいは抑制させ鍼・灸刺激を行った。その結果、ネオスチグミンにより亢進した腸管運動は鍼・灸刺激により有意に抑制され、アトロピンにより抑制された腸管運動は有意に促進された。しかし、エピネフリンによる抑制に対しては変化がみられなかった。以上のことから、鍼灸刺激は交感神経を介して腸管運動に作用し、その作用は二相性であることがわかった。

実験2：空腸の輪状筋収縮を調べるためにラットの空腸に strain gauge を縫着して空腸運動を記録し、薬物の影響および通電刺激、鍼通電刺激の効果について検討した。

その結果、①ネオスチグミン投与により IMC（空腹期強収縮運動）が消失し、不規則な収縮波が持続した。②腹部通電刺激では、ネオスチグミン投与時と同様の変化がみられ、phase II が増加した。③後肢鍼通電刺激では、phase II および phase III の増加とともに、IMC の出現頻度が増加した。

本研究により、腹部への刺激が空腸の輪状筋収縮を phase II へと変化させ、蠕動運動を促進することが示唆された。

I. はじめに

我が国の伝統医学の一つである鍼灸療法は、古来より経験的に伝承され、現在もなお、運動器系疾患のみならず種々の内臓疾患の治療にも用いられ、なかでも便秘、下痢などの消化器系疾患に対しては有効であるとされているが、その効果を客観的、科学的に評価した報告は少ない。我々はこれまでイレウスや術後腸管麻痺などの腸管運動異常に対して鍼灸治療を行い、その臨床効果について評価する¹⁾とともに、健康成人ボランティアを対象に腸管より発せられるグル音を指標として、腸管運動に対する鍼灸刺激の効果について検討し、四肢（合谷、足三里穴）および腹部（中脘、天枢、関元穴）への鍼刺激がイレウスによる腸管運動の亢進を抑制し、腹痛を軽減させたことや上記経穴への鍼刺激によって刺激後に腸管運動が促進され、灸刺激によって抑制されることなどの結果を得てきた²⁾。

また、これまでの実験動物を用いた消化管運動に対する研究では、筋電図法³⁾、内圧測定法⁴⁾、strain gauge force transducer (SGFT) 法^{5, 6, 7)}など様々な測定法が用いられているが、鍼・灸刺激を含めた体性刺激の影響に関する研究は、その大半が麻酔下で行われ、手術等の侵襲の影響の残存が考えられる急性実験である^{3, 8~11)}。鍼・灸刺激の様な微細な刺激の効果を検討するには、より生理的な状態での観察が望まれる。そこでこれまでに SGFT 法を用いてラットの消化管運動測定を行った結果、本法を用いてイヌの腸管運動を記録した報告と同様に、空腹期に周期的に出現する強収縮運動を記録出来、その頻度がイヌの約4倍であることがわかった¹²⁾。

一方、腸管の運動には内容物を移送するための蠕動運動や攪拌するための分節運動があり、さらに収縮を起こす筋層にも輪層筋と縦走筋が存在する。この様に腸管運動には種々の形態があるため、

平成11年10月20日受付、平成11年11月2日受理

Key Words：鍼灸 acupuncture and moxibustion, 腸管運動 intestinal motility, ストレインゲージ strain gauge, ラット rat, マウス mouse

†連絡先：〒629-0392 京都府船井郡日吉町 明治鍼灸大学内

腸管運動異常を病態とする疾患は様々である。このため腸管運動に対する鍼・灸刺激の効果を検討するためには、様々な角度から腸管運動を検討する必要があると思われる。

そこで本研究では、腸管運動に対する鍼・灸刺激の効果についてさらに詳細に追究すべく、第1に自作製の炭末溶液の空腸内移動距離を指標とした方法により蠕動運動に対する鍼・灸刺激の影響について検討し、更に SGFT 法を改良した体内埋め込み型テレメトリーシステム^{13, 14)}を応用し、空腸の輪状筋収縮に対する電気刺激および鍼通電刺激の影響について検討した。

II. 材料および方法

1. 炭末溶液の移動距離を指標とした検討

実験動物には ddY 系雄性マウス、5 週齢（清水実験材料）を用い、実験前の15~20時間は絶食（飲水は自由）とした。

(1) 炭末溶液の作製

炭末溶液は、アラビアゴム（Arabic Gum、和光純薬工業）、活性炭素（Charcoal Activated Powder：和光純薬工業）及び水を1：1：8の比率で混合して作製した。

(2) 自律神経作用薬

自律神経を遮断あるいは刺激する目的で各々6例のマウスに以下の薬剤を投与した。

副交感神経作用薬としては、副交感神経刺激剤としてメチル硫酸ネオスチグミン（ワゴスチグミン注：塩野義製薬）（0.1 mg/kg）を、副交感神経遮断剤として硫酸アトロピン（硫酸アトロピン注射液：扶桑薬品工業）（10mg/kg）を使用した。また、交感神経作用薬剤としては、交感神経刺激剤としてエピネフリン（ボスミン注：第一製薬）（0.5mg/kg）を、交感神経遮断剤としてレセルピン（アポプロン注：第一製薬）（0.6mg/kg）を使用した。

(3) 実験方法

動物を対照群（6例）、鍼刺激群（6例）、灸刺激群（6例）に分け、ともに薬剤を背部に皮下注射し、15分後に炭末溶液 0.3ml を経口ゾンデ針付きの1 ml 注射器を用いて、経口的に胃内へ注

入した。なお、レセルピン投与群には有意な腸管運動促進が認められなかったため鍼・灸刺激実験から除外した。注入後、対照群はそのままケージ内に放置し、鍼・灸刺激群はそれぞれの刺激を行い20分間ケージ内に放置した。20分後にマウスを頸椎脱臼死させ、胃幽門部から回盲部までの小腸を切除し、小腸の全長と炭末溶液が移動した距離を測定した。なお、炭末溶液の胃内残留は認められなかった。

薬剤を投与しない正常な状態で、マウスの腹部及び背部へ鍼・灸刺激を行った結果、腹部への鍼刺激によって炭末の移動は促進され、腹部への灸刺激によって抑制されたが、背部への鍼・灸刺激では共に変化がみられなかった¹⁵⁾。以上の結果より鍼及び灸の刺激部位はいずれも臍より5 mm 外方の部位、左右2ポイントとした。刺激方法は、鍼刺激では円皮針（セイリン化成、針径：0.24 mm、針長：1.7 mm、リング径：2.8 mm）を施鍼後テープで固定し、20分間留置した。灸刺激では半米粒大（0.6 mg）を左右各1 壮施灸した。

(4) 評価方法

評価方法は小腸長の個体差を考慮して、炭末溶液の移動した距離が小腸長に占める割合（%）を炭末の移動比率として検索した。

統計処理は、2元配置の分散分析およびノンパラメトリックの多重比較検定（Tukey, Scheffe, Dunnett）により行った。

2. strain gauge force transducer 法による検討

実験動物には Wistar 系雄性ラット（体重 300 g）、5 匹を使用した。

(1) strain gauge および送信機の埋め込み

動物に pentobarbital sodium（Nembutal®：大日本製薬）30mg/kg を腹腔内投与により麻酔し、同時に消化管運動の抑制を目的に硫酸アトロピン（田辺製薬）0.5mg/kg を腹腔内投与した。腹部正中切開にて開腹後、strain gauge force transducer F-08IS（スターメディカル）をトライツ靭帯より肛門側に約20cmの空腸漿膜面に輪状筋方向の収縮が測定出来るよう縫着し、送信機（IMT-10T）を左側腹部の皮下に絹糸にて固定した。さらにビニールでコーティングしたステンレスワイヤー（直径：0.2mm）の先端部を左右の腹直筋中央部に

2 mm刺入して絹糸で固定し、皮下を通して後頸部に導出し、刺激用電極とした。腹壁は縫合閉腹した。術後1日目は水分摂取のみとし、2日目からは実験動物用固形飼料を与えて飼育した。

(2) 空腸運動の測定

空腸運動の測定は術後1週間より開始した。測定前日より、糞食を防止するために金網底のケージにて24時間絶食した。測定には strain gauge からの信号の受信機上にケージを置き、ケージ内でのラットの行動は完全にフリーな状態とし、飲水も自由摂取とした。信号は A/D converter である MacLab (ADInstruments) を介してコンピュータに取り込んだ。なお、データのサンプリングは 250msec 毎に行った。

(3) 実験方法

① 意識下ラットの空腸運動

消化管運動には空腹期と食後期のパターンがあり、空腹期には周期的に出現し、肛門側に伝播する強収縮波群(Interdigestive myoelectric complex: IMC)が存在し、これはほとんど収縮がみられない phase I (silent state), phase III (frequent regular contractions) の前に出現し、phase III より弱い収縮波が持続する phase II (random irregular contractions) および規則的な強い収縮波がみられる phase III の3つのステージからなっている¹⁶⁾。空腸運動として、空腹期の phase III の出現間隔、各 phase の持続時間、及び食後期の運動について検索した。さらに空腹期動物にメチル硫酸ネオスチグミン (0.1mg/kg)、及び硫酸アトロピン (1 mg/kg) を腹腔内投与してその影響を観察した。

② 通電刺激および鍼通電刺激の効果

通電刺激は意識下にて腹部皮下に留置した電極より通電した。通電条件は、ヒトにおいて腹部への 100Hz 通電刺激が腸管運動を促進したという報告¹⁷⁾ や腸管運動を促進させる消化管ホルモンである CCK が腹部への通電刺激で増加したという報告¹⁸⁾ にならい、単方向矩形波でパルス幅は 0.2 msec、刺激頻度は 100Hz、刺激強度は 10mA、刺激時間は 10 分間とした。鍼通電刺激例では、刺激前 4 時間は意識下にて測定し、その後 pentobarbital sodium (15mg/kg) の腹腔内投与による軽度麻酔下に鍼体長 30mm、鍼径 0.16mm のステンレス製

ディスプレイ鍼 (セイリン化成) をラット後肢の前脛骨筋部に約 1 cm 刺入し、30 分間通電した。なお、通電条件は通電刺激と同様とした。意識下での鍼刺激は困難なため麻酔をかけたが、麻酔下での空腸運動は意識下のそれと変化ないことを確認した。

③ 刺激効果の評価

刺激前後での腸管運動量を比較するために、刺激前 1 時間および刺激後 1 時間の収縮波形の面積を求めた。この刺激前 1 時間の値を 100% として刺激後の増減率を計算し、これと無刺激で 2 時間記録したデータとを比較検討した。統計処理はノンパラメトリックの多重比較検定 (Scheffe) により行った。

刺激前後での収縮波の成分を比較するために、刺激前後 1 時間における phase I, phase II および phase III の持続時間を求め、全体を 100% とした百分率で表示し比較した。統計処理にはノンパラメトリックのウイルクソン検定を行った。統計ソフトは STATISTICA 4.1J (STAT SOFT) と Stat View 5.0J (SAS Institute) を使用した。

III. 結 果

(1) 炭末溶液の移動距離を指標とした検討

① 自律神経作用薬と腸管運動

図 1 は対照群と各薬剤投与群の炭末移動比率を比較したものである。対照群の平均値 48.9 ± 7.6% に対して、ネオスチグミン投与群では 92.3 ± 11.7% と有意に炭末の移動が促進され、アトロピ

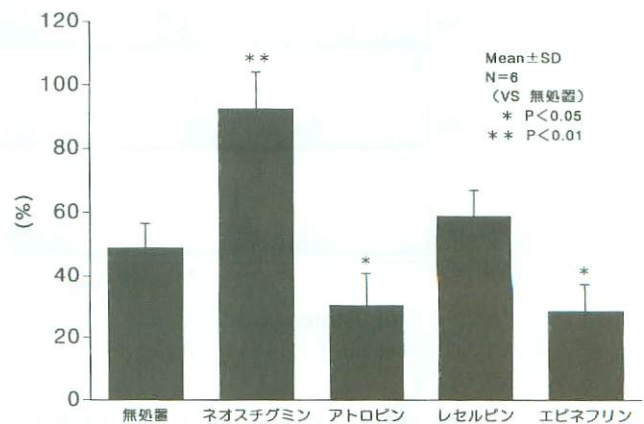


図 1. 各薬剤における炭末移動比率の比較

無処置対照群と各薬剤投与群との炭末の移動比率 (%) を比較している。炭末の移動が、ネオスチグミンにより促進、アトロピンとエピネフリンにより抑制された。

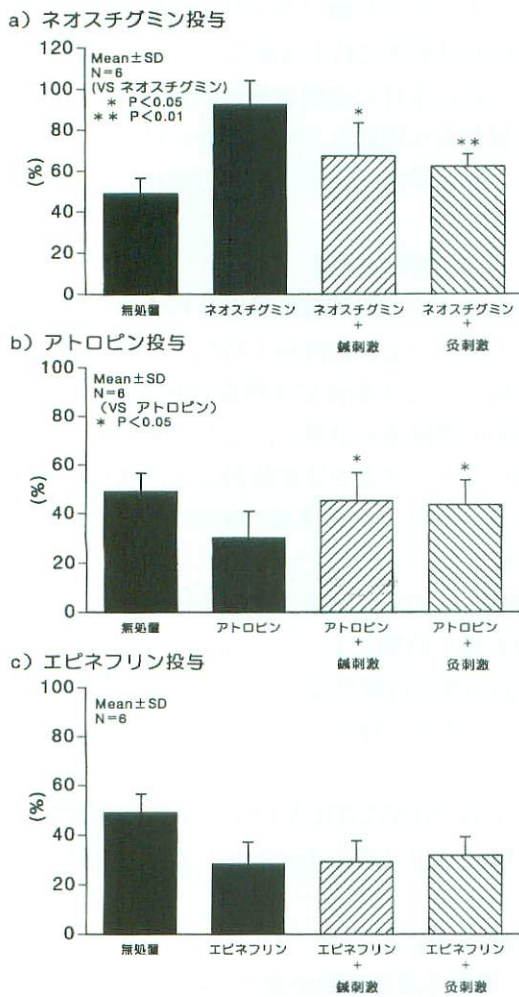


図2. 各薬剤投与下における鍼・灸刺激の影響
 a) ネオスチグミンにより促進された炭末の移動が、鍼灸刺激により有意に抑制された。
 b) アトロピンにより抑制された炭末の移動が、鍼灸刺激により有意に促進された。
 c) エピネフリンにより抑制された炭末の移動には、鍼・灸刺激とも変化を及ぼさなかった。

ン投与群では $30.2 \pm 10.7\%$ と有意に抑制された。一方、エピネフリン投与群では $28.3 \pm 8.9\%$ と有意な抑制がみられたが、レセルピン投与群においては $58.8 \pm 8.2\%$ と若干の促進がみられたものの有意差は認められなかった。

② 鍼・灸刺激の影響

各薬剤投与下の腸管運動に対する鍼及び灸による刺激効果を追究した(図2)。

ネオスチグミン投与によって $92.3 \pm 11.7\%$ と促進された炭末の移動は鍼刺激によって $67.2 \pm 16.2\%$ と有意に抑制された($P < 0.05$)。一方、灸刺激群においては $62.2 \pm 5.9\%$ とさらに顕著な抑制がみられた($P < 0.01$)(図2 a)。

アトロピン投与によって $30.2 \pm 10.7\%$ と抑制された炭末の移動が、鍼刺激によって $45.2 \pm 11.6\%$ と有意に促進され、ほぼ無処置対照群の値にまで復していた($P < 0.05$)。灸刺激群においても $43.5 \pm 10.1\%$ と有意な炭末移動の促進がみられた($P < 0.05$)(図2 b)。

エピネフリン投与による炭末の移動抑制に対して鍼($29.2 \pm 8.5\%$)、灸($31.8 \pm 7.5\%$)と両刺激ともほとんど影響を与えなかった(図2 c)。

(2) strain gauge force transducer 法による検討

① 意識下ラットの空腸運動

図3は意識下ラットの空腹期および食後期の空腸運動を示し、図4のa)は各 phase の持続時間、b)はそれぞれの比率を示している。空腹期

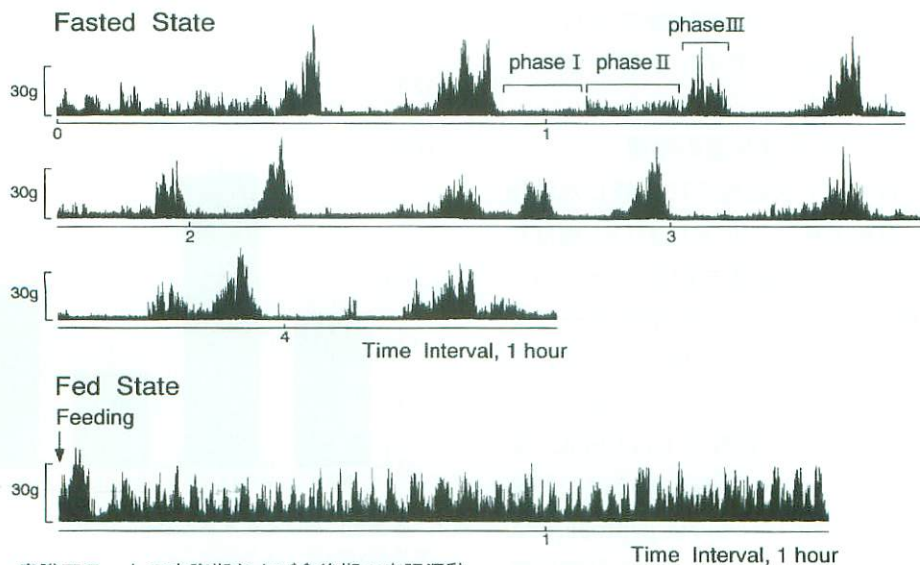


図3. 意識下ラットの空腹期および食後期の空腸運動

上段が空腹期、下段が食後期の空腸運動を示す。空腹期には空腸期強収縮運動(IMC)が周期的に観察されるが、摂食後にはIMCは消失し、不規則な収縮運動が持続した。

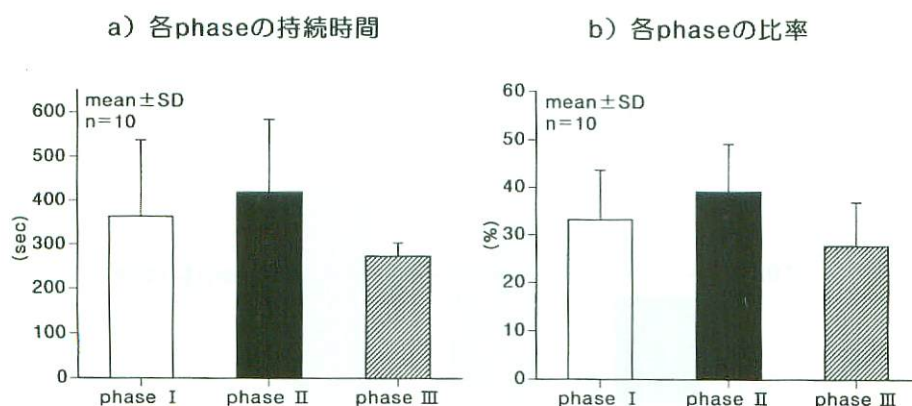


図4. a) IMC サイクルの各 phase の持続時間および b) 各 phase の比率

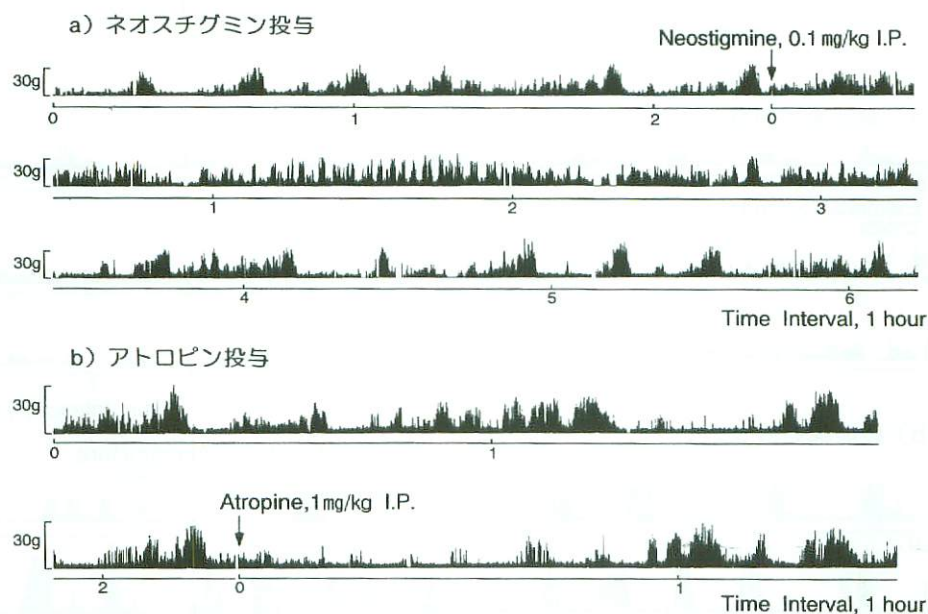


図5. 意識下ラットの空腹期空腸運動に対する薬剤の効果

上段) ネオスチグミン0.1mg/kgを腹腔内投与するとIMCは消失し、不規則で持続的な食後期収縮運動様の収縮波に変化した。この収縮波は約3～4時間持続した。

下段) アトロピン1mg/kgを腹腔内投与すると、約1時間にわたりIMCは消失し、空腸の収縮運動が抑制された。

には IMC が周期的に出現しており、phase III の出現間隔は $992.5 \pm 496.5 \text{ sec}$ ($n = 140$) であった。また、IMC サイクル中の各 phase をみると phase I は約33%，phase II は39%，phase III は約28%であった。一方、摂食を開始するとそれまで出現していた IMC は消失し、不規則な収縮波群が持続する食後期の運動パターンに変化した。

② 薬物の影響

ネオスチグミン投与前に観察された周期的な IMC は、投与後間もなく不規則で持続的な食後期収縮運動に似た phase II 様の収縮波群へと運動パターンを変化させ、この不規則な収縮波群は約3～4時間持続し、その後はネオスチグミン投与

前の状態に復し IMC が周期的に観察された (図5 上段)。

一方、アトロピンを投与すると、約1時間にわたり IMC が消失すると共に phase I が延長し、空腸の収縮運動は抑制された (図5 下段)。

③ 電気刺激および鍼通電刺激の効果

刺激前後での腸管運動量を比較するために、刺激前後1時間における収縮波形の面積を求め、刺激前1時間の値を100%とした増減率を計算し無刺激時と比較した (図6)。後肢への鍼通電刺激では、無刺激時の $95.8 \pm 5.8\%$ に対し $111.2 \pm 14.2\%$ と増加がみられ、腹部への電気刺激では $123.3 \pm 19.7\%$ とさらに有意な増加がみられた。

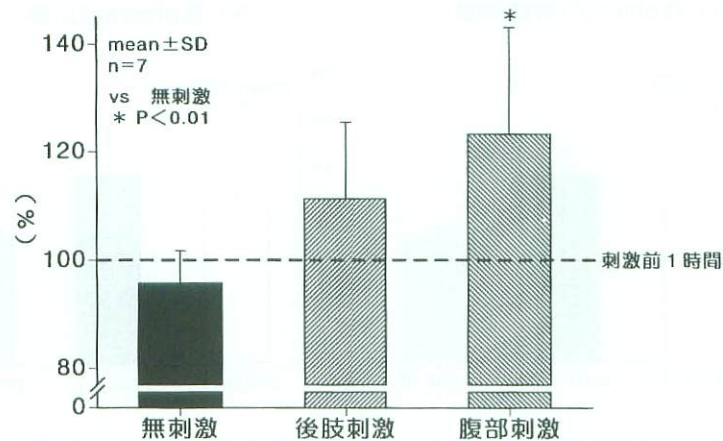


図6. 通電及び鍼通電刺激前後1時間における収縮波形の積分値の変化率
収縮波形の積分値が後肢への鍼通電刺激により若干増加し、腹部への通電刺激により有意に増加した。

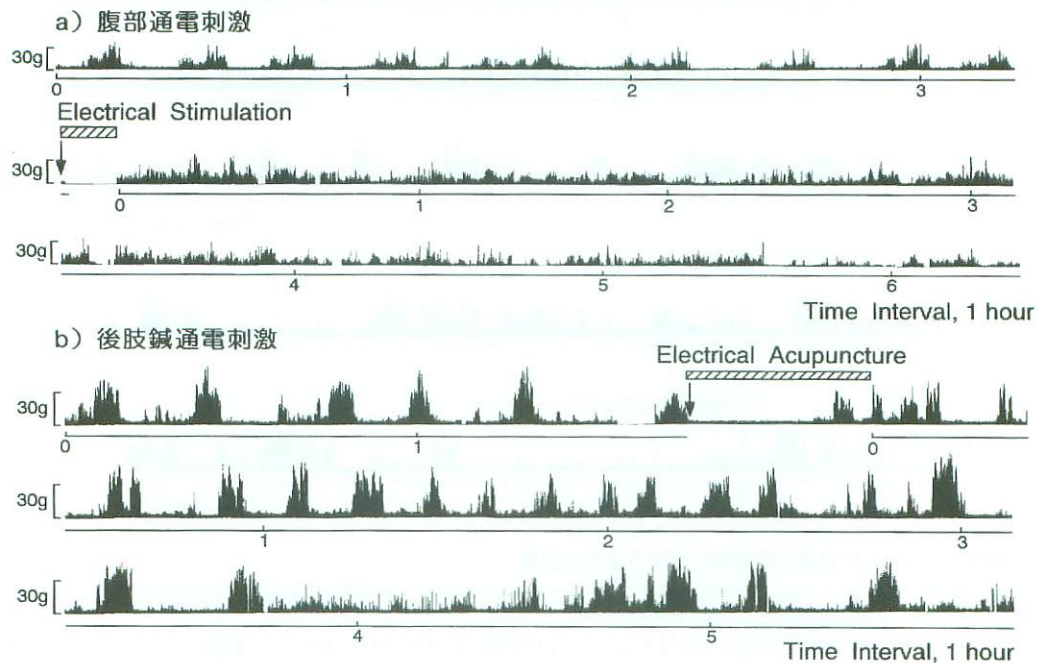


図7. 意識下ラットの空腹期空腸運動に対する腹部通電及び後肢鍼通電刺激の効果

上段) 腹部に100Hzの通電刺激を行うと刺激直後より持続的で不規則な収縮波に変化した。この変化は約5時間持続し、ネオスチグミン投与時の変化と類似するものであった。

下段) 後肢の前脛骨筋部に100Hzの鍼通電刺激を行うとネオスチグミンや腹部への電気刺激時ほどの変化はみられなかったが、刺激後1～3時間に渡ってIMCの出現頻度が増加した。

腹部への通電刺激による影響を記録波形からみると、刺激前には1時間に約3回の周期的なIMCが観察されたが、10分間の通電刺激直後より持続的で不規則な phase II 様の収縮波群へと変化した。この運動パターンの変化は約5時間持続し、ネオスチグミン投与時の変化と類似するものであった(図7上段)。

後肢への鍼通電刺激の影響の記録波形は、ネオスチグミンや腹部への電気刺激時ほどの運動パター

ンの変化は示さなかったものの、刺激後の1～3時間においてIMCの出現頻度が増加した(図7下段)。

図8は各刺激群における刺激前後での各 phase の比率の変化を示したものである。腹部への通電刺激では、phase I は $36.5 \pm 12.7\%$ から $6.5 \pm 8.6\%$ と減少し、phase III も $23.7 \pm 3.1\%$ から $12.5 \pm 9.1\%$ へと減少したが、phase II は $39.8 \pm 11.6\%$ から $80.9 \pm 15.2\%$ へと有意に増加した。一方、後

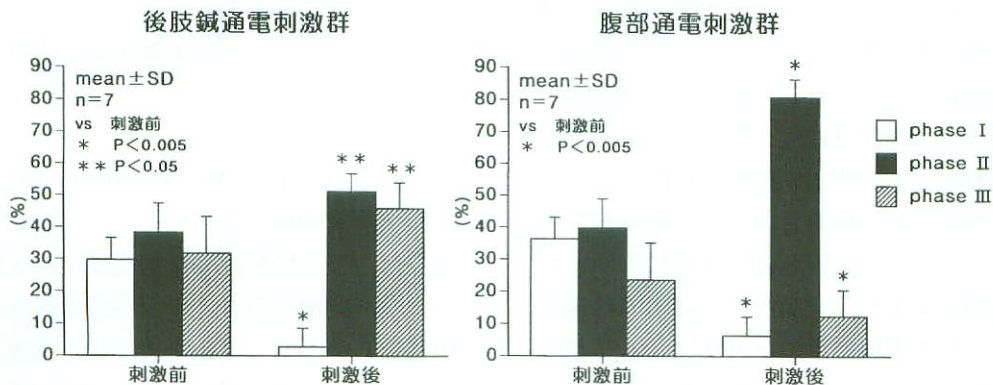


図8.各刺激前後でのIMCサイクル中の各phaseの比率の比較

後肢への鍼通電刺激では、phase I が減少し、phase II と phase III の割合が増加した。一方、腹部への通電刺激では、phase I と phase III が減少すると共に、phase II の割合が著しく増加した。

肢への鍼通電によって phase I は $29.8 \pm 6.7\%$ から $2.8 \pm 5.8\%$ と減少したが、phase II は $38.3 \pm 9.1\%$ から $51.3 \pm 5.9\%$ へと増加し、phase III も $31.8 \pm 15.1\%$ から $45.9 \pm 8.1\%$ へと有意に増加した。以上の結果は後肢への鍼通電刺激では、収縮波のみられない phase I の割合が減少する一方で、phase II、phase III の割合がともに増加することを示している。一方、腹部への通電刺激においては、phase I、phase III の割合がともに減少する一方で、phase II のみが増加したことは、刺激により収縮波が phase II に変化することを物語っている。

IV. 考 察

消化器系疾患に対する鍼灸治療の効果は経験的には有効であることがわかっており、現在も広く臨床に応用されているにもかかわらず、客観的には実証されていないのが現状である。なかでも消化管運動に関する実験動物を用いた研究報告は少なく、特に腸管運動に関する研究報告はほとんどみられない。

胃運動に関して、麻酔下ラットにおいて腹部へのピンチ刺激 (Satoら⁹⁾) あるいは腹部への鍼刺激 (Satoら¹⁰⁾) がいずれも交感神経を介して胃運動を抑制し (反射中枢は脊髄)、足蹠へのピンチ刺激が迷走神経を介して胃運動を促進する (反射中枢は脳幹) ことを明らかにした。また、山口ら¹¹⁾ は Sato¹⁰⁾ らと同様の実験系を用い、胃運動に対する鍼通電刺激の効果を検討し、後肢への鍼通電刺激が胃運動を促進し、その反応はA線維と

C線維を求心路とする反射性反応であることを報告している。一方、腸管運動に関しては、Satoら⁸⁾ は麻酔下ラットを用い、腹部へのピンチ刺激が交感神経を介して小腸運動を抑制し、足蹠へのピンチ刺激が副交感神経を介して促進することを報告している。これらの一連の研究は、胃および小腸の運動が種々の体性刺激によって、自律神経を介して反射的に変化することを証明しているが、鍼・灸刺激の臨床に即した効果を客観的に実証するには、手術侵襲などの影響を除外したより生理的な状態における、刺激効果の長時間の観察記録が求められる。そこで本研究ではまず第1に、マウスの胃内に独自に作製した炭末溶液を経口注入し、その空腸内での移動距離を指標に鍼灸刺激の効果について検討した。ここではあらかじめ自律神経系に作用する薬剤をマウスに投与し、腸管運動を亢進あるいは抑制した状態を作製し、鍼灸刺激の効果について検討した。第2には空腸運動の収縮動態を詳細に観察するためにラットを用い、transducer を消化管漿膜面に慢性的に縫着し、消化管内容物の通過を妨げることなく、しかも意識下で実験動物にストレスを与えることなく消化管運動を測定出来る利点を持ちあわせている SGFT 法により空腸運動を慢性的に記録した。

(1) 炭末溶液の移動距離を指標とした検討

マウスの胃内に炭末溶液を経口的に投与し、空腸内での炭末の移送される距離を指標に、鍼灸刺激の効果について検討した。

まず自律神経系に作用する4種類の薬剤をマウ

スに投与し、その効果について調べた。副交感神経を刺激するネオスチグミンによって腸管運動は有意に促進され、アトロピン（副交感神経遮断）によって有意に抑制された。また、レセルピン（交感神経遮断）投与では、有意な変化は認められなかったものの若干促進され、交感神経を刺激するエピネフリンでは腸管運動は有意に抑制された。これらの結果より、空腸内での炭末の移送距離を指標とした本実験で用いた方法は、各薬剤の作用を忠実に反映しており、空腸運動を評価するうえで妥当な方法であると思われた。

一般的に鍼灸刺激は、生体の感受性の相違や病態像の違いによってその効果が異なることや、亢進した状態では抑制的に、抑制された状態では促進的に作用し、生体を平衡状態に復することが経験的に知られている。そこで本研究では、自律神経系に作用する薬剤を負荷することにより腸管運動を亢進あるいは抑制された状態にシフトさせ、鍼灸刺激の効果について検討した。

その結果、鍼・灸刺激はいずれもネオスチグミンによる副交感神経刺激によって亢進した腸管運動を抑制し、アトロピンによる副交感神経遮断により抑制された腸管運動を促進した。また、エピネフリンによる交感神経刺激により抑制された腸管運動には変化を及ぼさなかった。すなわちネオスチグミン投与によって副交感神経が促進され交感神経が相対的に抑制された状態では、鍼・灸刺激により交感神経が刺激されることにより、交感神経優位となり、その結果、腸管運動が抑制されたものと考えられる。また、アトロピン投与によって副交感神経が抑制され、交感神経が相対的に亢進した状態では、鍼・灸刺激により交感神経が抑制されることにより、副交感神経優位となり腸管運動が促進されたと考えられる。一方、エピネフリン投与時には、エピネフリン自体の交感神経刺激作用が圧倒的で鍼・灸刺激による交感神経の抑制作用が全く現れなかったものと推察される。以上より鍼・灸刺激はいずれも腸管運動に対して交感神経を介し、その亢進状態では抑制的に、また抑制状態では促進的に作用する二相性の調節作用を有することが実験的に証明された。佐藤¹⁹⁾、岡田²⁰⁾らはラットの腹部皮膚刺激により交感神経の遠心性放電活動が増加し、腸管運動が抑制されると報告している。このことは腹部への刺激が交

感神経活動に促進的な影響を及ぼすことを示すものであり、今回行った実験結果を支持するものである。

(2) strain gauge force transducer 法による検討

炭末溶液の移送を指標とした評価法は、腸管運動のなかでも蠕動運動による移送能を評価出来るものの、詳細な腸管の収縮状態を観察することが困難である。そこで本研究では、意識下で慢性的に消化管の収縮状態を記録できる SGFT 法を用い、ラット空腸運動を長時間記録し、薬物の影響や電気刺激、鍼通電刺激の効果について検討した。まず、意識下で空腸運動が亢進あるいは抑制された状態を観察するために、ネオスチグミンおよびアトロピンを投与し、空腸運動を記録した。その結果、ネオスチグミンを投与すると周期的に出現していた IMC が消失し、phase II 様の不規則な収縮波が持続してみられた。一方、アトロピン投与では IMC が消失し、phase I が延長した。この様に空腸運動が亢進あるいは抑制された状態を運動パターンの変化としてとらえることが出来た。次に、腹部に通電刺激、あるいは後肢に鍼通電刺激を行い、空腹期における空腸運動への影響を検討した。各刺激前後 1 時間の収縮波の面積の変化率を無刺激時と比較したところ、後肢への鍼通電刺激では有意な差はなかったものの若干増加し、腹部への通電刺激では有意な増加がみられた。これらの結果より、各刺激によって空腸運動の活動が増加したことが推察される。また、空腸の収縮動態に着目し、各刺激前後での IMC サイクルの phase I、phase II、および phase III の比率の変化を観察した。その結果、後肢への鍼通電刺激では収縮のみられない phase I が減少し、これに反して収縮のみられる phase II と phase III の割合は増加した。一方、腹部への通電刺激では、phase I と phase III は減少したが、phase II の割合は著しく増加した。また、記録波形においては、腹部への通電刺激ではネオスチグミン投与時と同様の運動パターンの変化が刺激後 5 時間にもわたって観察され、後肢への鍼通電刺激では、ネオスチグミンや腹部への通電刺激時ほどの運動パターンの変化はみられなかったものの、刺激後の 1～3 時間において IMC の出現頻度が増加した。以上の結果をあわせて考えると、腹部への通電刺激によ

て収縮波が phase II 様の運動に変化し、空腸運動が亢進したこと及び、後肢への鍼通電刺激によって phase II と phase III が増加し IMC 頻度が増加したことが明らかとなった。Liwei Qian²¹⁾ らはイヌの胃の筋電図を慢性的に記録し、足三里への鍼通電刺激によって phase I が減少し、phase II が増加したと報告しているが、これは我々の結果と一致するものである。

実験 1 及び実験 2 の結果をあわせて考えると、実験 1 では炭末の移送、つまり phase II 様運動である食後期運動が腹部への鍼・灸刺激により促進され、実験 2 においては腹部への通電刺激によって phase II が増加したことより、腹部への刺激が腸管収縮を phase II へと変化させ、蠕動運動を促進することが示唆された。これらのメカニズムに関しては今後の検討課題であるが、自律神経作動薬や遮断薬などの投与実験を通じて、鍼刺激の効果に対する自律神経の関与を検討する必要があると思われる。また、消化管運動は自律神経のみならず消化管ホルモンや神経ペプチドなどが互いに関連しあって調節されていることは一般に認められており²²⁻²⁴⁾、これら体液性因子の関与もあわせて検討する必要がある。

今回の研究により、意識下での空腸運動に対する体性刺激の影響を明確な運動パターンの変化としてとらえることが出来た。また、SGFT 法を用いた研究には従来はイヌを使用したものが多く、ラットの様な小動物で、しかもこのように長期間記録された報告は現在のところ少ない。近年、動物愛護などの点からも動物実験が困難になる中、本法は消化管運動の測定方法として非常に有用であると考えられる。

V. 結 語

腸管運動に対する鍼・灸刺激の効果を客観的に評価するために、以下の研究を行った。

マウスを用い、自律神経作用薬（ネオスチグミン、アトロピン、エピネフリン）投与下に鍼および灸刺激を行い、胃内に注入された炭末の移動距離を指標として、その刺激効果を追究した。

その結果、ネオスチグミン（副交感神経刺激）により亢進した腸管運動は鍼・灸刺激により有意に抑制され、アトロピン（副交感神経遮断）により抑制された腸管運動は有意に促進された。一方、

エピネフリン（交感神経刺激）により抑制された腸管運動に対しては鍼・灸刺激共に変化を及ぼさなかった。以上の結果より、鍼・灸刺激は交感神経系を介した二相性の作用により腸管運動を正常な状態に復させる可能性が示唆された。

腸管の収縮動態およびこれに対する鍼刺激の効果をもより詳細に検討するために、体内埋め込み型テレメトリーシステムによる SGFT をラット空腸の漿膜面に縫着し、意識下ラットの空腸運動を長期間記録し、薬物の影響および電気刺激、鍼通電刺激の効果について検討した。

ネオスチグミンを投与すると、IMC が消失し、不規則な収縮波が約 3 時間にわたり持続した。一方、腹部へ通電刺激を行うとネオスチグミン投与時と同様の変化が刺激後 5 時間持続した。また、後肢への鍼通電刺激では、ネオスチグミンや腹部電気刺激時ほどの変化はみられなかったが、刺激後の 1～3 時間において IMC の出現頻度が増加した。また、空腸の収縮動態に着目し、IMC サイクルの phase I、phase II、および phase III の比率の変化を刺激前後で比較したところ、後肢への鍼通電刺激では phase I が減少し、これに反して phase II と phase III の割合が増加した。一方、腹部への通電刺激では、phase I と phase III は減少したが、phase II の割合が著しく増加した。以上の結果より、腹部への通電刺激によって収縮波が phase II 様の運動に変化し、空腸運動が亢進したこと及び、後肢への鍼通電刺激によって phase II と phase III が増加することにより IMC 頻度が増加したことが示唆された。

今回の研究により、ネオスチグミンや電気刺激による空腸運動の亢進状態を明確な運動パターンの変化としてとらえることが出来た。また、1 個体のラットにおいて意識下で空腸運動を記録し得たことは、本法が今後の実験動物を用いた消化管運動の研究に非常に有用な方法であることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究の遂行に際し、終始御指導と御校閲を賜りました恩師咲田雅一教授に深甚なる謝意を表します。また、研究に協力いただいた臨床鍼灸医学教室助手、今井賢治先生に感謝致します。

参考文献

- 1) 岩 昌宏, 工藤大作, 渡辺勝之ら: イレウス患者に対する鍼灸治療. 明治鍼灸医学, 5: 89-94, 1989.
- 2) 岩 昌宏, 石丸圭荘, 篠原昭二ら: ヒト腸蠕動に及ぼす鍼灸刺激の効果 (第2報). 明治鍼灸医学, 8: 35-41, 1991.
- 3) Ruckebusch Y, Fioramonti J: Electrical spiking activity and propulsion in small intestine in fed and fasted rats. *Gastroenterology*, 68: 1500-1508, 1975.
- 4) 伊藤 漸: 意識下ラット消化管運動の測定. 日本平滑筋誌, 23: 283-285, 1987.
- 5) Bass P, Wiley JN: Contractile force transducer for recording muscle activity in unanesthetized animals. *J Appl Physiol*, 32: 567-570, 1972.
- 6) 伊藤 漸: Extraluminal strain gage force transducer の作製と慢性植込. 日本平滑筋誌, 13: 33-43, 1976.
- 7) Jacoby HI, Bass P, Bennett DR: In vivo extraluminal contractile force transducer for gastrointestinal muscle. *J Appl Physiol*, 18: 658-665, 1963.
- 8) 佐藤昭夫: 皮膚から心臓, 膀胱および胃十二指腸への反射性反応とその神経性調節機構, 医学のあゆみ, 98: 276-284, 1976.
- 9) Sato A, Sato Y, Shimada F, et al: Changes in gastric motility produced by nociceptive stimulation of the skin in rats. *Brain Research*, 87: 151-159, 1975.
- 10) 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 rats. *Neurosci Res*, 18: 53-62, 1993.
- 11) 山口真二郎, 岡田 薫, 大沢秀雄ら: 麻酔ラットの胃運動に及ぼす鍼通電刺激の効果. 自律神経, 33: 39-45, 1996.
- 12) Iwa M, Sakita M: Experimental study of gastrointestinal motility of rats using strain gauge force transducer. *J Kyoto Pref Univ Med*, 103: 331-338, 1994.
- 13) 中島政美, 伊吹令二, 家崎桂吾ら: 体内埋め込み型テレメトリーシステムを用いた意識下ラットの胃運動. *J Smooth Muscle Res*, 30: 351-353, 1994.
- 14) 中島政美, 坂井貴文, 水本明良ら: テレメトリーシステムによる小動物意識下無拘束での消化管収縮運動測定装置の開発. *J Smooth Muscle Res*, 32: 1-7, 1996.
- 15) 岩 昌宏, 梅木 昇, 甲田久士ら: マウス腸蠕動に及ぼす鍼灸刺激の効果 (第1報). 明治鍼灸医学, 7: 37-42, 1991.
- 16) Code CF, Marlett JA: The interdigestive myoelectric complex of the stomach and small bowel of dogs. *J Physiol*, 246: 289-309, 1975.
- 17) 熊谷達夫: 電気刺激の消化管運動におよぼす影響. 日本平滑筋学会雑誌, 2: 111-119, 1966.
- 18) K. Uvnas-Moberg, T. Lundberg, G. Bruzelius et al: Vagally mediated release of gastrin and cholecystokinin following sensory stimulation. *Acta Physiol Scand*, 146: 349-356, 1992.
- 19) 佐藤昭夫: 体性神経刺激で誘発される自律神経反射. 自律神経, 15: 88-96, 1978.
- 20) 岡田博匡: 消化管支配自律神経の遠心性活動と作用. 日本生理誌, 46: 125-138, 1984.
- 21) Liwei Qian, Larry J. Peters, J. D. Z. Chen: Effects of electroacupuncture on gastric migrating myoelectric complex in dogs. *Digestive Diseases and Sciences*, 44: 56-62, 1999.
- 22) 佐埜 勇, 伊藤 漸: 神経ペプチドと消化管運動. 治療学, 27: 29-33, 1993.
- 23) 藪部光一, 伊藤 漸: 消化管運動の調節機構. 胆と膵, 15: 847-853, 1994.
- 24) 谷山紘太郎, 吉村美鶴子, 吉田 茂ら: 消化管運動における内因性活性物質の作用. *Therapeutic Research*, 15: 255-262, 1994.

Experimental Study of the Effect of Acupuncture and Moxibustion Stimulation on the Intestinal Motility

Masahiro Iwa

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

Summary :

[Purpose]

To study the effects of acupuncture and moxibustion on intestinal motility, we evaluated the distance of intra-intestinal movement of a carbon solution injected into the stomach of a mouse. Moreover, to study the effects of electrical acupuncture and electrical stimulation on intestinal motility, we employed the strain gauge force transducer method to record the gastrointestinal motility of rats continuously under physiological conditions.

[Materials and Methods]

The first experiment: Five-week-old male ddY mice weighing between 20 and 30g were used. To investigate the effects of acupuncture and moxibustion on accelerated or suppressed intestinal motility, several drugs which act on the sympathetic nervous system (epinephrine) or the parasympathetic nervous system (neostigmin and atropine) were used. All the mice were administered carbon solution (0.3ml) directly into the stomach through a metal feeding tube. In the untreated control group, mice were left in the cage there after. In the stimulation group, mice were stimulated by acupuncture or moxibustion, then left in the cage. The stimulation was performed at a point approximately 5mm laterally from the center of the abdomen. Twenty minutes after stimulation, the mice were sacrificed by cervical dislocation. After removing the small intestine, the distance of intra-intestinal movement of a carbon solution and the total length of the small intestine were measured. The second experiment: Male Wistar rats weighing between 250 and 300g were used. Strain gauge (SG) force transducers were sutured onto the serosal surface of the jejunum (20cm distal to the ligament of Treitz). One week after SG implantation, jejunal motility were recorded. We investigated the effects of drugs acting on the autonomic nervous function, electrical stimulation and electrical acupuncture on jejunal motility.

[Result and Discussion]

In the first experiment, intestinal motility accelerated by neostigmin was reduced significantly by both acupuncture and moxibustion, while the reduction of intestinal motility by atropine was accelerated significantly. However, after reduction of motility by epinephrine, there was no remarkable change in motility after either acupuncture or moxibustion treatment.

These findings suggest that the effects of acupuncture and moxibustion may be mediated by the sympathetic nervous system and show a biphasic effect on intestinal motility.

In the second experiment, the following results were obtained. Firstly, IMC (interdigestive myoelectric complex) was diminished following administration of neostigmin, and irregular contractions were recorded for about 3 hours. Secondly, jejunal motility disappeared following administration of atropine. Thirdly, electrical stimulation to the abdomen caused the same reaction as neostigmin administration, and irregular contractions continued for 5 hours after abdominal stimulation. Fourthly, the frequency of IMC increased during 1 to 3 hours after electrical acupuncture to the hind limbs.

These findings showed that intestinal motility can be accelerated for several hours by electrical stimulation to the abdomen or electrical acupuncture to the hind limbs.