

## 上背部温熱刺激が健常人の飲水後の胃収縮運動へ及ぼす影響

橋田 大輝\*

明治国際医療大学大学院鍼灸臨床医学病態制御鍼灸医学

**要 旨** 上背部への温熱刺激が健常人の飲水負荷後の胃運動へ及ぼす影響を検討した。健常成人男性8名に対し対照群として体重(kg)あたり4mlの飲用水摂取後の胃運動を超音波診断装置と胃電図計にて30分間測定し、日を変え温熱群として飲用水摂取と同時に上背部(第7-12 傍胸椎棘突起)に電子温灸器を使用して18分間の温熱刺激を行い同様に飲用水摂取後の胃運動を観察した。超音波診断装置と胃電図から胃幽門前庭部断面の経時的変化、収縮活動、収縮回数を算出し腹部感覚と共に評価した。超音波画像による胃幽門前庭部の平均断面の推移、収縮回数は温熱刺激による影響を認めなかった。解析区画内の平均の収縮強度を示す amplitude index は温熱刺激による影響を認めなかったが、個々の胃収縮幅の強度を示す減少率の分布を検討したところ、温熱群の減少率のばらつきの方が有意に大きいことが認められた。胃以外の自律神経系指標では循環器交感神経系の抑制傾向が認められた。また腹部が膨らむ感覚は経口負荷後、両群とも共に増加したが、20分後にかけて温熱群ではより速やかに減少した。上背部への温熱刺激は健常人の胃運動や腹部感覚に有意な変化を起こすことが示された。

**Key words** 超音波診断装置 ultrasonograph, 胃 stomach, 収縮運動 contraction, 温熱刺激 skin warming

Received October 26, 2009; Accepted December 25, 2009

### 1. はじめに

腹部内臓症状と胃の運動機能は密接に関係しており、Functional dyspepsia (FD: 機能性胃腸症) では膨満感や心窩部痛等の腹部症状と同時に消化管機能異常が報告されている。機能性消化器疾患の国際的診断基準である Rome III (2006) によるとFDは食後の早期膨満感やもたれ感・心窩部痛等の症状を6ヶ月以上あるものをいい、器質的疾患は確認されないものと定義されている<sup>1)</sup>。2006年の基準改訂によりFDの診断範囲は広まったが、未だFDと確定されるに至らない症状を有する患者も臨床的現場では多いと考えられる。

鍼灸治療には「治未病(未だ病まざるを治す)」「(黄帝内経素問; 四氣調神大論)<sup>2)</sup> という考え方があり、症状を有する頻度が少ないかあるいは症状が一過性

でFDの診断基準を満たさないFD予備軍ともいえる患者は鍼灸治療のよい対象である。鍼灸治療における治療穴の「胃の六つ灸(六華の灸)」は消化器症状の治療としてよく知られており、鍼灸医学の経絡経穴学教材<sup>3)</sup> や鍼師灸師国家試験問題<sup>4)</sup> に頻出されている。

腹部症状の評価において、胃の運動機能を測定することは重要だと考えられる。超音波診断装置を使用した胃の収縮運動評価は非侵襲的に測定できる簡便な方法として報告<sup>5)</sup> されている。鍼灸刺激の胃運動に関係するこれまでの報告<sup>5-10)</sup> では下肢や腹部への鍼灸刺激が多く、胃の六つ灸に相当するようなヒト上背部への温熱刺激に関する実験は未だない。ヒト上背部の温熱刺激が食後の胃運動機能に及ぼす影響を検討するために、本実験では電子温灸器を用いて上背部温熱刺激を行い健常者の飲水後の胃運動の推移を超音波診断装置にて観察した。

\*連絡先: 〒629-0392 京都府南丹市日吉町  
明治国際医療大学麻酔科学教室  
Tel: 0771-72-1181, Fax: 0771-72-0326  
E-mail: t\_kitsuda@meiji-u.ac.jp

## II. 方法

実験は消化器疾患の既往がない健常成人男性 8 名 (年齢:  $23.0 \pm 0.9$  歳, 体重:  $62.4 \pm 5.4$ kg, BMI:  $21.4 \pm 1.5$ ) [mean  $\pm$  SD] を対象とした。対照群では体重 (kg) あたり 4ml の飲用水摂取後の胃幽門前庭部の運動を約 30 分間観察した。日を改めて対照群と同量の飲用水摂取と同時に温熱刺激を行い観察するものを温熱群とし, 両群を比較検討した。被験者には予め本研究の主旨, 安全性を十分に説明し, 文書による同意を得た。なお, 本研究は明治国際医療大学研究倫理委員会の承認 (21-8-1) を得て行った。

### 1. 食事制限

実験前の胃残渣量を調節するために, 通常通りの朝食を摂取した後に, 実験開始の 5 時間前までに昼食として 400kcal の栄養調整食品 (カロリーメイトブロック, 大塚製薬) を任意の水分と共に被験者に摂取させ, その後は 5 時間の絶食を指示した。また, 実験開始前の 3 時間は絶飲を指示した。胃の残渣量は胃の運動機能の他に, 摂取した食べ物などの影響を受け個人差もある。超音波画像の胃幽門前庭部断層像による事前の検討により 400kcal のカロリーメイトを摂取した 5 時間後の残渣量は十分小さいことを確認しており, 本研究でも実験前の胃幽門前庭部画像に胃残渣物が写らないことを確認した上で実験を開始した。

### 2. 実験装置

被験者を測定用の椅子に座らせ, 背もたれを垂直から  $20^\circ$  倒した半座位の状態でリラックスさせ, 実験中は通常の呼吸を指示した。20 分間の安静の後に経口負荷し, その後の 30 分の胃運動機能を超音波画像, 胃電図にて腹部感覚と共に観察した。また他の自律神経系の反応をみるために, 同時に指尖部皮膚血流量, 体血圧, 心電図を測定し検討した。

指尖皮膚血流量はレーザードップラー血流計 (オメガフロー FLO-C1WIN, オメガウェーブ社) を用いて左第 3 指指腹に指尖部皮膚血流用プローブを装着し測定し, 心電図は心電図計 (cardio fax, 日本光電社) を使用し心電図用電極を胸部に装着し胸部誘導にて測定した。心電図, 皮膚血流計は継続的に測定した。

超音波画像は超音波診断装置 (Logic™400, GE Yokogawa medical systems) を使用し, 計測モードは B モード, プローブはコンベックス型 (周波数 5MHz) を用いて胃幽門前庭部の運動を抽出した。画像表示には腹部臓器撮影の Preset 値を用いた。プ

ローブは胸骨剣状突起の下端と臍を結ぶ線上を目安に, 超音波画像からは腹大動脈と肝臓が同時撮影できる胃の矢状断を胃幽門前庭部の断面として実験前に専用の保持用アームを用いて腹部に固定し継続して撮像した (Fig. 1, 2)。

胃電図は胃電図計 (EG, nipro) を使用し, 電極の配置は阪野ら<sup>5)</sup>の記述に準じて右季肋部に基準電極を, 左季肋部・左側腹部に測定電極を貼付し基準電極と測定電極の電位差を 1 秒毎に記録した (Fig. 1)。呼吸筋や小腸の電気活動を除去するために 5.4cycle/min より速い周波数成分は遮断して測定した。胃電図は超音波診断装置と同時に継続して測定を行い, 解析は時刻を合わせ比較した。

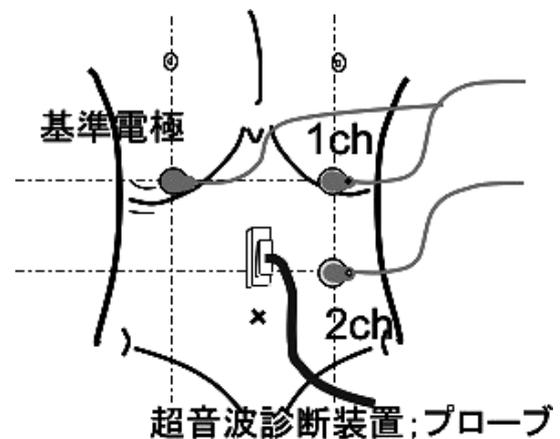


Fig. 1. 超音波診断装置のプローブ及び胃電図電極の配置  
超音波診断装置のプローブは胸骨剣状突起の下端と臍を結ぶ線上を目安に実験前に専用の保持用アームを用いて腹部に固定し継続して撮像した。

胃電図は胃電図計 (EG, nipro) を使用し, 電極の配置は阪野ら<sup>5)</sup>の記述に準じて右季肋部に基準電極を, 左季肋部・左側腹部に測定電極を貼付し基準電極と測定電極の電位差を 1 秒毎に記録した。



Fig. 2. 幽門前庭部矢状断の超音波画像  
胸骨剣状突起から臍への正中線上を目安にした腹部矢状断超音波画像。肝臓と腹大動脈を含む断面に胃幽門前庭部が認められる。

体血圧は自動血圧計（オムロンデジタル自動血圧計、OMRON）を使用し右上腕にマンシュートを装着し測定した。

腹部感覚の聴取は過去の報告<sup>11,12)</sup>を参考に「膨満感、満腹感」について Categorical Scale（以下 CS）を用い 5 段階（4：強く感じる，3：ある，2：少しある，1：ほとんどない，0：感じない）にて評価した。

### 3. 経口負荷

実験時の経口負荷の飲用水には市販の「六甲のおいしい水」（硬度-約 84mg/1000ml（軟水），pH-7.4，kcal・タンパク質・脂質・炭水化物-0. ハウス食品（株））を用い，予めおよそ 36°C に保温した。

経口負荷として使用した飲用水の分量は体重(kg)あたり 4ml とした。また，飲水による胃の容量増加速度が被験者により大きく異ならないようにするため摂取にかかる時間は 3 分間に統一した。

### 4. 温熱刺激

温熱刺激は経口負荷時の 3 分間と経口負荷後 15 分までの 18 分間行った。温熱刺激は灸様刺激として電子温灸器 CS-2000（カナケン社製）を使用した。電子温灸器の端子は実験開始前に背部に貼付し，設定温度は最高温度 44°C の約 30 秒間隔の間欠加熱刺激とした。電子温灸器の端子は胃電図や超音波診断装置の測定に影響を及ぼさないように，背部の第 7-12 胸椎棘突起の約 2cm 外方へ合計 6ヶ所に配置した。これは鍼灸医学において消化器症状の治療に用いる胃の六つ灸である左右の膈兪穴，肝兪穴，脾兪穴に相当している。膈兪穴は第 7，第 8 胸椎棘突起間の外一寸五分，肝兪穴は第 9，第 10 胸椎棘突起間の外一寸五分，脾兪穴は第 11，第 12 胸椎棘突起間の外一寸五分に位置する。

### 5. 解析方法

解析の超音波診断装置より得られた胃幽門前庭部矢状断の動画をビデオ専用出力により映像信号として HDD-Recorder (RDR-HX67, SONY) にて記録した。映像信号は TV-tuner (GV1394TV/M3; I-O DATE) を介して 1 秒毎にデジタルファイルとしてコンピューター (Mac mini; Apple computer) に取り込み，画像処理ソフト (Image J; NIH) にて 1 秒毎の胃の幽門前庭部断面積を測定した。幽門前庭部断面積の変化を呼吸によるノイズの影響を避けるために 5 点移動平均を行い評価した。超音波画像の解析は飲水負荷後 2-5 分，7-10 分，12-15 分，17-20 分の 5 分毎に 180 秒間のデータを解析し，胃の運動機能の評価と

して「胃幽門前庭部の平均断面積」「胃幽門前庭部の収縮回数」「Amplitude Index」について評価した (Fig. 3)。

胃幽門部前庭部の平均断面積の推移は胃内容物の排出を反映するといわれており<sup>13,14)</sup>，180 秒間の幽門前庭部断面積の変動の平均値 (下記の Cm に相当) を求め経時的変動をみることで胃内容物の排出程度を評価した。

Amplitude index の値は収縮活動を表し，180 秒間のデータに対し阪野ら<sup>5)</sup>に準じて以下の如く算出した。

$$\text{Amplitude index} = \left[ \sum (\text{ABS} (C_i - C_m))_{i=1-180} \right] / [C_m \times 180]$$

但し， $C_i$  は 1 秒毎の断面積 ( $i = 1-180$ )， $C_m$  は各測定区域の開始から終了までの 180 ポイントの平均値を示し，amplitude index の右辺の分子部分は  $[(C_1 - C_m)$  の絶対値 +  $(C_2 - C_m)$  の絶対値 + … +  $(C_{180} - C_m)$  の絶対値] を表す。

幽門前庭部断面積の変化をさらに詳しく検討するために収縮幅の減少率を求めた。幽門前庭部断面積の経時的変化の各収縮周期において直前の最大値 (最も弛緩した状態) と最小値 (最も収縮した状態) から減少率 =  $(\text{Max} - \text{Min}) / \text{Max} \times 100 = b / a \times 100$  を算出した (Fig. 4)。経口負荷後に起きる迷走神経反射 (postprandial dip) の影響を除くため各群の経口負荷後 5 分から (温熱刺激を終了する) 経口負荷後 15 分まで両群において全て算出し，胃の一回の収縮活動 (弛緩時から収縮時まで) の断面積の減少率を全て求め比較した。

胃幽門前庭部の収縮回数は超音波画像より得られた経時的な断面積の波形周期より求めた。

また，胃電気活動の頻度は胃電図の周波数より求めた。胃電計より得られた 1 秒毎の電気的変化の波形に対して Chart5 (version 5.4.2 A/D Instruments) を用いて高速フーリエ変換 (fast Fourier transform : FFT) を行いスペクトル解析で最大のパワー値を示す周波数をピーク周波数とした。スペクトラム解析は Cosine bell ウィンドウを使用し 128point の FFT サイズで行った。解析は経口負荷後 2-5 分，7-10 分，12-15 分，17-20 分の 5 分毎に 180 秒間のデータに対して行った (Fig. 3)。

指尖部皮膚血流量はレーザードップラー血流計より得られた値を A-D コンバータ (PowerLab, A/D Instruments) を介して Chart5 (version 5.4.2 A/D Instruments) に取り込み平均値を求めた。心電図は同様にして Chart5 に取り込み R-R 間隔に heart rate variability (HRV) 解析を行い，LF/HF 成分比や CVNN を求めた。指尖部皮膚血流量および心拍数，LF/HF

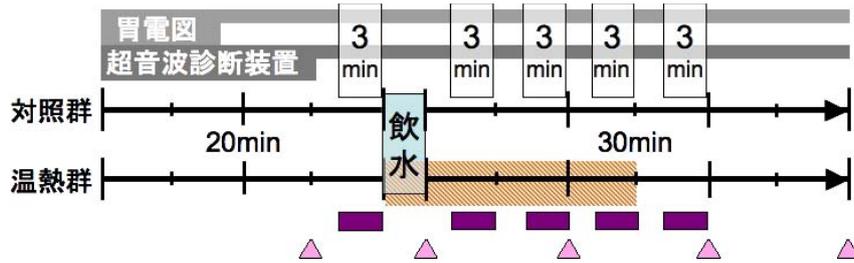


Fig. 3. 測定と解析のタイムテーブル

20分間の安静の後に経口負荷し、その後の30分の胃運動機能を超音波画像、胃電図にて腹部感覚と共に観察した。温熱群の温熱刺激は経口負荷の3分間と経口負荷後15分まで行った(斜線)。また他の自律神経系の反応をみるために同時に心電図、指尖部皮膚血流量を測定し検討した。超音波画像と胃電図(□)の解析は経口負荷(4 ml/kg)後2-5 min, 7-10 min, 12-15 min, 17-20 minの5分毎に180秒間のデータを解析した。心電図計及び指尖皮膚血流計(■)も同様にして飲水負荷後2-5 min, 7-10 min, 12-15 min, 17-20 minの5分毎に180秒間のデータを解析した。体血圧、腹部感覚(▲)は経口負荷前、経口負荷中、経口負荷直後、経口負荷後10 min時、20 min時に測定した。

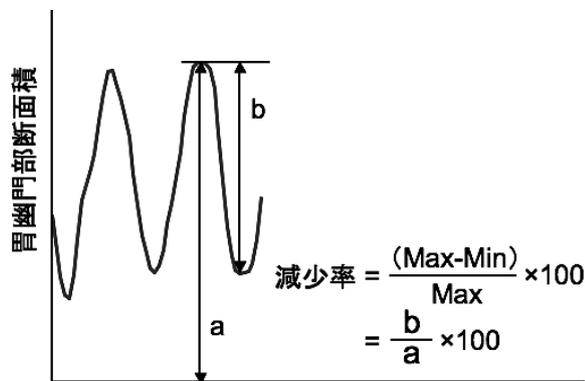


Fig. 4. 収縮幅の減少率の算出方法

成分比, CVNNの解析は経口負荷前経口負荷後2-5分, 7-10分, 12-15分, 17-20分の5分毎に180秒間のデータを使用した(Fig. 3).

体血圧の測定はカフ圧が他の各測定機器の測定に対し影響を及ぼさないように経口負荷直前, 直後, 負荷後10分毎に測定した。また, 腹部感覚のCSの回答方法は動作による影響を最低限おさえるため, 測定機器を装着していない右側の手指のみで該当する数字を提示してもらい, 体血圧と同じ間隔で聴取した(Fig. 3).

### 6. 統計処理

対照群と温熱群の群間の差の検定には二元配置分散分析を用い, 各群内の経時的変化の多重比較には一因子反復測定分散分析を用いたのち, Tukey testを使用した。統計ソフト StateMateIII (ATMS, Tokyo) を用いて解析した。危険率5%未満を有意と判断した。

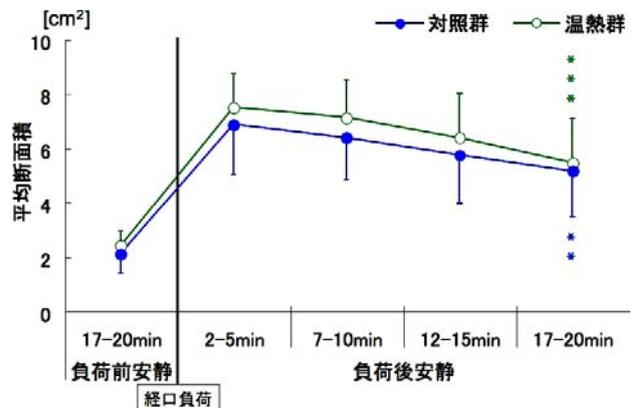


Fig. 5. 幽門前庭部の平均断面面積の推移

超音波画像より算出した各解析区画の平均断面面積とSDを示す。

\*; 経口負荷後2-5 minと比較して有意差あり (Tukey test : \*\* = p < 0.01, \*\*\* = p < 0.001)

## III. 結果

### 1. 幽門前庭部断面面積の経時的変化

幽門前庭部の平均断面面積の推移を Fig. 5 に示す。両群共に経口負荷後, 同程度の増加を示し, 20分後に経口負荷後値に比べ有意な減少を示した。平均断面面積の時間的推移は両群間に有意な差は認められなかった。

### 2. 幽門前庭部の収縮回数

胃電図波形と超音波画像より得られた幽門前庭部断面面積の変化は Fig. 6 の様によく同期しており経口負荷時には幽門前庭部収縮回数と胃電図電位の波数はほぼ一致していた。しかし, 経口負荷前には十分な大きさの収縮運動が無く超音波画像から胃の収縮回数を求めることができないため, 経口負荷前の胃の活動状態は胃の電気的活動を示す胃電図より算出

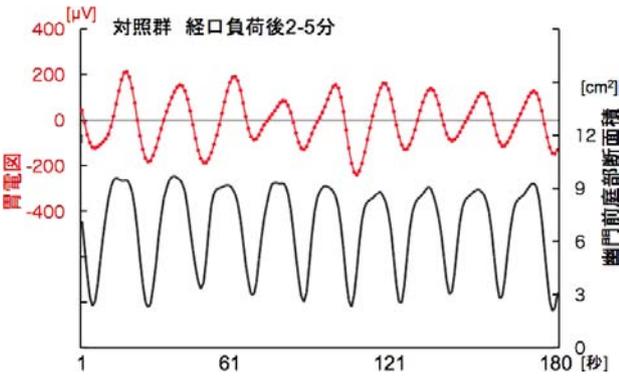


Fig. 6. 胃電図波形と超音波画像からの胃幽門前庭部断面面積の変化

上段の折れ線グラフは胃電図波形、下段の折れ線グラフは幽門前庭部断面面積の波形を呼吸の影響を除くために5点移動平均したもので、経口負荷後2-5分の180秒間のデータを示す。

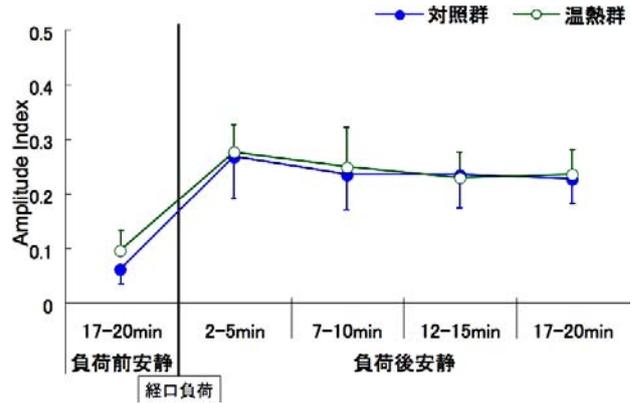


Fig. 8. Amplitude Index

幽門前庭部断面面積より求めた各解析区画の収縮指数を示す。(mean ± SD)

両群内は経口負荷後2-5 minと比較して有意な変化を示さなかった。

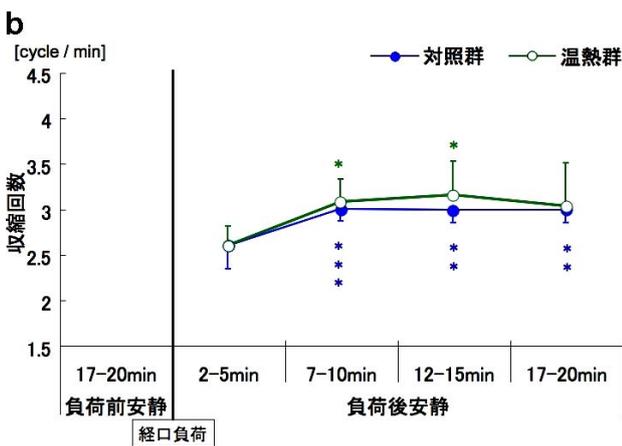
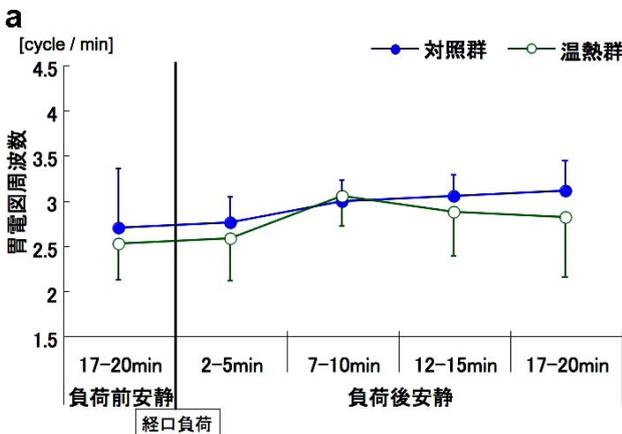


Fig. 7. 胃電図周波数及び幽門部断面面積変化より算出した胃収縮回数

aは胃電図の各解析区画のピーク周波数より算出したもので、bは幽門前庭部断面面積の推移より求めた波形を示す。(mean ± SD)

\*; 経口負荷後2-5minと比較して有意差あり (Tukey test : \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , \*\*\* =  $p < 0.001$ )

したピーク周波数で評価した。ピーク周波数の経口負荷前の両群間の比較は対応のあるt検定により有意差を認めなかった。

経口負荷後の対照群と温熱群において解析区画毎の収縮波数の時間的推移を胃電図のピーク周波数による推定にて検討すると、両群において経口負荷後20分まで有意な変化を認めなかった (Fig. 7-a)。一方、超音波画像から算出した経口負荷後の胃の収縮回数は、両群共に経口負荷後2-5分時に比べて7-10分以降で有意に上昇し、その値が維持された。経口負荷後の時間的推移は両群とも同様の変化を示し、両群間で有意な差は認めなかった (Fig. 7-b)。

### 3. 幽門前庭部の収縮活動1—amplitude index (収縮指数)—

両群ともに経口負荷により直後の amplitude index は増大しその後も高い値を維持した。経口負荷後の amplitude index の推移に関しては両群間で有意な差は認められず、温熱刺激による影響は認められなかった (Fig. 8)。

### 4. 幽門前庭部の収縮活動2—減少率—

解析区画内の平均的な収縮幅の割合を示す amplitude index は両群間で有意な差を認めなかった。しかし、経口負荷後の収縮を含めた断面面積の経時的変化の波形は Fig. 9 の典型例に示すように対照群と比べ温熱群では収縮幅にばらつきがより大きいことがうかがわれた。

この点を検討するために前述した方法で収縮幅の減少率を求めた。対照群 (n = 8) の各10分間の減少率全成分をプロットしたものはほぼ正規分布を示し (正規性の検定)、最頻値は平均値 (57.21%) が

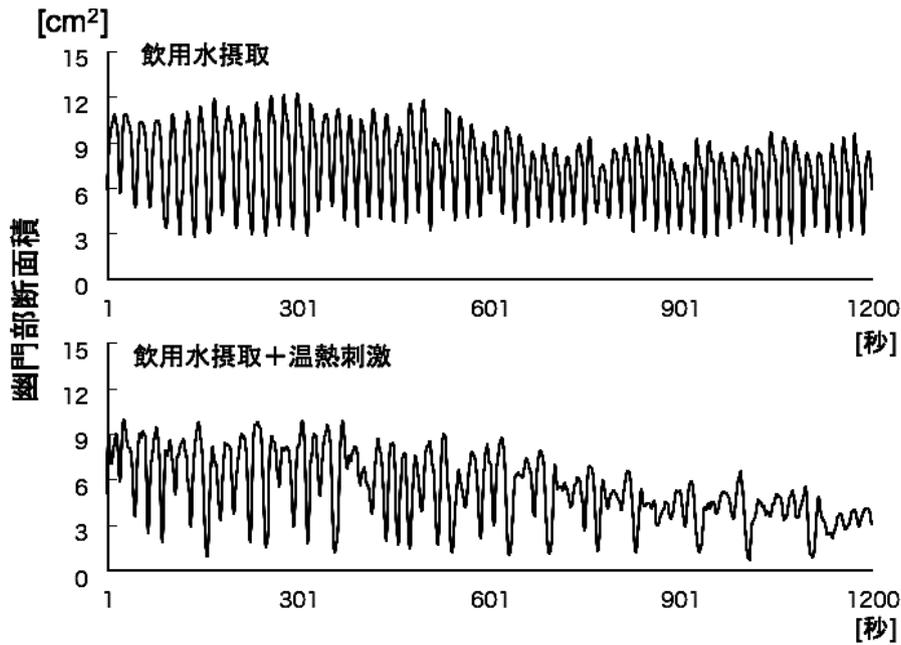


Fig. 9. 幽門前庭部断面積の変化の典型例

グラフは超音波診断装置から求めた幽門部前庭部の断面積を示し、対照群と温熱群の典型例で同一被験者に行った2群を示している。上段は飲用水摂取（対照群）、下段は飲用水摂取と同時に18分間温熱刺激を行った（温熱群）ものを示す。2つのグラフは飲用水摂取後から20分後までのグラフを示している。

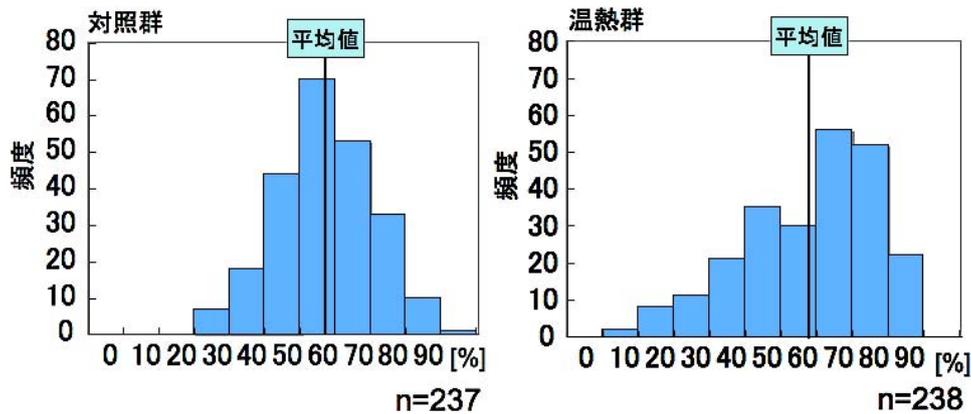


Fig. 10. 減少率の分布図

対照群の減少率の分布は、平均値を含めた正規分布であることが示される。温熱群の減少率の分布は、正規分布より有意に歪んでいる ( $p < 0.01$ )。

Table 1. 各群の個人毎の減少率の平均値、標準偏差、変動係数、分布曲線の歪度、分布曲線の尖度の比較。2群の比較は対応のあるt検定により比較した。標準偏差、変動係数は両群間に有意差を認めた。

減少率(n=8)	平均値(%)	標準偏差(%)	変動係数	分布歪度	分布尖度
対照群	57.17	10.30	0.18	0.52	3.60
温熱群	58.12	16.78	0.29	0.70	2.88
	NS	$p < 0.05$	$p < 0.01$	NS	NS

属する50-60%であった。温熱群 (n = 8) の同様の分布は検定によれば正規分布から有意にはずれ平均値 (58.21%) より高値に歪み ( $p < 0.001$ ; 正規確率紙・適合度検定 ( $\chi^2$  検定)), 減少率の最頻値

は60-70%であった (Fig. 10)。解析区画内の収縮幅の平均値を反映する amplitude index は両群間では有意な差は認められなかったが、温熱群では収縮の分布が広がり大きい減少率が多くなっていると同時

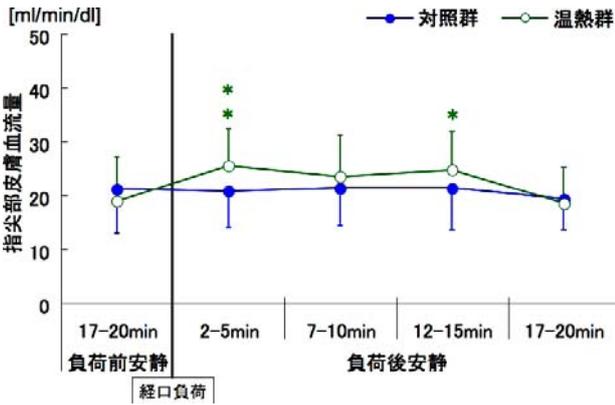


Fig. 11. 指尖部皮膚血流量  
経口負荷後は両群で有意な差は認められなかった。対照群では時間的推移に有意な変化を認めなかったが、温熱群では経口負荷前に比べて2-5分と12-15分において有意な上昇が認められた。(mean ± SD)

†; 対照群と温熱群の間に有意差あり (2-way of analysis of variance : †† = p < 0.01)

\*; 経口負荷前と比較して有意差あり (Tukey test: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01)

に小さい減少率のものも出現したと考えられた。

減少率の変動を含めて2群を比較検討するために各個人毎に減少率の平均値、標準偏差、変動係数 (= 標準偏差/平均値)、減少率の分布曲線の歪度と尖度を算出しそれぞれ対応のあるt検定を行った。平均値、歪度、尖度は両群間に有意な差は認められなかったが、標準偏差と変動係数は両群間に有意な差を認めた (標準偏差 p < 0.05, 変動係数 p < 0.01) (Table 1)。

### 5. 胃以外の自律神経反応

経口負荷後の指尖部皮膚血流量は両群で有意な差は認められなかった。対照群では時間的に有意な変化を認めなかったが、温熱群では経口負荷前に比べて2-5分と12-15分において有意な上昇が認められた (Fig. 11)。

心拍数の時間的推移は対照群では経口負荷により一過性に有意に上昇したがその後は減少し大きな変化を認めなかった。温熱群では経口負荷後にはやや上昇したが有意な時間的変化は認めなかった。経口負荷後の心拍数は温熱群と対照群との間に有意差を認めた (Fig. 12)。

体血圧、CVNN、LF/HF 成分比では両群とも経口負荷20分後まで有意な変化を認めず、両群間にも有意な差は認めなかった (Fig. 13, 14, 15)。

### 6. 腹部感覚—膨満感・満腹感—

腹部の感覚は膨満感と満腹感についてCSを用い

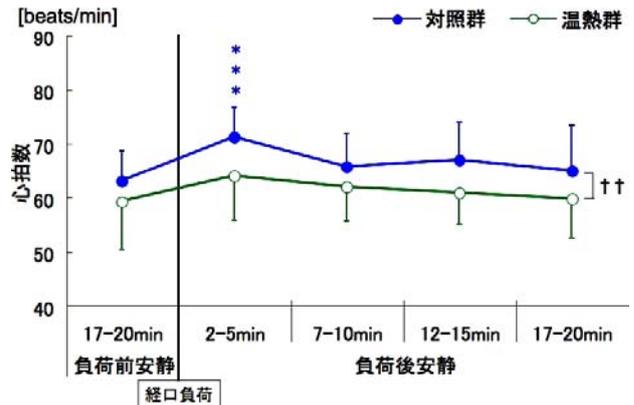


Fig. 12. 心拍数  
経口負荷後は温熱群と対照群との間に有意差を認めた。時間的推移は対照群では経口負荷により一過性に有意に上昇したがその後は減少し大きな変化を認めなかった。温熱群では経口負荷後にはやや上昇したが有意な時間的変化は認めなかった。(mean ± SD)

†; 対照群と温熱群の間に有意差あり (2-way of analysis of variance : †† = p < 0.01)

\*; 経口負荷前と比較して有意差あり (Tukey test: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01)

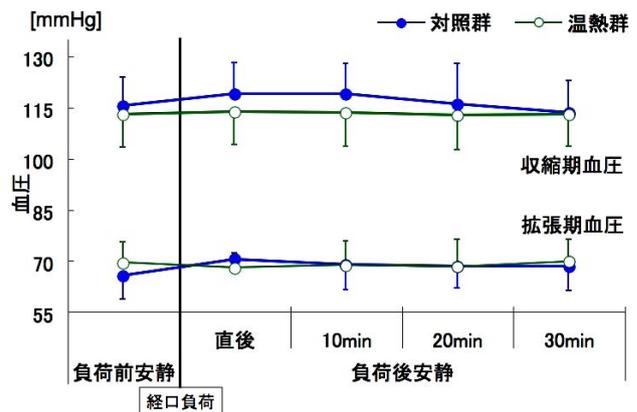
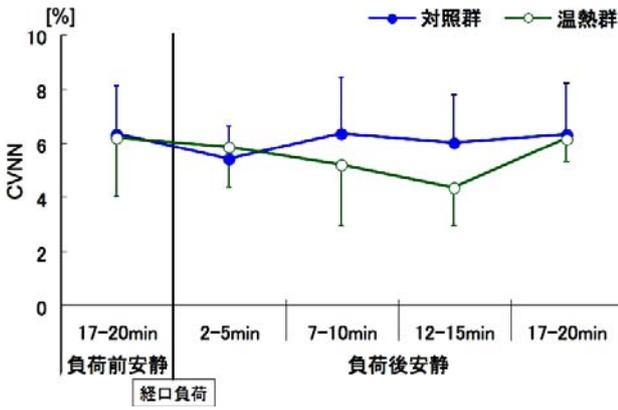


Fig. 13. 体血圧  
両群間に有意な変化は認められなかった。両群共に時間的推移に有意な変化を認めなかった。(mean ± SD)

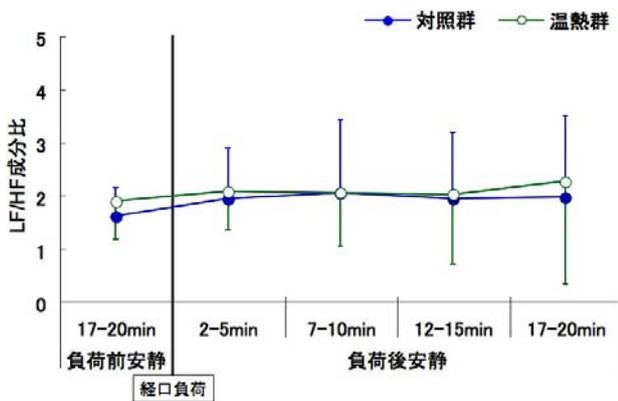
†; 対照群と温熱群の間に有意差あり (2-way of analysis of variance : †† = p < 0.01)

\*; 経口負荷前と比較して有意差あり (Tukey test: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01)

て聴取した (Fig. 16-a, b)。膨満感では両群共に経口負荷直後より上昇し、対照群はその後も膨満感を維持したが、温熱群は経口負荷後20分後には経口負荷直後と比べて有意に減少を示した。満腹感では両群共に経口負荷直後に上昇し、その後両群とも有意な減少を認めた。膨満感、満腹感の経口負荷後のスケール値は群間に有意差を認めなかった。



**Fig. 14.** 心電図 R-R 間隔より算出した CVNN  
 両群間に有意な変化は認められなかった. 両群共に時間的推移に有意な変化を認めなかった. (mean ± SD)  
 †; 対照群と温熱群の間で有意差あり (2-way of analysis of variance : †† = p < 0.01)  
 \*; 経口負荷前と比較して有意差あり (Tukey test: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01)

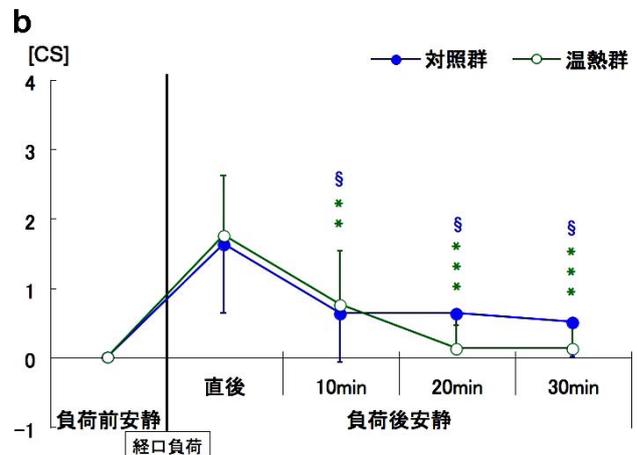
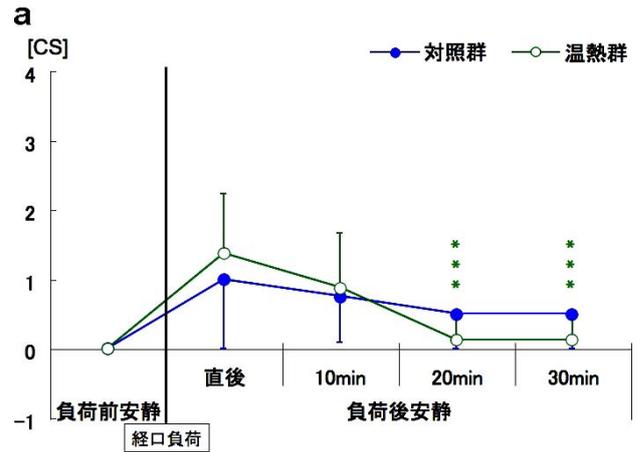


**Fig. 15.** 心電図 R-R 間隔より算出した LF/HF 成分比  
 両群間に有意な変化は認められなかった. 両群共に時間的推移に有意な変化を認めなかった. (mean ± SD)  
 †; 対照群と温熱群の間で有意差あり (2-way of analysis of variance : †† = p < 0.01)  
 \*; 経口負荷前と比較して有意差あり (Tukey test: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01)

#### IV. 考察

我々は上背部への温熱刺激が飲用水摂取後の胃の運動機能に及ぼす影響を(体外式の)超音波診断装置を用いて胃の幽門前庭部の収縮活動を観察することにより検討した. 上背部への温熱刺激により胃消化管機能を評価した報告は少なく<sup>15)</sup>, 温罨法により腰部に 42-43°C の温熱刺激を行い, 胃電気活動を評価した報告<sup>16)</sup> や腸蠕動運動(グル音の聴取)を評価した報告<sup>17)</sup> があるのみである.

経口負荷として化学的な刺激を避け容量のみの負荷とするため体重あたり 4 ml/kg の市販の飲用水(約



**Fig. 16.** 腹部感覚  
 a. は膨満感, b. は満腹感の Categorical Scale (CS) を示す. (mean ± SD)  
 §; 対照群内の経口負荷後 2-5 min と比較して有意差あり (Tukey test : § = p < 0.05)  
 \*; 温熱群内の経口負荷後 2-5 min と比較して有意差あり (Tukey test: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01, \*\*\* = p < 0.001)

36.0°C) を使用した. 4 ml/kg の飲用水は短時間で飲みきることができ, かつ負荷を感じる缶ジュース 1 本分程度の分量である. 負荷量はこれまでの報告<sup>18)</sup> から 30 分程度で胃から排出されると推定され, 観察は摂食後 30 分までの実験時間内に胃排出過程の全体を観察できると考えられた.

実際の飲用水の胃排出の速さには個体差があり, 胃排出が完了してしまうと幽門部前庭部の収縮活動は確認できなくなってしまったため, 最終的な解析には全ての被験者において幽門前庭部の収縮活動が確認できた経口負荷後 20 分までを用いた. 体血圧, 腹部感覚は 10 分毎に記録しており, 実験終了時の経口負荷後 30 分までを評価の対象とした.

実験は半座位の状態で行われており背部への温灸などの施術はできないため温灸の代わりに温熱刺激として電子温灸器を使用した. 本実験の温度設定は

最高温度を 44.0°C とし、温熱刺激に慣れが生じないように約 30 秒間隔の間欠加熱を使用した。電子温灸器は安全装置としてサーミスタにより温度を常時監視する回路を設け、設定範囲より逸脱した場合は異常を検知した端子の電源を断ち作動を止めるように設定されている。飯田ら<sup>19)</sup>は低温熱傷について、人体では 43°C 以上の温度や 42°C 程度の 5 時間以上の加温で低温熱傷を発症する可能性が高いと報告している。本実験では 18 分間の短時間の加温であり、間欠加熱で行われ、温熱端子が異常に上昇することもなく温熱刺激が自動停止することはなかった。被験者からは実験直後に心地よいなどの感想が得られ、異常を訴えるものはなく、その後も熱傷等の皮膚の異常はなかった。

本実験に用いた刺激部位は臨床的に「胃の六つ灸」として使用される膈兪穴、肝兪穴、脾兪穴とほぼ同部位を温熱刺激している。「胃の六つ灸」は十四経脈の太陽膀胱経の左右の膈兪穴、肝兪穴、脾兪穴を指すが、経脈的な意味合いはなく、消化器症状に対する治療経穴として選択された経穴である。電子温灸器の端子はおよそ第 6-11 胸神経後枝の支配する体幹背部の第 7-8、9-10、11-12 胸椎棘突起の外側およそ 2 cm に位置した<sup>20)</sup>。胃に分布する脊髄性の（交感神経と伴走する）内臓求心性神経は第 6-9 胸髄に入力するとされ<sup>21)</sup>、胃内の病変が胃の求心性神経と同じ胸髄が支配する皮膚の異常感覚を関連痛として起こすことが知られている。本実験の温熱刺激は胃粘膜の侵害刺激と求心性神経において脊髄レベルでほぼ同一の部位に入力していると考えられた。

胃収縮運動の強度は阪野ら<sup>5)</sup>や清水ら<sup>10)</sup>の先行研究と同様の amplitude index（収縮指数）として評価したが、解析区画 3 分間の平均の強度を表す amplitude index は温熱刺激による影響を示さなかった。しかし、典型例（Fig. 9）のように温熱群の方が 3 分間内の個別の収縮の程度の差が大きいことが視認されたことから収縮毎の減少率を個別に算出しそれらの分布を評価した。対照群は平均値が最頻値を示すクラスに含まれる左右対称な正規分布とみなせる分布形を示したが、温熱群は平均値より最頻値が上方にある左右非対称な非正規分布を示した。個人毎の比較において減少率の標準偏差・変動係数で有意差が認められ、健常成人の上背部への温熱刺激が胃収縮運動の減少率のばらつきを有意に大きくすることが示された。今回の実験のみでは温熱刺激時に、収縮のより大きな胃運動とより小さなものが同時に認められる機序は断定できない。仮説として、温熱刺激により間欠的に大きな胃の収縮が起こり局所的な胃内容物の排出が亢進して、それに続く収縮

が胃内容物の減少のためかえって小さくなることが胃収縮のばらつきを大きくする機序の一つとして考えられる。

温熱群でみられた胃収縮幅の減少率のばらつきが大きいことは生体において必ずしも不都合であるとはいえない。過去の報告において、Kleiger ら<sup>22)</sup>は心筋梗塞患者において心拍変動が予後の指標となると報告しており、R-R 間隔の標準偏差が小さいほど予後が悪いとしている。心臓は洞房結節により自動調節されており、外来神経として副交感神経や交感神経により調整されているが、心不全などにより交感神経が亢進し、副交感神経が抑制されたばらつきのおこした状態が心筋梗塞後の予後不良を示す因子の一つと考えられている。胃等の消化器管の収縮周期も消化管壁内の間質細胞による自動能が、外来性の副交感神経、交感神経により調整されている。経口負荷に対する胃収縮運動は胃壁内の自動能が主として働いているが、交感・副交感神経等の外来神経の活性化は収縮運動のゆらぎを増大させると考えられる。

心電図から得られた心拍数は対照群では経口負荷後に有意に上昇したのに比べ、温熱群では有意な上昇は認められなかった。このことは温熱刺激により副交感神経系が亢進したか、あるいは交感神経系の抑制が起きたことが考えられる。また、指尖部皮膚血流量は対照群では有意な変化は認められなかったが、温熱群では有意に上昇した。指尖部の皮膚血管は交感神経系のみが関与していることが知られており、交感神経系の亢進は末梢血管を収縮することから、温熱刺激による皮膚血流の上昇は交感神経系の抑制が考えられた。これらのことから温熱刺激は交感神経系を抑制する傾向があると推測された。

しかし、心電図より算出した CVNN（心電図 R-R 間隔変動係数）や LF/HF 成分比に有意な変化は認められず、これらの評価では交感神経の抑制は認められなかった。この理由として経口負荷の影響や受け入れ弛緩等を伴う自律神経反射が短時間内に変化するため本来 3 分間の定常状態を評価する周波数解析では十分評価できなかつた可能性が考えられた。

腹部感覚は対照群に比べ温熱群では膨満感、満腹感はより速やかな減少を示した。平均断面積の推移の結果より胃排出では両群に差はなかったにも関わらず、膨満感、満腹感等の内臓感覚の減少度合いが差を示したことは、体幹部体性神経への温熱刺激には内臓からの感覚を打ち消すような脊髄分節性の相互作用があることを示唆している。膨満感や強めの満腹感はやや不快な感覚であり交感神経系を興奮させることも考えられ、胃以外の自律神経反応の結果

が示した温熱刺激による交感神経系の抑制は不快な感覚を温熱刺激が抑制したことを示している可能性もある。

温熱刺激と胃運動をみる研究では、これまでに腹部へ温電法を行い胃電図による胃ペースメーカーの振幅の評価で影響が認められなかったことが報告<sup>23,24)</sup>されている。清水ら<sup>23)</sup>や川内ら<sup>24)</sup>は心窩部・臍部の腹壁に40°Cの温湿布を貼付しその影響をみている。本研究の上背部の刺激部位は第6-11胸髄皮膚分節に相当するのに比べ、腹部刺激は第7-10胸髄の腹壁の皮膚分節上に相当しデルマトーム的にはほぼ同一である。体幹表面部では分節的に脊髄神経の胸(腰)神経が分布するが背部の皮膚では胸(腰)神経の後枝が、腹部の前面では胸(腰)神経前枝からの肋間神経にあたる前皮枝が知覚を支配しており、厳密には異なった神経を刺激していると考えられる。また腹部は表皮から内臓までは数cm程度であり、皮下組織の薄い個体では皮膚表面加温が直接内臓を加温する可能性があるが、上背部は脊柱起立筋や後腹膜臓器が間に介在し直接胃や小腸を加温することはない。以上のことから本研究の上背部温熱刺激と腹部温電法とは異なった刺激であると考えられる。また、本研究が幽門前庭部の実際の画像で確認された胃収縮運動を評価しているのに対し清水ら<sup>23)</sup>や川内ら<sup>24)</sup>の報告では胃電図パワースペクトルを用い3cpmでの相対値(%)で胃運動を評価していることから異なった結果となったと考えられた。

また、Nagaiら<sup>16)</sup>は腰背部への温電法が胃電図の周期と振幅の増強をもたらすことを報告しており、その機構として温電法が内臓交感神経を興奮させ腹腔内動脈の収縮により内臓の血流低下をもたらし、それに付随して増減するCGRP等の物質が胃運動を亢進させることを提案している。本研究でも皮膚血流の増加が臓器血流の低下をもたらす胃収縮運動の減少率のばらつきを増大させた機序も否定はできない。本研究で経口負荷後の胃収縮運動を観察した際に腹部内臓の血流変化があったかは不明であり、今後の検討が必要と考えている。

消化管で平滑筋を直接支配するのは腸神経系の運動ニューロンであり、胃に内容物が入った後の運動は腸神経系を中心として局所反射性に起き、外来神経である交感・副交感神経系の修飾は間接的であると考えられている。本研究の胃以外の自律神経反応の結果より交感神経系の抑制反応が認められたことから相対的に胃への副交感神経活動がわずかに亢進し、今回の収縮幅のばらつきを増大に至ったことが想定された。一方で、脊髄への直接加温を行った動物実験では交感神経系は内臓の活動と皮膚の活動の

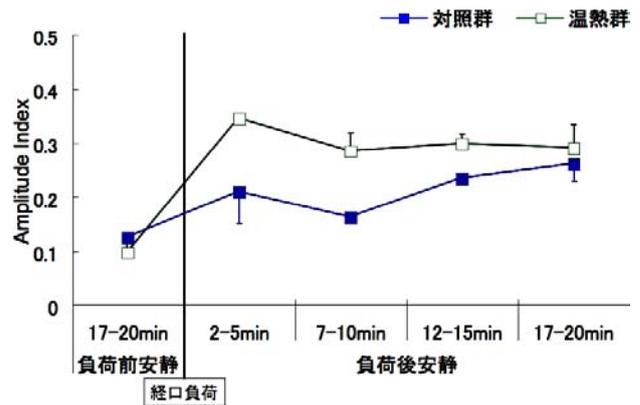


Fig. 17. 増量した経口負荷 (8 ml/kg) 時の amplitude index 飲用水 8 ml/kg 摂取後の無刺激と温熱刺激の比較を示す (n = 2). 無刺激の2例は飲用水 4 ml/kg 摂取時の対照群 (Fig.8) と比べて抑制していることを示し、一方で、飲用水 8 ml/kg 摂取に温熱刺激を加えた2例は飲用水 4 ml/kg の対照群と同様かあるいは亢進していることが認められる。

地域特異性が認められ、同じ刺激に対し交感神経の活動変化があると考えられている<sup>25)</sup>。本研究の結果からは胃自体の自律神経活動を評価するデータがなく、観察された現象への外来神経の関与は不明である。しかし、本研究では腹部温電法のような皮下内臓への加温刺激の可能性は考えられず、背部の体性神経刺激のみが入力となったと考えられ、この刺激が脊髄分節性もしくは上脊髄性に胃への自律神経に影響を及ぼし、胃の自動能と外来神経の関係に変化が生じて胃収縮幅のばらつきが増大したことをとらえていると考えられた。

本実験では胃内に軽い負荷を与えた時の温熱刺激を検討し、胃収縮運動への影響は軽度なものであった。しかし、不快な感覚が強い場合やより胃運動が抑制されている時には本研究で示された温熱刺激による胃収縮運動のばらつきを増大は臨床的な効果を持つ可能性が考えられる。Iwaら<sup>15)</sup>は胃排出を亢進・抑制させたラットに鍼刺激、灸刺激を行った実験において亢進した胃運動は抑制され、抑制された胃運動は亢進したと報告している。今後は胃運動抑制時の温熱刺激という設定で同様の実験を行う必要があると考える。今回の対照群の実験中に試験的に経口負荷を倍量の体重あたり 8 ml (8 ml/kg) にし、胃運動の抑制を認めたものが2例あった。この2例に対し、温熱刺激を本実験と同様の手順で行った際のそれぞれの amplitude index を算出し Fig. 17 に示した。体重 (kg) あたり 4 ml 時の Fig. 8 と比べて、経口負荷 8 ml/kg の飲用水は胃収縮運動の抑制を認め、温熱刺激を加えた飲用水摂取後の胃運動の収縮幅は増大し、体重あたり 4 ml (4 ml/kg) の負荷時と同様あるいはそれ以上の収縮幅を示した。この2

例は胃運動抑制時に上背部温熱刺激が胃運動増強に作用する可能性を支持しており、今後例数を増やし詳細な検討をすることで上背部の温熱刺激の臨床的意義をより明確にできる可能性が期待できる。

## V. 結語

上背部温熱刺激が健常人の飲水負荷後の胃運動へ及ぼす影響を超音波診断装置を用いて検討した。超音波画像による胃幽門前庭部の平均断面積の推移、収縮回数、平均の収縮強度を示す amplitude index は温熱刺激による影響を認めなかった。しかし、個々の減少率の分布を検討したところ、温熱群の減少率のばらつきの方が有意に大きくなることが認められた。胃以外での自律神経系の指標では循環器交感神経系の抑制傾向が認められた。また腹部の膨らむ感覚は経口負荷後、両群とも共に増加したが、20分後にかけて温熱群ではより速やかに減少した。上背部への温熱刺激は健常人の腹部感覚にも有意な変化を起こすことが示された。

謝辞：稿を終えるにあたり、本研究全体の立案、計画から論文作成に至る研究過程において、終始御指導を賜りました明治国際医療大学麻酔科学教室智原栄一教授に深謝致します。研究に際し貴重な御助言を頂いた同臨床鍼灸学教室北小路博司教授に深く感謝致します。また、経穴に関する御指導を賜りました同伝統教室篠原昭二教授に心より感謝致します。

## 文献

1. Tack J, Talley NJ, Camilleri M, Holtmann G, et al: Functional gastroduodenal disorders. *Gastroenterology*, 130(5): 1466-79, 2006.
2. 岡田明祐, 島田隆司編: 明・顧従徳本; 重広補注 黄帝内経素問 四庫善本叢書所収: 素問・靈枢. 日本経絡学会, 東京, pp. 10, 1992.
3. 教科書執筆小委員会著: 経絡経穴学概論. 社団法人東洋療法学校協会編, 第3版. 医道の日本社, 神奈川, pp. 248, 2004.
4. 明治東洋医学院編集委員会編: 詳解・国家試験問題集はり師・きゅう師用 2010 第11回~第17回. 医道の日本社, 神奈川, pp. 374, pp. 378, pp. 385. 2009.
5. 阪野泰正, 智原栄一: 食後の胃幽門前庭部運動に与える足三里鍼通電刺激の影響. *自律神経*, 44(6): 409-417, 2007.
6. 山口真二郎, 岡田 薫, 大沢秀雄, 宮本俊和ら. 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(1): 39-45, 1996.
7. 今井賢治, 石丸圭荘, 岩 昌宏, 咲田雅一ら: ヒト腹部への鍼刺激が引き起こす胃電図 (Electro-gastrography: EGG) の抑制反応. *自律神経*, 33(2): 134-139, 1996.
8. Tabosa A, Yamamura Y, Forno ER, Mello LE: A comparative study of the effects of electroacupuncture and moxibustion in the gastrointestinal motility of the rat. *Digestive Diseases and Sciences*, 49(4): 602-10, 2004.
9. 田中秀樹, 野口栄太郎, 小林 聡, 大沢秀雄ら: 麻酔ラットの十二指腸に及ぼす灸刺激の効果. *全日本鍼灸学会雑誌*, 52(4): 427-434, 2002.
10. 清水奈宇留, 智原栄一: プチルスコポラミン投与により抑制された胃運動に対する足三里穴鍼通電刺激の効果. *自律神経*, 45(6): 233-241, 2008.
11. Lee KJ, Vos R, Tack J: Effect of capsaicin on the sensorimotor function of the proximal stomach in human. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 15; 19(4): 415-25, 2004.
12. Tack J, Caenepeel P, Corsetti M, Janssens J: Role of tension receptors in dyspeptic patients with hypersensitivity to gastric distention. *Gastroenterology*, 127(4): 1058-66, 2004.
13. Cappello G, Malatesta MG, Ferri A, Ciccaglione AF, et al: Gastric emptying of a solid-liquid meal measured with  $^{13}\text{C}$  octanoic acid breath test and real-time ultrasonography: a comparative study. *The American Journal of Gastroenterology*, 95(11): 3097-100, 2000.
14. Kusunoki H, Haruma K, Hata J, Tani H, et al: Real-time ultrasonographic assessment of antroduodenal motility after ingestion of solid and liquid meals by patients with functional dyspepsia. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 15(9): 1022-7, 2000.
15. Iwa M, Sakita M: Effects of acupuncture and moxibustion on intestinal motility in mice. *The American Journal of Chinese Medicine*, 22(2): 119-125, 1994.
16. Nagai M, Wada M, Kobayashi Y, Togawa S: Effects of Lumbar Skin Warming on Gastric Motility and Blood Pressure in Humans. *The Japanese Journal of Physiology*, 53(1): 45-51, 2003.
17. 木下彩子, 酒井志保, 佐藤美恵子, 荻原麻紀: 罨法の部位による腸管の蠕動促進効果の比較 腹部温罨法と腰背部温罨法. *日本看護学会論文集: 看*

- 護教育, 36: 42-44, 2005.
18. Søreide E, Eriksson LI, Hirlekar G, Eriksson H, et al: Pre-operative fasting guidelines: an update. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 49(8): 1041-7, 2005.
  19. 飯田智恵, 山本 昇: 低温熱傷発症条件に関する実験的検討. *日本看護研究学会雑誌*, 27: 43-51, 2004.
  20. Ellis H, Feldman S, Harrop-Griffiths W: ANATOMY FOR ANAESTHETISTS. 8th ed. Blackwell Publishing. UK, pp. 142-144. 2004.
  21. Moore KL, Dalley AF: Clinically Oriented Anatomy. 5th ed. LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, USA. pp. 256. 2006.
  22. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, Moss AJ: Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *The American Journal of Cardiology*, 59(4): 256-62, 1987.
  23. 清水祐樹, 佐藤麻紀, 犬飼洋子, 岩瀬 敏, 菅屋潤壹, 宮下永二: 睡眠時における腹部温罨法が若年女性の胃電図に及ぼす影響. *自律神経*, 43(6): 471-477, 2006.
  24. 河内伸浩, 岩瀬 敏, 高田宗樹, 道上大策, 渡邊順子, 前 直美: 腹部温罨法が便秘を訴える若年女子の胃電図に及ぼす影響. *自律神経*, 39(5): 433-437, 2002.
  25. Walther OE, Iriki M, Simon E: Antagonistic changes of blood flow and sympathetic activity in different vascular beds following central thermal stimulation. II. Cutaneous and visceral sympathetic activity during spinal cord heating and cooling in anesthetized rabbits and cats. *Pflügers Arch*, 319(2): 162-84, 1970.

## Effect of paravertebral skin warming at the upper back on postprandial gastric motility in healthy males

Kitsuda Taiki

*Graduate school of clinical acupuncture and moxibustion, Meiji University of Integrative Medicine*

### ABSTRACT

**Introduction:** There have been many reports describing the effects of acupuncture and/or moxibustion applied to the abdomen and lower limbs on gastric motility. However, there have been few experiments investigating the effect of skin warming at the upper back on human gastric function. We examined the effect of paravertebral skin warming at the upper back on postprandial gastric motility in healthy males.

**Method:** Eight healthy male subjects participated in the experiment. Postprandial gastric motility was observed for 30 minutes after liquid ingestion (bottled water, 4 ml/kg of body weight) using ultrasonographic recording (B-mode, 5 MHz convex probe, GE Medical system) of the gastric antrum and external electrogastrography (EGG, Nipro Co.). Paravertebral skin warming at the upper back using an electrical moxibustion heater (CS-2000, Kanaken Co.) started with liquid-drinking and was maintained for 18 minutes (warming group). On a separate day the same protocol was carried out without back warming as control experiment in the same population. We analyzed the cross sectional area, gastric contraction period and the amplitude index of gastric contraction using second by second images converted from the ultrasonographic video recording. The peak frequency was calculated by fast Fourier transfer analysis of EGG, and abdominal bloating and satiety were evaluated by categorical scale.

**Results:** The average cross sectional area of gastric antrum and the period of antropyloric contraction did not show any significant difference between the control experiment and warming experiment. The amplitude index showing contractility of the gastric antrum was not significantly changed by back-warming. Though the averaged magnitude of gastric contraction was almost the same in both groups, there was significantly wider variation among gastric contractile magnitudes in the warming group. The tendency for back-warming to inhibit the circulatory sympathetic activity was recognized in digital skin blood flow and heart rates. The abdominal bloating sensation after ingestion was increased in both groups, but in the warming group the bloating sensation had returned to the previous control level 20 minutes later.

**Conclusion:** Paravertebral skin warming at the upper back showed a significant change in the gastric motility pattern and abdominal sensations in healthy humans.