

Electrical Impedance Tomography (EIT) 法による胃排出能測定

Gastric emptying study by electrical impedance tomography

中 江 康 之* 近 藤 孝 晴* 小野内 初 美**

Yasuyuki NAKAE*, Takaharu KONDO*, Hatsumi ONOUCHI**

Electrical impedance tomography (EIT) is a convenient, simple noninvasive, and nonradioactive method of measuring gastric emptying. In this study, gastric emptying of a liquid soup meal and a solid hamburger meal was measured in six healthy women by applied potential tomography (APT) system. The quarter and the half emptying time of the solid test meal (37.3 ± 22.0 min and 97.3 ± 26.4 min) were significantly longer ($p < 0.01$) than those of the liquid test meal (10.6 ± 6.7 min and 28.4 ± 12.1 min), and the lag time of the solid test meal prolonged (21.2 ± 13.9 min in the solid meal vs 12.0 ± 13.2 min in the liquid meal). These results were similar to those measured by previous methods. Gastric emptying measurements have an important role in pathophysiological research of the stomach and EIT may be ideal and useful method for its study.

1. はじめに

胃の運動機能は食物の貯蔵・消化攪拌・十二指腸への排出であるが、その運動機能は種々の疾患あるいは食事内容や温度・ストレスなどの物理的・化学的な環境の変化に影響を受ける。胃運動機能の変化は最終的には胃排出機能の変化として現れ、胃排出機能をとらえることは胃生理の解明と病体生理の把握に有用であるため、近年胃排出能検査に関心が持たれている。

Electrical Impedance Tomography (EIT) 法は、生体の断層面における電気伝導度の変化を解析することによって、生体機能を測定する方法である²⁾。皮膚に心電図用の電極を取り付け測定装置と接続するだけで、生体内の電気伝導度の変化を伴う生理機能を安全かつ非侵襲的に計測可能であるため、その有用性が期待されている。胃内の電気伝導度は食物内の NaCl などの電解質により大きく変化する。食後胃内容物の排出

により電解質濃度が変化し、それに伴い伝導度に変化するため、この伝導度変化を測定する EIT を用いて胃排出の測定が可能である¹⁾。

胃排出は液体食と固体食で異なり、それぞれが反映するものが異なるとされている⁶⁾。そこで今回、EIT を用い、健常人における液体食と固形食の胃排出能を検討した。

2. 測定装置および測定原理

1) 測定装置

EIT 測定装置は、シェフィールド大学で開発された APT (Applied Potential Tomography) システムのポータブルタイプ (DAS-01P) である。装置の大きさは $280 \times 110 \times 50$ mm、重さは 810g と小型で、容易に持ち運び可能である。この DAS-01P を光ファイバーでパーソナルコンピュータあるいはポケットコンピュータに接続し、データを採取する (図 1)⁷⁾。

* 名古屋大学総合保健体育科学センター

** 愛知文教女子短期大学

* Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

** Aichi Bunkyo Women's College

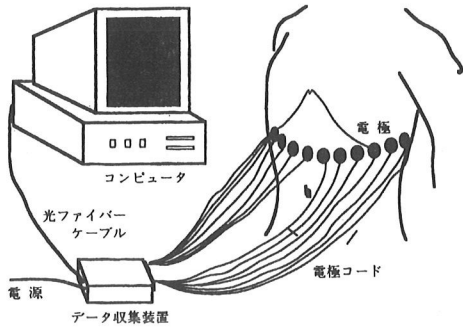


図1 Electrical Impedance Tomography (EIT) 法 (文献7より引用)

2) 測定原理

EIT法は、目的とする部位を含む生体の断層面に沿って皮膚周囲に等間隔で付けられた16個の電極間の電気抵抗(インピーダンス)を測定し、逆投影法により生体内部の電気伝導度の断層像を得る方法である(図1)⁷⁾。インピーダンスの計測は、隣接した2つの電極間に5mA、50kHzの交流電流を流し、残り(14電極)の隣り合った13対の電極間の電位を測定する。電流を流す電極間を順次移動させ、合計208回(13対×16電極間)の測定を行い、断層像を構築する。断層面の幅は約10cmであり、これは組織を通過する電流がある程度広がりを持つためである。1計測(208回)に要する時間は80msであり、1秒間に10画像を得ることが可能である。実際の測定では150~300画像(15~30秒間)の平均画像を1データとして扱う。これらの制御および画像構築はパーソナルコンピューターにより行われ、構築画像はディスプレイに描出される。

3) 測定の実際

EITを用いて胃排出を測定する場合、胃液が測定結果に影響を及ぼすため^{1) 4) 5)}、胃酸分泌を抑制しておく必要がある。そのため、測定前にヒスタミン(H₂)受容体拮抗剤を服用させておく。

16個の心電図用電極を剣状突起と臍の中間

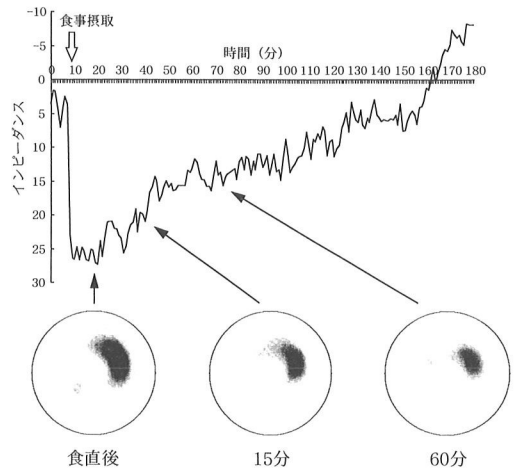


図2 EIT法による胃排出曲線および画像の変化

点を通過する横断面に沿って皮膚に等間隔に付ける。測定装置を接続後、測定条件(測定時間、測定間隔など)を設定し、測定を開始する。基準となる初期測定を数分間行った後、試験食を摂取させる。体位は座位でも臥位でも可能であるが、体位の変化によりインピーダンス値が変化するため、測定中は同じ体位をとらせておく。

試験食を摂取すると胃内のインピーダンスは急激に低下し、胃の領域が出現する。その後、胃内容の排出に伴いインピーダンスが上昇し、胃の領域も縮小していくのが観察される。一例を図2に示す。

3. 健康人における液体食および固形食の胃排出能

(1) 対象および方法

対象は消化管疾患の既往のない健康女性6名(年齢 21.2 ± 0.4 才)とした。

測定は早朝空腹時に行い、測定1時間前にシメチジン200mgを服用させた。電極を装着、6~8分間の初期測定を行った後、試験食を摂取させた。測定は座位で行い、測定条件は150計測/15秒、1平均画像/分、測定時間180分とした。試験食として、液体食はポターージュ

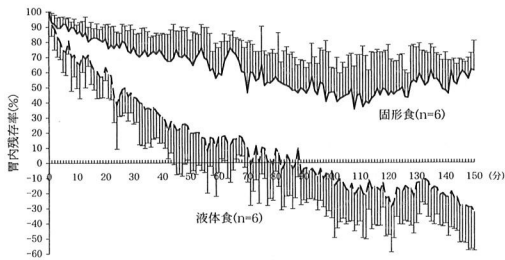


図3 液体食および固形食摂取後の胃排出曲線（波線：液体食、実線：固形食）

スープ 300ml（138kcal、塩分 0.65%）、固形食はハンバーグ 250g（435kcal、塩分 0.6%）を用いた。

得られたデータより 25% 排出時間および 50% 排出時間を計算し、胃排出能の評価に用いた。データ処理にあたり、食直後のインピーダンス最大変化値を胃内残存率 100% に換算し、この最大変化値をとる時間を 0 分とした。lag time は試験食摂取終了時からインピーダンスが上昇し始めるまでの時間とした。結果は平均 ± 標準偏差 (mean ± SD) で表し、統計学的検討は F test および Student's paired t test を用い、危険率 $p < 0.05$ で有意差があるとした。

(2) 結果

インピーダンスの変化より得られた胃内残存率の変化の平均を、図3に示す。固形食は液体食に比し排出曲線の傾きが小さく、胃排出が遅延していた ($p < 0.01$)。各試験食の排出時間を比較すると、25% 排出時間は液体食 10.6 ± 6.7 分、固形食 37.3 ± 22.0 分、50% 排出時間は液体食 28.4 ± 12.1 分、固形食 93.8 ± 26.4 分であり、固形食が液体食に比し有意に延長していた ($p < 0.01$)。試験食摂取後、胃排出が始まるまでの時間 (lag time) は液体食が 12.0 ± 13.2 分、固形食が 21.2 ± 13.9 分であり、固形食が延長していた (図4)。

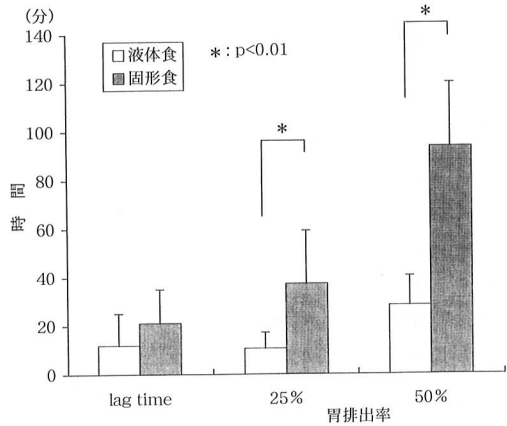


図4 lag time、25% および 50% 排出時間（白柱：液体食、黒柱：固形食）

4. 考 察

現在、胃排出能測定には放射性同位元素を用いたシンチグラフィ法、放射線不透過マーカーを用いたマーカー法、色素希釈法、薬物の吸収を応用したアセトアミノフェン法などが用いられているが、放射線被曝や被検者の苦痛（チューブ挿入、頻回の採血など）、設備の問題など、日常的に繰り返す行うには困難な点がある。今回測定に用いた EIT 法は、安全（微弱電流なので感電の心配はない）でかつ被検者の苦痛はほとんどなく、装置も小型でポケットコンピューターを使用すれば測定場所を選ばない。また、胃排出能の測定では従来方法であるシンチグラフィ法による結果とよく相関しており¹⁾⁵⁾、容易に反復検査が可能な胃排出能測定法であると考えられる。

今回の液体食および固形食の胃排出能の検討では、固形食は液体食に比べ lag time、時間胃内残存率、25% および 50% 排出時間のいずれも延長あるいは増加していた。液体食と固形食では胃内での動態が異なっていることが知られている。胃排出能は近位胃（噴門側）と遠位胃（前庭部）ではその意義が異なり、液体は近位胃の持続的な収縮による胃・十二指腸較圧差に

より食直後より指数関数的に排出される。一方、固体は遠位胃で約 2mm ほどの大きさになるまで消化粉碎され、その後ほぼ直線的に排出される^{3) 6)}。すなわち、固形食は粉碎しながら少量ずつ排出されるため、排出開始時間が遅延 (lag time の延長) し、排出時間が延長するのである。今回の EIT 法による測定結果もこの胃内容の挙動を反映していると考えられ、本法による胃排出能の測定が胃生理の検討に有用であることが示唆される。

胃排出能の測定は胃の病態生理を理解する上で重要である。EIT 法による胃排出能測定は、安全かつ反復測定ができ、理想的で有用な測定法であると考えられる。

5. ま と め

electrical impedance tomography (EIT) 法による胃排出能測定を行った。固形食は液体食に比べ胃排出が遅延しており、胃内における動態が異なっていると考えられた。

なお、本論文のデータの一部は、文部省科学研究費補助金 (08680015) によった。

文 献

- 1) Avill R, Mangnall YF, Bird NC, Brown BH, Barber DC, Seager AD, Johanson AG, Read NW: Applied potential tomography: A new noninvasive technique for measuring gastric emptying. *Gastroenterology* 92: 1019-1026, 1987.
- 2) Dijkstra AM, Brown BH, Leathard AD, Harris ND, Barber DC, Edbrooke DL: Clinical applications of electrical impedance tomography. *J Med Eng Technol* 17: 89-98, 1993.
- 3) Dozois RR, Kelly KA, Code CF: Effect of distal antrectomy on gastric emptying of liquids and solids. *Gastroenterology* 61: 675-681, 1971.
- 4) 飯塚直彦、成瀬 達、北川元二、神部隆吉、家田秀明、伊藤 治、關 泰長、早川哲夫、中江康之、近藤孝晴：インピーダンストモグラフィー法を用いた胃排出機能の基礎的検討：胃酸分泌の影響。日内会誌 85: 136, 1995.
- 5) Mangnall YF, Kerrigan DD, Johnson AG, Read NW: Applied potential tomography. Noninvasive method for measuring gastric emptying of a solid test meal. *Dig Dis Sci* 36: 1680-1684, 1991.
- 6) Minami H, McCallum RW: The physiology and pathophysiology of gastric emptying in humans. *Gastroenterology* 86: 1592-1610, 1984.
- 7) 成瀬 達、飯塚直彦、北川元二、早川哲夫：インピーダンストモグラフィー法による胃排出能検査。日本臨床 増刊 現代臨床機能検査 下巻 pp.143-145, 1997.

(1997年12月11日受付)