

# 胃切除術後のデジタル胃造影検査とX線被曝量

|                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 漆原 貴 <sup>1)</sup>  | 齊藤 浩征 <sup>2)</sup> | 徳本 憲昭 <sup>1)</sup> |
| 難波 洋介 <sup>1)</sup> | 梶原遼太郎 <sup>1)</sup> | 荒田 了輔 <sup>1)</sup> |
| 大下 航 <sup>1)</sup>  | 森本 博司 <sup>1)</sup> | 安達 智洋 <sup>1)</sup> |
| 野間 翠 <sup>1)</sup>  | 松浦 一生 <sup>1)</sup> | 大下 彰彦 <sup>1)</sup> |
| 札幌 保宏 <sup>1)</sup> | 池田 聡 <sup>1)</sup>  | 真次 康弘 <sup>1)</sup> |
| 石本 達郎 <sup>1)</sup> | 中原 英樹 <sup>1)</sup> | 板本 敏行 <sup>1)</sup> |

## I. はじめに

胃癌に対する胃切除の術後障害は、胃切除術後症候群として多様な症状を訴え、その病態は複雑で吻合部狭窄、胃内停滞、逆流、ダンピング症候群などの症状を把握するのは日常臨床において困難である。胃運動機能検査(図1)は各種存在するが一般臨床で行うには特別な器材が必要であり容易ではない<sup>1)</sup>。

そこで我々は術後早期の合併症である吻合部の縫合不全や狭窄の有無を確認するために用いてきたガストログラフインを用いたデジタル胃造影検査においてデジタル画像の特徴を生かして残胃運動機能を数値化して評価できる方法を考案した<sup>2) 3)</sup>。X線を用いての新しい検査のため、その安全性を検証するためにデジタル胃造影検査の偶発症と放射線被曝量を検討したので報告する。

## II. 対象と方法

胃切除術後患者において検査の意味を説明し同意が得られ2017年2月から7月までにSHIMADZU SONIALVISION DAR-8000f(島津製作所)を用いてデジタル胃造影検査を行った症例19例に対して入射線量を被曝量測定器にて測定し、さらにファントム撮影による電離箱線量計の比較から求めた表面線量推定値と比較した。

X線被曝線量の測定

測定装置: Solidose 300(半導体線量計), RTIElectronics社製(図2)を用いて、被験者の右側腹部の皮膚に測定

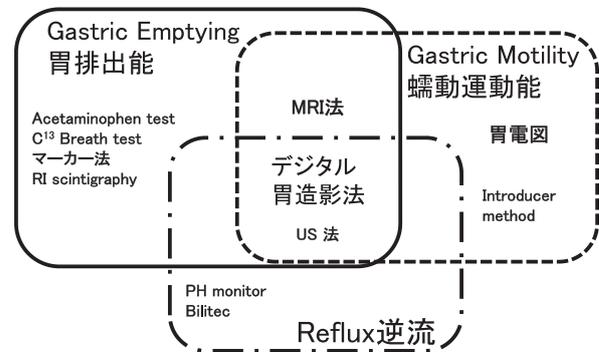


図1 胃運動機能検査法  
胃排出能、蠕動運動能、逆流の3要素を調べることが可能なのはデジタル胃造影検査とUS法である。

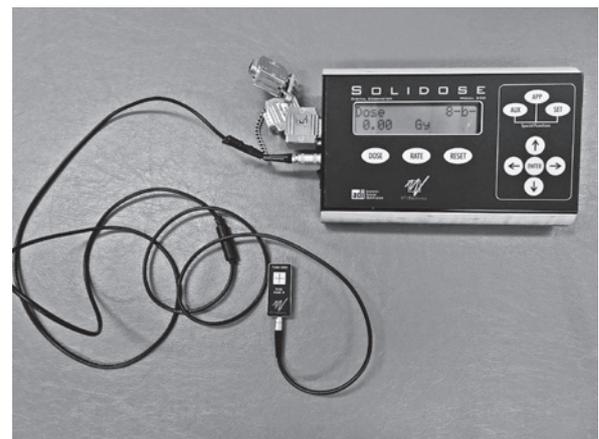


図2 放射線被曝測定装置  
X線被曝線量の測定装置: Solidose 300, RTIElectronics社製

1) 県立広島病院 消化器・乳腺・移植外科  
2) 県立広島病院 放射線診断科



図3 測定端子の貼付  
被験者の右側腹部の皮膚に測定端子をシールで貼付して皮膚表面線量を測定



図5 造影剤の飲用後に正面撮影

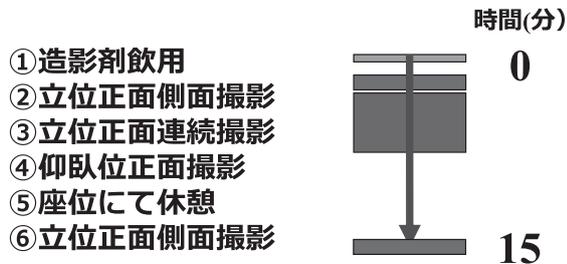


図4 デジタル胃造影検査の撮影プロトコール  
ガストログラフィンの2倍希釈した溶液を飲用直後から撮影開始  
飲用から15分、座位で待つて撮影

端子をシールで貼付して入射線量を測定した(図3)。デジタル胃透視造影検査の方法(図4)

#### 1. 前処置

検査前日20時以降は絶食とする。胃切除術後数日の早期に行う場合は、主に縫合不全と吻合部狭窄の有無を確認するのが目的なので、まずは一口、造影剤を飲用して、縫合不全、高度の狭窄の無いことを確認して次の方法へ進む。

#### 2. 造影剤

造影剤としてガストログラフィンを用いる。ガストログラフィンは60%水溶液で高浸透圧であり刺激性が強く飲用しにくい。そのためガストログラフィン50mlを蒸留水で2倍に希釈した100mlを飲用する。2倍希釈により飲用時の苦みが軽減され、造影検査としても十分なコントラストを得られる。ヨードアレルギーの患者には使用禁忌である。

#### 3. 体位

透視台を起こし立位にて上記の希釈した造影剤を飲

用する(図5)。逆流を確認する際は透視台は水平に倒し仰臥位とする。

#### 4. 撮影条件と撮影枚数

ガストログラフィンの倍希釈においても、縫合不全の有無、狭窄の程度、残胃運動機能の測定が可能である。

造影剤の飲用直後に立位正面像で1枚、立位側面像(R-L)1枚、立位正面で1秒間隔の撮影30枚の連続撮影を行う。連続撮影後に必要に応じて仰臥位で撮影する。造影剤飲用から15分後に立位正面像で1枚、立位側面像(R-L)1枚を撮影する。正面1枚、連続撮像30枚(最大収縮、最大弛緩をとらえる)、15分後の正面1枚で、最小限のフィルムは32枚。

必要に応じて側面撮影、仰臥位になって逆流を確認する。待ち時間は、準備した椅子にて座位で待つ。

#### 5. 残胃運動機能の測定項目

##### 1) 胃排出率(図6)

胃内容液の変化を簡便に計算するために、飲用直後と15分後で胃内容液の面積比率の変化で胃排出率を求めた。

$$\text{計算式：胃排出率} = \frac{(\text{造影剤飲用直後の胃内面積} - \text{15分後の胃内面積})}{\text{造影剤飲用直後の胃内面積}}$$

##### 2) 胃弛緩収縮率(図7)

残胃の蠕動運動の生じる部位において最大弛緩時の短径と最大収縮時の短径を計測し、その長さ比率から弛緩収縮率を求めた。

$$\text{計算式：弛緩収縮率} = \frac{(\text{最大弛緩時短径} - \text{最大収縮時短径})}{\text{最大弛緩時短径}}$$

で求める。

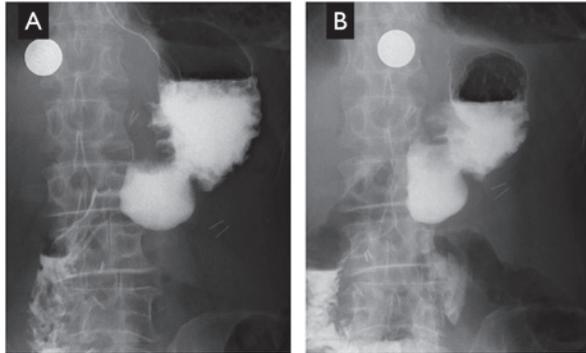


図6 幽門保存胃切除術の術後の胃排出率の測定  
A. 造影剤飲用直後とB. 15分後の正面撮影  
胃内造影剤の面積比率から排出率を算出する。

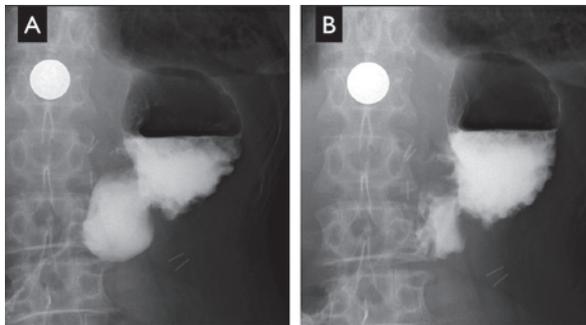


図7 幽門保存胃切除術の術後の残胃蠕動運動能の測定  
A. 最大弛緩とB. 最大収縮の比率から残胃蠕動

### Ⅲ. 結 果

ガストログラフィンの偶発症に関しては誤嚥、便秘、過敏症は認めなかった。下痢は1例(1/19: 5.3%)に認めた。図8に示すように19例の撮影結果は、撮影時間17~63(中央値24)msec、撮影回数25~65(中央値36)回、透視時間2.2~7.0(中央値3.3)min、入射線量実測値9.8~77.6(中央値23.6)mGyで表面線量推定値17.7~138.2(中央値40.7)mGyであった。そのうち100mGyを越えた症例が4例はBMIが23以上で撮影時間が長かった症例であった。

図9に示すようにBMIと入射線量実測値の相関関係は $R=0.833$   $P<0.001$ で、BMIが高いほど入射線量実測値は高く、BMIが26を越えた3例のうち2例で入射線量実測値が70を越えた。図10に示すようにBMIと表面線量推定値の相関関係は $R=0.822$ ,  $P<0.001$ で、BMIが高いほど表面線量推定値は高い結果であった。

| 症例  | 撮影時間 (msec) | 撮影回数 (回) | 透視時間 (分) | 入射線量実測値 (mGy) | 表面線量推定値 (mGy) | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|----------|----------|---------------|---------------|--------------------------|
| 1   | 19          | 36       | 2.7      | 9.8           | 17.7          | 15.8                     |
| 2   | 25          | 35       | 3.4      | 14.6          | 23.5          | 20.2                     |
| 3   | 17          | 63       | 3.9      | 20.3          | 40.7          | 19.2                     |
| 4   | 17          | 37       | 3.8      | 17.3          | 29.7          | 19.8                     |
| 5   | 21          | 37       | 3.0      | 17.5          | 29.5          | 19.8                     |
| 6   | 22          | 36       | 4.5      | 20.2          | 34.2          | 17.5                     |
| 7   | 25          | 35       | 3.1      | 23.6          | 32.9          | 20.5                     |
| 8   | 23          | 36       | 4.6      | 22.4          | 37.7          | 16.7                     |
| 9   | 22          | 36       | 2.2      | 19.4          | 31.4          | 19.1                     |
| 10  | 22          | 25       | 3.3      | 19.2          | 28.4          | 21.9                     |
| 11  | 24          | 35       | 3.0      | 29.4          | 51.4          | 26.7                     |
| 12  | 25          | 30       | 7.0      | 43.0          | 63.4          | 22.7                     |
| 13  | 24          | 37       | 3.0      | 29.3          | 55.7          | 23.0                     |
| 14  | 32          | 65       | 6.5      | 64.8          | 123.3         | 23.7                     |
| 15  | 37          | 37       | 2.5      | 36.2          | 76.7          | 23.1                     |
| 16  | 38          | 35       | 5.8      | 44.7          | 93.9          | 25.6                     |
| 17  | 57          | 35       | 6.3      | 70.6          | 138.2         | 27.6                     |
| 18  | 42          | 38       | 3.1      | 56.7          | 121.4         | 24.4                     |
| 19  | 63          | 36       | 2.6      | 77.6          | 121.0         | 26.5                     |
| 中央値 | 24          | 36       | 3.3      | 23.6          | 40.7          | 21.9                     |

図8 19例における撮影時間、回数、透視時間、入射線量実測値、表面線量推定値、BMIと各々の中央値

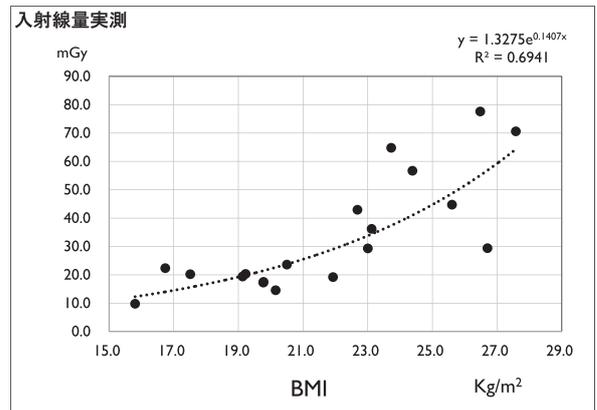


図9 19例のBMIと入射線量実測値の相関関係  
 $R = 0.833$   $P<0.001$  BMI値が高いほど入射線量実測値が高くなる。

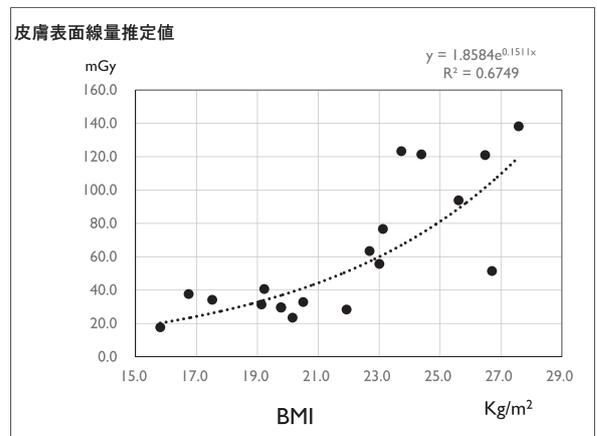


図10 19例のBMIと表面線量推定値の相関関係  
 $R = 0.822$   $P<0.001$  BMI値が高いほど表面線量推定値が高くなる。

#### IV. 考 察

近年、早期胃癌の発見の増加により、幽門保存胃切除術、噴門側胃切除術、胃分節切除術などの機能温存手術が施行される機会が増加した。機能温存の効果を評価するための機能検査が必要である。胃運動機能検査法としては図3のように胃排出能を測るアセトアミノフェン法、呼気テスト法、マーカー法、RIシンチグラフィ法があり、蠕動運動能を測る胃電図、イントロデューサー法があり、逆流を測るPHモニター、ベリテックが存在するが、いずれも大学病院などの研究施設において研究目的で使用されていて臨床医が行うには設備器械の面で困難である<sup>1)</sup>。

一方で画像診断装置は進歩しデジタルラジオグラフィ画像是保管転送し端末の電子カルテ上にてシネモードの観察や長さ面積の測定が可能であり、我々はデジタル機能に着目し飲用直後の胃内容積と15分後の胃内容積を計測し時間差の変化率により胃排出率を測定することを考案した<sup>2)</sup>。さらに胃蠕動の最大弛緩と最大収縮時の長さ比率を算出することで弛緩収縮率を得て客観的指標として蠕動運動能を評価し幽門保存胃切除術と幽門側胃切除術を比較し幽門保存の貯留能と蠕動運動の優位性を報告した<sup>3)</sup>。胃排出率と胃蠕動運動の弛緩収縮率として数値化することにより、術式別の比較など客観的に評価することが可能となった。胃造影検査の安全性については、使用する造影剤の偶発症と放射線被曝の影響を考慮する必要がある。まずガストログラフィンの偶発症に関しては誤嚥、便秘は認めなかったが、下痢は5.3% (1/19) に認めた。つぎに放射線被曝に関してはデジタルの利点のX線線量を抑え最低限の放射線被曝量にした上で許容されるか検討する必要がある。患者被曝線量の測定に関しては、Leibovic らは、バリウム胃透視造影検査においては透視時間が平均3.8秒 (2.5~6.1秒) で表面皮膚線量が平均66mGy (41~150mGy) であったと報告している<sup>4)</sup>。新・胃X線撮影法ガイドライン改訂版2011年で後藤裕夫らによると、加藤のNDD法 (入射線量簡易換算法) では49.72mGy、日本放射線技師会の消化管造影検査では直接撮影装置で100mGyが目標値である<sup>5)</sup>。我々がDAR-8000f (島津製作所) で撮影した19例において入射線量実測値は9.8~77.6 (中央値23.6) mGyであり放射線被曝の目標値の100mGyを下回って安全な数値であったが、より厳しく評価すると後方散乱などを考慮した表面線量推定値は17.7~138.2 (中央値40.7)

mGyであり100mGyを越えた症例が4例あった。この4例はBMIが23を超え、透視撮影時間が長かった症例であった。BMIと入射線量実測値、表面線量推測値ともに相関関係あり、BMIが高いほど放射線被曝量が有意に高いことが示された。表面線量推測値は入射線量実測値に後方散乱などを含めた被曝線量であり被曝量をより正確に評価できる。そして撮影機器においてX線到達線量がモニターリングされていてBMIが高く腹壁の厚い症例においては、生体を通過する際に減弱するため、高いX線量を必要とする。すなわちBMIが高い症例では腹壁が厚く撮影機器が自動的に放射線量を増加させるため入射線量実測値、表面線量推測値が上昇する。

特にBMIが23を超える症例においては透視撮影時間を短縮する注意が必要である。従来、胃切除術後障害の病態を解明することは複雑で容易ではなかった。今後、デジタル胃透視造影検査は、胃切除術後障害の原因を個々の症例で解明し経時的变化の観察や治療効果判定などに利用し臨床上の疑問に答えることが期待される。

#### V. 結 語

デジタルラジオグラフィによる胃透視造影検査法は簡易な検査であり、胃切除術後の運動機能評価が可能のため有用であり、X線被曝量は許容範囲内であるがBMIが23を超える症例では被曝量が多くなるので撮影時間を短縮する注意を要する事が示された。

#### VI. 文 献

1. 漆原 貴, 下門清志, 黒田義則ら: 残胃運動能測定における高速MRI法と超音波法の有用性, 消化器科30 (6): 688-694, 2000.
2. Urushihara T, Sumimoto K, Shimokado K, Kuroda Y: Gastric motility after laparoscopically assisted distal gastrectomy, with or without preservation of the pylorus, for early gastric cancer, as assessed by digital dynamic x-ray imaging, Surg Endosc, 18: 964-968, 2004.
3. 漆原 貴 鈴木崇久, 高倉有二, 池田 聡, 眞次康弘, 中原英樹, 板本敏行 再建術式の評価に適したデジタル胃造影検査法 臨床外科70(6), 725-734, 2016.

4. Leibovic SJ, Caldicott WJ. Gastrointestinal fluoroscopy: Patient dose and method for its reduction. Br J Radiol 56, 715-719, 1983.
5. 後藤裕夫ら, 胃がん検診精度管理委員会 新・胃X線撮影法ガイドライン改訂版2011年 被曝, 医学書院 25～27, 2013

## **Method of digital gastric X-ray examination for evaluating gastric motility after gastrectomy and measuring the amount of X-ray exposure**

Takashi Urushihara<sup>1)</sup>, Hiroyuki Saito<sup>2)</sup>, Noriaki Tokumoto<sup>1)</sup>, Yousuke Nanba<sup>1)</sup>, Ryoutarou Kajiwara<sup>1)</sup>, Ryouzuke Arata<sup>1)</sup>, Ko Oshita<sup>1)</sup>, Tomohiro Adachi<sup>1)</sup>, Midori Noma<sup>1)</sup>, Kazuo Matuura<sup>1)</sup>, Akihiko Oshita<sup>1)</sup>, Yasuhiro Fudaba<sup>1)</sup>, Satoshi Ikeda<sup>1)</sup>, Yasuhiro Matsugu<sup>1)</sup>, Tatsuro Ishimoto<sup>1)</sup>, Hideki Nakahara, , Toshiyuki Itamoto<sup>1)</sup>

1) Department of Gastroenterological, Breast and Transplant Surgery, Hiroshima Prefectural Hospital

2) Department of Diagnostic Radiology, Hiroshima Prefectural Hospital

### **Summary**

**INTRODUCTION:** For gastric X-ray examinations, we took advantage of the characteristics of digital images and devised an evaluation method that quantifies the motor function of the remaining stomach. Since this method exposes patients to X-rays, the challenge is to measure and minimize the X-ray exposure dose for the general acceptance and standardization of this method.

**Subjects and Methods:** We included 19 subjects who underwent digital gastric X-ray examinations using SHIMADZU SONIALVISION DAR - 8000f (Shimadzu Corporation) from February to July 2017. For these subjects, we measured the incident dose using exposure dosimeters and compared the estimated surface dose with the values from the ionization chamber dosimeter by phantom photography.

**RESULTS:** Complications of gastrographin did not include aspiration, constipation, or hypersensitivity, but diarrhea was observed in one patient (1/19: 5.3%). The photographed results of the 19 cases are as follows: photographing time -17 to 63 (median 24) msec; number of photographs -25 to 65 (median 36); fluoroscopy time -2.2 to 7.0 (median 3.3) min; measured incident dose -9.8 to 77.6 (median 23.6) mGy; and estimated surface dose -17.7 to 138.2 (median 40.7) mGy, exceeding 100 mGy in four cases. In these four cases, the BMI exceeded 23 and the imaging time was long.

**Conclusion:** Digital gastric X-ray examination is an effective examination method to grasp the pathological conditions of postoperative stomachs. In order to make the estimated surface dose lower than the Diagnostic Reference Level for protection optimization of 100 mGy, created by Japan Network for Research and Information on Medical Exposure, it is necessary to shorten the fluoroscopic imaging time in patients with a BMI of greater than 23.