腹壁設置型多機能磁力コントロール装置の NOTES における有用性 Usefulness of a Multipurpose Device for Fixing Multiple Surgical Tools and Organs in Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery

大平 猛

自治医科大学消化器一般外科・救急医学教室

Takeshi Ohdaira

Department of Digestive and General Surgery, Jichi Medical University

Abstract

Full-thickness resection and lymph-node resection are required for early colorectal cancer and gastric cancer in natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES). Here we report a needle magnetic device that is capable of easily modifying magnetic force from outside the body and of readily attaching surgical tools to and detaching them from the abdominal wall. Only one hole for setting this device was established on the abdominal wall. This magnetic device allows pure NOTES in gastrointestinal surgery and lymph-node resection. We consider that this device should be more useful for NOTES by using electromagnetic wave controlling. This machine will become useful for NOTES by a wireless control. It was thought that this device was able to become more useful device for NOTES by applying a wireless control unit.

Key words:

NOTES, Magnetic, Metallic, Fixing device, Wireless, Electromagnetic wave.

1. はじめに

近年内視鏡を使用した NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) が注目され、従来の腹腔鏡下手術を部分的にでもその役割を担えるか否かについてその可能性が検討されてきた。NOTES では、内視鏡の鉗子孔が腹腔鏡下手術における腹壁設置ポートに相当し、その鉗子孔が細径であること、数が 2 個以内に制限されていることが問題点として挙げられる。そのため、腹腔鏡下手術と異なり一度に何本もの鉗子を同時に使用して臓器を把持したり、種類の異なるデバイスを使用したりすることが困難

であり、NOTES の安全性・簡便性を達成する上での障害となっている。私達はこの問題を克服する手段として、腹壁への損傷を最小とし腹腔内のみで様々なデバイスを把持することが可能な NOTES 用補助デバイスの作成を模索した。

2. NOTES 適応を拡大させる要因

NOTES では手術に必要なデバイスや操作を内視鏡にて腹腔内から操作するという制約を受けるため、内視鏡以外にデバイスコントロールするためには体外よりワイヤレスコントロールする手段が必要であると考えた。ワイヤレスコントロール法として独立型の駆動装置を体外より電波にて駆動する方法と、体内のデバイスを体外より投射される磁力線により他動的にコントロールする方法が考えられた。今回は独立駆動式方式の体内磁力コントロールデバイスの有用性について細径の腹壁貫通補助支柱を有する

* 自治医科大学消化器・一般外科

〒329-0498 栃木県下野市薬師寺 3311-1

e-mail: ohdairaws@jichi.ac.jp

デバイスを試作し生体試験を試みた。

3. 腹壁設置型磁気デバイス

私達は今までに管腔臓器内に装填したアンカーメタルおよびアンカーマグネットを目標とし手術を行う手段を考案し臨床使用してきたため、腸管壁や腹壁を介しての電磁波特性や磁力特性について細かくその特性を検証してきた^{1)~4)}。海外では腹壁を介して磁力のみで体内デバイスをコントロールする試みもなされているが、**Fig. 1**に示すように腹壁を介する磁力の減衰は距離の二乗に反比例するばかりではなく、腹壁の血流・脂肪組織など組織の水分含有量などによって体脂肪率を考慮した磁力を使用しても思ったような結果が得られない場合が少なくないことを確認している。今回私達は過去の組織における電磁波特性や磁気特性を参考にし、腹腔内臓器やデバイスをコントロールする力学的手段として磁力を選択した。

Fig. 2に今回試作使用した NOTES 用磁力コントロールデバイスとその腹腔内セッティングシースを示す。目的とする腹腔内臓器別に色分けしてあり、長い支柱を有するセットは婦人科や泌尿器科用である。

Fig. 1 Schematic diagram of the magnetic marking clip-detecting system (MMCDS), which detects magnetic flux that penetrated gastric walls from a magnetic body (Br) to identify the tumor site indirectly. Br is influenced by the magnetism of the gastric wall constituents: muscle tissue, arterial blood, and venous blood. Therefore, it is realistic to calculate Br by considering the magnetic flux density of the magnetic body based on the permeance rate at the site of the MMCDS probe tip (μr). Furthermore, μ_1 , μ_2 , and μ_3 denote permeance rates in muscle tissue, arterial blood, and venous blood, respectively.

この試作デバイスは腹壁に $\phi 2$ mm のニードル孔を必要とするもののその設置は腹腔内より可能であり、中心軸のスライディングアクションによって腹腔内の磁力を自在にコントロール可能としているため、臓器やデバイスの把持・牽引が容易である。このデバイスは最終的に腹腔内のみに設置し、体外よりワイヤレスにてコントロール可能なマイクロ磁気コントローラの前身試験モデルとして開発した。今回の試作デバイスの支柱部分がワイヤレス化によってマイクロモータにより体内で駆動されることになる。

4. 磁性デバイスを使用した NOTES の手術スタイル

(1) 臓器の把持牽引

実際の使用方法は、まず内視鏡にてターゲット臓器や腹膜に金属性タップを設置し、その金属製タップをアンカーとして磁力を投射することによって目的部位を補足・牽引・把持し NOTES を施行する。**Fig. 3**に消化管内に設置した磁気タップを示す。これは内視鏡にて消化管内・外に設定することが可能である。磁力コントロールデバイスの腹壁への設置は**Fig. 4**に示すように $\phi 10$ mm の筒状シースを使用して、経口的にあるいは経肛門的に行うことが可能であり Natural Orifice を介して腹壁に装着し、体外より磁力を容易にコントロール可能という要件を満たしている。腹腔内で臓器あるいは腹膜を牽引する磁気発生装置部の直径は 10 mm を確保したサイズに仕上がっている。先端の磁場は最大 520 mT の磁場を発生可能である。**Fig. 5**は、腹壁に設定を完了した磁気デバイスである。磁気ヘッドは把持目標より任意の位置に固定可能であるため、腹腔内の固定したい位置に臓器あるいは他の手術用金属デバイスを固定可能である。NOTES における以上一連のデバイス設定作業は内視鏡の視野の障害により著しく障害されるため、私達は腹腔鏡の防曇用に開発した光触媒コーティングを内視鏡のレンズの防曇に使用している⁵⁾。特に磁気デバイス設定用シースを内視鏡とともに腹腔内に挿入する場合何らかの内視鏡レンズ用防曇処置が必要となる。結果的に腹腔内に挿入され腹壁に設定された磁気デバイスにより臓器の把持・脱転を達成し、限られた内視鏡鉗子孔は手術本来の切開・凝固などの処置を行なうために使用可能というスタイルが提案できることになる。本デバイスによって把持する対象は管腔臓器に留まらず、私達が腹腔鏡下手術用に開発した実質臓器の固形腫瘍用に開発した磁性ニードルによって実質臓器の病変部位

Fig. 2 Magnetic control device for fixing at abdominal-wall and cylinder for setting.

Fig. 4 The scene of insertion of Magnetic control device through the rectal hole for NOTES.

Fig. 3-1 Magnetic tap fixed at greater curvature side of stomach.

Fig. 5 The tip of magnetic control device placed at abdominal wall. This device can release the magnetic field ranged zero to 520 mT.

Fig. 3-2 Magnetic tap fixed near the tumor of colon.

Fig. 6 The scene of magnetic needle detection in lymph-node. The size of magnetic needle is 0.5×5.0 mm. The magnetic control device fixed abdominal or thoracic wall can hold lymph-nodes, segment of liver and lung.

の検出や把持にも応用可能である⁹⁾。Fig. 6は磁気ニードルを配置したリンパ節から発する磁力線を検出している図であるが、このようにリンパ節や実質臓器に磁力あるいは金属性のニードルを設定することによって腹壁設置型磁気デバイス把持が可能となる。

(2) 他の手術補助デバイスの把持・固定

腹壁に設置した本デバイスを使用すれば、金属タップや磁気タップを配置した臓器のみならず手術補助デバイス自体を腹腔内において腹壁に固定することが可能である。たとえば、Light Emitting Diode (LED) などの照明器具を腹腔内に設置した無影灯の様に使用することも可能である。また、大腸腫瘍手術で問題となる小腸による視野障害を本デバイスによって固定された小腸包埋用塩化ビニールバックにて視野外に固定することによって著しい視野の改善も見込める。以上の内容は当科が提出した特許にて参照いただきたい。

5. 完全腹壁内設置型ワイヤレス磁性把持デバイス

今後 NOTES の進む方向は、腹腔内で多機能を発揮するデバイスを開発することによって手術適応を拡大してゆく方向と、現存する内視鏡用デバイスで処置可能な範囲に手術適応を限定していく方向が考

えられる。私たちが現在模索している NOTES 用の腹壁固定用多機能手術補助デバイスのイメージを Fig. 7 に示す。デバイスは内視鏡と同様の円柱状で内視鏡先端に装着し腹壁に Natural Orifice を経由して装着可能なものとなろう。問題は腹壁への装着の容易さと腹壁固定の強度となる。本デバイスを考える上でもう一つの問題が、腹壁を介してコマンドを伝達するワイヤレス用電波の仕様である。より確実なコマンドを伝えるのであればデジタル波の使用が必須であるが、私達の豚を使用した試験では FM 周波数帯が最も透過率が良く、一定の動作安定性を示した。当然 AM 周波数帯では動作が不安定となり臨床使用は不可能と考えられえたがデジタル波では組織透過性に問題があり、確実な送受信を可能とするためには手術環境における電波使用上の問題点が存在していた。現在いかに小さな出力で手術室の他のデバイスに影響を与えることなくデジタル送受信を可能とするかを様々な電磁波を使用してテスト中である。

6. まとめ

NOTES における手術補助デバイスの開発は、内視鏡における限られた鉗子孔のデメリットをいかに補充しうるかが問われ、1:内視鏡に装着可能であり、2:腹腔内より腹壁に装填可能な、3:ワイヤレスデバイ

Wireless control type m-DMSTO without needle perforation of abdominal wall: this type mDOMST set by endoscope by NOTE.

We have already started making for trial purposes and tied using pigs. We will show you at next congress.

Fig. 7 This image model is wireless type multipurpose magnetic device. This model can be fixed at abdominal wall through the hole for NOTES and controlled by electromagnetic wave.

スが開発のキーワードとなると思われる。その点で磁力と電磁波が注目されるが、腹壁を介する両者の設定条件が課題となると考えられた。

文 献

- 1) Intraoperative localization of early-stage upper gastrointestinal tumors using a magnetic marking clip-detecting system. Surg Endosc 2007 May; 21(5): 810-5. Epub 2007 Feb 6.
- 2) Intraoperative localization of early-stage gastrointestinal tumors using a marking clip detector system. Surg Technol Int 2005; 14: 79-83.
- 3) Intraoperative localization of colorectal tumors in the early stages using a magnetic marking clip detector system (MMCDs). Surg Endosc 2003 May; 17(5): 692-5. Epub 2003 Mar 7.
- 4) Intraoperative localization of colorectal tumors in the early stages using a marking clip detector system. Dis Colon Rectum 1999 Oct; 42(10): 1353-5.
- 5) Solid tumor resection by use of a highly sensitive micro-magnetic needle detection system. Surg Technol Int 2007; 16: 66-71.
- 6) Antifogging effects of a socket-type device with the super-hydrophilic, titanium dioxide-coated glass for the laparoscope. Surg Endosc 2007 Feb; 21(2): 333-8. Epub 2006 Dec 13.