

## 磁石圧迫吻合術による腸管・胆道閉塞の治療：

## 山内法の開発と臨床評価

山内栄五郎 熊野 玲子 小林 憲 服部 貴行  
松本 純一 大西 毅 早川美奈子 谷 一朗

聖マリアンナ医科大学横浜市西部病院放射線科

Treatment for Bowel or Biliary Obstruction by Magnetic Compression Anastomosis  
Development of Yamanouchi 's Method and Its Clinical EvaluationEigoro Yamanouchi, Reiko Kumano, Ken Kobayashi, Takayuki Hattori,  
Junichi Matsumoto, Takeshi Oonishi, Minako Hayakawa and Ichiro Tani  
Department of Radiology, St. Marianna University Yokohama Seibu HospitalKey words: Magnetic compression anastomosis( 磁石圧迫吻合術 ), Yamanouchi 's method( 山内法 ),  
Magnetic compression revision anastomosis for stenosis ( 磁石圧迫吻合部狭窄解除術 )

## はじめに

磁石圧迫吻合術(山内法)は強力な希土類永久磁石を吻合したい腸管同士の内腔へ留置し、吸着させておくことにより自然に吻合を形成するまったく新しい治療手技である<sup>1-2</sup>。この手技によれば全身麻酔や開腹手術などをすることなく手術と同様な吻合を形成することができる夢のような手技であり、全身麻酔のかけられない患者や腹膜播種により腹水貯留を来したような患者にも吻合を形成することが出来るため、今後ますますその応用が広がるものと期待されている。

この手法は既に臨床で60例以上に施行されており、その成功率も極めて満足いくものである<sup>3-7</sup>。ここではその磁石圧迫吻合術とともに新しい適応である磁石圧迫吻合部狭窄解除術についても簡単に述べてみた。

## 1. 磁石圧迫吻合術の原理

この手法を思いつくにいたったきっかけであるが、今から14年前の小児の貼付用磁石治療器具(ピップエレキパンTM)の誤嚥による腸閉塞症例において、吸着しあった磁石同士の部分に吻合が形成されていたという事実に基づいている<sup>8</sup>。このことから大きく強い磁石を用いたならば成人にも同様な吻合を形成する

ことが可能ではないかと考え、多くの試行錯誤と実験の結果、最終的に臨床応用出来るところまで技術的に完成させることが出来た。

実際には、腸管の狭窄部位を迂回するように2個の磁石を留置し吸着させると、磁石間に挟まれた2つの腸管壁は徐々に虚血壊死におちいる。この時、接し合った腸管壁同士は癒着し孔が開き、やがて融合し溝となり磁石周囲を取り囲むようになる。この溝が磁石周囲を1周すると磁石は吻合部から切り離され、きれいな層々吻合が完成する(図1)。

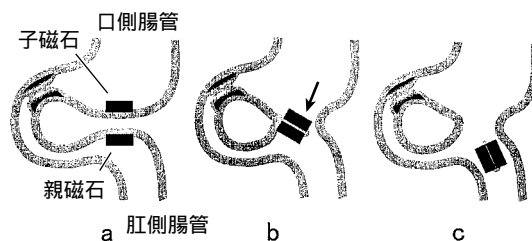


図1 腸管 腸管系磁石圧迫吻合術模式断面図

a. 狭窄部を挟んで親磁石、子磁石をそれぞれ肛側腸管と拡張した口側腸管内へ留置したところ。  
b. 磁石周囲に孔が開き(矢印)、それらがつながって溝になり磁石周囲を取り囲むようになる。  
c. 一塊となった磁石は腸管壁から離脱するが、この時狭窄の口側の拡張した腸管内圧の方が高いことより、肛側腸管内へ移動しやがて排泄される。

## 2. 適応および禁忌について

総胆管 腸管吻合については腹腔鏡下胆嚢摘出術後の総胆管閉塞，胆管空腸吻合術後の吻合部狭窄，慢性膵炎による総胆管閉塞，胆管癌による総胆管閉塞など様々な総胆管閉塞疾患に対し実施してきており，非常に良い結果が得られていることよりほとんどの病態に対し適応があるものと考えられる<sup>6,7</sup>．特に近年増えてきた肝移植後の胆管空腸吻合部狭窄などに対しては再手術が避けられる点からも良い適応と考えられる．

腸管 腸管吻合については様々な原因による腸閉塞や，迷走神経切除後の胃の機能的通過障害などにも施行してきており良い結果を得ている．また胃全摘術後の食道 空腸吻合において，スティック柄の部分で食物により拡張し本管の空腸が閉塞するような病態に対しても施行し良い成果を得ている．よって磁石が留置できるならば様々な病態に対し適応になるものと考えられる<sup>8</sup>．

吻合できる臓器の距離的な適応は，総胆管 腸管吻合の場合は3 cm 以下，腸管 腸管吻合では4 cm 以下を一応の目安にしている．実際にはそれ以上の距離であっても押しついたりして吸着できることも多く，また固定されている腸管でないならば体外磁石誘導により長い距離を移動させて吸着させるようなことも可能なので，この適応距離はそれほど絶対的なものではない．

次に禁忌についてであるが，磁力は強力であるものの15 cm も離れるとその影響はほとんど無視できるため，ペースメーカーを入れている患者などでも腹部への留置はまったく問題ない．

この手技を行おうとして1個の磁石を腸管内などへ落としてしまい，続けてもう1個の磁石を入れようとするのは絶対的な禁忌である．これは3個以上の磁石が腸管内にあった場合，予測できない吻合が形成される危険があるためである．このような場合は落とした磁石が排泄させるまで待つのが鉄則である<sup>7</sup>．

## 3. 検査，磁石について

### 1) 術前術後の検査

術前の検査としては総胆管 腸管吻合では経皮経肝的胆道ドレナージ(PTBD; percutaneous transhepatic biliary drainage) 造影検査は必須であり，またCT や3 D-CT を行い，吻合しようとする腸管同士の距離測定や，重要な臓器が磁石間に挟まれないかの確認も必要である．また術中に超音波装置を用意し磁石の吸着後肝動脈や門脈の血流が阻害されていないかドップラーモードで確認することもある．

腸管 腸管磁石圧迫吻合ではイレウスチューブの挿入とその造影は必須であることが多く，大腸と吻合しようとする時には術前の注腸検査も必須である．

術後の検査としては単純写真で十分であるが，磁石間の間隙が分かるように磁石軸に対して垂直に撮影することが大切であり，できれば最初の1週間は毎日あるいは2日に一回は撮るようにする．

また当然のことであるが磁石が体内にある間はMRI による検査は禁忌である．

### 2) 磁石について

磁石圧迫吻合術に用いられる磁石は安全性が確立されたサマリウム コバルト(Samarium-Cobalt:Sm-Co) 系希土類磁石である<sup>9</sup>．

磁石は吻合したい臓器同士の中へ1個づつ入れることから2個で1セットになっている．総胆管 腸管吻合，腸管 腸管吻合のいずれにおいても肛側腸管内へ留置する磁石を親磁石と呼び，総胆管あるいは口側腸管内へ留置する磁石を子磁石と呼んでいる(図2)．

総胆管 腸管吻合に用いる磁石のセットにおいては十二指腸あるいは遊離挙上空腸に留置する親磁石は子磁石より底面積が大きく作られている．これは吻合形成後に一塊となった磁石が肛側腸管の方へ抜けるようにするためである．これに対し腸管 腸管吻合に用いる磁石は同じ直径の円盤状の磁石を用いることが多いが(図3)，これは腸閉塞では口側腸管内圧の方が高く，遊離した磁石は自然に肛側腸管内へ流れていくからである．

磁石圧迫吻合術では子磁石が親磁石側の肛側腸管内へ貫通するのが正しい経路である．時にいろいろな要因により親磁石が子磁石側の総胆管や口側腸管内へ貫通することがあるが，このような時には磁石が排泄されなかったり，回収に困難を伴うことがある．

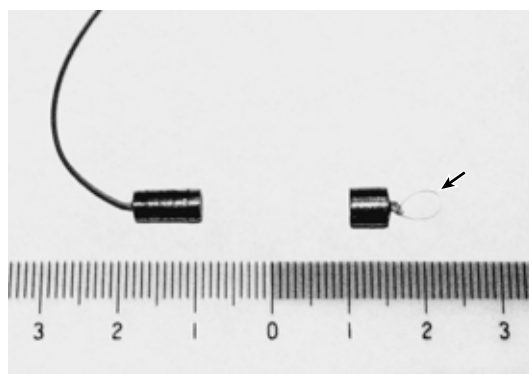


図2 総胆管 腸管吻合用磁石  
親磁石(右;直径5 mm,長さ5 mm,3,700 ガウス)は内視鏡の把持鉗子で掴めるように取っ手(矢印)がついている．また子磁石(左)に比べ底面積がやや大きいのが分かる．子磁石(直径4 mm,長さ9 mm,3,200 ガウス)は吸着面の反対側に操作用のガイドワイヤーが付いており，これは磁石吸着後，子磁石が肛側腸管内へ正しく進入するため，常に押す力かける目的にも用いられる．

また留置手技については総胆管 腸管吻合においては子磁石は経皮経肝の胆管ドレーンルートより挿入し、親磁石は内視鏡にて十二指腸他の腸管へ持っていくことが多い(図4)。腸管 腸管吻合においては子磁石は口側腸管から持っていき、親磁石は狭窄を越えて搬送したり、肛側腸管から持っていくなど症例により様々である(図5)。

3) 体外磁石誘導

腸管内の磁石を体外から自由に誘導したり、任意の部分に止めておくためには体外から強力な磁石で誘導したりすることが必要であり、磁石圧迫吻合術にとって必須の手技でもある<sup>10</sup>。用いられる磁石はネオジウム

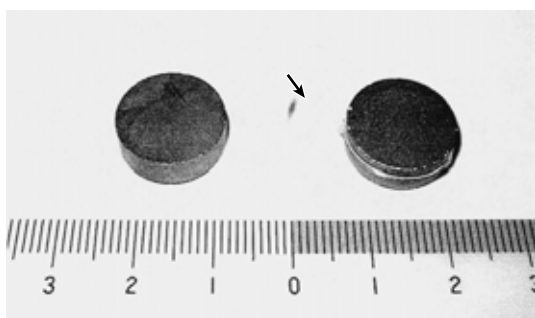


図3 腸管 腸管吻合用磁石

写真は直径 15 mm, 厚さ 5 mm, 3,200 ガウスの Sm-Co 磁石。内視鏡にて把持するためのナイロン糸が、どちらの面が吸着してもいいように側面に付いている(矢印)。症例によってはこの他直径 17.5 mm (2,800 ガウス), 20 mm (2,300 ガウス), 厚さはともに 5 mm の磁石が用いられる。

鉄 ボロン (Neodymium-Iron-Boron: Nd) 系希土類磁石であり、これにより体内の磁石を腸管内の任意の部分に自由に誘導したり、止めておくことが可能である。

4) 摂食の開始

総胆管 腸管吻合においては磁石留置後すぐに摂食が可能であり、摂食により磁石がはずれるようなことはない。腸管 腸管吻合においても磁石留置後すぐに摂食は可能であるが、多くは腸閉塞であるため実際には磁石が排泄されるまでは食事が摂れることは少ない。

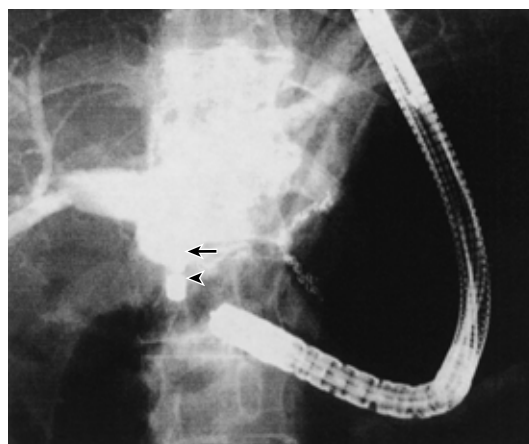


図4 磁石圧迫吻合術により総胆管 十二指腸吻合を行っているところ  
総胆管内の子磁石(矢印)と内視鏡にて十二指腸内へ運んだ親磁石(矢頭)が吸着した直後の写真。

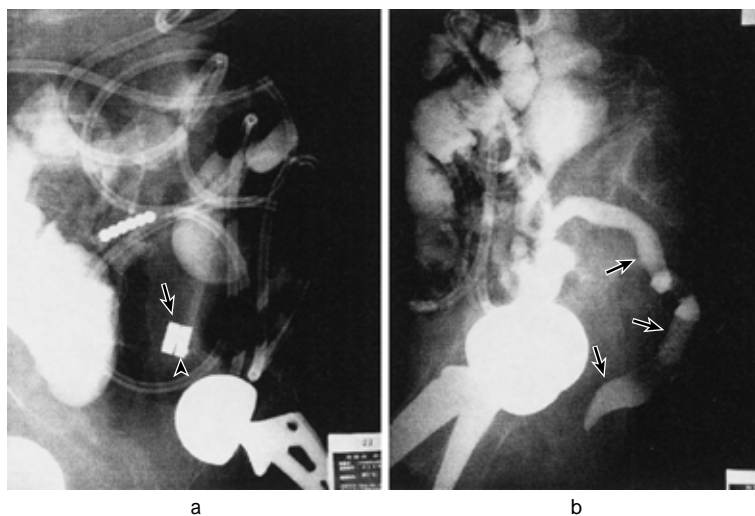


図5 磁石圧迫吻合術により回腸 S状結腸吻合を行っているところ  
飲み込ませて体外より狭窄部手前の回腸まで誘導した子磁石(矢印)と内視鏡にてS状結腸へ運んだ親磁石(矢頭)が吸着したところ(a)。吻合完成後イレウスチューブより造影すると吻合部を通りS状結腸、直腸(矢印)が造影されているのが分かる(b)。

#### 4. 磁石圧迫吻合部狭窄解除術

##### 1) 術後の良性吻合部狭窄とは

術後の吻合部に早期に見られることが多い良性の狭窄であり、生検しても再発などは認められない。多くは肉芽の増生、余剰粘膜、あるいは捻れた吻合によるもので、内視鏡は容易に通過し balloon で簡単に拡張されるものの、何回拡張しても元に戻ってしまい効果がないことがほとんどである。また良性狭窄なので expandable metallic stent (EMS) の留置には慎重さが求められ、積極的に留置されることは少なく、結果として再手術されるものがほとんどである。

##### 2) 原理

このような病変に対し余剰な粘膜や増生した肉芽を挟み込むように磁石を留置し、つまみ取って吻合部の狭窄を解除しようとして始まったのがこの手技である。挟み込んだ磁石はやがて自然に落下し排泄されることになる。

##### 3) 手技

もっとも問題となるのはどのようにして狭窄部の肛側へ磁石を搬送するかである。この狭窄を越えて搬送する方法は6つほどあり、通常はそのうちの3つがよく利用されている。1つは磁石について小さな輪にガイドワイヤーを通し、モノレールのように搬送していくモノレール磁石搬送術である。1つは親磁石の先端にキャラメルで出来た円錐状のコーンをつけて、同軸で一体となった子磁石を含めて内視鏡で押して行くキャラメルコーン磁石同軸搬送術である。もう1つは親磁石の側面にガイドワイヤーを通し、搬送していく横這い磁石搬送術である。この横這い磁石搬送術は親磁石を落ち込まないように吊り上げ固定する時があり、このような時には横這い磁石搬送吊り上げ固定術として利用される。

#### 5. 成績および合併症ほか

##### 1) 磁石圧迫吻合術

現在までのところ 65 症例に施行し、確認のとれた 62 症例においてほぼ 100% 吻合を形成することに成功している<sup>11, 14</sup>。

65 症例のうち総胆管 腸管吻合は 20 症例であり、手技が未完成であった最初の症例を除いては最長 3 年以上経過観察するも再狭窄などはなく、また逆行性胆管炎などを生じた症例もなく極めて満足する成績を残している。

腸管 腸管吻合は 45 症例であり、良好な成績を残している。磁石留置後 1 日ぐらいいは軽い腹痛を訴えることがあるが、これは吸着し合った磁石により局所的な虚血が生じてきているためであり 鎮静剤の投与など

保存的療法のみで通常は十分である。

しかし合併症が 2 症例において認められている。1つはリークであり、これはイレウスチューブによる減圧ができず腸管内圧が高かったため、経皮的ドレナージにより手術することなく治癒し経口摂取が可能となった。もう1つは大腸 大腸吻合の 1 症例において回腸を挟み込んだものがあり、これは手術による修復が必要であったものの、その後は軽快し退院となった。

磁石間に血管を挟むと危険なのではないかとよく質問を受けるが、実験では腸管膜や腸管の表面の血管などは挟んでも問題はなく、また臨床例においても腸管壊死や出血が問題となった例は今のところない。

また、腸管 腸管吻合の 20~25% ほどの症例において早期の再狭窄が生じることが判明してきている。これは磁石が早く穿通し腸管内に遊離すると、粘膜同士につながりが不十分なところが残るため、これが潰瘍となりその修復過程で癒痕収縮により引きつれが生じ、狭窄するためであることが分かってきた。この防止のため磁石と円柱ステントが一体となった Eigorotta Yamachicchi Stent が考案され、動物実験では素晴らしい成果が得られてきており<sup>15</sup>、今後の臨床展開が待たれる。

##### 2) 磁石圧迫吻合部狭窄解除術

現在までに食道癌術後の 5 症例、胃癌術後の 3 症例、計 8 症例に施行し、いずれにおいても狭窄の解除 軽減に成功している。

#### 6. おわりに

磁石圧迫吻合術は、全身麻酔が不要である、開腹手術が不要であるという大きな 2 つの特徴により、今後ますます各方面の臨床現場において利用されていくものと考えられる。

また良性の術後吻合部狭窄に対しては今まで再手術しか方法がなかったのが実状である。再手術は患者、術者双方にとって大きな負担となることより、この磁石圧迫吻合部狭窄解除術も今後ますますその応用を広げていくのではないかと考えられる。

今はまだ実験室段階の血管系の磁石圧迫吻合術も、いくつかの問題が徐々に解決されつつあることより、やがて臨床応用が可能となると考えられる<sup>16</sup>。

#### 文 献

1. Yamanouchi E, et al: A New Interventional Method: magnetic compression anastomosis with rare-earth magnets. Cardiovasc Intervent Radiol (United States) 1998; 21 Suppl 1: S 155.
2. 山内栄五郎, ほか: 磁石圧迫吻合術(山内法)の黎明. 治療学 1999; 33: p 1226 1230.
3. Yamanouchi E, et al: Further development of magnetic

- compression anastomosis by extracorporeal magnetic guidance: three clinical cases in bowel loops. Cardiovasc Intervent Radiol( United States )22 Suppl 1999; 2: S 174.
- 4 . Yamanouchi E, et al: Further Development of Magnetic Compression Anastomosis by Extracorporeal Magnetic Guidance: Four Clinical Bowel Loop Cases. Radiology 1999; 213( P ): 302.
  - 5 . Yamanouchi E, et al: Review of 22 Clinical Cases of Magnetic Compression Anastomosis ( MCA ) JVIR 2000; 11( 2 ) 265.
  - 6 . 山内栄五郎, ほか: 膵・胆道疾患に対する IVR 新しい技術の開発について . 日本血管造影 IVR 学会誌 2000; 15: 56 61.
  - 7 . Takao S, Matsuo Y, Shinchi H, Nakajima S, Aikou T, Iseji T, Yamanouchi E: Magnetic compression anastomosis for benign obstruction of the common bile duct. Endoscopy 2001; 988 990: 33 ( 11 )
  - 8 . 山内栄五郎, ほか: 磁石圧迫吻合術 ( 山内法 ) による消化管 IVR のあらたな展開 手術せずに腸管吻合ができる夢のような IVR 手技 . 医学のあゆみ 2000; 194: 28 33.
  - 9 . 大久保摩利子, ほか: 複数の磁石誤飲による腸穿孔の 1 例 . 小児科 1991; 32: 743 745.
  - 10 . 山内栄五郎, ほか: 磁石圧迫吻合術 ( 山内法 ) における磁石選択の考察 . 医工学治療 2000; 12: 786 790.
  - 11 . 山内栄五郎, ほか: 手技の解説 磁石圧迫吻合術 ( 山内法 ). 臨床消化器内科 2000; 15: 701 706.
  - 12 . Yamanouchi E, et al: Review of 30 Cases of Magnetic Compression Anastomosis ( MCA ) Radiology 2000; 217 ( P ): 584.
  - 13 . 山内栄五郎, ほか: 磁石圧迫吻合術 ( 山内法 ). 日本腹部救急医学会雑誌 2001; 21: 115 122.
  - 14 . 山内栄五郎, 池田隆久, 中村龍治, 杉浦孝司, 萩原 優: 磁石圧迫吻合術 ( 山内法 ) 手術 2001; 55( 10 ) 1517 1523.
  - 15 . Yamanouchi E, Kumano R, Sugiura T, Matsumoto J, Hayakawa M, Imanishi Y, Ikeda T, Nakamura R, Kobayashi KC, Omae K, Iinuma Y, Oonishi T: A Proposal of A New Stent ( Eigorotta Yamachicchi Stent ) for Magnetic Compression Anastomosis ( MCA ) Radiology 2001; 221( P ): 106.
  - 16 . 山内栄五郎, ほか: 磁石圧迫吻合術 ( 山内法 ) の血管応用及び実験モデル作製の研究 . 東京女子医科大学総合研究所紀要 2000; 20: 62 63.
-