

小児分野におけるダブルバルーン内視鏡の活用

山本博徳

自治医科大学光学医療センター, 富士フィルム国際光学医療講座

Usefulness of double-balloon endoscopy in pediatric patients

Hironori Yamamoto

Endoscopy Center, Department of Endoscopic Research and International Education, Jichi Medical University

Abstract Double-balloon endoscopy (DBE) is a relatively new diagnostic and therapeutic modality that has enabled endoscopic approach to all segments of the small intestine. It has been used not only in adult but also in pediatric patients. It has been shown to be safe and effective in pediatric patients as well. In several pediatric diseases such as Meckel's diverticulum and Peutz-Jeghers syndrome, DBE enabled non-surgical diagnosis and/or treatment. Moreover, DBE enabled an endoscopic approach to the biliary tract in patients with Roux-en-Y anastomosis. Biliary stenosis after living-donor liver transplantation can be managed with endoscopic balloon dilatation and stent placement using DBE.

DBE is a clinically useful endoscopic procedure in pediatric patients as well.

Keywords Double-balloon endoscopy (DBE), Meckel's diverticulum, Peutz-Jeghers syndrome

はじめに

ダブルバルーン内視鏡は小腸全域の内視鏡観察を可能とするために著者が考案し¹⁾, フジノン株式会社(現富士フィルム株式会社)が開発した新たな挿入原理に基づく内視鏡である²⁾. 従来の内視鏡に比べて内視鏡そのものの構造には大差は無いが, 内視鏡先端とそれにかぶせて使用するオーバーチューブの先端に腸管把持用のバルーンを設けることにより従来の内視鏡では出来なかった優れた挿入性と操作性を実現させた.

小児科の領域においてもメッケル憩室からの小腸出血, Peutz-Jeghers症候群に伴う小腸ポリープ, 誤嚥による小腸異物などこれまでは内視鏡検査の適応外と考えられ, 開腹手術が行われてきた疾患があるが, ダブルバルーン内視鏡の利用でこれらの疾患に対しても内視鏡的アプローチが可能となっている.

また, 生体肝移植後の肝空腸吻合部胆道狭窄は比較的頻度の高い合併症と考えられているが, Roux-en-Y吻合による再建のために従来の内視鏡では内視鏡的アプローチがほとんど不可能であり, 経皮経肝的アプローチしか選択はなく, 治療に難渋することが多かったようである. ダブルバルーン内視鏡はその優れた挿入性と挿入後の優れた操作性を発揮し, Roux-en-Y吻合術後の輸入脚への内視鏡挿入を高率に可能とし, 術後再建腸管を持った患者のERCPなどの胆道系処置にも応用されている. 我々の施設では小児外科, 移植外科と消化器内科の協力の下, 生体肝移植後の肝空腸吻合部胆道狭窄に対する内視鏡的拡張術やステント留置などの治療を行い良好な成績を収めている.

本総説ではダブルバルーン内視鏡の原理から特に小児領域での活用を中心に解説させていただく.

ダブルバルーン内視鏡の原理

ダブルバルーン内視鏡の挿入原理の発想はプッシュ式の挿入法で挿入困難となる理由は何かという疑問から始まった。

小腸内に内視鏡を挿入していく際にプッシュ式の挿入法では内視鏡が複雑なループを形成し、内視鏡に加えた挿入の力が内視鏡先端に伝わらなくなってしまう。これまではループを形成することが挿入困難となる原因だと考えられ、深部挿入を可能とするためには内視鏡の直線化ばかりが考えられてきた。しかし内視鏡挿入が困難となる本当の理由は内視鏡の屈曲そのものではなく、屈曲した腸管が伸展されるためだと考えたのである。つまり、通常のプッシュ式挿入ではFig.1上段に示すように内視鏡シャフトを挿入しても、挿入した長さが腸管の伸展のために費やされてしまうため、有効に内視鏡先端に伝わらず、内視鏡先端は進まない。この問題を解決するために先端にバルーンがついた柔軟なオーバーチューブを用い、内視鏡先端が既に通過した部分の腸管の伸展を抑制することとした。オーバーチューブ先端のバルーンを膨らませることで、腸管を内側から把持し、オー

バーチューブ先端が抜けてくることを防止するのである。オーバーチューブ自体は柔軟に屈曲する一方で伸展はしないため、屈曲やループが存在してもオーバーチューブ先端のバルーンで把持されている腸管も同様に伸展しない。このため、内視鏡シャフトを挿入した長さが腸管の伸展のために費やされることなく有効に内視鏡先端に伝わり、オーバーチューブ先端のバルーンを固定点として内視鏡を深部へ進めることが可能となる(Fig.1下段)。

より深部に内視鏡を進めるためには内視鏡先端が深部に挿入されたら再びオーバーチューブも内視鏡に沿わせて深部に進めなくてはいけない。その際内視鏡先端が抜けてくるのを防止する目的で内視鏡先端にもバルーンが装着されダブルバルーン内視鏡の形となっている。

このように二つのバルーンで交互に腸管を把持、固定しながら内視鏡を挿入していく手技は単に腸管の伸展を防止するのみでなく、腸管を積極的に短縮しながら形状を整え、内視鏡挿入に有利な形として挿入を進めていけるため小腸深部への内視鏡挿入を可能とした。

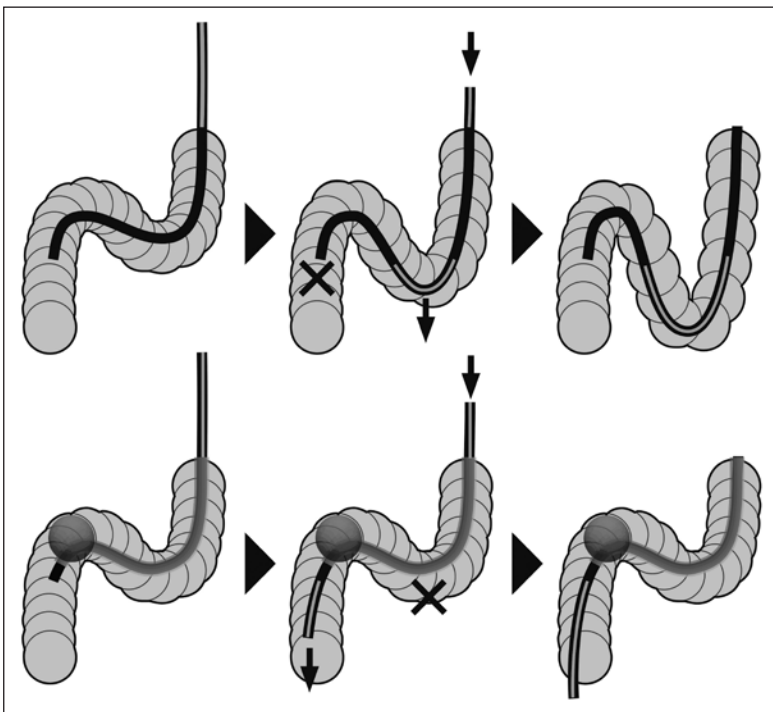


Fig.1
Upper column, Stretching of a curved intestine during insertion of an endoscope.
Lower column, Inhibition of stretching the intestine by the balloon-attached overtube.

ダブルバルーン電子内視鏡システム

先端にバルーン装着を可能とした専用内視鏡、バルーン付きオーバーチューブ、バルーンの拡張・脱気用ポンプから構成されている (Fig.2)。専用内視鏡は有効長200 cm、外径8.5 mm、鉗子口径2.2 mmの汎用内視鏡 (EN-450P5/20 : Fujifilm)、有効長200 cm、外径9.4 mm、鉗子口径2.8 mmの処置用内視鏡 (EN-450T5 : Fujifilm)、有効長152 cm、外径9.4 mm、鉗子口径2.8 mmの大腸・術後腸管処置用内視鏡 (EC-450BI5 : Fujifilm) の3種類が市販されている。いずれの内視鏡も先端バルーンのためのエアポートを内蔵している。オーバーチューブは小腸用が長さ145 cm、大腸・術後腸管用は105 cmの軟性チューブで先端にバルーンが装着されており、チューブの内・外面は親水コーティングが施されている。P5用のオーバーチューブは外径12.2 mm、T5、BI5用は13.2 mmである。バルーンはどちらも厚さ0.1 mmのラテックス製で非常に柔らかいものである。バルーンへの送気、脱気は専用ポンプにより拡張圧をモニターしながらワンタッチで行えるようになっており、45 mmHgの圧設定で使用している。この45 mmHgの圧力は動物実験で求めた内視鏡挿入に必要な把持力を持たせるための必要最小限の圧であり、バルーンの拡張により被検者が苦痛や不快を訴えることがない程の低圧である。

ダブルバルーン内視鏡の特徴

ダブルバルーン内視鏡の特徴は優れた挿入性に加え、深部小腸でも保たれる優れた操作性にある。

ダブルバルーン内視鏡は内視鏡先端のバルーンとオーバーチューブ先端のバルーンで腸管を交互に把持しながら挿入していく。この挿入の過程でオーバーチューブ先端を内視鏡先端まで進めた際、両者のバルーンを拡張して腸管を把持した上でオーバーチューブを内視鏡とともに軽く引くことによりすでに挿入された腸管をオーバーチューブ上に畳み込んで短縮し、これから挿入していく腸管を伸展して単純化する。この操作により内視鏡の有効長を最大限に利用するのみならず内視鏡挿入が容易な形に腸管の形を整えた上で挿入が可能となる (Fig.3)。このようにダブルバルーン内視鏡では腹腔内で固定されずに可動性のある小腸の性質を利用して短縮した上で挿入の容易な形に整えて深部挿入を進めていくため従来のプッシュ方式とは比べ物にならない挿入性を実現した。また、ダブルバルーン内視鏡の特徴はこの挿入性のみならず、深部挿入された後でも保たれる内視鏡の操作性にあるといえる。なぜなら内視鏡の動きはオーバーチューブのバルーンによる小腸の固定点を基点としてコントロールされるため深部小腸においても優れた操作性が発揮されるのである。

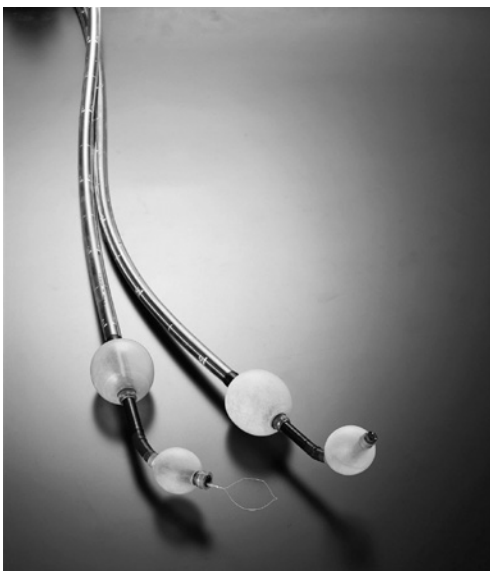


Fig.2 a : Double-balloon endoscope a | b
b : Balloon controller with balloon monitor

このバルーンによる固定点はどこでも自由に置く事ができるので小腸の任意の部位で往復観察が可能である。また、四方向のアングル操作が可能で鉗子口も備えているため狙撃生検や内視鏡治療も可能である。

この挿入原理は腸管蠕動に頼るものではないのでダブルバルーン内視鏡は経口的、経肛門的のいずれのアプローチでも挿入可能であり、病変の存在部位が予測される場合は近いほうからのアプローチを選択できる。また、両方のアプローチを組み合わせることにより高率に全小腸の内視鏡観察が可能である³⁾。

そのほかの特徴としてはRoux-en-Y吻合の輸入脚など手術でバイパスされた腸管への挿入も可能であり⁴⁾、これまで内視鏡到達ができなかったような術後腸管でのERCPにも応用可能である。大腸内視鏡の挿入困難例に対する大腸内視鏡検査としても有用であり、通常の方法では内視鏡挿入が

出来ないような癒着症例においても全大腸内視鏡観察が可能となる。また、バルーンで腸管を閉塞して造影剤の逆流を防止した上での選択的造影X線検査も可能である。

小児分野における活用

2000年9月から2008年10月までの間で我々の施設で825症例に対してDBEが施行されたが、そのうち48症例に対する92回の検査が18歳以下の小児に対する検査であった。これらの経験に基づくデータを分析し、DBEは小児においても安全に施行可能で有用性の高い検査であることを報告した⁵⁾。

1. メッケル憩室

小腸内視鏡検査の適応として最も頻度が高いのが通常の上下部消化管内視鏡で出血源が不明である消化管出血、いわゆる obscure gastrointestinal bleeding (OGIB) である。小児分野においてはそ

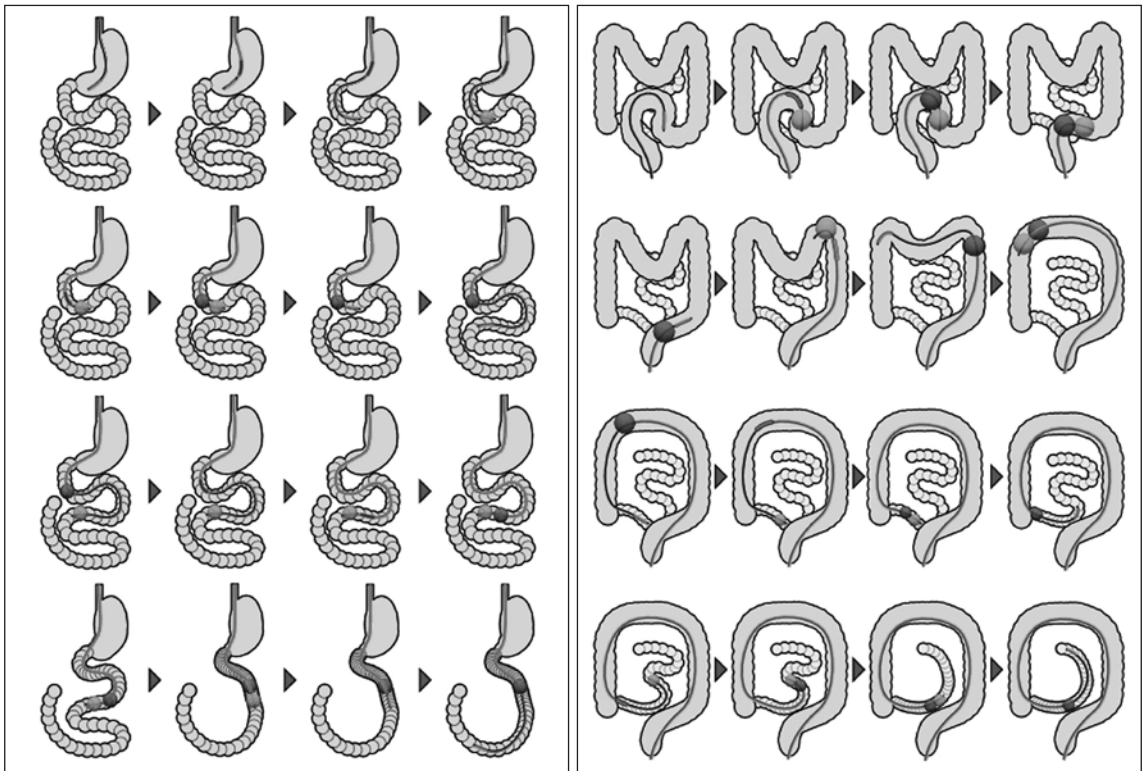


Fig.3 a : Insertion images through the mouth (Copyright Tomonori Yano, Jichi Medical University) a | b

b : Insertion images through the anus. (Copyright Tomonori Yano, Jichi Medical University)

の原因となる代表的な疾患にメッケル憩室がある。これまではメッケル憩室からの出血が臨床的に疑われても小腸を直接観察する手段が無く、CT・小腸二重造影などでもメッケル憩室による潰瘍を同定することは非常に困難であり開腹手術を経て診断されることが多かった。メッケル憩室の検査としてメッケルシンチがあるが、メッケルシンチは感度が不十分で、陰性でも存在を否定できないだけでなく、陽性でも潰瘍の有無まではわからず、出血源と断定することも出来ない。現在、小腸出血疑いの際の小腸検査法としてカプセル内視鏡が保険適応となり広く活用されている。しかし、カプセル内視鏡では出血をとらえることは出来てもメッケル憩室自体の診断や、それに伴う潰瘍の有無までを確実に鑑別することは困難であり、憩室に滞留してしまう可能性もある。

メッケル憩室は回盲弁から約1mまでと小腸では比較的近い距離に存在するためダブルバルーン内視鏡の経肛門的挿入により通常容易に到達可能である。ダブルバルーン内視鏡による観察ではメッケル憩室そのものの存在のみでなく、それに伴う潰瘍形成有無も診断できるため出血源としての診断に有用性が高い(Fig.4)⁶⁾。術前に確定診断をつけ、内視鏡下に点墨を置くことにより腹腔鏡補助もしくは小切開の低侵襲な手術で治療が可能となる。

2. Peutz-Jeghers症候群

Peutz-Jeghers syndrome (PJS)は口唇、口腔内などの色素沈着と消化管の過誤腫性ポリポシスをきたす疾患であり、PJSにおける消化管ポリープは食道を除くすべての消化管に認められ、とくに小腸で頻度が高いことが知られている。消化器症状をきたす前に、色素沈着を指摘され小児期に診断されることは多いが、小児期には検査が難しいこともあり、多発する小腸ポリープの増大により腸重積、出血をきたし、緊急手術を余儀なくされてきた。

ダブルバルーン内視鏡により、小腸の内視鏡検査が可能になったのみならず、小腸における内視鏡治療も行えるようになった。PJSにおいても小腸内に発生したポリープに対してダブルバルーン内視鏡を用いたポリペクトミー、EMRが可能であり(Fig.5)、開腹せずにポリープを切除して腸重積、出血などの合併症を予防することができるようになった⁷⁾。

3. 生体肝移植後ERCP

先天性胆道閉鎖症などの重篤な肝疾患に対して小児領域で肝移植が行われることはまれではなくなっている。その際に日本では生体肝移植が行われることが多く、生体肝移植後の吻合部胆道狭窄は比較的頻度の高い術後合併症である。生体肝移植が行われた場合、腸管はRoux-en-Y吻合をなさ

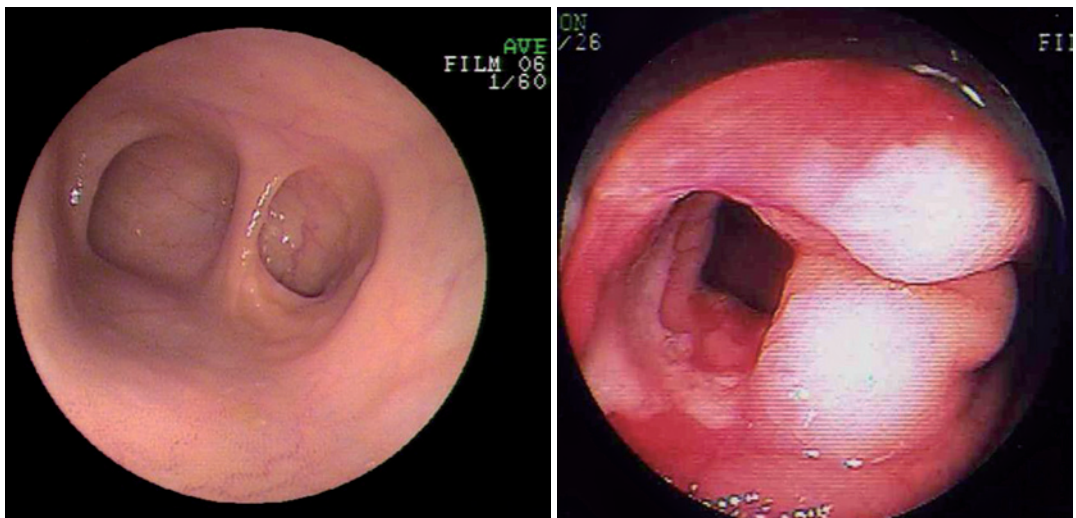


Fig.4 a : Endoscopic image of Meckel's diverticulum without ulceration
b : Endoscopic image of Meckel's diverticulum with an ulcer at its opening

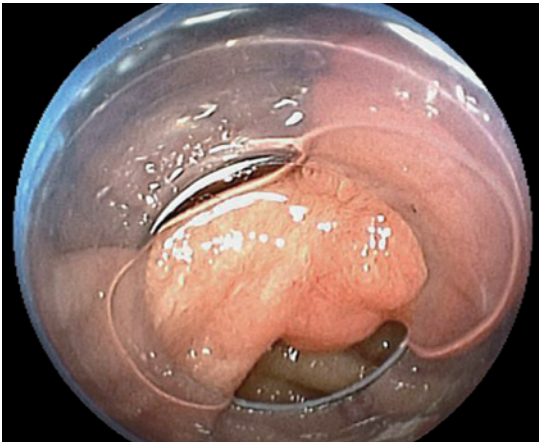


Fig.5 Endoscopic image of a pedunculated polyp in the jejunum

れていることが多い。この場合通常の内視鏡挿入では肝空腸吻合部への内視鏡到達は極めて困難であり、内視鏡的治療ができないことが多かった。

DBEを用いるとRoux-en-Y吻合の輸入脚へ選択的に内視鏡を挿入し、肝空腸吻合に到達することが高率に可能となる。DBEにより、吻合部胆道狭窄に対して内視鏡的バルーン拡張術やステント留置が可能となり、予後の改善に貢献している^{5,8)}。

まとめ

DBEにより小腸疾患の内視鏡検査、治療が可能となった。小児領域においても小腸疾患のためにこれまで開腹手術を余儀なくされてきた疾患があり、これらの疾患に対して内視鏡的治療が可能となったことは大きい進歩である。

また、通常の小腸検査としてのみならず、術後腸管への内視鏡挿入も可能となり、特に生体肝移

植後の胆道狭窄など Roux-en-Y再建後の胆道系疾患への内視鏡治療に有用性を発揮している。

●文献

- 1) Yamamoto H, Sekine Y, Sato Y, et al : Total enteroscopy with a nonsurgical steerable double-balloon method. *Gastrointest Endosc* 2001 ; 53 : 216-220.
- 2) Yamamoto H, Yano T, Kita H, et al : New system of double-balloon enteroscopy for diagnosis and treatment of small intestinal disorders. *Gastroenterology* 2003 ; 125 : 1556 ; author reply-7.
- 3) Yamamoto H, Kita H, Sunada K, et al : Clinical outcomes of double-balloon endoscopy for the diagnosis and treatment of small-intestinal diseases. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2004 ; 2 : 1010-1016.
- 4) Kuno A, Yamamoto H, Kita H, et al : Double-balloon enteroscopy through a Roux-en-Y anastomosis for EMR of an early carcinoma in the afferent duodenal limb. *Gastrointest Endosc* 2004 ; 60 : 1032-1034.
- 5) Nishimura N, Yamamoto H, Yano T, et al : Safety and efficacy of double-balloon enteroscopy in pediatric patients. *Gastrointest Endosc* 2009.
- 6) Shinozaki S, Yamamoto H, Ohnishi H, et al : Endoscopic observation of Meckel's diverticulum by double balloon endoscopy : report of five cases. *J Gastroenterol Hepatol* 2008 ; 23 : e308-311.
- 7) Ohmiya N, Taguchi A, Shirai K, et al : Endoscopic resection of Peutz-Jeghers polyps throughout the small intestine at double-balloon enteroscopy without laparotomy. *Gastrointest Endosc* 2005 ; 61 : 140-147.
- 8) Haruta H, Yamamoto H, Mizuta K, et al : A case of successful enteroscopic balloon dilation for late anastomotic stricture of choledochojejunostomy after living donor liver transplantation. *Liver Transpl* 2005 ; 11 : 1608-1610.