トピックス

I. 診断法の進歩

3. バルーン内視鏡

喜多 宏人

要 旨

バルーン内視鏡の到来により、深部小腸への内視鏡挿入が可能となり、小腸疾患に対する診断・治療戦略は大きく変化した。バルーン内視鏡は経口的にも経肛門的にも挿入できる。内視鏡をコントロールしながら病変部を観察できるので、生検、内視鏡的止血術、内視鏡的拡張術、ステント留置、ポリペクトミー、EMR等ができるようになった。バルーン内視鏡はカプセル内視鏡と共に小腸内視鏡のスタンダードであり、相補的な役割を果たしている。

〔日内会誌 100：35～43, 2011〕

Key words ダブルバルーン内視鏡, シングルバルーン内視鏡, バルーン内視鏡, 小腸内視鏡, 小腸疾患

はじめに

小腸疾患を診断する上で、内視鏡により小腸粘膜を直接観察できることの意義は大きい。従来の上下部内視鏡では、小腸のごく一部のみの観察しかできず、小腸の大部分は内視鏡観察困難であった。どうしても深部小腸を内視鏡観察したい場合には、プッシュ式内視鏡を用いたり、あるいは開腹下で手動的に内視鏡をすすめるなどの方法がもちいられてきたが、苦痛が強いわりには挿入効率が悪く、侵襲が大きいなどの問題点を抱えていた。21世紀にはいって、小腸内視鏡検査に大きな変革がもたらされた。カプセル内視鏡とバルーン内視鏡の開発と臨床応用である¹⁾。カプセル内視鏡については前章に詳述さ

れている。バルーン内視鏡は大きく分けて二種類ある。まず、フジノン株式会社からダブルバルーン内視鏡システムが市販され、ダブルバルーン内視鏡による小腸全域の内視鏡検査が日常臨床に導入された²⁻⁷⁾。その後、オリンパス社よりシングルバルーン内視鏡が市販され、同様に深部小腸への内視鏡挿入、観察が可能となった⁸⁾。両者をあわせてバルーン内視鏡と称している。バルーン内視鏡はこれまでの小腸内視鏡と比較して挿入性に優れ、全小腸の内視鏡観察を高率に可能にした。また、深部小腸への挿入時にも内視鏡の操作性に優れ、病変部の狙撃生検や種々の内視鏡治療を可能とした。本稿ではバルーン内視鏡の挿入原理と、小腸疾患の診断におけるバルーン内視鏡の位置づけにつき概説する。

埼玉医科大学国際医療センター消化器病センター

Balloon endoscopy.

Hiroto Kita : Department of Gastroenterology, Saitama Medical University International Medical Center, Japan.

トピックス

表. バルーン式小腸内視鏡の機種別比較

メーカー	富士フイルム	富士フイルム	オリンパス
項目	EN-450P5	EN-450T5	SIF-Q260
視野角	120°	140°	140°
外径	φ8.5 mm	φ9.4 mm	φ9.2 mm
鉗子ch	φ2.2 mm	φ2.8 mm	φ2.8 mm
有効長	2,000 mm	2,000 mm	2,000 mm

1. バルーン内視鏡の特徴

フジノン製ダブルバルーン内視鏡システムは、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。2010年8月現在、フジノン社から3種類の専用内視鏡が市販されている(表)。EN-450P5は、ダブルバルーン内視鏡の一号機であり、2003年11月に発売された。有効長2,000 mm、外径8.5 mmであり、口径2.2 mmの鉗子孔を備えている。EN-450P5は鉗子孔の大きさが2.2 mmであるため利用できる処置具に制限があった。この点を克服するために二号機であるEN-450T5が2004年7月に製品化された。EN-450T5はEN-450P5とおなじく有効長2,000 mmであるが、鉗子口径を2.8 mmとするため、内視鏡の外径をEN-450P5より0.9 mm大きい、9.4 mmとしている。EN-450P5とEN-450T5は、共に先端バルーンのためのエアルートを内蔵している。EN-450T5は止血用クリップを含め、ほぼすべての処置具が利用可能であることが最大の特徴である。挿入性に関しては、腹腔内に癒着のない症例ではEN-450T5はEN-450P5と比較してそれほど違いを感じない。一方、腹部手術の既往があり腹腔内に癒着のある症例では、EN-450P5の挿入性のほうが若干優れている。オーバーチューブは長さ1,450 mmの軟性チューブで先端にバルーンが装着されており、内面は親水コーティングが施されている。EN-

450T5とEN-450P5は内視鏡の外径が異なるため、使用するオーバーチューブの外径も異なる。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。なお、三号機としてEN-450T5と口径が同じであるが短尺のバルーン内視鏡であるEC-450BI5が市販されている。これは、下部消化管用汎用スコープとして位置づけられているが、Roux-en Y術後の胆道精査・治療など検査・治療目的のはっきりしている場合、内視鏡長が152 cmと短尺のEC-450BI5を用いることで病変到達後に通常内視鏡と同じ長さの処置具が使用可能となる⁹⁾。シングルバルーン内視鏡は内視鏡本体(SIF-Q260)の外径9.2 mm、有効長200 cmであり、鉗子口径2.8 mmである⁸⁾。内視鏡本体とスライディングチューブ、バルーンコントローラーから構成される。スライディングチューブの先端にバルーンが装着されているが、内視鏡本体にはバルーンを装着しない点、ダブルバルーン内視鏡との相違点である。また、スライディングチューブもバルーンともにシリコンゴム製である点も、ダブルバルーン内視鏡(ラテックス製バルーン使用)と異なる。ダブルバルーン内視鏡もシングルバルーン

内視鏡もともにスライディングチューブの内面に親水性コーティングがなされている。

2. 前処置、前投薬

ダブルバルーン内視鏡もシングルバルーン内視鏡もともに経口的、経肛門的挿入が可能である。前処置は施設により若干の相違はあるが、当院では、経肛門的小腸内視鏡検査の場合、大腸内視鏡検査に準じて検査当日の朝にニフレック 2,000 ml を投与している。経口的小腸内視鏡検査の場合、当日朝絶食だけでも内視鏡の挿入性に大きな問題はないが、大腸内に便が残った状態で検査を行うと患者の不快感が増すことや、造影検査を併用すると腸管蠕動が亢進し排便刺激が起きることから、軽く下剤をかけておく方が望ましい。前投薬としてはオピスタンの静注をほぼ全例で行っている。オピスタンは単に鎮痛効果を期待するだけではなく、比較的時間のかかる内視鏡検査に伴う苦痛を和らげ、腸管蠕動を抑えることを目的としている。また、必要に応じ抗コリン薬、鎮静薬（ホリゾン®等）を併用している。静脈ルートを確保した上で、心電図、酸素飽和度のモニタリングを行うことはいうまでもない。

3. バルーン内視鏡の挿入法

ダブルバルーン内視鏡もシングルバルーン内視鏡も、スライディングチューブ上に小腸をたたみこみながら深部小腸に挿入する点は、共通している。バルーン内視鏡の挿入はオーバーチューブバルーンによる把持を基点として行われており、安全性のためにバルーンの把持力は必要最小限に抑えられている。したがって、必要最小限の許容された範囲内の挿入力で内視鏡先端を進めることがバルーン内視鏡を挿入していくこつである。逆に無理な力を加えて挿入し

ようとしてもオーバーチューブが後退するだけで内視鏡先端は進まない。アングルを急角度に屈曲させた状態で内視鏡を押し込むことは避け、アングルをゆるめて先端を振りながら大きい弧を描くように挿入する。又、挿入時の送気は必要最小限にとどめることにより被検者の苦痛を最小限に抑え、腸管をオーバーチューブ上に畳み込みやすくする。バルーンにより腸管が確実に把持されていることが必要であるので、各ステップでバルーンが十分に拡張もしくは虚脱される事を確認してから内視鏡やオーバーチューブを進めるようにする。

当院では、おもにダブルバルーン内視鏡を用いているため、以下、ダブルバルーン内視鏡の挿入につき概説する。シングルバルーン内視鏡の挿入に関しては別途参照されたい。ダブルバルーン内視鏡の挿入前に内視鏡先端とオーバーチューブのバルーンを虚脱させ、オーバーチューブを内視鏡後端に寄せておく。オーバーチューブの内面は親水性コーティングされているので、操作中に水を適宜注入する。まず術者が内視鏡先端を持って挿入し、引き続いて術者と被検者の間に助手が入り、オーバーチューブを挿入し直線的に把持する。術者はオーバーチューブに向かって内視鏡を挿入するよう操作するので、助手はオーバーチューブ後端をしっかりと支える必要がある。オーバーチューブを挿入する際には、オーバーチューブ先端と内視鏡との隙間は極力少なくしてあるが、強い屈曲部でこの隙間に腸壁を巻き込む可能性もありうるので、オーバーチューブ挿入中に抵抗を感じた場合無理な挿入は避け、急峻な屈曲がある場合には屈曲解除後に再度オーバーチューブを挿入する。オーバーチューブの挿入が難しい場合、小刻みにジグリングを加えることで容易に挿入できるようになる場合もある。オーバーチューブの後端が内視鏡の 155 cm のマーキングをこえると、オーバーチューブ先端は内視鏡先端バルーンに接近

トピックス

図 1. ダブルバルーン内視鏡の経口的挿入の手順

している。オーバーチューブをこれ以上挿入すると内視鏡先端バルーンがオーバーチューブと接触し、バルーンの固定位置がずれたり、バルーン破損の原因となる。

1) 経口的挿入

経口的挿入の手順を示す(図1)。挿入開始時に内視鏡先端部にキシロカインゼリーなどの麻酔や潤滑剤を充分塗布する。マウスピースを使用し、内視鏡の胃内までの挿入は通常の上部消化管内視鏡と同様に行う。内視鏡先端が胃内に挿入された後、誤嚥防止と胃内でのたわみを防ぐため空気や胃液を十分に吸引する。送気は最小限にとどめ内視鏡先端を胃前庭部まで進める。バルーン破損の原因となるため胃内でバルーンは拡張させず、内視鏡先端バルーンを虚脱させたままオーバーチューブ先端を胃内に挿入する。その際、助手は術者と被検者の間に立ち、オー

バーチューブを直線的に保持しながら挿入する。オーバーチューブが食道入口部を越えるときの苦痛が強いため十分な潤滑用ゼリーの塗布が必要である。オーバーチューブの後端が内視鏡の155 cmのマーキングを超えたらオーバーチューブバルーンを虚脱させたまま保持し、内視鏡先端を十二指腸下行脚から水平脚付近まで進め、そこではじめて内視鏡先端バルーンを拡張する。オーバーチューブを十二指腸まで挿入後オーバーチューブバルーンを拡張させる。その際全体をすこし引いて胃のたわみをとっておくとオーバーチューブの挿入が容易になる。オーバーチューブ先端が十二指腸内に固定されず胃内へ抜け落ちてくる場合には、さらに深部の十二指腸まで内視鏡を挿入し同様に内視鏡先端バルーンの拡張、オーバーチューブの挿入、オーバーチューブバルーンの拡張を試みる。両方のバルーンを

図2. ダブルバルーン内視鏡の経肛門的挿入の手順

拡張させ、内視鏡とオーバーチューブを軽く引き胃内のたわみをとったあと、内視鏡先端のバルーンを虚脱させて内視鏡を進め、Treitzの靱帯を越えていく。この際、オーバーチューブ先端は十二指腸内に固定されているため、内視鏡が胃内でたわむことなく深部に挿入されていく。十二指腸は後腹膜に固定された臓器であるので、Treitz靱帯より口側腸管を無理に直線化する必要はまったくなく、胃内のたわみだけを取り、あとは自然な屈曲に沿うように挿入するほうが安全である。内視鏡を深部へ進め、内視鏡先端バルーンを拡張後オーバーチューブバルーンを虚脱させ、オーバーチューブを挿入する。再びオーバーチューブバルーンを拡張し、両方のバルーンを拡張させ内視鏡とオーバーチューブの両方をゆっくり引いてたわみを取り、内視鏡先端バルーンを虚脱させ、内視鏡を挿入していく。この操作を繰り返すことにより、オーバーチューブのバルーンによる固定点を深部へ深部へと移

動させながら進んでいく。

2) 経肛門的挿入

経肛門的挿入の手順を示す(図2)。下部消化管内視鏡と同様に術者は内視鏡先端を保持し挿入開始するが、直腸からS状結腸までは必ずしも直線的に挿入する必要はない。内視鏡を50 cm程度挿入するとオーバーチューブ先端が肛門近くにくるので、そこで内視鏡先端バルーンを拡張させオーバーチューブを挿入する。オーバーチューブ後端が内視鏡の155 cmのマーキングを越えるまでオーバーチューブを挿入した後オーバーチューブバルーンを拡張し、両方のバルーンで腸管を把持する。内視鏡とオーバーチューブの両方をゆっくり引くことによりループが容易に直線化される。S状結腸の癒着などで直線化が困難な場合には直線化にこだわる必要はない。その後助手がオーバーチューブを直線的に把持し、術者はオーバーチューブに向かって内視鏡を挿入する。内視鏡先端のバルーンを虚脱後内

トピックス

視鏡を深部に挿入し、内視鏡先端のバルーンの拡張後オーバーチューブバルーンを虚脱させ、オーバーチューブを進める。この操作を繰り返す事により、オーバーチューブバルーンによる固定点をSDジャンクション、脾彎曲部、肝彎曲部へと移動させながら進んでいく。多くの場合内視鏡は脾彎曲部まで直線的に挿入され、脾彎曲部でオーバーチューブバルーンを拡張させたまま盲腸までの挿入が可能である。大腸は小腸と比較して内腔が広いので、バルーン拡張時に内圧が設定圧まで上昇せず、送気時間が許容時間を超えるためアラームが鳴ることがある。この場合低圧であってもバルーンは腸管を把持できていることが多いので、ポンプを一時停止させ次の手順に進む。内視鏡先端が回盲弁を越えにくい場合、オーバーチューブバルーンを上行結腸で拡張させ大腸内の空気を充分吸引し、全体を少し引き気味にすることで回盲部を鈍角化し、回腸へ挿入していく。回腸挿入時には、内視鏡先端をひねりすぎないようにして自然な方向で同心円状に挿入していくことが肝要である。内視鏡が骨盤方向にS字状に挿入されるとその後の挿入が困難となる。回盲弁を越えて内視鏡を進めた後に内視鏡先端バルーンを拡張し、オーバーチューブバルーンを虚脱させオーバーチューブを挿入する。オーバーチューブ先端が回盲弁を越えるとバルーン拡張に必要な送気時間が短くなる。逆に、回腸末端で内視鏡挿入中にオーバーチューブバルーンに突然送気を始めた場合、オーバーチューブバルーン先端が回腸から大腸に後退した可能性が高い。特にオーバーチューブ先端が回腸末端近傍にある場合にはオーバーチューブバルーンが盲腸まで抜けやすいため、大腸のたわみをとるだけで全体をあまり引かずに内視鏡を挿入する。経肛門の挿入の場合、腸蠕動が逆方向であり、バルーンが蠕動で押し返されることが多いので、腸蠕動の抑制を十分に行う必要がある。

3) 深部小腸での操作

深部小腸での挿入の基本は、大きい弧の同心円を描くように内視鏡先端を必要最小限の力で進めていくことである。小腸は可動性に富んでおり、癒着がない限り小腸の屈曲は恒常的ではない。したがって、目の前の屈曲を追いかけて内視鏡を複雑に屈曲させる必要は全くなく、小さい屈曲は内視鏡先端を振りながらスラロームテクニックで越していくほうが自然な形になる。オーバーチューブの後端に内視鏡の起始部が達するまで内視鏡を挿入したら、内視鏡先端バルーンを拡張しオーバーチューブバルーンを虚脱させ、オーバーチューブを挿入する。オーバーチューブ後端が内視鏡の155 cmのマーキングを越えたら、オーバーチューブバルーンを拡張させて両方のバルーンで腸管を把持し、内視鏡をオーバーチューブとともに引いて腸管をオーバーチューブ上に畳み込むように短縮する。この操作により、内視鏡先端が抜けることなくループが単純化され、挿入された腸管がオーバーチューブ上に畳み込まれるように短縮される。この操作は腸管を短縮して内視鏡の有効長を最大限に利用するだけでなく、これから挿入しようとする先の腸管の屈曲を単純化し、挿入を容易とする。急峻な屈曲に遭遇し挿入が困難となった場合は、無理な挿入は慎み、オーバーチューブを進めて両方のバルーンを拡張させ、内視鏡をオーバーチューブとともに引くことにより挿入が容易になることが多い。経口的挿入の場合、自然なかたちに挿入される事が重要であり、症例により時計回りに挿入される場合と反時計回りに挿入される場合がある(図3)。経肛門の挿入の場合には必ず反時計回りに同心円を描くように挿入される(図4)。

ある程度深部小腸まで挿入すると、内視鏡の挿入時にオーバーチューブがほとんど体内に挿入されている場合がある。この段階まできたら、内視鏡先端バルーンを拡張後にオーバーチューブ

図 3. 経口的に挿入されたダブルバルーン内視鏡の透視像

図 4. 経肛門的に挿入されたダブルバルーン内視鏡の透視像

ブを内視鏡とともに引き、内視鏡の155cmのマーキングが体外に出てくるところまで引いた後にオーバーチューブのバルーンを虚脱させ、オーバーチューブを挿入する。この際オーバーチューブを引かずに内視鏡のみを引いてくると、2つの

バルーンの間にある腸管が内視鏡上に短縮されることになり、次に内視鏡先端バルーンを虚脱させると、この短縮された腸管が一気に伸展してしまうためオーバーチューブ上に腸管が畳み込まれず挿入効率が悪くなる。内視鏡が挿入困難となった場合には、体位変換を試みることも有用である。1サイクルの操作で進むことのできる長さは深部小腸にいくほど短くなるので、全小腸の観察を意図するのであれば口側からと肛門側からとの2回に分けて検査を行ったほうが効率的である。2回に分ける場合には1回目の最深到達部位で点墨を行う。初回の検査を経口的挿入にするか経肛門的挿入にするかは被検者の病歴や術前検査に基づき判断するが、決定的な判断材料がない場合、我々は初めに被検者に与える苦痛が比較的少ない経肛門的挿入を先に行い、全小腸の半分以上観察し、経口的挿入による検査時間を短くするようにしている。逆方向から検査を行う時期については、内視鏡観察時に送気された空気の腸管内への残留が検査の支障となるため、特に緊急性がない限り日を改めて検査したほうがよい。

トピックス

4. 小腸疾患の診断，治療におけるバルーン内視鏡の位置づけ

ダブルバルーン内視鏡とシングルバルーン内視鏡は挿入性，操作性に若干の差異はあるものの，その使用目的には大きな違いはない。従来小腸は胃や大腸と比較して疾患数が少ないため，小腸内視鏡の臨床意義は少ないと考えられてきたが，バルーン内視鏡の到来により，深部小腸への内視鏡挿入が比較的容易になった現在，これまで観察されることのなかった種々の小腸疾患が内視鏡的に観察することが可能となり，NSAIDs（非ステロイド性抗炎症薬）による小腸粘膜障害など，従来あまり注目されなかった病態にも関心がもたれるようになってきた。また，ほぼ同時期に開発されたカプセル内視鏡は，侵襲が極めて少ない検査であるが，狭窄例ではカプセル滞留の可能性があるので，使用上注意すべき点がある。カプセル内視鏡とバルーン内視鏡を，種々の小腸疾患に対してどのように組み合わせ使用してゆくべきなのか，現在種々の検討がなされている。バルーン内視鏡検査の検査目的は，上・下部内視鏡検査で出血源が同定できなかった消化管出血が最も多く，閉塞もしくは狭窄症状，他の検査で小腸腫瘍を疑ったものなどが他の主な適応となる。したがって，これらの症例に対してバルーン内視鏡による小腸内視鏡検査を施行する場合，診断に引き続いて止血，拡張，あるいは病変の内視鏡切除をおこなう可能性を常に念頭におくことが重要である¹⁰⁾。特に内視鏡止血は準緊急的に行うことが多い。ダブルバルーン内視鏡による小腸内視鏡検査を施行することにより，出血源不明の消化管出血症例のうち76%の症例で出血源を同定することが可能であった。出血の原因によっては局注や高周波凝固処置による内視鏡的止血術も可能であり，内科的治療，外科的治療の必要性の判断

においても有用である。小腸狭窄の症例の場合，狭窄部の内視鏡的精査を行い，生検による病理学的検査や内視鏡所見がその後の治療方針の決定に大いに役立つ。狭窄の原因によっては内視鏡的バルーン拡張術も施行可能であり，また腸管外からの癒着や索状物による締め付けに対しては腹腔鏡下の癒着剝離術が有用である。外科的切除が必要な場合でも病変範囲の決定に有用であり，内視鏡下の点墨により小切開での観察で病変部位の同定が容易となり，低侵襲の手術を選択することが可能である。小腸腫瘍に関しても生検により病理診断を行い，術前に確定診断をつけた上で治療方針を決定することが可能である。早期の腫瘍やポリープでは内視鏡的ポリペクトミーや内視鏡的粘膜切除術（EMR）も施行可能であり，切除不能な悪性リンパ腫などでは確定診断をつけることにより化学療法を適切に選択し，不必要な手術を避けることができる。術前に良性腫瘍の診断を確定することで腹腔鏡下の切除など低侵襲の手術を選択することが可能であり，病変部の同定に内視鏡下の点墨が有用である。また，根治的な切除が不能であった空腸癌の症例においては閉塞症状に対してステント留置を行うことも可能である。

おわりに

新しい小腸内視鏡検査法としてのバルーン内視鏡に関して述べた。バルーン内視鏡は，挿入性，操作性などにおいて従来の小腸内視鏡挿入法と比較して優れた点がおおく，今後カプセル内視鏡と共に小腸内視鏡検査のスタンダードな方法となることが期待される。

著者のCOI (conflicts of interest) 開示：本論文発表内容に関連して特に申告なし

文 献

- 1) 山本博徳, 他: 小腸内視鏡検査. 日本内科学雑誌 93: 123-133, 2004.
- 2) 喜多宏人, 他: ダブルバルーン内視鏡の現況. 日本消化器内視鏡学会誌 48: 348-355, 2006.
- 3) 山本博徳, 喜多宏人(編), 菅野健太郎(監, 編): ダブルバルーン内視鏡—理論と実際. 南江堂, 2005.
- 4) 林 芳和, 他: ダブルバルーン内視鏡による小腸病変の診断と治療. 胃と腸 40: 1475-1482, 2005.
- 5) 山本博徳, 他: 小腸観察法 ダブルバルーン法. 胃と腸 41: 121-124, 2006.
- 6) 山本博徳: 消化管出血に対する画像診断法と今後の展開
ダブルバルーン内視鏡. 胃と腸 40 (増刊号): 2005.
- 7) Yamamoto H, et al: Clinical outcomes of double-balloon endoscopy for the diagnosis and treatment of small-intestinal diseases. Clin Gastroenterol Hepatol 2: 1010-1016, 2004.
- 8) 佐田美和, 他: シングルバルーン小腸内視鏡挿入法の基本手技. 消化器内視鏡 22: 588-591, 2010.
- 9) 喜多宏人, 他: 術後再建腸管を有する症例に対するダブルバルーン内視鏡の応用. 消化器科 45: 601-605, 2007.
- 10) 喜多宏人, 他: 小腸疾患 2008 内視鏡治療. 胃と腸 43: 513-519, 2008.