

## 消化管の動きを非侵襲的に画像化する：MRI

稲生優海\* 大久保秀則\* 中島 淳\*

## Summary

機能性消化管障害 (FGIDs) の診断は、これまで大半が除外診断的であり、直接蠕動障害の程度を評価する方法は侵襲の多い検査が主体であった。近年、MRI による消化管蠕動の画像診断の開発が報告されている。なかでも cine-MRI や serial MRI はとくに有用な検査方法である。臨床応用していくためには課題も多いが、今後、侵襲が少なく被曝のない MRI 検査により、FGIDs の蠕動を評価することで、診断に寄与するだけでなく、疾患の病態解明にもつながることが期待される。

## Key words

機能性消化管障害 (FGIDs) 過敏性腸症候群 (IBS)  
機能性ディスペプシア (FD) 絞扼性イレウス  
慢性偽性腸閉塞 (CIPO) cine-MRI serial MRI

## はじめに

消化管の蠕動障害、すなわち機能性消化管障害 (functional gastrointestinal disorders: FGIDs) は、生命予後に直結しないものの、その罹患率は高く、QOL の低下を招くことから、社会への影響は比較的大きい疾患である

FGIDs の診断には Rome III 基準が用いられるが、除外診断的で、また各疾患のオーバーラップも少なくないため、確定診断や加療に難渋するケースも多い。そこで、蠕動障害の程度を直接評価する方法が考えられてきたが、侵襲の大きい検査が主流であった。

そのような状況のなかで、近年 MRI による消化管蠕動の画像診断がさまざま報告されてきてい

る。1 秒未満の細かい時間分解能で撮影した画像をならべることにより動画として臓器の運動を観察可能な cine-MRI もその一つである。

また、数十分ごとに 3~4 時間、経時的に MRI 撮影をくり返す手法である serial MRI も研究レベルでの報告が散見される。

本稿では、消化管蠕動を非侵襲的に画像化する可能性を秘めた、消化管 MRI 検査の現状をまとめる。

## 1 ■ 上部消化管機能評価

上部消化管の運動機能は、① 空腹期の胃・十二指腸運動機能、② 食後の弛緩機能、③ 食後の胃から十二指腸への排出機能に分けられる<sup>1)</sup>。

これらの機能がさまざまな理由で障害されるこ

\*INOH Yumi, OHKUBO Hidenori, NAKAJIMA Atsushi/横浜市立大学大学院医学研究科肝胆膵消化器病学教室

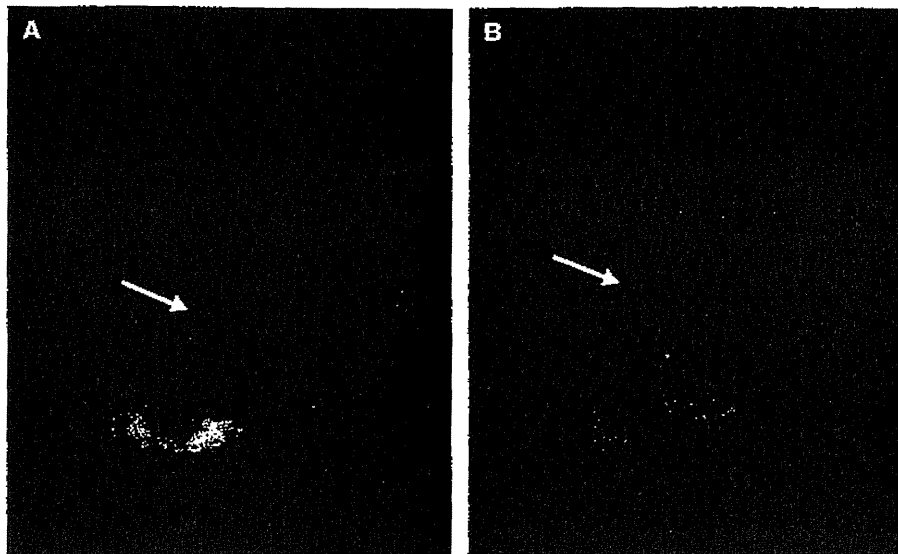


図 1. 幽門保存胃切除後の食後胃部不快感を呈する患者の蠕動  
蠕動波が吻合部で途切れ、前庭部から胃体部に逆流する蠕動が観察される  
(矢印).

(Baba *et al.*, 2009<sup>3)</sup>より改変引用)

とで、FGIDsの一つである機能性ディスぺプシア (functional dyspepsia : FD) が生じると考えられる。従来、その診断は、持続する臨床症状がありながら、器質的疾患が否定された場合に、除外診断的に診断されてきた経緯がある。それは、消化管運動機能自体の評価方法には、特殊な設備や機器を要するものが多く、一般的な医療期間では施行困難であるという背景がある。具体的には、消化管内圧を直接測定するマノメトリー法や、胃内バルーンを留置して胃内圧の上昇および内容量の増加に対する内蔵知覚の閾値を調べるバロスタット法があげられる。しかし、これらはいずれも侵襲的であり、手技的にも習得に時間がかかる点から、全国的に普及するには至らない現状がある。

そのほか、胃排出の直接的評価方法として、放射性同位元素を標識した試験食の胃内残存率を測ることで胃排出能を測定する RI 法が用いられていた。しかし、1993 年に Ghoos ら<sup>2)</sup>が、呼気中<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>濃度を測定する<sup>13</sup>C 呼気試験法を報告して以来、RI 法に相当する胃排泄能評価が可能でありながら侵襲の低い方法として、現在多くの施設で導入され、普及しつつある。

一方で、MRI を利用した上部消化管機能評価も試みられている。2009 年、Baba ら<sup>3)</sup>は cine-MRI による胃蠕動評価を報告した。ここでは 25 人の健常者と 10 人の幽門保存胃切除術後患者を対象に試験食として指定のゼリーを摂取させ、cine-MRI を撮影し、速度や蠕動波の深さ、単位時間あたりの移動距離などから算出する Gastric motility Index (GMI) により胃蠕動を評価している。健常者においては、モサプリドクエン酸塩水和物を検査日の 3 日前から内服させた群と内服しない群とで比較すると、内服群において有意に GMI が高い、すなわち蠕動効率がよいことを報告している。また、幽門保存胃切除術後患者において、術後胃特有の蠕動として、蠕動波が吻合部で途切れ、前庭部から胃体部に逆流する蠕動が観察されることを示した (図 1)。

Teramoto ら<sup>4)</sup>は、健常者に対し液体検査食を摂取させ、摂取時、摂取 30 分後、摂取 60 分後の 3phase をそれぞれで MRI 撮影し、独自の解析ソフトを用いて解析したと報告している。この報告では、胃蠕動のみならず、十二指腸蠕動も評価されている点が特徴的である (図 2)。

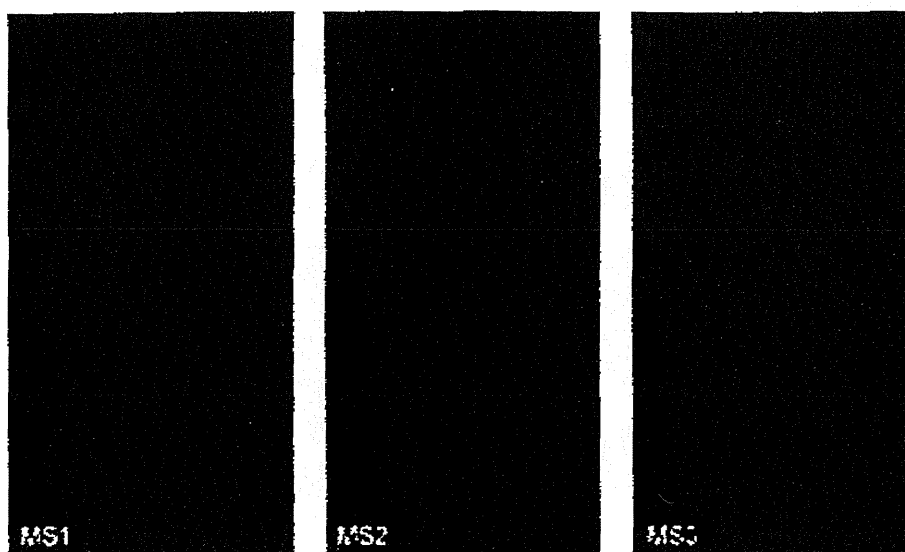


図 2. 液体検査食摂取後の十二指腸壁運動

冠状断の十二指腸球部～臍頭部までの ROI を測定し、十二指腸面積の標準偏差、重心の移動、十二指腸壁運動速度を評価した。

(Teramoto H *et al.*, 2012<sup>4)</sup>より改変引用) (2 頁カラー図譜参照)

このように、上部消化管蠕動障害を MRI で評価できる可能性が広く検討されている。従来の侵襲性の高い診断方法にくらべ、低侵襲で被曝のない検査である点が有用であると考えられる。

## 2 ■ 小腸運動機能評価

近年、小腸内視鏡や小腸カプセル内視鏡の開発に伴い、小腸疾患の概念の構築はめざましい進歩を遂げている。小腸出血や小腸腫瘍、炎症性腸疾患はもちろんのこと、小腸に起こる機能性疾患にもその目は向けられている。

その評価方法として、*cine*-MRI が台頭してきている。また、小腸の蠕動回数が他の消化管より多いことから、*cine*-MRI により最も評価しやすい臓器であるともいえる。ここでは、これまでに報告のあった小腸疾患に対しての MRI 検査の知見をまとめる。

### 1) 絞扼性イレウス

Takahara ら<sup>5)</sup>は *cine*-MRI を用いて無動もしくは運動低下を伴う closed loop を “peristalsis gap sign” とし、これにより蠕動が欠如している部分

が明瞭であり、外科的治療を要する絞扼性イレウスであるか否かを評価可能であると 2011 年に報告した。同年、*cine*-MRI の補助診断として low b-value DWI による絞扼部分の評価を加えることで、読影初心者でも、より正確に絞扼性イレウスの診断が可能となることを報告している<sup>6)</sup>。

low b-value DWI は、急性期脳梗塞や悪性腫瘍の検出に用いられている拡散強調画像 (DWI) を応用したもので、動きの大きい臓器では信号が抑制され、動きの小さい臓器では高信号に映る特性がある。したがって、蠕動のある非絞扼部は信号が抑制されるのに対し、絞扼部は高信号を保つことで評価される (図 3)。現状では絞扼性イレウスの診断においては、造影 CT が主流であるが、造影不領域があれば絞扼性イレウスと診断できるものの、なかには造影効果のある絞扼性イレウスが存在する点が問題である。緊急手術を要する絞扼性イレウスを、正確、かつ迅速に評価できる点において上記の MRI を利用した評価は、臨床応用の価値があると考えられる。

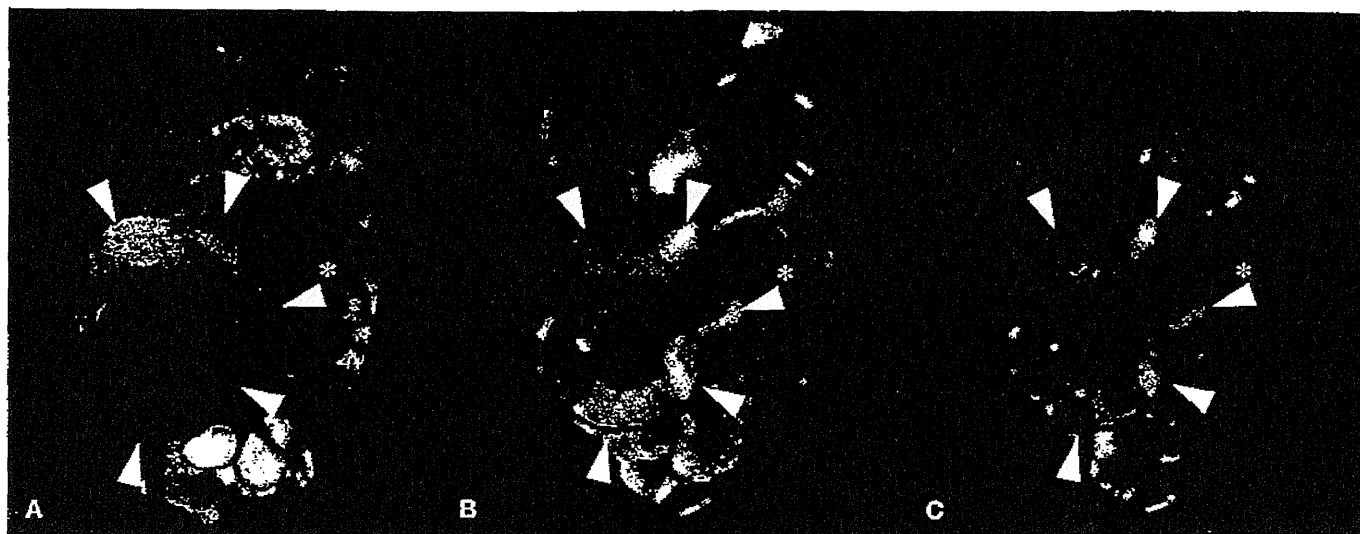


図 3. cine-MRI と low b-value DWI による絞扼性イレウスの診断

\*は蠕動を認める腸管。A：cine-MRIでの絞扼性イレウス。三角で囲まれた箇所は動画で見ると蠕動が消失している。B：b-value DWI 画像。b-value = 50 s/mm<sup>2</sup>の画像。C：b-value DWI 画像。b-value = 0 s/mm<sup>2</sup>の画像。Bに比較して、蠕動のある正常腸管は信号低下し、蠕動低下した絞扼部が高信号として捉えられる。

(Takahara T *et al.* 2011<sup>9)</sup>より改変引用)

## 2) 慢性偽性腸閉塞 (CIPO)

慢性偽性腸閉塞 (chronic intestinal pseudo-obstruction : CIPO) は、狭窄や癒着などの器質的な原因がないにもかかわらず、病的な腸管拡張をきたし、腹痛や腹部膨満感といった腸閉塞症状を慢性的にきたす稀少な難治性疾患である<sup>7)</sup>。2012年に厚生労働省研究班から診療ガイドが出され、診断基準も設けられた。進行例では、低栄養状態や敗血症から致命的となることもあり、消化管運動障害のなかでも重篤な疾患であるといえる。

われわれ<sup>8)</sup>は、cine-MRIを施行することにより、CIPO患者を健常者や過敏性腸症候群 (irritable bowel syndrome : IBS) 患者と鑑別可能であることを2013年に報告した。厚生労働省診断基準を満たすCIPO患者、Rome IIIでの診断基準を満たすIBS患者、対照群として健常者の3群、それぞれ12名ずつを対象にcine-MRIでの評価をおこなった。なお、本研究の際は、前処置として健常者群とIBS群には検査30分前に1,000 ml 飲水を負荷し、もともと病的腸液貯留を認めるCIPO群と近似させた。T2強調像において腸液貯留した腸管の描出は明瞭化させた(図4)。指標

として平均腸管径、収縮率、収縮周期を定量化した結果、IBS患者での小腸蠕動は健常者と比較して差がなく、CIPO患者の小腸蠕動は健常者と比較して明らかに低下し、病的拡張を伴うことを統計学的に証明した。これにより、症状やその他の検査でCIPOが疑われる患者に対し、cine-MRIでの小腸蠕動評価をおこない、診断を確定的にすることが可能になった。

## 3) 過敏性腸症候群 (IBS)

2010年、Marcianiら<sup>9)</sup>は健常者と下痢型IBS (IBS-D) 患者を対象に、serial MRIを用いた数種類の研究を報告した。ここでは、小腸内水分容積 (small bowel water content : SBWC) を測定し、小腸蠕動を推測した。健常者とIBS-D患者とでSBWCを比較すると、空腹時においても食後においてもIBS-D患者のSBWCは健常者より有意に小さいことが明らかとなった。すなわち、IBS-D患者の小腸は、食事摂取と無関係に収縮が強く、つねに過緊張状態にある可能性を示唆すると考察された。正常消化管では、空腹期収縮運動とよばれるphaseがあり、ヒトでは約2時間周期でくり返

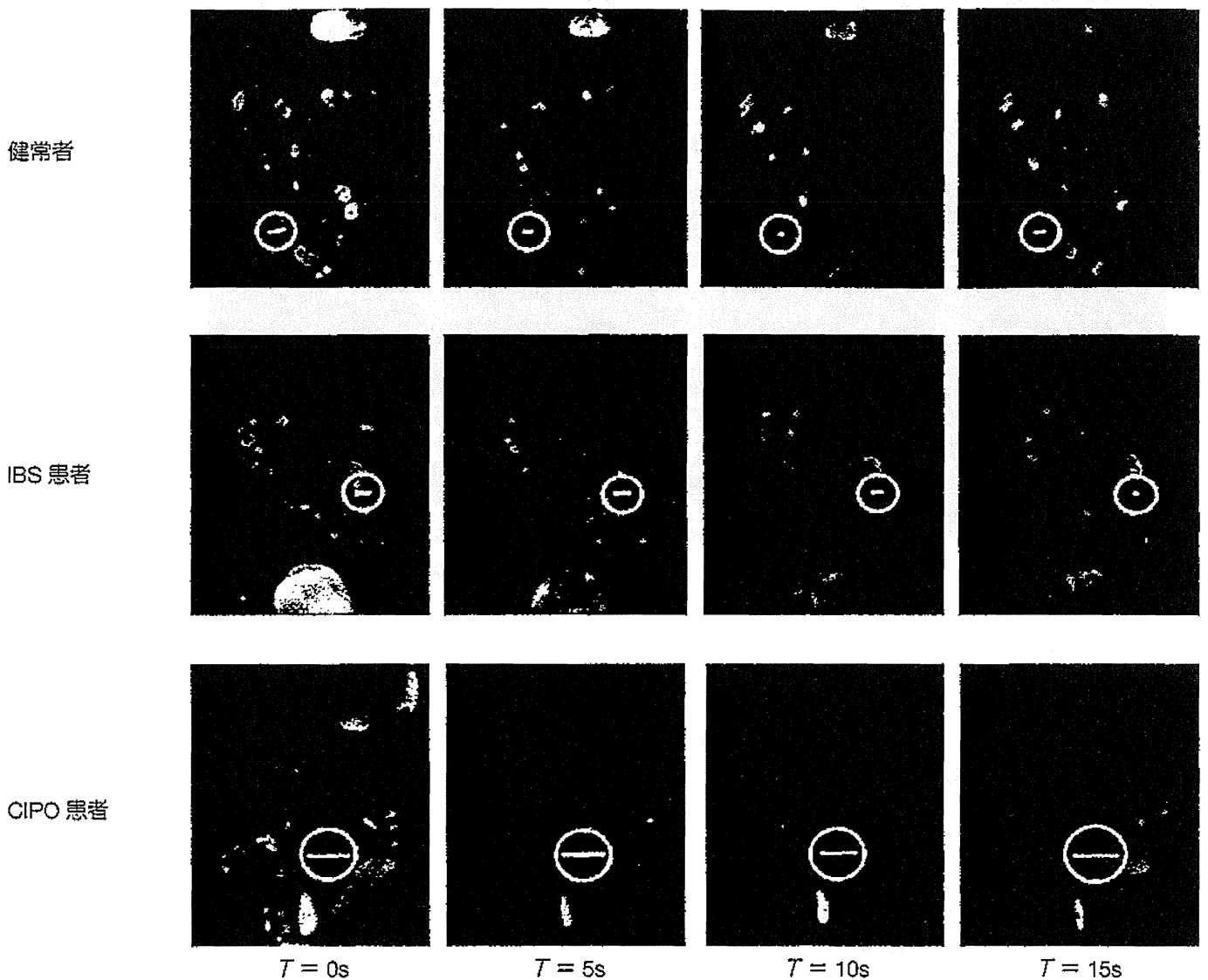


図 4. 健常者, IBS 患者, CIPO 患者における cine-MRI の典型像

(Ohkubo H *et al.*, 2013<sup>8)</sup>より改変引用)

され、食物残渣や脱落上皮を自然排泄させる生理的意義をもつが、IBS 患者ではこの運動回数が多いことが過去に報告されている<sup>10)</sup>。SBWC の検討は、これを画像的に裏づけるものであるといえる。さらに、dual-gradient FFE 条件で撮影することにより、食事負荷が消化管内を移動する様子を観察することが可能となるため、orocecal transit time (OCTT) すなわち、摂取した食事が口腔内から盲腸に至るまでの時間を測定し、関連する項目を検討した。ここでは、年齢や性別、体表面積などには関連しないが、抑うつにおいて軽度の、不安において高度の関連性をもって OCTT

が短くなると示された。これは、IBS-D の原因に精神的要素が関連していることを示唆するものである。serial MRI は長時間の撮影時間を要するため、臨床応用には適さないが、いまだ完全には解明されていない IBS の病態へのアプローチや、治療評価の直接的な評価の手段としては有用であると考えられる。

### 3 ■ 下部消化管機能評価

大腸癌の深達度や浸潤の評価に MRI は古くから用いられてきた。近年では、それにつづく形態評価として fecal tagging をはじめとした MR co-

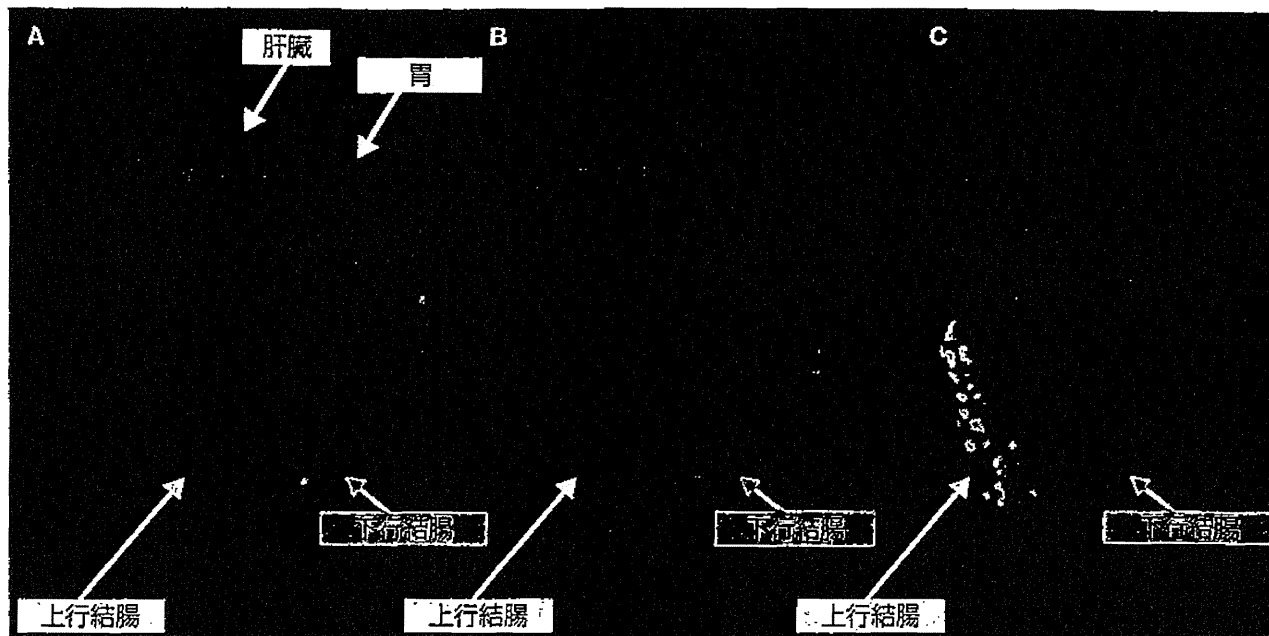


図 5. 冠状断の MRI から 3D 合成し、結腸容積を測定

(Pritchard SE *et al.*, 2014<sup>12)</sup>より改変引用) (2 頁カラー図譜参照)

lonography の報告も散見される<sup>11)</sup>。形態評価のみならず、大腸に対しても機能評価の一端として、蠕動を評価する試みがなされている。

2014 年 Pritchard ら<sup>12)</sup>は、健常者 75 名および IBS-D 患者 25 名を対象に、serial MRI による空腹時および食後の結腸容積を評価した試験を報告した。空腹時、および食後 225 分までの 45 分ごとの画像を撮影した。冠状断での結腸の輪郭を、上行結腸、横行結腸、下行結腸とに区域分けして用手的に同定し、3D 合成することで容積を測定した(図 5)。その結果、空腹時での各区域の結腸容積は健常者群と IBS-D 群とのあいだに有意差はなかったが、食後 90 分後以降で差がみられた。健常者では上行結腸容積がベースラインの 20% 程度増大したのに対し、IBS-D 患者群では横行結腸容積がベースラインの 10% 以上増大を認め、その他の区域は両者とも変化に乏しい結果であった。本来、上行結腸では、胃の accommodation に類似した便塊の充満のための弛緩が起こり、つぎの食事期に起こる横行結腸から下行結腸での強力な収縮運動により、停滞した糞便が押し出される

ことで、適切な排便へとつながっていく。この報告からは、IBS-D 患者における上行結腸の弛緩機能が弱いこと、それに付随して横行結腸の拡張や水分吸収不良が起こり、腹部不快症状や下痢が出現することが考察される。このように、結腸蠕動にも焦点をあてることで、今後 IBS を含めた FGIDs の病態解明につながると考えられる。

## おわりに

今回、MRI による消化管蠕動評価を取り上げてきた。その有用性は改めて認められるところであるが、一方で課題もまだ多い。

一つには、MRI 検査の枠に余裕がない施設が比較的多いことがあげられる。MRI による有用性が周知されれば、蠕動評価目的に MRI 検査を施行する機会が増えるとは思われるが、応用性の高い MRI 検査は、消化器疾患以外の他の分野でも新たな有用性が日々報告されつづけており、各科とのバランスも考えながら利用しなければならない点はこの先も課題として残る。

もう一つは、機種によるばらつきが多いことで

ある。今後の蠕動評価の発展のために状況により多施設共同の研究も期待されるが、ここで生じる障壁は機種間の差である。この差を最小限にするためのシーケンスの調整は必要であり、放射線科医や放射線技師との連携が不可欠である。

さらに、解析方法の進展と統一化も課題である。これまでは、マニュアル操作が多く、研究者の主観に左右される部分も多かった。MRIによる評価に客観性をもたせるためには、今後解析ソフトの開発と、その統一化が望ましい。

しかし、課題はあっても、低浸襲で被曝のないMRIによる蠕動評価が消化器疾患の診療に役立っていくことはまちがいない。課題を解決しながら、今後MRIでの消化管機能評価がさらに進展し、普及していくことを期待する。

#### 文献

- 1) 下山康之, 草野元康: 上部消化管運動とその評価法. 医のあゆみ 238 : 935-938, 2011
- 2) Ghos YF, Maes BD, Vantrappen G *et al* : Measurement of gastric emptying rate of solids by means of a carbonlabeled octanoic acid breath test. *Gastroenterology* 104 : 1640-1647, 1993
- 3) Baba S, Sasaki A, Wakabayashi Go *et al* : Assessment of gastric motor function by cine magnetic resonance imaging. *J Gastroenterol Hepatol* 24 : 1401-1406, 2009
- 4) Teramoto H, Shimizu T, Yogo H *et al* : Assessment of gastric emptying and duodenal motility upon ingestion of a liquid meal using rapid magnetic resonance imaging. *Exp Physiol* 97 : 516-524, 2012
- 5) Takahara T, Kwee TC, Haradome H *et al* : Peristalsis gap sign at cine magnetic resonance imaging for diagnosing strangulated small bowel obstruction : feasibility study. *Jpn J Radiol* 29 : 11-18, 2011
- 6) Takahara T, Kwee TC, Yamashita T *et al* : Low b-value diffusion-weighted imaging for diagnosing strangulated small bowel obstruction : a feasibility study. *J Magn Reson Imaging* 34 : 1117-1124, 2011
- 7) 中島淳, 稲森正彦: 慢性偽性腸閉塞症の診療ガイド: Chronic Intestinal Pseudo-obstruction (CIPO). 平成 23 年度厚生労働科学研究費補助金難治性疾患克服研究事業慢性特発性偽性腸閉塞症の我が国における疫学・診断・治療の実態調査研究班編, 2012
- 8) Ohkubo H, Fuyuki A, Nakajima A *et al* : Assessment of small bowel motility in patients with chronic intestinal pseudo-obstruction using cine-MRI. *Am J Gastroenterol* 108 : 1130-1139, 2013
- 9) Marciani L, Cox EF, Robin C Spiller *et al* : Postprandial changes in small bowel water content in healthy subjects and patients with irritable bowel syndrome. *Gastroenterology* 138 : 469-477, 2010
- 10) Kellow JE, Phillips SF : Altered small bowel motility in irritable bowel syndrome is correlated with symptoms. *Gastroenterology* 92 : 1885-1893, 1987
- 11) 細沼知則, 福田国彦: 造影 MRI を用いた仮想大調鏡検査 (MR colonography). *INNERVISION* 19 : 58-60, 2004
- 12) Pritchard SE, Marcian L, Garsed KC *et al* : Fasting and postprandial volumes of the undisturbed colon : normal values and changes in diarrhea-predominant irritable bowel syndrome measured using serial MRI. *Neurogastroenterol Motil* 26 : 124-130, 2014

## 高齢者の便秘

# 排便時の姿勢で楽になることも

「すっきりしない」というような状態が3カ月以上続けば、慢性便秘の疑いがある。

便秘は女性に多い印象があるが、国民生活基礎調査(2013年)によれば、便秘の症状がある人は、60代では女性約49万人に対し男性約29万人、70代では女性約75万人に男性約51万人と、高齢になれば男性にも増える。

低下も一因となる。

糖尿病や脳梗塞、パーキンソン病などの病気が原因になったり、前立腺肥大や高血圧の治療薬、抗うつ薬・抗精神病薬などの薬が原因になったりするケースも多い。

では、理想的な排便とは何か。

横浜市立大肝胆腸消化器病学教室の中島淳主任教授によると「行きたいと思った時にトイレに行けて、力んだり冷や汗が出たりせずに出て、快適に終わること」だ。便は、できればウィンナーのような形で、なめらかな軟らかいもの方がいいという。食物繊維や水分の

摂取が減ると、便の量が減って硬くなり、大腸にたまりやすくなる。意識して適度な水分と食物繊維をとることを心がけたい。

排便時の姿勢にも気をつけた。中島さんは「和式トイレの姿勢が最も適している」と話す。高齢になって腸の動きが悪くなり、骨盤内の筋力が弱まっていると和式なら、直腸から肛門までまっすぐになって重力の助けで出やすい。洋式の場合は、便座に座した後、足の下に踏み台を入れてひざの位置を高くする。「ロタンの『考える人』のような太ももにひじをつけた姿勢が望ましい」

朝食を食べる習慣も大切だ。腸は朝食後に動きやすくなるからだ。元気な人なら散歩やラジオ体操などの運動も良いという。関東中央病院の須藤紀子さんは自分の排便習慣を知るため、食事や水分の摂取量、いつどんな便が出たかを記録する「排便日記」を勧める。

一方、腸を刺激する働きのある市販の便秘薬は、使っているうちに、薬が効きにくくなったり、薬を飲むことが習慣化してしまったりするリスクが指摘されている。須藤さんは「高齢者の場合、便秘の裏に腸閉塞や大腸がんといった病気が隠れていることもあり、急激な便秘や便に血が混じったりする場合は、市販薬を飲む前には医師に相談を」と話す。

(寺崎省子)

生活のリズムが乱れて、食事を抜いたり、野菜が十分にとれないなどして、便秘になった経験はないだろうか。排便回数が減ることだけが便秘ではない。毎日便が出たとしても「トイレにこもって力まない」とか「トイレにこもって口した便しか出ない」「排便後も

### その便秘、大丈夫?

- ①  便が出るのは週3回未満が多い
- ②  ウサギのフンのようなコロコロした便が多い、または、硬くて出にくい便が多い
- ③  排便の後も、残便感があり、スッキリしない
- ④  便を出すときに、いきむことが多い
- ⑤  最近、食べる量が少なくなった
- ⑥  外出や散歩がおっくうになった
- ⑦  便に血が混じっていた、または、便が細くなった
- ⑧  おなかが張って、便やおならが出なくなった

### ドクター須藤の診断



①～④の症状は慢性便秘の主な症状です。①～④のいずれかが、3カ月以上続くときは、市販薬を飲む前に、一度、医師に相談してください。⑤⑥は慢性便秘になりやすい生活習慣です。⑦は大腸がん、⑧は腸閉塞の疑いがあるかもしれないので、早めに医療機関を受診しましょう

### 相談ナビ

ユニ・チャームのサイト内にある「排泄ケアナビ」(<http://www.carenavi.jp>)では、排便の仕組みや便秘予防のための「排便体操」を紹介。NPO

法人日本コンチネンス協会(<http://www.jcas.or.jp>)の「排便障害の症状と対処方法」では、生活習慣の注意点や排便しやすい姿勢を取り上げる。



派遣法改正後は対象外になる例も

「これまで『OA機器操作』の専門業務をする派遣社員として、10年間も同じ派遣先企業で働いてきました。でも実際は、コピーやお茶出しなど、あらゆる雑務を命じられてきました。以前、こういう働き方は違法派遣で、10月スタートの『みなし雇用制度』の対象になるのではと聞いたのですが」との相談です。

違法派遣があった場合、派遣先企業が働き手に直接の雇用を申し込んだとみなす「みなし雇用制度」が10月1日から始まりました。ところが、直前に労働者派遣法があらためて改正された9月30日に施行されたため、これまでは「違法派遣」になるケースが変わり

ポイントは

- 改正法で業務による派遣期間制限の違いがなくなる
- 「旧専門26業務」の仕事かどうかは無関係に



イラスト・今井ヨージ

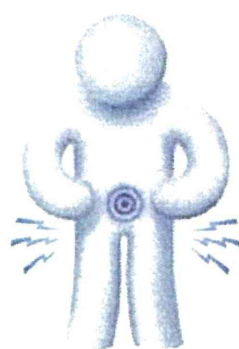
「昨日までは違法だったけど今は合法だよ。」

「あの…この働き方は違法派遣なのでは…？」

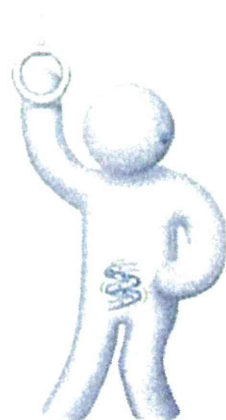
「結論から言えば、相談者のようなケースは、みなし雇用制度の適用対象ではなくなりました。改正前の派遣法では、OA機器操作やファイリングなどの「専門26業務」は派遣期間の制限がなく、その他の一般業務は最長3年でした。相談者のように、契約上は専門26業務として長く働きながら、実際は主に一般業務をするケースもみられました。こうした場合、業務区分が偽られているだけで実質的に派遣期間制限に違反しているとして、みなし制が適用される可能性がありました。しかし、改正法はこうした業務の区分による違いをなくし、どんな業務でも同じ人が3年を超えて同じ仕事を働けないようにしました。そのため「本場に26業務の仕事をしているかどうか」は、期間制限違反とは関係なくなりました。相談者の場合、旧法なら違法状態でしたが改正後は違法ではないため、みなし雇用制度は適用されません。改正法は、派遣期間が終わる働き手を直接雇用するよう派遣先に頼んだり、次の派遣先を紹介したりすることを派遣会社に義務づけたといった面もあります。成立から施行まで半月ほどしかなく、周知期間が短かったのですが、歴史的な改正です。相談者のように内容をよく知らない方は、今後の働き方にどう影響してくるか、注意を払いましょう。」

(弁護士・東一郎)

便秘 / 腹部膨満感・腹痛



腹部症状



下痢・消化不良



～知っておきたい漢方処方～

# 下部消化器症状

監修

横浜市立大学大学院医学研究科 肝胆脾消化器病学教室

主任教授 中島 淳