



消化器癌における最近のトピックス

Gastric & Colorectal Cancer

総監修:財団法人癌研究会附属病院 病院長 武藤 徹一郎



大阪大学大学院医学系研究科 放射線医学講座 村上 卓道

大腸がんの画像診断の最近の進歩： マルチスライスCT, MRI, PETについて

各画像診断の特徴	原発巣診断	転移巣診断
マルチスライスCT	2次元、3次元の再構成画像で詳細な解剖情報が得られる。	肝、リンパ節転移の評価に有用。
Magnetic Resonance Imaging (MRI)	コントラストが高く病巣の浸潤の評価に有用。	SPIO-MRIは偽陽性が少なく、今後CTAPに置きかわる可能性がある。
Positron Emission CT (PET)	術後の局所再発の評価に有用。	遠隔転移の描出と診断を同時に行える。

の高速撮像が可能である。この高速撮像の能力を利用して、広い範囲を薄いスライス厚で撮像することによって、腫瘍のみならず転移巣も同時に評価できるようになった。MRIはマルチスライスCT程の空間分解能や時間分解能はないが、そのコントラスト分解能の高さから腫瘍の壁内浸潤を評価しやすい²⁾。また、広い範囲の糖代謝の更新した部分を描出できるFDG-PETは、原発巣の描出よりも、局所再発の有無やリンパ節転移、遠隔転移の有無の評価に用いられている³⁾。

本稿では、大腸がんの診断におけるマルチスライスCT、MRI、PETの有用性について述べる。

2. マルチスライスCT

[A. 原発巣診断]

腹部CTの横断像(体の短軸方向)での空間分解能は0.7mm程度であるが、従来のシングルヘリカルCTであれば、長軸方向の空間分解能は3~10mm(スライス厚)しかなかった。マルチスライスCTでは、その高速撮像能力によって0.5~3mmの分解能でも躯幹部全体の広い範囲の撮像が可能であり¹⁾、このボリュームデータから、高画質のMultiplanar reconstruction(MPR)像(任意の断面の二次元再構成画像)を再構成することが出来る。特にスライス厚を横断像と同じ0.7mm程度で撮像した場合、どの断面のMPR像も横断像と同様の空間分解能となり(isotropic voxel imaging)、大腸がんが腸壁や他臓器と接する面に垂直な高分解能のMPR像を作成することによって、腫瘍の壁内浸潤や他臓器浸潤の診断精度の向上が期待できる。また、血管と異なる造影形態を示す局所リンパ節腫大(1cm以上)の診断能も向上する(図1a)。

大腸内腔に空気を入れて内腔と軟部組織のコントラストを向上させて撮像しておけば、仮想内視鏡(Virtual Endoscopy)と呼ばれる大腸ファイバーで内腔から観察したような3次元画像をCTのボリュームデータから再構成することもできる^{4,5)}。この方法は、大腸ファイバーと同様の前処置が

1. はじめに

大腸がんの描出には、一般的にはバリウム注腸造影や大腸ファイバーが行われており、その精度と有用性は疑うべくもない。しかしこれらの検査は、腫瘍の形態や壁の硬さなどの様子を内腔より観察するものであり、壁内外や他臓器への進展度(T分類)、リンパ節転移(N分類)、遠隔転移(M分類)を評価することはできず、近年、原発巣の描出、進達度診断と共に、転移巣の発見および鑑別診断にMDCT(Multidetector-row CT scanner=マルチスライスCT)、MRI、PETなどが用いられている。

CTやMRIでは近年、高速撮像法が飛躍的に進歩し、時間、空間分解能の高い画像が撮れるようになった。特に、近年臨床応用可能となったマルチスライスCTでは¹⁾、detectorに入ったデータがZ軸方向に現時点でも最高64断面にまで分割できるため、ヘリカルピッチ等のパラメータを調整すれば、従来のヘリカルCTに比して最高で約100倍

必要であるが、低侵襲に腸内を観察できる。また、3次元画像であるため、任意の方向から腔内を観察でき、大腸の壁などによる死角がない。更に病変が認められた場合は、前述のようにMPR像を再構成することによって腫瘍の壁浸潤を同時に観察できるメリットもある(図1b)。仮想内視鏡はスクリーニングに期待されているとともに、大腸ファイバー時の参考画像にすることによって、大腸ファイバーの診断能が向上するとされている。



[B. 転移巣]

リンパ節や他臓器への転移巣の有無の検索にはCTが用いられることが多い。これは、前述のように広い範囲を検索できることや比較的検査枠に余裕があることによる。マルチスライスCTであれば、5mmスライス厚以下の薄いスライスで全身を撮像することが可能であり、5mm大の小さなリンパ節や転移巣でも描出することが可能である。しかし、それが転移巣か否かは、サイズで判断することになる(一般に直径1cm以上が有意)。また、CTでの広範囲の撮像は被曝量が大きくなることを留意する必要がある。

転移性肝がん

遠隔転移の中でも、肝転移は手術や動注化学療法など有効な治療法があり、またその有無は原発巣の手術の適応にもかかわってくるため、CT、MRIを用いた評価は特に重要である。

肝腫瘍の診断には、造影剤を急速静注して経時的に撮像するdynamic studyが必須である^{6,7)}。また、大腸がんの肝転移のような乏血性の転移性肝がんの診断においては、薄いスライス厚(2~5mm)での撮像で描出能が向上する。マルチスライスCTの高速撮像能は、dynamic studyの時間、空間分解能を向上するため、造影剤注入開始後、撮像開始までの時間(delay time)が約15~20秒の動脈系が良く濃染される早期動脈相と、delay timeが約30~35秒の肝の多血性腫瘍が濃染される後期動脈相の二回撮像するDouble arterial phase像が撮像できる⁶⁻⁸⁾。早期動脈相は動脈系がよく濃染されており、動脈系の3次元画像(CT arteriography)を再構成できる(図2)⁹⁾。後期動脈相では肝実質は相対的に動脈血流が少なく造影が弱い、乏血性の転移性肝がんはドーナツ状に造影される場合がある(図3)。これは、腫瘍辺縁部の腫瘍細胞成分が密な部分は血流が比較的多いためであり、この所見は描出および鑑別診断、両方に有用である。一方、多血性の転移性肝がんは濃染され描出能が向上する。また造影剤注入開始約70秒後の門脈相では、肝実質が門脈から戻ってくる造影剤で濃染される一方、乏血性の転移性肝がんはあまり造影されず、コントラストが向上する(図3)。またこの相では肝外門脈、肝静脈がよく造影され、良好なCT portography、CT venographyの元画像となる⁹⁾。以上のように、マルチスライスCTを用いたDynamic studyで経時的な血流動態を画像化することによって、転移性腫瘍と肝実質、血管系などとのコントラストが最もつくタイミングの像が得られ、描出能や広がり診断能(病期診断能)が向上すると共に、経時的な造影形態から鑑別診断能が向上する⁶⁻⁸⁾。また、各相の画像から再構成される各血管系の3次元CT angiographyは腫瘍の進展範囲の評価に役立ち、手術や画像をガイドにした低侵襲性治療(Interventional Radiology: IVR)などの治療方針の決定に役立つ。術前の血管系のMappingを中心とする検査では、リスクの高い血管造影を避け、CT angiographyが主流となってきている。

転移性肝がんのマルチスライスCT診断では、dynamic studyの各相の役割を良く理解し、スクリーニングであるのか、術前精査か、経過観察かなどの検査の目的によって、必要な撮像相を選択し、無駄な被曝を減らす必要がある。



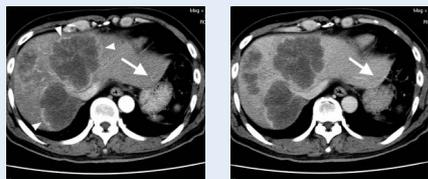


図3 乏血性の転移性肝がん(大腸がん)のdynamic CT

左:後期動脈相、右:門脈相

後期動脈相では、乏血性の転移性肝がんの辺縁部の腫瘍細胞が多い部分がドーナツ状に厚く造影されている(矢頭)。門脈相では肝実質が門脈からの造影剤で濃染される一方、乏血性腫瘍はあまり造影されず、コントラストは向上し、小さな転移巣も描出されている(矢印)。

3. Magnetic Resonance Imaging (MRI)

[A. 原発巣診断]

MRIは、元々任意の断面を撮像できるため、大腸がんが腸壁と接する面に垂直な断面を撮像することは容易である上に、造影も含めコントラスト分解能がCTに比べて高いため、壁浸潤の深さや、腫大リンパ節をより詳細にできる可能性があるが(図4)²⁾、空間分解能はマルチスライスCTに比べて劣るため、実際の診断能は大きく変わらない。しかし、超高速撮像が可能なハイエンドの機種を用いて空間分解能を更に向上できれば、CT以上の診断能も期待できる。

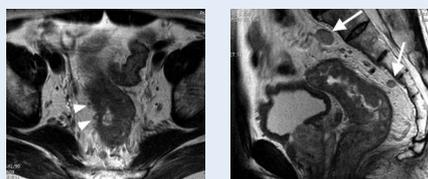


図4 S状結腸がん(漿膜外浸潤)

左: T2強調横断像(ファーストスピンエコー法)、
右: T2強調矢状断像(ファーストスピンエコー法)

MRIはコントラスト分解能がCTの比べて高いため、大腸がん和腸壁とのコントラストがつき腫瘍の輪郭が追い易い。壁外浸潤(矢頭)や、腫大リンパ節(矢印)が認められる。

[B. 転移巣]

一般的なMR装置では一度に撮像できる体の長軸方向への範囲があまり長くないため、広範囲を撮像する必要のある転移巣の検索にはあまり向いていない。しかし、最新のMRI装置には、テーブルを移動しながら高速撮像法で全身を撮像するシステムを持つものもある。

転移性肝がん

転移性肝がんは一般的にT1強調像で低信号、T2強調像で高信号を示し、周辺の浮腫を反映してかT2強調像でやや大きく描出される¹⁰⁾。またMRIにおいてもCT同様Dynamic studyは有用である。前術のように空間分解能は低いけどコントラスト分解能が高いため、CTで述べたような特徴的な造影形態が鮮明に見られる¹¹⁾。

更にMRIでは、近年、肝組織に特異的に取り込まれる組織特異性造影剤が開発され、その有用性が報告されてきている^{12~14)}。現在、日本で臨床応用可能なのは肝網内系特異性造影剤である超常磁性体酸化鉄粒子(Superparamagnetic iron oxide : SPIO)のみである。SPIO製剤は超常磁性体酸化鉄を主成分とし、静脈内投与後Kupffer細胞に取り込まれやすいように表面が糖質でコーティングされた粒子で、網内系特異性造影剤に分類される¹²⁾。SPIO製剤投与後約10~30分からの撮影で、Kupffer細胞を含む肝実質の信号はT2強調画像やT2*強調画像で低下するのに対し、Kupffer細胞を含まない転移性肝腫瘍などは腫瘍の信号が低下しないため相対的に高信号となり描出能が向上する。肝転移の描出能は動脈性門脈造影下CT(CTAP)がもっとも高いとされているが¹⁵⁾、血管造影下に行う検査であり、その侵襲性の高さや高額な検査費用が問題である¹⁶⁾。SPIO造影MRIは転移性肝がんにおいては、その描出能はCTAP同様、腫瘍径5mm程度の腫瘍の検出が可能とされている¹⁷⁾上に、細胞外液性造影剤での造影検査でしばしば見られる非腫瘍性の血流還流異常が見られないために、偽陽性が少なく(特異度が高く)、CTAPに置き代わられる可能性がある(図5)。

SPIO造影MRIは描出能の向上のみならず、T1強調像で腫瘍の周辺肝実質部がリング状に軽度高信号を示す悪性腫瘍に特異的な所見や(図6)、heavily T1強調像とT2*強調像での信号パターンなどから鑑別診断も可能である¹⁸⁾。

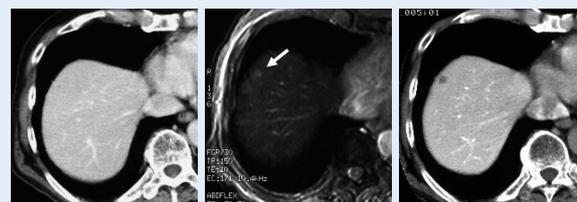


図5 大腸がん肝転移

左:造影CT門脈相、
中: SPIO造影後T2強調gradient echo像、
右: CTAP像

SPIO造影により肝実質の信号はT2*強調画像で低下するのに対し、Kupffer細胞を含まない転移性腫瘍などは腫瘍の信号が低下しないためコントラストが向上する。造影CT門脈相像で描出されていない小さな転移性病変が、SPIO造影MRIとCTAPでは認められる。

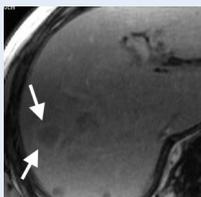


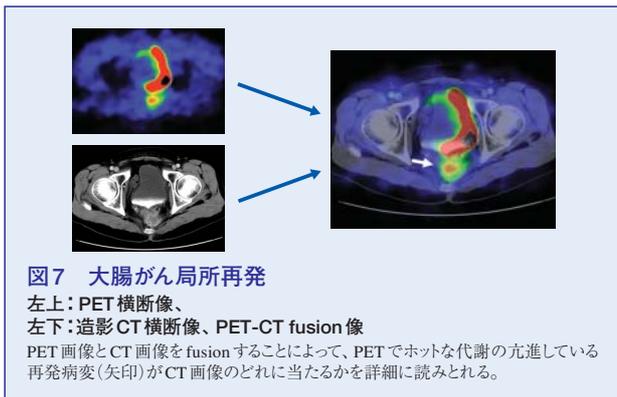
図6 大腸がん肝転移

T1強調像で、腫瘍の周辺肝実質部の腫瘍に圧迫された部分が、SPIOの取り込み量や取り込まれ方が正常肝臓部と異なるため、リング状に軽度高信号を示している(矢印)。悪性腫瘍に特徴的な所見とされている。

4. Positron Emission CT (PET)

[A. 原発巣診断]

一般的にPETに用いられている核種である¹⁸Fフルオロデオキシグルコース(FDG)はブドウ糖代謝が亢進している部分に集積するため、腫瘍がホットになる。しかし、PETは空間分解能が低い画像であるため、そのみでホットな病変を認めても、その病変の解剖学的な位置を確定することは困難なことが多い。近年、CTとPETを同一テーブルで組み合わせ、PET画像とCT画像を融合するPET-CTやPET画像とCT画像をretrospectiveにfusionするソフトが開発され、PETでホットに見える病変が大腸のどの部位の病変であるかまで診断できるようになった。国内のPETの台数や検査料を考えると原発巣をPETで見つけるといのは現時点では現実的ではないが、術後の局所再発の評価には有用である³⁾。術後変化の強い部分に軟部組織像が見られた場合、代謝の亢進した再発腫瘍か、亢進していない術後の線維化かを判断できる場合がある(図7)。



[B. 転移巣]

他臓器やリンパ節転移などの広範な領域の検索にはやはり全身を一度に観察できるPETが有用である。空間分解能が低いため1cm以下の腫瘍の描出は困難ではあるが³⁾、造影CTやMRIでは約1cm大のリンパ節や腫瘤を認めても、それが転移巣か否かは確定できないことが多いのに対し、PETであれば腫大したリンパ節内に代謝の亢進した病変があるか否かを評価することによって、描出と診断が同時にできる。

5. まとめ

大腸がんの原発巣および転移巣の検索において、マルチスライスCT、SPIO造影MRI、PETそれぞれに長所短所がある。それを良く理解した上で、必要最小限の検査で最大の情報を得ることができるように検査を組み合わせることが、患者さんにとっても、今後の包括化医療に対応する上でも重要である。

謝辞: 共同研究者の同教室の金 東石先生、堀 雅敏先生、大西 裕満先生、中村 仁信教授、他に感謝いたします。

■参考文献

- Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH: Four multidetector-row helical CT: Image quality and volume coverage speed. Radiology, 215: 55-62, 2000.
- Imai Y, Kressel HY, Saul SH, Chao PW, et al.: Colorectal tumors: an in vitro study of high-resolution MR imaging. Radiology, 177: 695-701, 1990.
- 村上康二: クリニカルPET: FDGの臨床応用: 消化器系腫瘍 画像診断 23: 1151-1161, 2004.
- Iannaccone R, Laghi A, Murakami T, et al.: Multidetector computed tomographic colonography without cathartic bowel preparation: Prospective blinded comparison with optical colonoscopy for the detection of colorectal polyps. Gastroenterology 127: 1300-1311, 2004
- Yasumoto T, Murakami T, Yamamoto H, et al.: Assessment of two different three-dimensional protocols for the observation of colorectal polyps using multi-detector row helical CT colonography. AJR-Am J Roentgenol (in press)
- Murakami T, Kim T, Takamura M, et al.: Hypervascular Hepatocellular Carcinoma: Detection with Double Arterial Phase Multidetector Row Helical CT. Radiology 218: 763-767, 2001.
- Foley WD, Mallisee TA, MD H, et al.: Multiphase Hepatic CT with a Multislice Detector CT Scanner. AJR 175: 679-685, 2000
- Kim T, Murakami T, Hori M, et al.: Small hypervascular hepatocellular carcinoma revealed by double arterial phase CT performed with single breath-hold scanning and automatic bolus tracking. AJR-Am J Roentgenol 178: 899-904, 2002.
- Takahashi S, Murakami T, Takamura M, et al.: Multi-detector row helical CT angiography of hepatic vessels: depiction with dual-arterial phase acquisition during single breath hold. Radiology 222: 813-88, 2002.
- Wittenberg J, Stark DD, Forman BH, et al.: Differentiation of Hepatic Metastasis from Hemangiomas and Cysts by using MR Imaging. AJR 151: 79-84, 1988
- Nakamura H, Murakami T, Ishida T, et al.: 3DFT-FISP MRI with gadopentetate dimeglumine in differential diagnosis of small liver tumor. J. Comput. Assist. Tomogr 18: 49-54, 1994
- Stark DD, Weisleder R, Elizondo G, et al.: Superparamagnetic Iron Oxide: Clinical Application as a Contrast Agent for MR Imaging of the Liver. Radiology 168: 297-301, 1988
- Imai Y, Murakami T, Yoshida S, et al.: Superparamagnetic iron oxide-enhanced MR images of hepatocellular carcinoma: Correlation with histological grading. Hepatology 32: 205-212, 2000.
- Murakami T, Baron RL, Peterson MS, et al.: Hepatocellular carcinoma: MR imaging with Mangafodipir Trisodium (Mn-DPDP). Radiology 200: 69-77, 1996.
- Matsui O, Takashima T, Kadoya M, et al.: Dynamic computed tomography during arterial portography. J Comput Assist Tomogr 9: 19-24, 1985
- 村上卓道: 日本の医療経済からみた肝のCT, MR診断 日本磁気共鳴医学会雑誌 20: 64-72, 2000.
- Ward J, Naik KS, Guthrie JA, et al.: Hepatic lesion detection: comparison of MR imaging after administration of superparamagnetic iron oxide with dual-phase CT by using alternative-free response receiver operating characteristic analysis. Radiology 210: 459-466, 1999
- Kumano S, Murakami T, Kim T, et al.: Using superparamagnetic iron oxide-enhanced MRI to differentiate metastatic hepatic tumors and nonsolid benign lesions. AJR-Am J Roentgenol 181: 1335-1339, 2003.



大阪大学大学院医学系研究科
<http://www.med.osaka-u.ac.jp/index2.html>