

マルチモダリティによる Abdominal Imaging

— 肝・胆・膵を中心とする画像診断の最新動向

村上 卓道 近畿大学医学部放射線医学教室

肝・胆・膵を中心とする消化器疾患の画像診断としては、病変の描出、鑑別、病期診断とともに、治療のための解剖情報や治療後の効果判定が重要である。近年、非侵襲的検査法であるUS、CT、MRI、PETとともに、IVR-CTやコーンビームCTなどの機能を持った血管造影装置が画期的な進歩を遂げてきている。これらの検査法には、それぞれ長所、短所があり相補的であるため、これら最新の画像診断の動向を理解し、疾患によってそれらをうまく組み合わせて(マルチモダリティ)、より簡便に、より低侵襲に、より安価に診断に至ることが現在の医療の中では非常に重要である。

本稿では、肝・胆・膵を中心とする各検査法の最新動向について述べる。

US

US検査は、その利便性により、肝・胆・膵疾患のスクリーニング検査のファーストチョイスとして利用されている。その診断能は、術者の技量に負う部分も大きい。肝腫瘍や胆嚢病変に関しては非常に高いものがある。さらに、2007年1月に臨床使用が可能となったUS用造影剤であるソナゾイドにより、肝腫瘍の血行動態の詳細な評価が可能となり、描出、鑑別、治療支援の目的でMDCT検査を上回る精査法となっている。

ソナゾイド造影USは、CTやMRIのダイナミックスタディと同様、静注直後の動脈相(vascular phase)で多血性腫瘍が濃染され描出能が向上する。投与して10分以降、すなわち晩期相(post vascular phase)でも、類洞、Kupffer細胞に取り込まれるため^{1), 2)}、類洞、Kupffer細胞を有さない腫瘍とのコントラストが向上し、腫瘍の描出能が向上する(図1)。晩期相の描出能は非常に高いため、晩期相で描出されている腫瘍をターゲットとして再度ソナゾイドを静注し、その腫瘍の血行動態を詳細に観察する方法(defect reperfusion imaging)は、腫瘍のさらなる鑑別診断能の向上が期待できる上に、穿刺治療のガイドとして治療の安全性や精度を向上させたり、治療後の効果判定にも有用とされている³⁾(図1)。

造影US検査は腫瘍の描出だけでなく、肝臓の機能診断に用いることができる可能性が示唆されており、造影形態から脂

肪肝と非アルコール性脂肪肝炎(non-alcoholic steatohepatitis: NASH)症例の鑑別が可能との報告もある⁴⁾。ちなみにソナゾイドは、現時点ではわが国においてのみ認可されている。

また、患者さんの体の周りに磁場センサーを設置し、プローブの位置や傾き情報を読み取って、あらかじめ取り込んでおいたMDCTやMRIのボリュームデータからUSと同一断面のCT、MR多断面再構成画像(multi planar reconstruction: MPR)をリアルタイムに再構成するナビゲーションシステムが開発されており、USで見えにくい部位の病変の穿刺治療を安全に、正確に行えるようになっている⁵⁾(図2)。

CT

1. 高速化・高分解能化の動向

肝・膵疾患の診断においては、造影剤を急速静注後、経時的に撮影するダイナミックスタディは、各病変に特徴的な経時的造影形態(血行動態)を評価できるため、病変の描出や鑑別・病期診断能の向上に必須である。最近急速に普及している64列MDCTであれば、スライス厚を最小の約0.6mmに設定しても上腹部領域を3秒以内で撮影することが可能なため、腹部の広い範囲で時間・空間・コントラスト分解能の高いダイナミックスタディを行うことができ、経時的な造影形態の評価能、つまり診断能がさらに向上してきている。

高速撮影が可能となったため、injec-

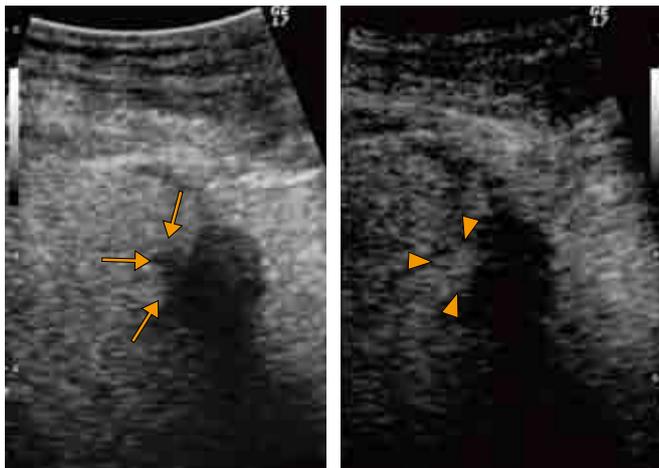


図1 肝細胞がんラジオ波焼灼療法後のソナゾイド造影US像
晩期相 (a) では灼療された腫瘍部と局所再発部にはソナゾイドは集積しないため低エコーを示している (→) が、再度造影剤を静注した直後の defect reperfusion imaging (b) で多血性の局所再発腫瘍部 (▶) が濃染されている。

a: ソナゾイド晩期相
(post vascular phase)

b: defect reperfusion imaging



図2 超音波ボリュームナビゲーションシステム
あらかじめ取り込んでおいたMDCTのボリュームデータから、USと同一断面の多断面再構成画像(MPR)をリアルタイムに再構成表示している。USの利便性、高分解能、リアルタイム性に、CTの客観性、再現性を加えることが可能である。

tion rateを含めた造影剤の使い方、腫瘍-肝コントラストを最大にするための scan delay など、撮影プロトコルの最適化に多大な関心が寄せられるようになった。造影剤 600mgI/kg × 体重を一定時間 (約 30 秒) で注入し、腹部大動脈への造影剤到達をポーラストラッキング法などの測定システムでとらえて、最適なタイミングで必要十分な濃染像を得る方法が提唱されている⁶⁾。

CTの高分解能化により、Z軸方向の空間分解能が、横断面の空間分解能 (約 0.6 mm) と同程度の isotropic voxel volume imaging となり、任意の再構成断面である MPR や、volume rendering (VR), maximum intensity projection (MIP) などによる血管系などの三次元再構成画像の画質が劇的に向上した⁷⁾。元来、三次元画像は外科手術前の有効なナビゲーションとなり、また、患者さんへの説明のサポートとなるという大きな役割があったが、これらに加えて病変の検出能の向上をもたらした。

2. 機能・動態検査の動向

機能 CT 診断として、パーフュージョン CT の技術が進歩してきた。パーフュージョン CT では、同じレベルで CT 画像を連続して撮影するシネ撮影法を、少量の造影剤 (30 ~ 40 mL) を急速静注後に肝臓で行い、経時的な造影値の変化を計測することによって、肝臓や肝腫瘍の詳細な血流動態データを計算する。算出できるパラメータには、肝臓の組織血流速度 (mL/min/100 g) や血流量 (mL/100 g) のほか、平均通過時間 (min) や動脈分率 (%) がある (図 3)。慢性肝疾患症例では、組織血流速度の低下や動脈分率の上昇が見られ、血流面から臓器の区域性的機能を評価できるようになってきている⁸⁾。

超多列チャンネル (240 ~ 320 列) 化や、40mm ビーム幅で X 線を照射しながら高速で連続的にヘリカル撮影を繰り返すことにより 500 チャンネル相当の高速ボリューム撮影が可能な Volume Helical Shuttle (以下、VHS) の開発により、従来の三次元画像に時間軸を付加した四

次元画像が可能となってきた。これにより、これまでの二次元、三次元形態診断に加え、腫瘍や動静脈奇形などにおける血行動態の詳細な把握や、全脳、全肝におけるパーフュージョン CT 検査などのような機能・動態検査が可能となる。multi phase dynamic 検査においては、動脈相 (早期 ~ 後期) の間の時間を VHS で撮影すると、6 ~ 9 相程度のボリュームデータを得ることができる (図 4)。

3. 被ばく低減技術の動向

四次元 CT やパーフュージョン CT 機能診断は、撮影回数が従来より増えるため、被ばくの増大が臨床応用における大きな問題となる。これまでの CT 装置で被ばく線量を低減させる技術としては、X 線の照射方法やデータ収集方法を工夫するなど、ハードウェアの改良によるものがほとんどであったが、近年、逐次近似法 (iterative reconstruction) に代表される新しい画像再構成法を応用することにより、画像中のノイズやアーチファクトの成分を統計的に除去し、CT 値を変化させることなく、低線量でも高分解能