

# 肝胆膵脾の CT・MRI診断

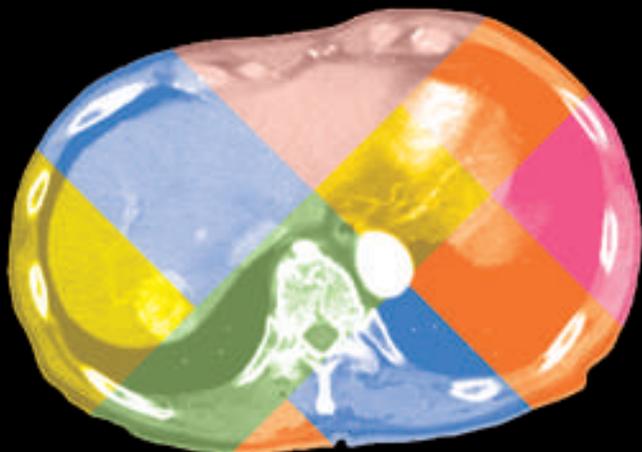
著

近畿大学医学部放射線診断学 教授

村上卓道

近畿大学医学部放射線診断学 講師

岡田真広



## 序

2年ほど前に、当科の岡田真広先生が「上腹部の画像診断の教科書を書きませんか」と相談してきた。今まで多くの教科書に編集や分担執筆としては携わってきたが、一冊を書き上げることに关しては、時間の問題もあり、本当のところ少し躊躇した。

しかし岡田先生の熱意もあり、学生や研修医、専門医試験前の先生、消化器外科や内科の他科の先生方に役立つような本を作れば、それはすばらしいことだと思い、岡田先生と私の2人の共著でやってみることにした。ちょうど金芳堂さんの放射線医学の教科書を編集・執筆していたところであったので、金芳堂さんをお願いしたところご快諾いただき、実現可能となった。前述したように、日常業務の合間をぬっての執筆であり、時間がかかってしまい、出版社の方々にもご迷惑をかけたが、その分、2人でがんばって書かせていただいた。

内容的には、各種画像検査法をI部で解説している。腹部画像診断の専門以外の放射線科医が適切な検査を行えるように、また若手の先生、他科の先生がどのようにして診断に有用な画像を作っているかを理解していただけるように記載するように心がけた。II部の各論では、各疾患ごとに読影に必要な基本の知識から最新の知見までを記載した。そのため、特に研究が盛んな肝細胞癌の部分のボリュームがすこし大きくなってしまったが、その部分の専門家が2人で執筆したためとご容赦願いたい。画像診断には病変を見つめる力だけでなく、画像の持つ意味を理解していることや、病気の病態を知っていることが非常に重要である。本書は前述のように、それらをカバーするように執筆したつもりだが、日常臨床での有用性に重点を置いており、あまり特異な疾患は含んでいない。それらは他の放射線診断専門医用の良書がたくさんあるので、そちらで勉強していただきたいと思っている。

この本が、肝胆膵診療の日常臨床において、お役に立てれば幸いである。

2013年8月

近畿大学医学部放射線医学教室

放射線診断学部門 主任教授 村上 卓道

## はじめに

本書は、肝・胆・膵・脾の最新画像診断の理解を深めるために企画した。画像診断の進歩は急速で、CTは短時間に薄いスライス厚の画像が得られ、MRIはさまざまなソフトウェアが開発され、ハードウェア・ソフトウェアとも進化している。そのような進歩は北米放射線学会（RSNA）で知ることができる。この学会は参加者が約6万人を数え、教育的な側面を重視しつつ、画像診断をキーワードとして多くの臨床家、研究者、技術者が革新的な医学に触れている。このような日進月歩の放射線診断分野は、日常診療に追われる放射線科医師、消化器内科・外科を中心とした他科の医師にとって、知識をUp-to-dateにすることが容易ではない。本書はそのような医療関係者はもちろんのこと、研修医や医学生も対象として記載している。多くの良質な教科書がすでに出版されているが、本書は可能なかぎり最新画像撮影技術にも言及し、日常診断で数年あるいは数十年に1度しか遭遇しないような疾患は他の成書に譲り、基本的な疾患の記載や日常よく施行されている検査方法に集中して記載した。著者二人で本書の全てを記載したが、ともに肝臓領域の研究を専門としているため、肝臓疾患に関する記載が多くなったことは明確にしておきたい。ただし胆・膵・脾の疾患の中で基本的なものは全て記載したつもりである。腎臓および骨盤臓器（泌尿生殖器関係）は上腹部臓器と関連があり、本来は腹部画像診断の教科書として記載した方がよいかもしれないが、著者の専門領域ではないため本書は含んでいないことをお詫びしたい。

本書はI部の画像検査法、II部の疾患各論から構成されている。両者はともに重要で、画像検査法を熟知していなければ、正しい診断にたどり着けず、疾患の知識がなければ、最適な画像検査法の指示を出すことができない。まず、I部の画像検査法を読んでいただき、現在の本邦における上腹部画像診断の重要事項を知っていただきたい。

2013年盛夏、大阪狭山より

近畿大学医学部放射線診断科

講師 岡田 真広

## 目 次

## I 部 画像検査法

<b>1. 各画像検査の長所と短所</b>	<b>2</b>
CT 検査の長所と短所	2
MRI 検査の長所と短所	4
超音波検査 (US) の長所と短所	6
<b>2. 各検査の比較</b>	<b>7</b>
腹部画像診断の役割	7
読影の際に常に気をつけること	7
ダイナミック CT とダイナミック MRI (Gd-EOB-DTPA を含む) の比較	7
<b>3. 画像診断のコスト</b>	<b>9</b>
CT の場合	9
MRI の場合	9
超音波検査 (US) の場合	9
<b>4. 最適な画像検査を行うために：CT 撮像パラメータの決定</b>	<b>10</b>
CT 検査の条件設定	10
肝細胞癌に対する造影 MDCT 検査	10
肝ダイナミック CT の Time density curve	11
撮影プロトコール	12
肝腫瘍診断におけるダイナミック CT の 10 秒ルール	17
患者の両手からの造影剤注入	17
肝ダイナミック CT のためのヨード造影剤量	17
ヨード造影剤の選択	18
CT の高速化	18
64 列 MDCT 肝の撮像パラメータ	20
CT Perfusion (CTP) とは	21
肝臓の CT perfusion (CTP) の実際	21
CT Perfusion (CTP) の実例	22

## 5. 腹部画像診断に必要な MRI の知識 24

非造影 MRI	24
T2 強調画像	24
T1 強調画像	24
拡散強調画像	25
Sensitivity Encoding (SENSE)	28
腹部 MRI でよく見るアーチファクト	28
造影 MRI	30
■ ガドリニウム製剤を用いた造影 MRI	30
■ Gd-DTPA 造影ダイナミック	31
■ Injector 使用の際の注意	31

## 6. 肝特異性 MR 造影剤 (Gd-EOB-DTPA 造影 MRI と SPIO 造影 MRI) 32

肝実質と間質	32
肝特異性 MRI 造影剤	32
Gd-EOB-DTPA 造影 MRI の基本と実際	32
■ Gd-EOB-DTPA 造影剤とはどのような造影剤か？	32
■ Gd-EOB-DTPA 造影 MRI の撮像法	35
■ Gd-EOB-DTPA 造影 MRI の撮像タイミング	38
■ 造影剤注入法と撮影の Triggering ならびに Delay time	39
■ Gd-EOB-DTPA 造影 MRI による肝細胞癌	41
■ 早期肝細胞癌の定義と画像診断	42
■ Gd-EOB-DTPA 造影 MRI を用いた肝細胞癌診断のポイント	42
■ 肝細胞癌の画像診断のアルゴリズム	43
■ Gd-EOB-DTPA 造影 MRI における Pitfall	45
■ Gd-EOB-DTPA 造影 MRI のアーチファクト	46
Superparamagnetic iron oxide (SPIO) 造影 MRI	48
MRI の磁場強度	52

## 7. 造影超音波検査 53

画像再構成	53
-------	----

## 8. MDCT を用いた再構成 55

## 9. 被曝低減 57

低管電圧 CT による被曝低減	57
-----------------	----

## II 部 臓器別疾患各論

### 1. 肝 臓 60

- A** 肝臓の解剖：Couinaud 分類 60
  - 画像診断における肝区域の分け方 60
  
- B** 慢性肝疾患に生じる肝腫瘍 63
  - a | 異型結節 63
  - b | 肝細胞癌 65
  
- C** 転移性肝癌 94
  - a | 転移性肝癌に診断における各検査法の用い方 94
  - b | 転移性肝癌の原発巣別に分けた治療戦略と画像診断 102
  - c | 転移性肝癌の治療効果判定における画像診断 102
  
- D** その他の肝腫瘍（肝細胞癌・転移性肝癌以外） 106
  - a | 胆管細胞癌 106
  - b | 肝血管腫 106
  - c | 肝嚢胞 116
  - d | 肝細胞腺腫 116
  - e | 肝血管筋脂肪腫 116
  - f | 肝膿瘍 122
  - g | 限局性結節性過形成 122
  - h | 肝悪性リンパ腫 122
  - i | 肝癌肉腫 131
  - j | 肝嚢胞腺癌 132
  
- E** 肝実質性変化 133
  - a | 肝炎 133
  - b | 脂肪肝 134
  - c | 肝硬変 142
  - d | 鉄沈着症 145
  - e | 銅沈着症 146
  - f | アミロイドーシス・肝アミロイドーシス 147

- F 肝画像診断における偽病変：血管病変 149
      - a | シャント 149
      - b | 層流 154
      - c | 肋骨 154
      - d | 門脈瘤 154
      - e | 門脈血栓 154

- G 肝外傷性変化 158

## 2. 胆 道 160

- A 胆道系の解剖 160

- B 胆嚢・胆道系腫瘍 162
    - a | 胆管癌 162
    - b | 胆嚢癌 168
    - c | 胆嚢ポリープ 169
    - d | 胆嚢腺筋腫症 173

- C 胆嚢・胆管炎症性疾患 174
    - a | 急性・慢性胆嚢炎 174
    - b | 黄色肉芽腫性胆嚢炎 176
    - c | 原発性硬化性胆管炎 177

- D 胆石・胆管結石 179

- E その他 183
    - a | 膵胆管合流異常 183
    - b | 総胆管嚢腫 / 先天性胆道拡張症 184

## 3. 膵 臓 185

- A 膵臓の解剖 185

- B 膵のダイナミック CT 186

- C** 脾腫瘍 188
- a | 浸潤性脾管癌 188
  - b | 脾内分泌腫瘍・脾島腫瘍 190
  - c | 転移性脾腫瘍 191
  - d | 脾嚢胞性病変 192

- D** 脾臓炎症性疾患 202
- a | 急性脾炎 202
  - b | 慢性脾炎 202
  - c | 自己免疫性脾炎 204
  - d | 術後性脾病変 204

#### 4. 脾臓 209

- A** 脾臓の解剖 209

- B** 脾疾患 210
- a | 悪性リンパ腫 210
  - b | 転移性脾腫瘍 211
  - c | 脾嚢胞 211
  - d | 脾血管腫 211
  - e | 脾過誤腫 212
  - f | 脾リンパ管腫 212
  - g | 脾臓の血管性疾患 212

参考文献 .....	222
日本語索引 .....	235
外国語索引, 他 .....	239

I 部

# 画像検査法

# 1. 各画像検査の長所と短所

非侵襲的な腹部画像診断法として、超音波、CT、MRI などがある。電離放射線を用いる検査法がCT、電離放射線を用いない（被曝のない）検査法がMRI、超音波である。これらの画像診断の最新の動向を理解し、それらを組み合わせて、より簡便に、より高い精度で診断に至ることが重要である。そのため、まず念頭に置かなければならない各検査法における長所と短所、そしてコストについて以下に記す。

## CT 検査の長所と短所

Multidetector CT (MDCT) の急速な進歩は、高い時間分解能（早いスピードで画像を取得できる）・高い空間分解能（画像で細かいところまで描出できる）での撮像を可能とし、理想的なタイミングで高画質のダイナミックCT画像を得ることができるようになった。適切な造影剤の投与量・投与方法を用いて、撮像法を最適化することにより、情報量が多く、かつ再現性の高い検査を行うことが可能である。

表1はMDCTの多列化による時間・空間分解能の変遷であり、肝臓を撮影する場合の時間やスライス厚を目安に示している。

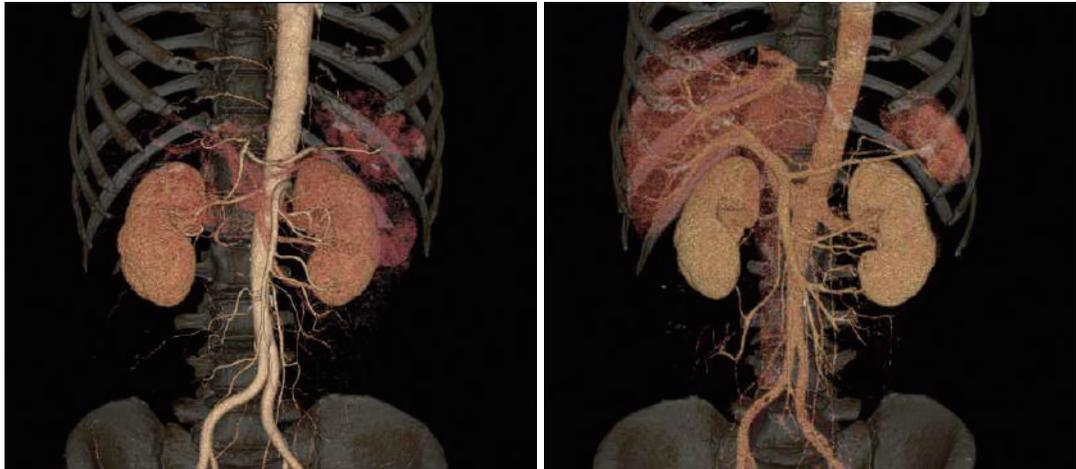
MDCTは4列の検出器の装置が登場して以来、体軸方向の空間分解能が向上し、診断に有用な冠状断や矢状断の多断面再構成画像（multiplanar reconstruction : MPR）がCT装置上でもワークステーション上でも容易に再構成可能となった。また通常の読影で用いられる2次元画像（横断像）から容易に3次元画像（3 dimensional 画像；3D 画像）を作成できるようになり、造影剤を静注した後の動脈相や門脈相の画像を再構成して得られる3D-CT angiographyは腹部領域での解剖学的評価に非常に有用であり、診断目的の血管造影検査は激減した(図1)。さらに2012年現在では、MDCTは検出器の数が64列以上の装置が主流となり、全肝を2秒程度で撮像可能となっている。

近年ではさらに3次元画像に動態情報（時間軸）が加わった4次元画像が登場してきている<sup>1,2)</sup>。これにより動画のように3D-CT画

表1 MDCTの時間・空間分解能

	時間分解能	空間分解能（スライス厚）
Single helical CT	20 sec	10 mm 厚
4 ch MDCT	8 sec	2.5 mm 厚
8 ch MDCT	8 sec	1 ~ 1.25 mm 厚
16 ch MDCT	8 sec	0.5 ~ 0.63 mm 厚
64 ch MDCT	1.8 sec	0.5 ~ 0.63 mm 厚

注) 4 ch : 4 channels, 8 ch : 8 channels, 16 ch : 16 channels, 64 ch : 64 channels, channel は検出器を示す。



a. 動脈相

b. 門脈相

図1 CT angiography (CTA) ; 正常例

aでは腹部大動脈から分岐する腹腔動脈の枝の総肝動脈や脾動脈，固有肝動脈や胃十二指腸動脈，上腸間膜動脈が良好に描出されている．bでは上腸間膜静脈や脾静脈が合流後の門脈が良好に描出されているとともに，肝静脈も描出されている．

像を扱うことができるため血流動態の詳細な把握が可能となり，たとえば静脈注射された造影剤が血管内を走行する方向をリアルタイムに把握できるようになった．このようなCTの高速化，高分解能化は撮像枚数の増加ももたらすことがあり，被曝量が増加することもあるため<sup>3)</sup>，近年開発が進んでいる最適な被曝低減アルゴリズム(🔗CLIP)を使用すべきである．

次に Multidetector CT (MDCT) の問題点と解決方法を表2に記す．

短所としては他に，CTにはアーチファクト(画像上で読影の障害となるもの)が存在する．モーションアーチファクト(患者の動きによるアーチファクト)，金属，骨によるアーチファクトなどがある．

🔗 CLIP

### 被曝低減アルゴリズム

低管電圧CTは患者の被曝低減とともに造影効果を上昇させることが期待できる手法である．これは低電圧ではヨードのCT値が高くなるためである．ただし管電圧を下げ，他の設定を一定とした場合，線量不足となり画像のノイズが増加する欠点がある．しかし近年，ASiR(🔗57頁)などの逐次計算画像再構成法の発達，普及によりノイズの低減が可能となり，画質を担保した状態で被曝低減を行えるようになった．低管電圧CT(電圧として80kVを使用することが多い)を用いた場合，前述のように肝や腫瘍の造影剤増強効果が上昇するため，仮に造影効果が従来のCT(電圧として120kVを使用することが多い)と同等でよいとした場合，造影剤量を減量することも可能である．ただし肝ダイナミックCTでは肝細胞癌の診断に重要な腫瘍の濃染，washoutが十分に検出できるように，腫瘍-肝臓コントラストを慎重に考慮し，過度な造影剤低減は慎むべきである．

表 2 Multidetector CT (MDCT) の問題点と解決方法

問題点	解決方法
低コントラスト* (コントラスト分解能の低下) 広範囲撮影, 多時相撮像による被曝増加 膨大なデータ量, 画像量, 読影量	多量もしくは高濃度の造影剤が必要 被曝低減ソフト使用 モニタ読影用システム

注) \* : 微妙な濃度差の表現をさす. 腹部の臓器などは造影する前に解剖的構造を分離することが難しいが (コントラストが低い), 造影剤を投与すると (コントラストを増強させると) 各組織の造影効果に応じてその差が明瞭になる.

### MRI 検査の長所と短所

MRI の長所は組織のコントラスト分解能に優れていることである. すなわち, MRI は CT より組織性状の評価に有利で, 出血, 脂肪, 液体の性状などを把握することも可能である. またガドリニウム (Gd) 造影剤による MRI 信号変化 (T1 短縮効果が主体である) も組織コントラスト増強に役立ち, 病変と非病変とのコントラストを上昇させる. その他に MRI の長所として, 任意の断面の画像が得られる, 電離放射線による被曝がないということが挙げられるが, 短所としては石灰化, 空気からの信号は得られないか乏しい, 検査時間が CT のように短時間ではない (スループットが悪い), などが挙げられる. また MRI は下記のような検査不適合患者が存在する (検査が中断することになったり, MRI 画像が劣化することがある).

- ① 閉所恐怖症の患者
- ② 自発呼吸ができない患者
- ③ 妊娠 12 週以内の患者
- ④ 長時間一定の姿勢を保てない患者
- ⑤ 医療器具が MRI 検査に支障がある (手術, 事故などのために電子機器, 金属部品, 磁性体を装着もしくは体内に有している) 患者

次に記載する絶対禁忌については, 特に熟知しておく必要がある.

- ⑥ **絶対禁忌** 心臓ペースメーカー・体内埋め込み型除細動器を装着している患者 (次頁, コラム)
- ⑦ **絶対禁忌** 人工内耳を装着している患者
- ⑧ **絶対禁忌** PTCA (経皮的冠動脈形成術) や PTA (経皮的血管形成術) の直後 (1 か月以内)

なお, 上記の⑥であるが, 最近臨床応用可能となったの MRI 対応心臓ペースメーカーでは, 1.5 テスラ (Tesla) の MRI が施行可能となっているが, 万が一心臓ペースメーカーが MRI 非対応である場合には, 患者が非常に危険な状態になるため, 嚴重な問診, 循環器内科医との連携が必要である. また入れ墨やパーマネントアイラインは, 酸化鉄を含むため火傷の危険があり, 注意が必要である.

また MRI は, 次のようなアーチファクトが存在することを認識しておく必要がある (28 頁以降にも画像を示して詳しく解説している).

#### (1) モーションアーチファクト (Motion artifact)

患者の動きによるアーチファクトであり, 本来あるべき解剖学的位置と違う画像の位置

に組織が投影されることから、ゴーストアーチファクトと呼ばれる。

## (2) フローアーチファクト

### (Flow artifact or Phase shift artifact)

周期的な拍動性の動きを示す血流や心拍によるモーションアーチファクトで血管のゴーストアーチファクトが肝左葉外側区に投影されて影響を受けるなどを指す。また流体の信号変化によるアーチファクトも含み、流入効果、位相分散による信号消失、RFパルスの時間差による信号変化を指す。血管内の血液や脳脊髄液の動きが信号に影響する。

## (3) 折り返しアーチファクト

### (Wraparound artifact)

撮像範囲外の対象が、反対側の端に表示さ

れる現象を指す。たとえば、画像の右側の撮像範囲外の体の外側部が画像の左側に投影される。

## (4) ケミカルシフトアーチファクト

### (Chemical shift artifact)

水と脂肪の境界において、白または黒の縁取り状に発生する。水と脂肪の共鳴周波数が異なるため、わずかではあるが、脂肪が位置ずれを起こして投影される。

## (5) 磁化率アーチファクト

### (Susceptibility artifact)

金属菌、空気などのように極端に磁化率の異なる部位の境界に生じる信号の消失、歪みを指す。体内の金属片や空気は周囲の磁場を乱すため、その周辺の組織の共鳴周波数が変

## COLUMN

### MRI 対応心臓ペースメーカー

ペースメーカー装着患者のMRI検査は原則禁忌であるが、近年MRI対応植え込み型デバイスが開発されてきており、MRI対応植え込み型デバイス装着患者のMRI検査に関する施設基準を満たした医療機関であれば、制限はあるものMRI検査が可能となってきている。

MRI対応植え込み型デバイス装着患者のMRI検査の検査依頼時には、ペースメーカー管理者（循環器科の医師）が患者のペースメーカー手帳と確認カードの両方を確認し、MRI検査実施者（放射線科医師とMRI担当技師）も検査時にペースメーカー手帳と確認カードの両方を確認する。

MRI対応植え込み型デバイス装着患者のMRI検査方法の詳細は、MRI対応ペースメーカー各社のマニュアルに従う必要がある。2012年6月現在、MRI対応植え込み型デバイスは、日本メドトロニック社製（2012年10月発売）、パイオトロニックジャパン社製（2013年4月発売）が薬事承認を受けており、セントジュードメディカルジャパン社は2013年7月発売となっている。

パイオトロニックジャパン社製デバイス装着患者のMRI検査マニュアルの一部を紹介すると、1.5テスラのMRI装置でのみ検査が可能で、1検査のRF照射時間は30分以内（累積スキャンは10時間以内で患者のペースメーカー手帳に撮像時間が記載されていく）とされている。また、局所送受信コイルの使用は不可で、検査体位は仰臥位のみ、検査中はSpO<sub>2</sub>ないし心電図モニタで観察する必要がある。またアイソセンター（撮像中心）はペースメーカーおよびその近傍を含まないようにする必要があるデバイスもあるため、撮像範囲に制限がある場合がある（胸部、上腹部の撮像は不可）。

日本医学放射線学会、日本磁気共鳴医学会、日本不整脈学会からMRI対応植え込み型デバイス装着患者のMRI検査におけるガイドラインがでている。また、ペースメーカー管理者やMRI検査実施者は、上記のMRI対応ペースメーカー各社のホームページでWebトレーニングを行い、所定の研修を行う必要がある。

化して、信号に影響する。

(6) トランケーションアーチファクト  
(Truncation artifact)

データ収集の打ち切りによるもので、肝表面などの脂肪織と臓器表面の境界のようなコントラスト急激に変化する部分に縞模様状に発生する。

**超音波検査 (US) の長所と短所**

超音波検査 (ultrasonography : US) は放射線被曝がなく、CT や MR に比べると装置が安価 (一部のハイエンド超音波装置を除く) であり、本邦では肝細胞癌のスクリーニングには必要不可欠である。超音波はリアルタイ

ム性に優れ、さまざまな断面での画像が得られ、必要に応じて体位変換も可能である。Radiofrequency ablation (RFA) のための穿刺ガイドにも広く用いられている。

超音波の欠点の一つに術者依存性があるが、超音波画像と同じ断面の CT や MR 画像をリアルタイムに再構成し表示する virtual sonography などの技術の発達により、特に治療穿刺における病変部同定が容易となり、多くの術者に高い精度で治療、生検などが可能となっている。ただし超音波には死角が存在すること、患者の体格で描出能が左右されるという欠点は避けることができない。

## 2. 各検査の比較

### 腹部画像診断の役割

腹部画像診断の役割は次の7つである。腹部画像の依頼内容がどれに該当するのか考え、また画像が依頼内容に応えるものであるかを前記のような各検査法の長所・短所を知った上で、まず評価するべきである。

- ① 病変検出 (Lesion detection)
- ② 病変特性評価 (鑑別診断, Characterization)
- ③ 悪性評価 (良悪性鑑別, Malignancy evaluation)
- ④ 病期診断 (Staging)
- ⑤ 治療評価 (Therapeutic evaluation)
- ⑥ 再発評価 (Recurrence evaluation)
- ⑦ 再発や新病変への治療支援 (Navigation for recurrence and a new lesion)

### 読影の際に常に気をつけること

画像診断を行う場合、常に経時的変化を考慮に入れることが重要であり (以前に撮影された画像を比較できる時には必ず比較をする)、今回の所見が以前の画像と変化があるか否かを丁寧に比較することが重要である。

悪性病変の進行の程度はさまざまであるが、術後の再発チェックや残存腫瘍の画像評価であれば、腫瘍の悪性度を病理所見や手術所見から知ることができる。病変のサイズ変化率が、その悪性度に応じたものであるかどうかから、病変の鑑別、進行度診断に役立てることも重要である。

### ダイナミックCTとダイナミックMRI (Gd-EOB-DTPAを含む)の比較

肝腫瘍の検出、特に肝細胞癌の検出がどの検査法で優れているのかという比較は重要である。しかしCTやMRI検査装置の優劣、検査プロトコルの優劣にも影響を受けるため、比較する時点で最新の検査方法間で比較をする必要がある。CTとMRIの比較については多くの論文があるが、Noguchiらは多血性肝細胞癌の検出の比較でダイナミックCTとダイナミックMRIに有意差はないと報告している<sup>4)</sup> (図2)。Horiらは、多血性肝細胞癌の検出において、1cm以下の小病変ではSPIO造影MRIがダイナミックCTよりも優れているとしている<sup>5)</sup>。また小型の多血性肝細胞癌の検出においては、CTAPがダイナミックCTやMRよりも検出感度が高かったとしている<sup>6)</sup>。最近、使用頻度の高い肝特異性MR造影剤のGd-EOB-DTPAについての検討もされており、Di Martinoらは肝細胞癌の診断能に関して、Gd-EOB-DTPA造影MRIは64列のMDCTを用いたダイナミックCTよりも優れていると報告している<sup>7)</sup>。

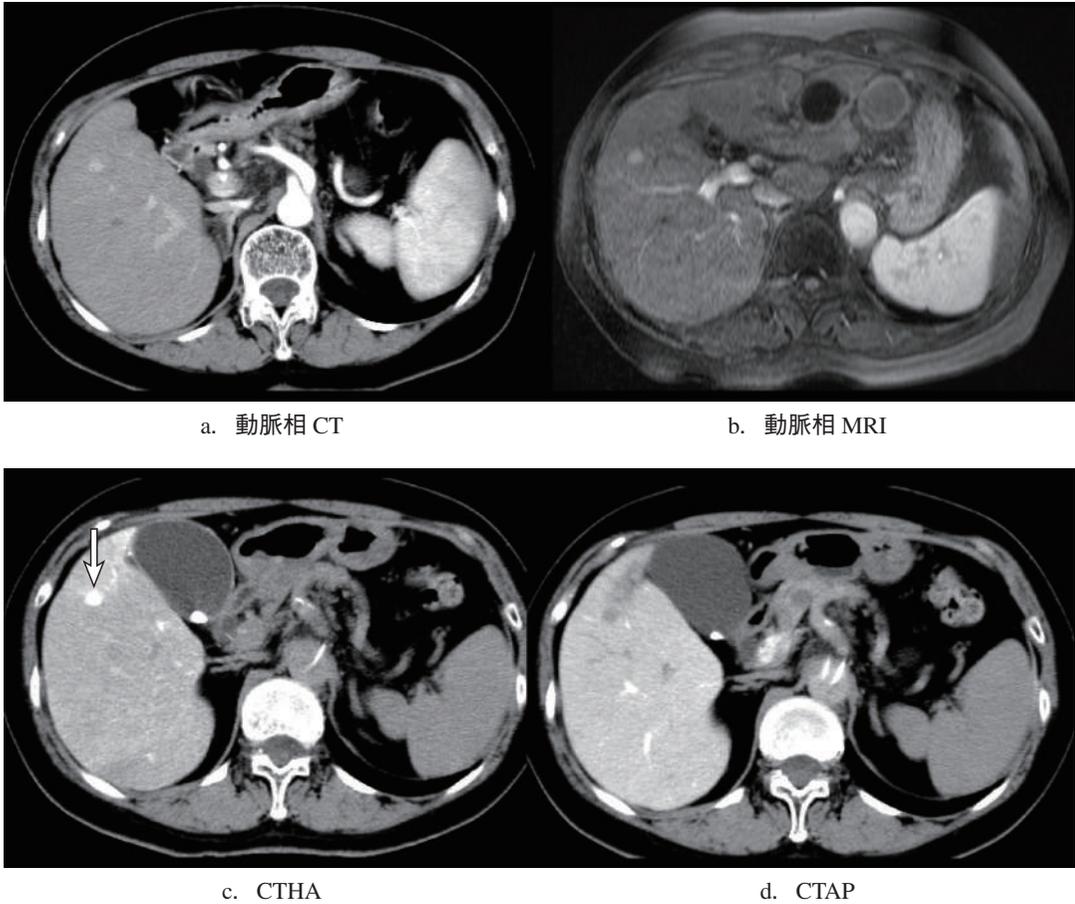


図2 肝細胞癌 (Hepatocellular carcinoma : HCC) ; 肝ダイナミック CT, 肝ダイナミック MRI (Gd-DTPA 使用), 肝動脈造影下 CT (CT during hepatic arteriography : CTHA) と動脈性門脈造影下 CT (CT during arterial portography : CTAP) による小型多血性肝細胞癌における動脈性濃染の比較

動脈相 CT や動脈相 MRI と比較すると, CTHA が最も高いコントラストで肝細胞癌(cの矢印)の多血性を描出している. CTAP では門脈血流低下ないし欠損を示している.

## 3. 画像診断のコスト

各疾患を診断するため、医学的に最適な画像検査法を選択することが大切である。ただし疾患の診断をしていく過程で、医療経済的な観点も重要であるため、2012年の時点における画像診断のコストについて次に記載する。

### CTの場合

16列以上のMDCTならば900点（1点＝10円）、16列未満であれば820点、造影剤使用加算が500点、これにコンピュータ断層診断料が450点、画像診断管理加算が70点か180点（条件を満たせば）、電子画像管理加算が120点となり、造影剤を使用する場合にはその造影剤の料金が加算される。

たとえば、16列CTを用いて画像を撮像し、読影は画像診断管理加算の高い条件で行い、電子画像配信をしていれば、造影剤料金を差し引いても  $900 + 500 + 450 + 180 + 120 = 2,150$  点（21,500円）となる。

### MRIの場合

1.5テスラ（T）以上のMR装置であれば1,330点、1.5T未満であれば1,000点、造影剤使用加算が250点、これにコンピュータ断層診断料が450点、画像診断管理加算が70点か180点（条件を満たせば）、電子画像管理加算が120点となり、造影剤を使用する場合にはその造影剤の料金が加算される。たとえば、1.5TのMRで画像診断管理加算の高いほうを得て、電子画像配信をしていれば、造影剤料金を差し引いても  $1,330 + 250 + 450 + 180 + 120 = 2,330$  点（23,300円）となる。

### 超音波検査（US）の場合

腹部超音波（非造影）を施行した場合、530点となる。本邦で使用できる超音波造影剤には2種類ある（SonazoidとLevovist）。

- Sonazoid<sup>®</sup>の場合：腹部超音波530点＋造影加算150点＝680点（6,800円）
- Levovist<sup>®</sup>の場合：腹部超音波530点＋造影加算150点＋パルスドプラ加算200点＝880点（8,800円）。

（2012年1月現在）

## 4. 最適な画像検査を行うために： CT 撮像パラメータの決定

各疾患を診断するためには最適な撮像法を選択しなければならない。画像診断装置の進化は著しく、数年で新しい技術を搭載した装置が市販されているが、現在用いられている標準的な装置の機能や設定について熟知することは、画像診断を行う上で大切である。

### CT 検査の条件設定

64 列 MDCT の設定の一例を表 3 に示す。この設定は標準的な設定を示しており、CT 検査の依頼内容にしたがい適宜変更される。管電圧は 120kV よりも低い値（たとえば 80kV など）で撮影することもある（低管電圧 CT という）。また管電流は限定した値で設定する場合もあるが、Auto mA という可変電流（患者の体格に対応して自動で管電流が変化する）方式もある。

### 肝細胞癌に対する造影 MDCT 検査 (MDCT examination for hepatocellular carcinoma)

#### ■ヨード造影剤の使用の際の注意

一般的に実際の CT 検査では、ヨード造影剤の濃度として 300 ~ 370mgI/mL が使われることが多い。造影剤は肘の静脈から投与されるとまず血管内に分布し、その後細胞外液に分布する。身体各臓器や組織はそれぞれ特有の造影効果を有するが、病変がそれらと異なる造影効果を持つ場合にコントラストが生じ、病変を検出することができる。一般に総投与ヨード量を増やすことによって肝臓などの臓器や静脈系の造影が向上し、単位時間あたりの投与ヨード量を増やすことによって動脈系や動脈性に造影される腫瘍などの造影能が向上する。しかしヨード量を増やせば腎臓への悪影響が起こる可能性がある上に造影剤コストが上がるため、検査目的に応じて造影剤の濃度や総量を決定すべきである。

表 3 64 列 MDCT の撮像条件 (一例)

撮影条件		再構成	
管電圧 (kV)	120	ルーチン	5 (mm)
管電流 (mA)	250 ~ 300	3D/MPR 用	0.5 ~ 1 (mm)
スライス厚 (mm)	5	再構成関数	Sharp (C)
スキャン速度 (sec/回転)	0.5		
ピッチ寝台移動距離 (mm/rot)	0.798		
FOV (cm) 撮像方向	31		
		撮像タイミング	
		動脈相 Trigger から 18 秒後	
		門脈相 Trigger から 55 秒後	
		平衡相 Trigger から 160 秒後	

表 4 ヨード造影剤の禁忌と原則禁忌

- 禁忌（次の患者には投与しないこと）
  - (1) ヨードまたはヨード造影剤に過敏症の既往歴のある患者
  - (2) 重篤な甲状腺疾患のある患者  
[ヨード過剰に対する自己調節メカニズムが機能できず，症状が悪化するおそれがある.]
- 原則禁忌（次の患者には原則として投与せず，特に必要とする場合に慎重投与）
  - (1) 一般状態の極度に悪い患者
  - (2) 気管支喘息の患者
  - (3) 重篤な心障害のある患者
  - (4) 重篤な肝障害のある患者
  - (5) 重篤な腎障害（無尿等）のある患者
  - (6) 急性膀胱炎の患者
  - (7) マクログロブリン血症の患者
  - (8) 多発性骨髄腫の患者
  - (9) テタニーのある患者
  - (10) 褐色細胞腫の患者およびその疑いのある患者

ヨード造影剤の禁忌および原則禁忌を表 4 に示す。ヨード造影剤アレルギー歴がある患者は造影剤を使用してはならない。またヨード造影剤には副作用が出現することがあるため，体調の悪い患者への使用にも最大限の注意を払う必要がある。特に造影剤腎症は入院中の急性腎不全に占める割合が増加しており，特に冠動脈造影後の造影剤腎症は予後に相関するとされる。

#### 肝ダイナミック CT の Time density curve (TDC of the liver dynamic CT)

多血性肝細胞癌（Hepatocellular carcinoma : HCC）の最適な腫瘍肝コントラストをえるために肝ダイナミック CT の time density curve (TDC) をよく知っておく必要がある（図 3）。TDC は通常の患者では図 3 のようになるが，当然のことながらヨード造影剤の注入の速度や時間（injection rate and duration），撮像時間（scan time），造影剤濃度（concentration of contrast media），総造影剤量（total amount of contrast media），撮像タイミング（scan delay）の設定によっても変動する。ヨード造影剤量が一定の場合，造影剤の注入速度が速いほど単位時間あたりに投与されるヨード量が増えるため，多血性肝細胞癌はより強く増強されるが，肝細胞癌の濃染時間も短くなる。造影剤の濃度が濃ければ，同様に単位時間あたりに投与される造影剤濃度が多くなり，多血性肝細胞癌はより強く増強されうるが，副作用がより多くなる可能性も否定できず，造影剤のコストも高くなる。

造影剤の注入時間は造影剤が大動脈に到達してから大動脈の濃染が最大になるまでの時間と一致するとされており<sup>8)</sup>，注入時間を一定にすることは，腫瘍の濃染タイミングを一定にする効果があり，撮像タイミングを最適化する上で有効である。肝ダイナミック CT プロトコールの規定因子には注入速度が固定か変動か，注入時間が固定か変動か，注入量

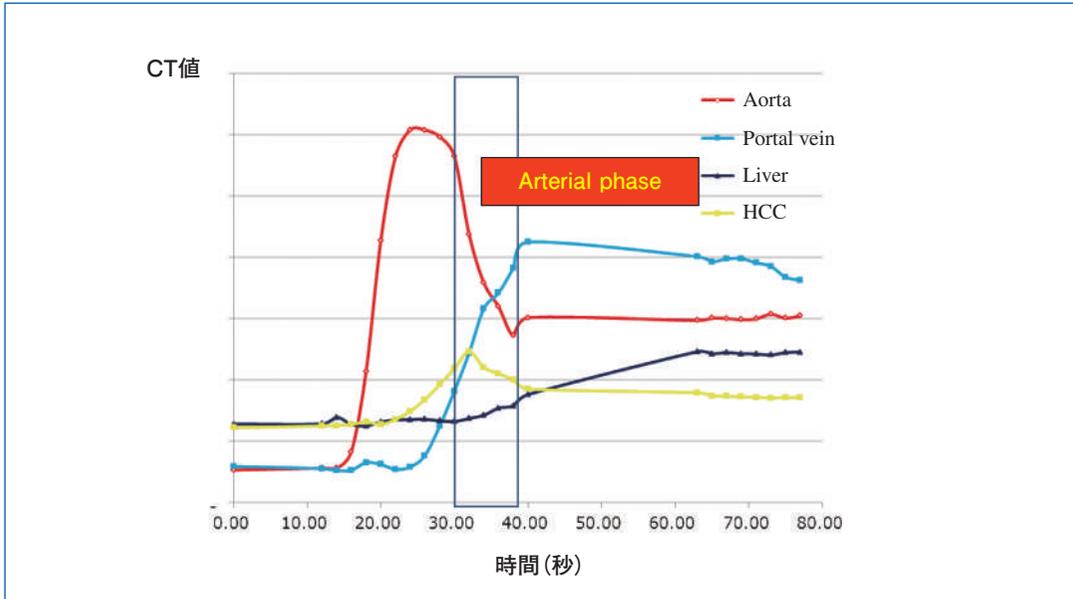


図3 多血性肝細胞癌；肝ダイナミックCTのTime density curve (TDC) と Hepatocellular carcinoma (HCC) 撮像タイミング

図のように大動脈、門脈、肝実質、HCCの造影効果は経時的に変化する。多血性HCCを検出するために重要なのはHCCと肝実質間のコントラスト (tumor-liver contrast : TLC) が最も大きくなる時相を含む動脈相を撮影することである。TDCは患者ごとに異なり、特に心機能が悪い患者では、動脈相は予想以上に遅くなることがあるが、通常の患者ではおおよそ図のようになる。この図の症例の場合には動脈相は四角で囲った範囲で撮るとHCCのTLCが最適となる。

が固定か変動か、などがある。現状では各施設の判断でプロトコルが決められているが、以下に撮像タイミングや造影剤の注入方法などの撮影プロトコルの最適化について解説する。

#### 撮影プロトコル (Protocol of CT scanning)

肝臓の造影ダイナミックCTでは一般に、動脈相、門脈相、平衡相が撮影される(図4)。造影前のCTも造影効果の評価のために必須である。肝のダイナミックCTが施行されるようになったのは1980年頃で、この年には3つの論文が次々に発表された<sup>9-11)</sup>。その後は高速撮像可能なヘリカルCT、MDCTの出

現でさらに撮影の最適化が進んでいる。Murakamiらは4列のMDCTを用いて動脈相を2回撮影するdouble arterial phaseの検討を行い、主として動脈2相目である後期動脈相で肝細胞癌が濃染されると報告している<sup>12)</sup>(図5)。肝細胞癌の検出を目的とする場合、後期動脈相のみを撮影することが一般的であるが、術前評価のために腹部動脈の解剖学的マッピングを行う必要がある場合には早期動脈相の撮影を行って3D-CT angiographyを作成することが有効である。後期動脈相のタイミング決定は重要であり、造影剤の注入時間を一定にする「注入時間一定法」は本邦で広く認知されている。造影剤の注入時間は、造

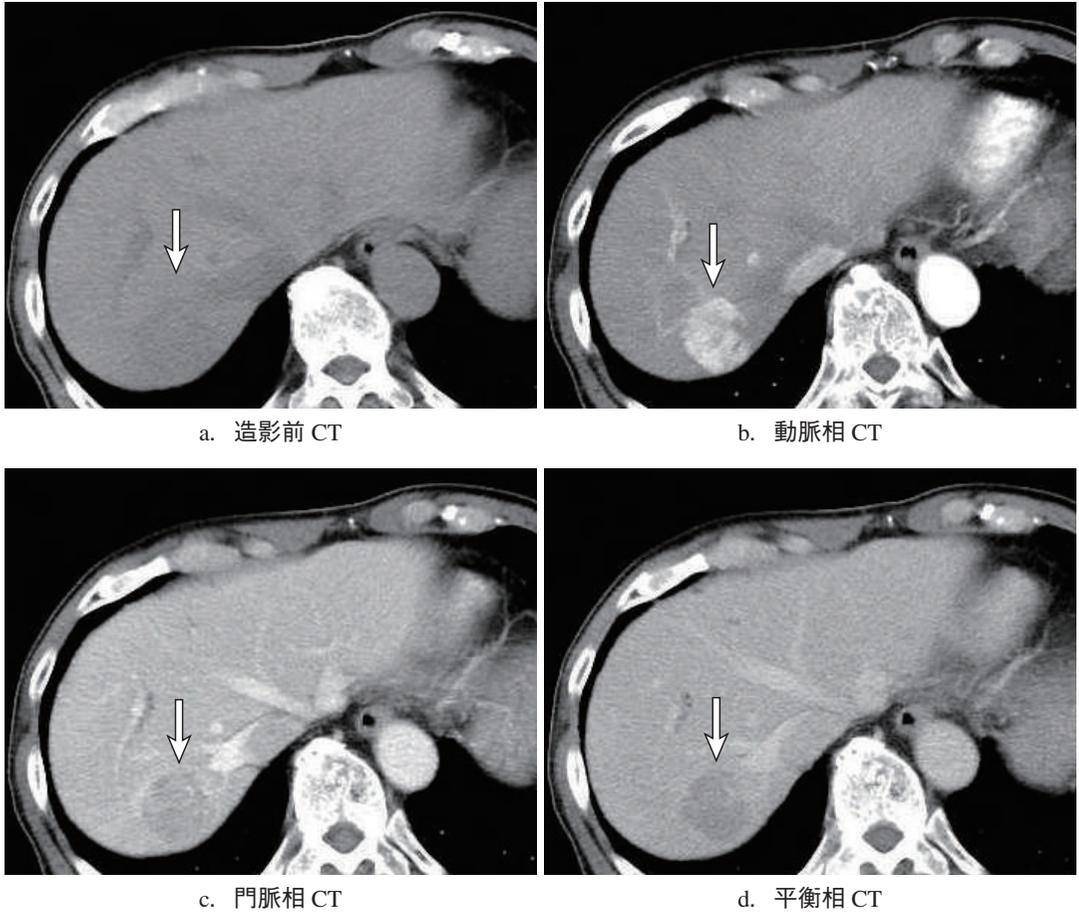


図4 肝ダイナミック CT における多血性肝細胞癌 (Hypervascular hepatocellular carcinoma : HCC) の典型例

肝 S7 の多血性 HCC (矢印) は b の動脈相で早期濃染が見られ、c の門脈相や d の平衡相では washout が見られる。この症例では washout の程度は d の平衡相のほうが明瞭である。

造影剤が腹部大動脈に到達してから、腹部大動脈の濃染がピークに他する時間と一致することがわかっている。つまり注入時間を一定にすれば、造影剤の到達から何秒後に大動脈の濃染がピークに達するかが予測でき、最適なタイミングでの撮像が可能になる。以前は体重に合わせた造影剤量 (mL/kg) を造影剤の注入速度 (mL/sec) を変えずに造影剤投与を行っていたため、造影剤注入時間 (sec) が患者ごとに変化し、大動脈造影のピーク時

間にばらつきを生じていた。しかし注入時間を一定 (多くの施設で 30 秒前後) にすることで、大動脈造影のピーク時間がほぼ平均化されるので、最適なタイミングを決定できる。一方、大動脈の濃染ピークは造影剤注入時間 + 5 ~ 10 秒程度、肝細胞癌の濃染ピークはそれよりさらに 5 ~ 10 秒程度遅れるとの報告もある<sup>13)</sup>。つまり、多血性肝細胞癌の検出を目的とした場合、注入時間 + 約 10 ~ 20 秒程度で撮影すれば良好な動脈相を得られるこ

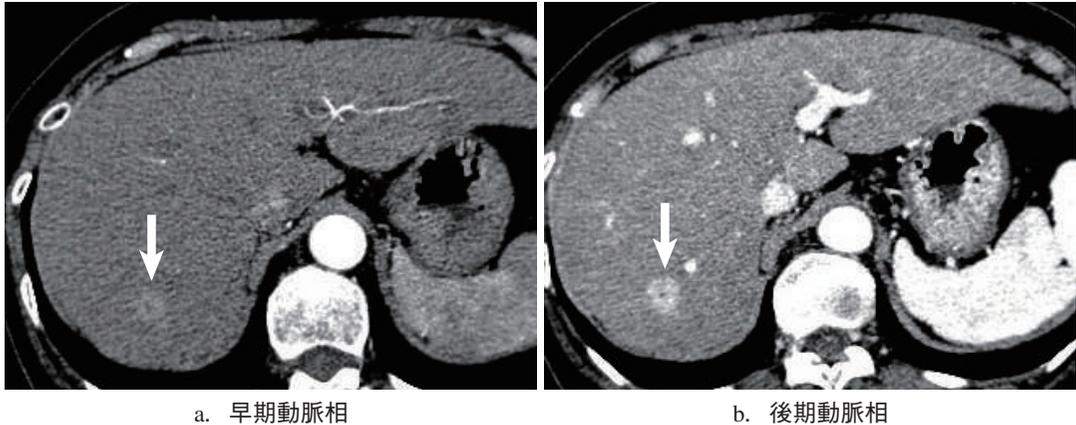


図5 肝細胞癌 (Hepatocellular carcinoma : HCC) の Double arterial phase

a では肝 S7 の多血性 HCC が淡く染まっている (矢印). b では多血性 HCC の濃染がはっきりわかる. a の早期動脈相は CT angiography で動脈の 3D 構築に役立つ (術前の動脈系マッピングなどに利用). 多くの症例では早期動脈相よりも後期動脈相で多血性肝細胞癌の染まりが強くなる. 早期動脈相は CT angiography で動脈の 3D 構築の元画像として有用である (術前の動脈系マッピングなどに利用).

とになる. しかし, これは心機能が正常の患者群での平均的な値であり, 心機能が悪い患者群では大動脈および肝臓への造影剤到達が遅れるため, 動脈相の最適なタイミングを外す危険性がある. そのような症例でも正確な造影剤到達時間を知ることができる有効な方法として, 大動脈に関心領域 (ROI) を設定し, ある目的断面の CT 値変化を経時的にモニタリングして閾値 (設定は任意) を超えたところから一定時間後に撮影を開始するボラストラッキング (bolus tracking) 法 (17 頁)<sup>14)</sup> や少量の造影剤を用いて, 目的血管の造影剤到達を実測するテストインジェクション (test injection 法)<sup>15)</sup> などが行われている. つまり, 注入時間一定法と bolus tracking 法を併用すれば, 造影剤が腹部大動脈へ到達を確認した上で, その何秒後に大動脈の最大濃染がくることを正確に予測できることになり, 前期, 後期動脈相の最適撮像タイミング

の決定が容易になる. 我々の検討では, 注入時間を 30 秒で一定にした場合, 肝細胞癌の最大濃染は造影剤到達後約 21 秒後で得られるが, 約 13 ~ 27 秒後でも, 肝細胞癌は肝実質よりも濃染しており, 撮影タイミングには比較的余裕があることが判明した.

MDCT であれば全肝が約 2 秒で撮像できるので, 撮像タイミングをきっちりと合わせることによって肝細胞癌が十分な腫瘍濃染を示すタイミングで撮像することが容易である. しかし撮像時間が短いため, たとえば動脈相が異常に早すぎる (目安としては門脈が全く造影されていない動脈相は早すぎる) 場合のような不適切な撮像を行うと, 腫瘍が濃染する前に全肝の撮像が終わってしまうといったことも起こるため, CT 造影プロトコルが原因で多血性肝細胞癌を偽陰性している可能性もあり, 注意が必要である (図 6, 7).

肝細胞癌の診断においては, 門脈・平衡相

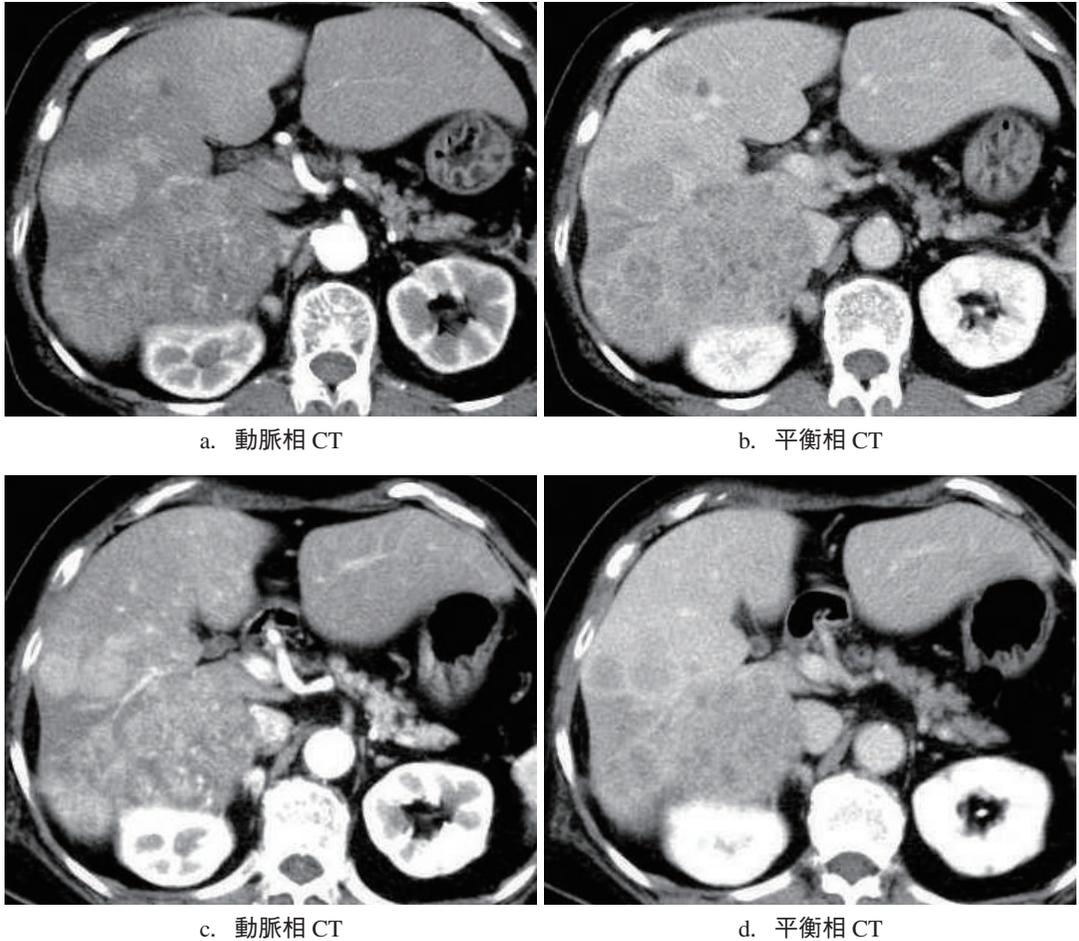


図6 肝ダイナミックCTにおける肝細胞癌（Hepatocellular carcinoma：HCC）の撮像タイミング

aの動脈相で、多血性HCCに早期濃染が見られるが、同時期に撮影しているcの動脈相と比べると濃染の程度が弱い。これは動脈相（撮像のdelay time）がaでは早すぎるためである。cのように門脈に造影剤が見られる時相でなければ最適な濃染が得られないため注意が必要である。bやdの平衡相では造影剤の腫瘍よりのwashoutが見られる。この症例ではwashoutの程度はbの平衡相のほうが明瞭である。

での腫瘍の洗い出し（washout）も重要な所見であるため、門脈・平衡相が最適なタイミングで撮像されているか、そして最適な肝実質造影効果が得られているかは重要である<sup>16)</sup>。門脈相は造影剤注入開始70秒後に撮像を行うことが多い。門脈相は多血性肝細胞癌の鑑別に重要な造影剤の洗い出しを評価するのに

有用であるだけでなく、乏血性の転移性肝癌の描出にも重要である。また、肝内門脈や肝静脈が濃染されるタイミングでもあるため、静脈系の血管解剖の評価に有用で、病変の病期診断や術前の血管解剖評価に用いられる。平衡相は血管内と細胞外液中の造影剤濃度が平衡状態になる相を意味し、造影剤投与開始

## 肝胆膵脾のCT・MRI診断

---

2013年10月25日 第1版第1刷発行

著 者 村上卓道 Murakami Takamichi  
岡田真広 Okada Masahiro  
発 行 者 市井輝和  
発 行 所 株式会社金芳堂  
〒606-8425 京都市左京区鹿ヶ谷西寺ノ前町34番地  
振替 01030-1-15605  
電話 075-751-1111(代)  
<http://www.kinpodo-pub.co.jp/>  
組 版 株式会社 データボックス  
印 刷 株式会社 サンエムカラー  
製 本 有限会社 清水製本所

---

© 村上卓道, 岡田真広, 2013  
落丁・乱丁本は直接小社へお送りください。お取替え致します。

Printed in Japan  
ISBN978-4-7653-1581-4

**JCOPY** <(社)出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、その都度事前に、(社)出版者著作権管理機構(電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

●本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することは、たとえ個人や家庭内の利用でも著作権法違反です。