

長尾 好浩 瀬藤 隆司 荒井 俊也

徳島赤十字病院 放射線科部

要 旨

肝臓検査において肝細胞特異性 MR 造影剤（ガドキセト酸ナトリウム（Gd-EOB-DTPA））が販売されてから3年8ヶ月が経過している。当院でも2008年6月～2011年8月までに1292例撮像している。以前は肝臓検査においてCT検査が多かった。しかし、3 TMRI の導入で画像の空間分解能・時間分解能が向上され、また、Gd-EOB-DTPA を使用することにより、1回の検査で肝腫瘍の血流評価と肝細胞の機能評価が可能であることなどから現在ではMRIの件数が増加している。

当院における肝臓ダイナミック MRI 検査の現状を紹介するとともに2011年2月より最適な動脈相の撮像タイミングについて342例の検討を行ったので報告する。

キーワード：肝臓 MRI 検査, Gd-EOB-DTPA, 動脈相

はじめに

近年、MRI 装置における肝臓検査が増加している。その理由として、正常肝細胞に特異的に取り込まれる常磁性造影剤である Gd-EOB-DTPA の普及と MRI のハードウェアや撮像技術の進歩により高い空間分解能・時間分解能が得られるようになったことがあげられる。Gd-EOB-DTPA は従来の細胞外液性 Gd 造影剤であるガドペンテト酸分子に脂溶性側鎖であるエトキシベンジル（EOB）基が導入された構造を有し、静脈内投与後、血管内および細胞間隙に非特異的に分布することから腫瘍性病変の血流情報が得られる。EOB 基の効果により肝細胞に対する特異的な取り込みを示すことから、悪性腫瘍などの肝細胞機能が消失あるいはきわめて低下している肝病巣には取り込まれないとされ、正常な肝実質と病変部とのコントラストを増強する T1 強調用の造影剤として使用されている¹⁾。また、Gd-EOB-DTPA では総投与量が Gd-DTPA の約 1/2 と少なくなるため、動脈相のタイミングはより難しくなってくる。そこで、動脈相の撮像にはいくつかの方法があり、平均的タイミングでの撮像法、test injection 法、bolus tracking 法などがある。平均的タイミングでの撮像法は平均的な至適時間で撮像する方法であり、循環動態には個人差があるので適切な

動脈相のタイミングがずれる可能性が高い。test injection 法は撮像者による個人差が少なく誰が撮像しても同程度の結果が得られると考えられる。しかし、手間がかかり、少量の造影剤が事前に注入されるので肝臓がわずかに染まってしまうという問題点がある。bolus tracking 法は造影剤の無駄がなく、実際の造影効果をモニタできるため失敗は少ないが、正確に k-space の中心で撮像できるわけではないので造影能は test injection 法に劣る可能性がある²⁾。

そこで、当院での Gd-EOB-DTPA を使用した肝臓 MRI 検査の流れと最適な動脈相について検討を行ったので報告する。

使用機器等

MRI 装置：Achieva 3T（PHILIPS 社製）
 ：Cardiac Coil 32ch（PHILIPS 社製）
注入器：多相電動式造影剤注入装置
 MRI 造影剤注入装置ソニックショット
 GX（根本杏林堂社製）

肝臓 MRI 検査の流れ

- ・事前準備
検査内容について患者へ十分に説明し、腹部に呼吸

同期用のモニタを巻き、撮像中の呼吸停止を確実にできるように酸素マスクを装着する。また、看護師に造影ラインを確保してもらう。

・撮像

最初に呼気にて位置決め撮像をする。次に位置決め画像を使用して、DWI Axial (slice thickness : 6 mm, slices : 30枚, slice gap : 1 mm, 撮影時間 : 約2分30秒), T1 WI Axial (slice thickness : 7 mm, slices : 30枚, slice gap : 0 mm, 息止め約18秒) の撮像を行う。その間に T1 fat Sat Axial (slice thickness : 2.5 mm, slices : 80枚, 息止め約15秒), bolus tracking Coronal (slice thickness : 100mm, slices : 1枚, Flip angle : 40°, profile order : linear, Dyn. scan time : 0.544秒), 動脈相 T1 fat Sat Axial CE (slice thickness : 2.5mm, slices : 80枚, Flip angle : 10deg, 息止め約18秒), 60sec T1 fat Sat Axial CE (slice thickness : 2.5mm, slices : 80枚, Flip angle : 10deg, 息止め約15秒), 120sec T1 fat Sat Axial CE (slice thickness : 2.5mm, slices : 80枚, Flip angle : 10deg, 息止め約15秒) の撮像範囲を決める。単純の T1 fat Sat 撮像終了後、肝臓すべてが撮像範囲に含まれていることを確認したのち、ダイナミック撮像を開始する。造影剤注入条件は、最初に造影剤と生理食塩水を1.0 ml/sec で同時注入し、その後、生理食塩水 (約26ml) のみを3.0ml/sec で後押しする。造影剤使用量は約(体重×0.1)ml とする。そして、注入開始と同時に bolus tracking Coronal の撮像をはじめ (図1)。リアルタ

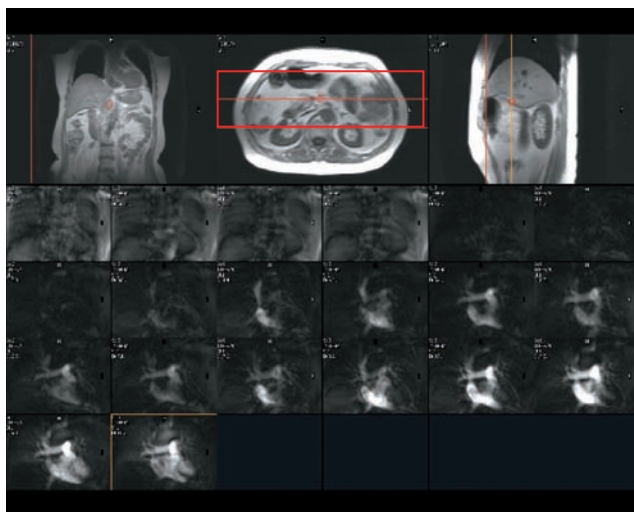


図1 Bolus tracking の位置決め

イムに観察し左室が造影されたら bolus tracking の撮像を停止し、息を吸い込んで吐き出して止めてもらう。その後、動脈相の撮像を行うが、この息止めの合図は約8秒はかかるので動脈相の撮像開始時間はだいたい bolus tracking 撮像終了後+8 sec である。次に 60sec T1 fat Sat Axial CE, 120sec T1 fat Sat Axial CE, 5min T1 fat Sat Axial CE (slice thickness : 1.5mm, slices : 120枚, Flip angle : 10deg, 息止め約18秒), T2 WI Axial (slice thickness : 6 mm, slices : 30枚, slice gap : 1 mm, 撮影時間 : 約1分30秒), 10min T1 fat Sat CE Axial (slice thickness : 1.5mm, slices : 120枚, Flip angle : 10deg, 息止め約18秒), T2 WI Fat Sat Axial (slice thickness : 6 mm, slices : 30枚, slice gap : 1 mm, 撮影時間 : 約1分30秒), 15min T1 fat Sat Axial (slice thickness : 1.5mm, slices : 120枚, Flip angle : 10deg, 息止め約18秒), 15min T1 fat Sat Coronal (slice thickness : 1.5mm, slices : 120枚, Flip angle : 10 deg, 息止め約18秒) の順番に撮像していく。T2 強調像, 脂肪抑制 T2 強調像を造影後に撮像しても診断を損ねるほどの影響はなく許容範囲内であるため³⁾, 検査効率の向上のため5分と10分の間, 10分と15分の間で撮像を行っている。

また、k-space の充填法は centric view ordering と sequential (linear) view ordering があるが、linear ordering のほうを使用している。linear ordering は、k-space の端からデータをとっていく方法でコントラストは撮像時間の中央で決定され、centric ordering より造影剤の濃度変化の影響を受けにくい³⁾ ためである。

当院で、動脈相の撮像は2008年6月から2011年1月までは4Dダイナミック(3相)撮像のみで24sec, 27sec, 30secの撮像を行っていたが、この撮像法では動脈相として遅い患者がいたので、2011年2月からは bolus tracking 法と4Dダイナミック(3相)撮像を併用して行っている。

結 果

bolus tracking 法と4Dダイナミック(3相)撮像を併用して行った症例は342例であり、12例は息止め不良などにより最適な画像が得られなかった。342例の内、以前の4Dダイナミック(3相)撮像より最適な動脈相が速かったのが162例、遅かったのが6例で

あった。なお、最適な動脈相とは①背景肝の濃度（信号）があまり高くなっていない、②門脈が造影されている、③脾静脈が造影されている、④肝静脈は造影されていない、⑤上腸間膜静脈がほとんど造影されていない、⑥門脈に層流による低濃度（低信号）がみられる⁴⁾、という条件をできるだけ満たしているものであることとする。以下に結果を示す。（表1、図2）

考 察

Gd-EOB-DTPA の最大の特徴は1回の検査で肝腫瘍の血流評価と肝細胞の機能評価が可能ということである。しかし、Gd-EOB-DTPA が1回の検査で使用できる量は（体重×0.1）mlなので非常に少なくCT検査に使用される造影剤量と比較すると約1/20の量となってしまう。このことより、適切な動脈相を撮像するのは大変困難になる。そこで、動脈相での多血性腫瘍の増強効果は、造影剤の単位時間当たりの注入速度に依存することが知られており、ピークの持続時間は造影剤の投与時間に比例すると考えられている。そこで、動脈相の撮像を成功させるには3つのポイントがある。1つ目は濃染ピークの強度を高く保つこと、2

つ目は濃染ピークの持続時間を長く保つこと、3つ目はk-space 充填のタイミングを最適化することである。Zechらの報告でGd-EOB-DTPAは十分なT1短縮効果を有しているため低速で注入しても濃染ピークの強度が保たれるので1.0mL/secで注入することで大動脈における時間信号曲線の半値幅や曲面下面積を増大させ、良好な濃染につながる⁵⁾。そこで、当院では初めに造影剤と生理食塩水を1.0mL/secで同時注入し、その後、生理食塩水を3.0mL/secで後押ししている。

今回検討を行ったのは3つ目の撮像タイミングの最適化についてであるが、当院では現在、bolus tracking法と4Dダイナミック（3相）を併用して撮像を行っている。以前の24秒から4Dダイナミック（3相）で撮像する方法では最適な動脈相が得られなかったのは342症例中168症例で全体の49.1%を占めていた。その上、息止め不良によるのは342症例中12症例で全体の3.5%になる。

例えば、最適な動脈相は24秒より速く、24秒からの撮像では遅い症例を図3～図11に示す。この症例では、24秒で撮像すると、動脈が少し薄く、上腸間膜静脈が濃く造影されている。

表1 最適動脈相

撮影開始時間(秒)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
件数(件)	1	0	2	14	19	29	35	27	35	46	33	27	22	12	7	15	3	3

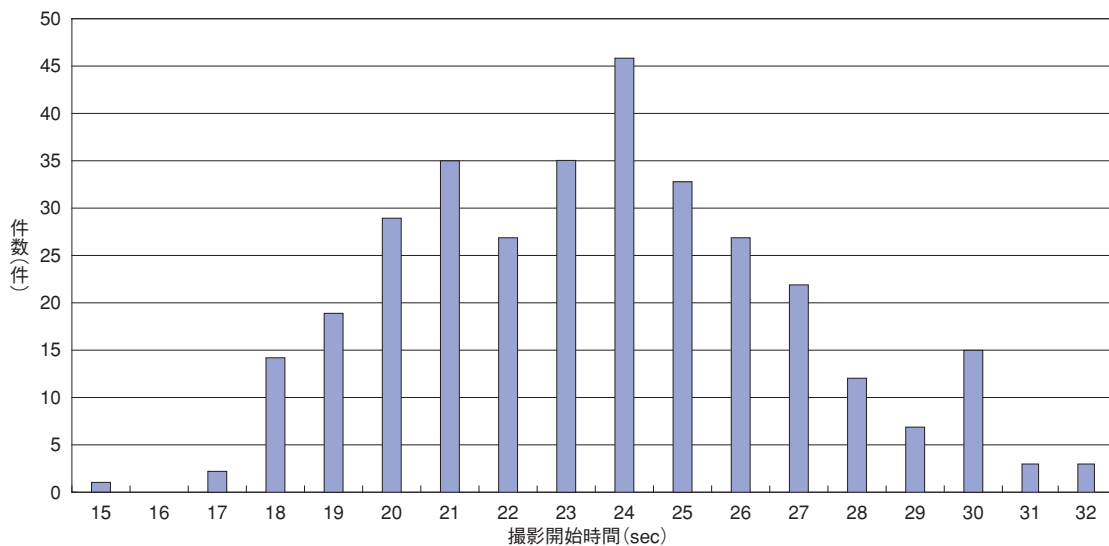


図2 最適動脈相

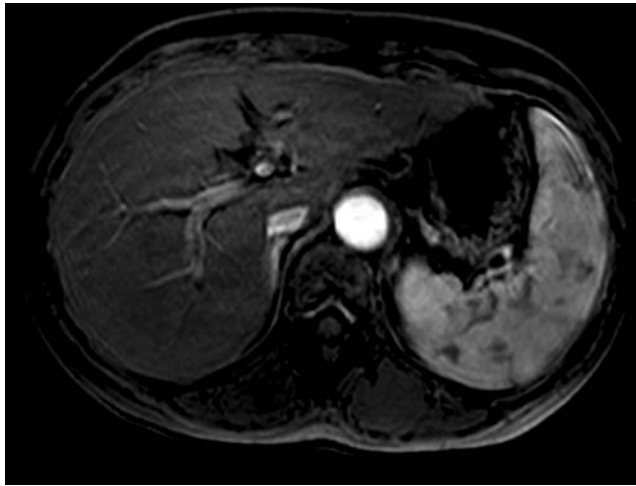


図3 18秒撮像開始（門脈，動脈）

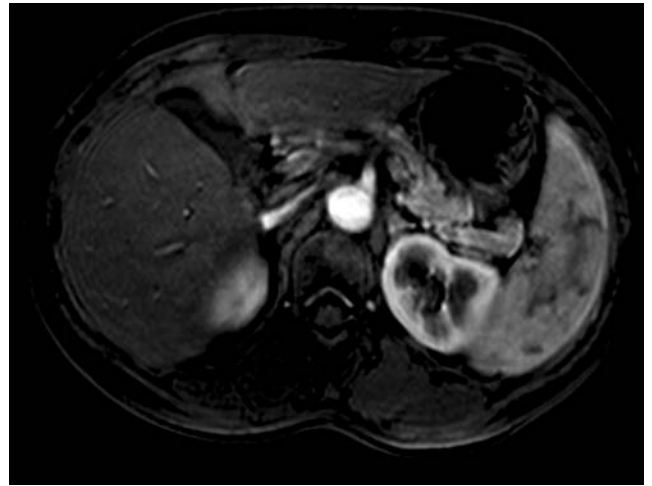


図6 18秒撮像開始（脾静脈）

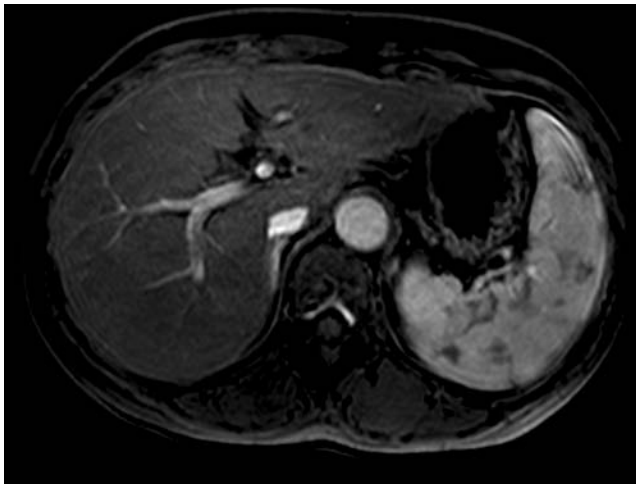


図4 21秒撮像開始（門脈，動脈）

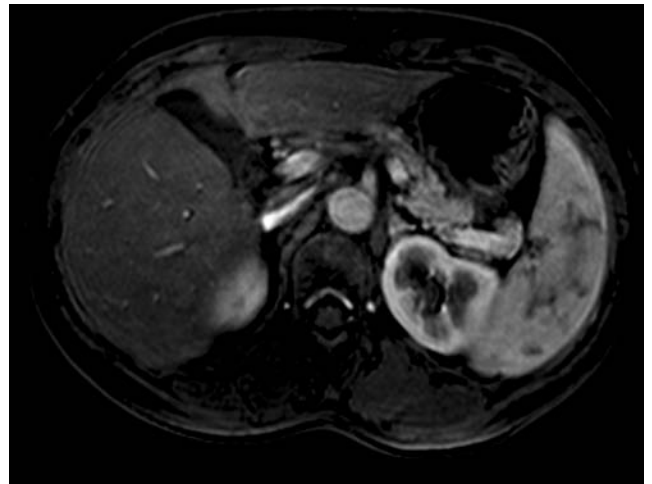


図7 21秒撮像開始（脾静脈）



図5 24秒撮像開始（門脈，動脈）

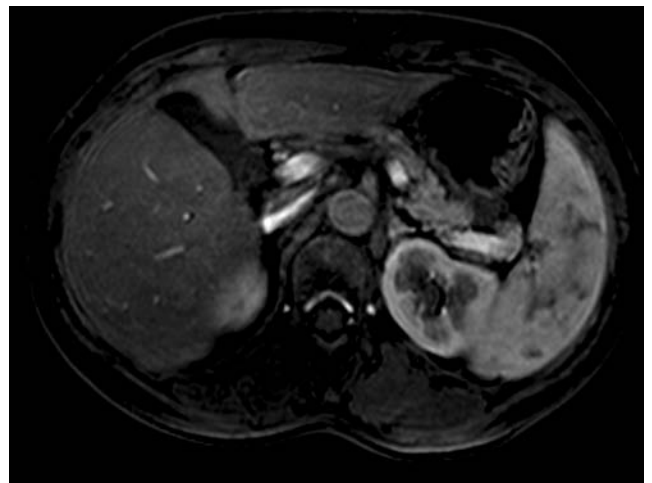


図8 24秒撮像開始（脾静脈）

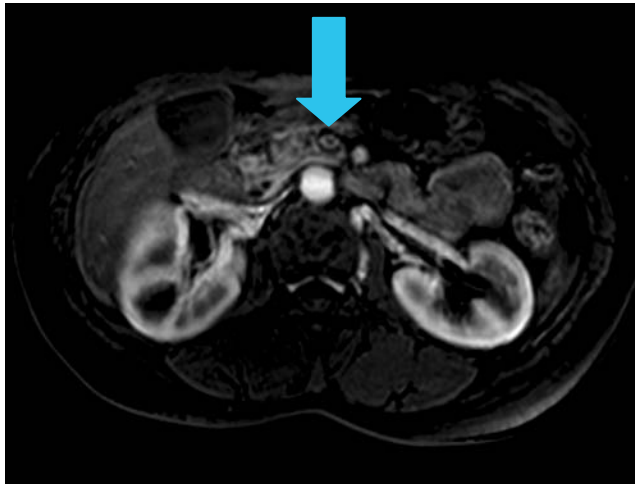


図9 18秒撮像開始（上腸間膜静脈）



図10 21秒撮像開始（上腸間膜静脈）

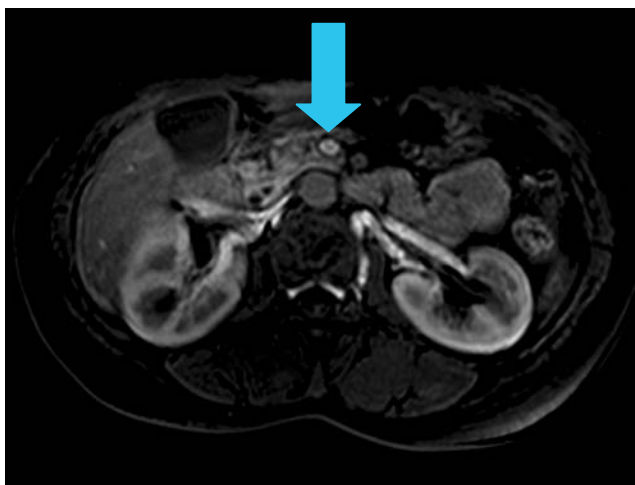


図11 24秒撮像開始（上腸間膜静脈）

また、血流が速い人で bolus tracking 法を使用するとタイミングが遅い症例があった。このような症例では bolus tracking 法ではなく test injection 法のほうがよかったのかもしれないと考えられる。当院では左心室が造影されてから 8 秒後に撮像を開始するが血流が速い人はこのタイミングでは遅すぎるので注意しておかなければならない。この血流が速いか遅いかを判断するのは撮像者によるもので、撮像者はある程度の経験が必要であると考えられる。

今回、最適な動脈相を撮像する方法で bolus tracking 法と 4D ダイナミック（3相）を併用することは十分有用であると考えられるので、今後もこの方法で動脈相の撮像を行っていきたいと考えている。その上、以前に撮像をしていればその画像を参考にしておくと失敗する可能性は少しでも減少すると考えられる。ただし、TACE などの治療を行ったりして血流速度が変わってくる可能性があるので十分に注意が必要である。また、動脈相だけ息止め不良によるアーチファクトが出現した人も数人いたので、今後は検査前の患者に対する説明を今まで以上にしっかり行っていきたいと考えている。それでも息止めが不十分な時は診断に差し支えない画像を提供できる範囲で息止め時間をできるだけ短くしていきたいと考える。

おわりに

肝臓 MRI 検査において最適な動脈相の画像を提供するのはとても重要なことである。このような画像を提供することにより、読影する医師にとって少しでも読影へのストレスを軽減させることができると考えられる。

また、Gd-EOB-DTPA 導入当初行っていた 24 秒撮像開始の 4D ダイナミック（3相）撮像では最適な動脈相が得られない時があったが、bolus tracking 法と 4D ダイナミック（3相）を併用して撮像することによって不適切な動脈相を撮像することは減少した。

今回は動脈相の撮像方法のみの検討を行ったが、今後は最適な動脈相撮像の成功率を上げるために造影剤と生理食塩水の注入速度、撮像条件、撮像タイミングなどのさらなる検討が必要である。

文 献

- 1) 多々井久徳, 矢吹昌久, 田崎晴海: Gd-EOB-DTPA 造影剤の特徴. 臨画像 27: 282-286, 2011
- 2) 山下康行, 浪本智弘: EOB・プリモビスト造影 MRI 最適な撮像タイミングによる動脈相評価. 日独医報 55: 111-122, 2010
- 3) 齋藤和博, 荒木洋一, 吉村宜高, 他: EOB・プリモビスト造影剤 MRI T2 強調像, 拡散強調像への影響. 日独医報 55: 123-130, 2010
- 4) 藤田幸恵, 上田和彦: 肝細胞癌の造影動脈相 (早期相) におけるヘモダイナミクス. 臨画像 27: 328-334, 2011
- 5) 五島 聡, 近藤浩史, 渡邊春夫, 他: Gd-EOB-DTPA の投与方法 (造影手技). 臨画像 27: 292-295, 2011

Current Status of Liver Magnetic Resonance Imaging at our Hospital

Yoshihiro NAGAO, Ryuji SETO, Toshiya ARAI

Radiologist, Tokushima Red Cross Hospital

Three years and eight months have passed since we started using gadolinium ethoxybenzyl diethylenetriamine-pentaacetic acid (Gadoxetate sodium: Gd-EOB-DTPA) as contrast agent for liver examination. At our hospital, 1,292 cases were examined between June 2008 and August 2011. We have been using computed tomography for examinations of the liver before. However, with the introduction of 3T magnetic resonance imaging (MRI), spatial and temporal resolutions of the images have improved. In addition, the number of MRI scans performed using Gd-EOB-DTPA is currently increasing because blood flow of the liver tumor and liver function can be evaluated in one examination.

We report the current status of dynamic liver MRI conducted at our hospital and the optimal scan time for arterial phase imaging obtained from a study of 342 cases conducted from February 2011.

Key words: Liver MRI, Gd-EOB-DTPA, arterial phase imaging

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 17: 155-160, 2012
