

FAIR 法を用いた肝臓の画像化についての初期経験

桐生 茂¹, 町田 徹¹, 野田正信¹, 白水一郎¹,
稲岡 祥幸¹, 岡田 吉隆², 赤羽正章², 南 学²,
河内伸夫², 大友 邦², 佐藤博司³

¹関東通信病院放射線科 ²東京大学医学部附属病院放射線科

³GE 横河メディカルシステム

はじめに

エコープラナーイメージング (EPI) の普及とともに FAIR (flow sensitive alternating inversion recovery) 法など、造影剤を用いない血流イメージングが臨床機において可能になりつつある。FAIR 法は IR パルスを撮像スライスのみを選択的にかけた血流感受性画像と非選択的に IR パルスをかけた血流非感受性画像を EPI により交互に撮像し、これらの差分により任意のスライスに流入する血流を画像化する方法である。TI を変化させることにより画像化する血流の速度に応じた画像の変化をとらえることが可能である。差分による計算画像のため S/N 比が低く、良好な画像を得るためには多数回の加算が必要である。加算による撮像時間の増加のため、これまでは主に頭部のような動きの少ない領域において用いられてきた^{1),2)}。今回、呼吸停止下の極めて限られた時間内において肝腫瘍性病変を撮像し、FAIR 法により腹部領域の vascularity の評価を行い、初期経験として報告する。

対象と方法

対象は正常 1 例、肝腫瘍性病変として肝細胞癌 2 病巣、肝血管腫 2 病巣、転移性肝腫瘍 3 病巣とした。肝細胞癌の 2 病巣は同一症例で、手術により病理診断されている。肝血管腫と肝転移性腫瘍は腹部超音波検査、CT および臨床経過より診断が得られている。肝腫瘍性病変の年齢、腫瘍の大きさについて詳細は Table 1 のとおりである。いずれも呼吸停止に耐えうる状態であると判断した症例を選択して対象とした。使用装置は Horizon 1.5 T ver. 5.5 (General Electric 社製) を使用した。T₁-weighted FMSPGR image : TR/TE/FA=180 ms/2.1 ms/60°, T₂-weighted FSE image : TR/TE/ETL=5000 ms/100 ms/7 にて軸位断像を撮像し、引き続いて FAIR 法による撮像を行った。FAIR はイメージングスライスを 20 mm, TR/TE=2000 ms/27.3 ms, matrix 64×64, 選択的に IR パルスをかける範囲であるインバージョンスラブはスライス厚の 4 倍とした。当院における頭部領域 FAIR のプロトコールとして TI 600 ms で血管を TI 1200 ms で脳実質の灌流領域をみており、これに基づいて、TI の値は 600 ms と 1200 ms を用いた。シー

キーワード magnetic resonance, liver, perfusion, neoplasms

Table 1.

No.	Age	Diagnosis	Size of tumor	SNR : TI 600 ms	SNR : TI 1200 ms	Δ SNR
1	21	HCC	50×40	2.32	4.47	1.93
2	21	HCC	40×35	1.05	2.6	2.48
3	70	Metastasis from cecum cance	38×32	4.47	7.125	1.59
4	59	Metastasis from RCC	90×85	6.91	11.6	1.68
5	57	Metastasis from RCC	70×65	5.24	9.8	1.87
6	48	Cavernous hemangioma	25×20	N.D.*	N.D.	N.D.
7	53	Cavernous hemangioma	20×20	3.42	6.64	1.94

N.D.*=not detectec

FAIR Sequence Chart

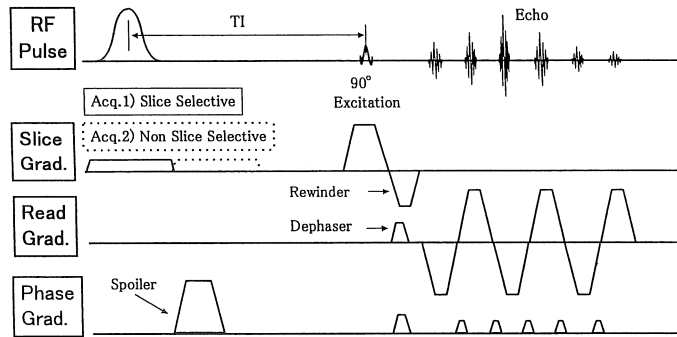


Fig. 1. The pulse sequence chart of FAIR using a body coil.

ケンスチャートは Fig. 1 のとおりである。インバージョンスラブに選択的に IR パルスをか
けた血流感受性画像と広い範囲にわたって非選
択的に IR パルスをかけた血流非感受性画像と
の差分を行い、イメージングスライスに流入す
る血流を画像化する (Fig. 2)。頭部領域では
非選択的 IR パルスはヘッドコイルの範囲にか
けられるので TI が大きい値になるとヘッドコ
イルより外の IR パルスを経験していない血流
が流入するため血管内の信号は低下を示し、よ
り血流の遅い脳実質の灌流領域の血流が選択的

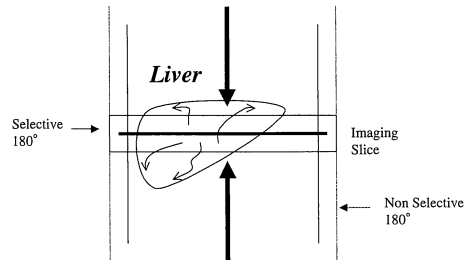


Fig. 2. Schematic drawing of FAIR.

1998 年 4 月 16 日受理 1998 年 9 月 18 日改訂

別刷請求先 〒141-0022 東京都品川区東五反田 5-9-22 関東通信病院放射線科 桐生 茂

に画像化される。これに対して腹部領域では IR パルスを非選択的にかける範囲はボディコイルの範囲に相当し、そのため TI が大きい値でもタギングされた血流が常に流入するため遅い血流のみならず同時に頭部領域なら描出されないような早い血流も画像化されるという特徴がある。差分は MRI 装置のコンソール上でソフトにより自動的に作成される。差分の前後の画像は位置が同一であるとして差分が行われ、画像の位置の適正化などは行われない。目的とする病変を中心に関心領域を設定し、関心領域内の磁場が均一になるようにシミングを十分にを行い、スライス面を定常状態にするために4~6回の IR パルスを空うちしてから、撮像を行った。加算回数は6~9セットとした。撮像時間は32~44秒であった。全例に酸素マスクにて31/minの酸素を供給して、呼吸停止下に撮像を行い、torso phased array coilを用いて撮像を行った。すべての腫瘍性病変について MRI ダイナミックスタディ（造影剤急速静注後30秒より撮像開始）を行い、腫瘍のvascularityを評価し、FAIR法による画像と比較を行った。更に腫瘍全体に関心領域を設定して S/N 比を求め TI による変化を検討した。

結 果

正常例 (Fig. 3) において肝内の脈管は強い高信号に認められた。肝実質の信号は TI が 600 ms では淡く描出され、1200 ms において、信号の軽度増強がみられた。TI 600 ms の S/N 比は 1.67, TI 1200 ms の S/N 比は 3.52 で、TI が 600 ms から 1200 ms に増加することにより S/N 比は 2.11 倍になった。

FAIR 法により肝細胞癌 2 病巣、肝血管腫 1 病巣、転移性肝腫瘍 3 病巣において高信号に描出された。腫瘍性病変の S/N 比の変化は Table 1 のとおりである。症例が少ないが、疾患による大きな変化はなかった。

高信号に描出された 2 病巣の肝細胞癌は同一症例のものであり (Fig. 4), いずれも 40 mm 以上の大きさの腫瘍で肝左葉内側区と肝右葉後区域にそれぞれ認められた。肝左葉内側区の腫瘍は FAIR 画像では TI 600 ms において腫瘍の辺縁に高信号がみられ、TI 1200 ms において腫瘍全体が高信号に描出された。肝右葉後区域の腫瘍は TI 600 ms の FAIR 画像においてもほとんど肝実質と同等の低い信号を示し、TI 1200 ms で淡く描出された。MR ダイナミックスタディの動脈相で左葉内側区の腫瘍は辺縁に増強効果がみられ、右葉後区域の腫瘍はこ

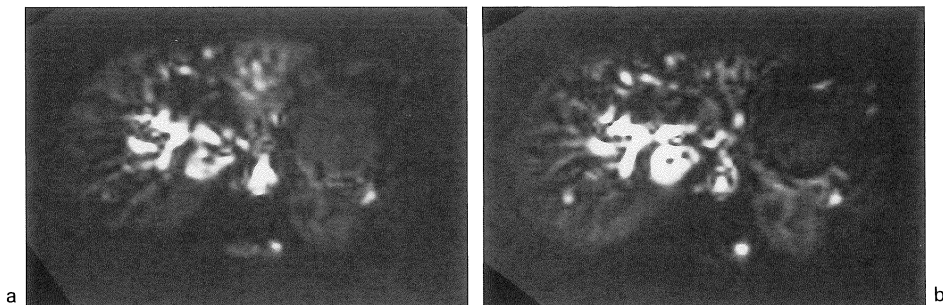


Fig. 3. Control. (a) FAIR image (TI=600 ms), (b) FAIR image (TI=1200 ms). Intrahepatic vessels demonstrated very high signal in both short (a) and long (b) TI FAIR images. Liver parenchyma was revealed slightly high in the long TI (TI=1200 ms) FAIR image (b).

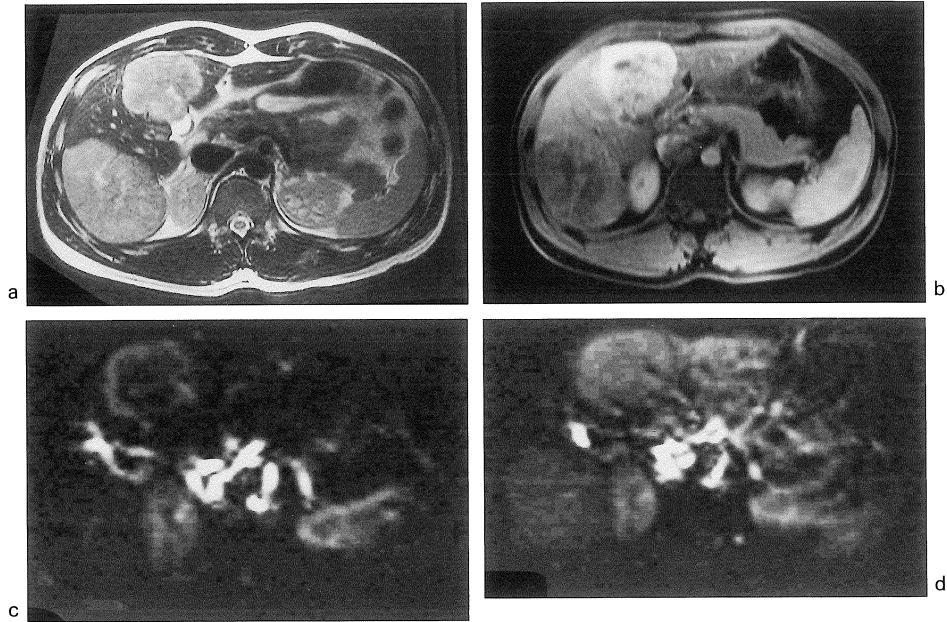


Fig. 4. Multiple hepatocellular carcinomas. (a) T₂-weighted image, (b) Dynamic study arterial phase, (c) FAIR image (TI=600 ms), (d) FAIR image (TI=1200 ms). Two large HCCs are shown in T₂-weighted image (a). The left medial lobe mass showed marginal high vascularity in the arterial phase (b), and right lobe mass showed less vascularity than the former. In the shorter TI (600 ms) FAIR image (c), the left medial lobe mass showed marginal high intensity, and this finding correlated to the arterial phase of the dynamic study (b). The right lobe tumor was not shown in the short TI (600 ms) FAIR image (c) and was delineated slightly high intensity in the long TI (1200 ms) FAIR image (d).

れよりも増強効果が乏しかった。TI 600 ms の FAIR 画像と MR ダイナミックスタディの動脈相において類似した所見が得られた。TI 1200 ms の FAIR 画像において肝左葉外側区の信号が上昇しているのがみられるが心臓の拍動による影響と思われる。

転移性肝腫瘍は3病巣とも MR ダイナミックスタディの動脈相で増強効果を認めず、遅延相で不均一な増強効果が描出された。いずれも TI 600 ms において高信号域として描出された (Fig. 5)。

肝血管腫は1病巣において高信号に描出された。描出の得られた肝血管腫は (Fig. 4), ダイナミックスタディの動脈相で強い増強効果が得られた。描出の得られなかった肝血管腫は

ダイナミックスタディにおいて辺縁より増強効果を徐々に認めるタイプであった。

考 察

正常例において肝実質の信号は TI が 600 ms で淡くみられ、1200 ms で信号の増強がみられた。前述のとおり、腹部領域の FAIR 画像は TI の値によりある速度以上の血流が同時に画像化される特徴がある。TI 1200 ms の FAIR 画像では遅い血流が描出されるため信号が増強したと考えられる。

腫瘍性病変において肝血管腫の1例を除いて描出が得られた。描出されなかった肝血管腫は MR ダイナミックスタディにおいて辺縁よ

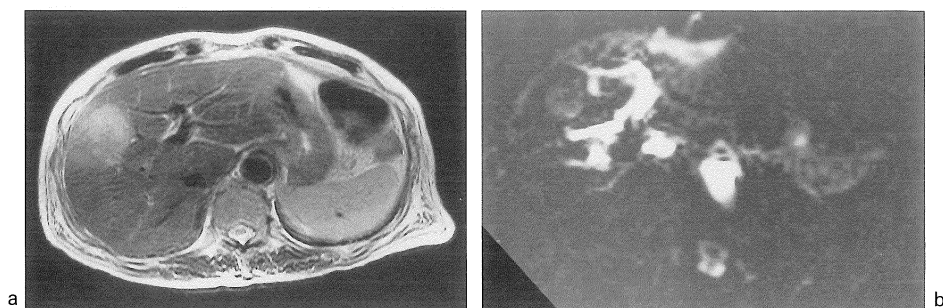


Fig. 5. Solitary metastasis from cecum carcinoma. (a) T₂-weighted image, (b) FAIR image (TI=600 ms). Metastatic mass in the right lobe produced high signal in the FAIR image (b).

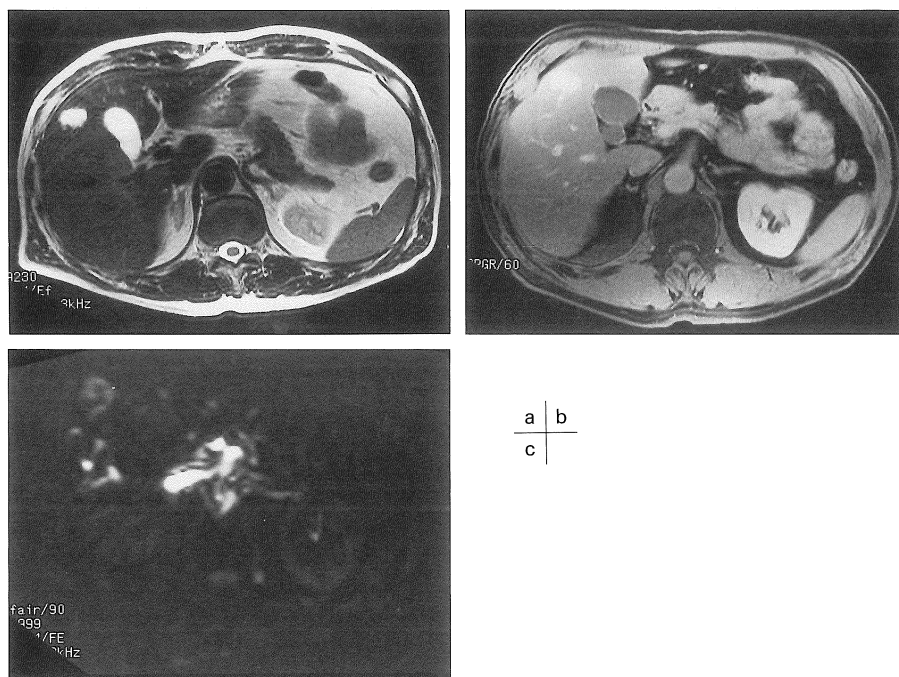


Fig. 6. Hepatic hemangioma. (a) T₂-weighted image, (b) Dynamic study arterial phase (slightly delayed), (c) FAIR image (TI=600 ms). Solitary hemangioma was delineated high intensity in T₂-weighted image (a). Strong enhancement was seen in the dynamic study (b). In the FAIR image (c), high intensity in the periphery of the mass was demonstrated.

り徐々に造影剤がはいっていく腫瘍で、腫瘍内部の血流が遅いため描出されないと考えられる。肝細胞癌においてはダイナミックスタディの動脈相と TI 600 ms の FAIR 画像が類似した所見を示した。

FAIR 法は差分画像であり、良好な S/N 比を得るためには加算が必要である。頭部領域では通常 50 回程度の加算で、約 3 分を要するが、腹部領域では呼吸停止下の限られた時間での撮像のため加算回数を減らさざるをえない。

加算回数は呼吸停止が可能な時間にもよるが、今回は6回から9回で、撮像時間は32~44秒であった。Torso phased array coilの使用により十分な信号が得られたため評価に耐えうる画像が描出できたと考えられる。

差分画像であるため撮像時間中に撮像領域が動くとき motion misregistration が生じ、血流画像として評価が困難になる。今回の提示した症例の中でも呼吸停止が不十分で、数回繰り返して撮像した例もあった。今後は呼吸同期が併用のシーケンスの実現が可能であればより適応が広がりより良好なS/N比の画像が得られる可能性があると考えられる。

FAIRにより複数枚を同時に撮像する方法も報告はされているが³⁾、臨床機ではまだ実用化の段階ではない。現時点では1回の撮像では1スライスのみ画像になるので、あらかじめ撮像するスライスを決めておく必要がある。

腹部領域、特に肝臓において腫瘍性病変の鑑別にダイナミックスタディによる評価は重要な役割を示す⁴⁾。臨床ではCT、MRI、血管撮影などが用いられるが、いずれも造影剤を使用する必要がある。腹部のFAIRはTIが小さい場合は早い血流を、大きい場合は遅い血流と早い血流を同時に描出する。TIが小さい場合は早い速度の血流が描出されることが期待され、今回の症例においてもダイナミックスタディの動脈相と類似した所見を示すものを経験した。FAIR法により造影剤を使用しないで血流の評価が可能であった。造影剤を使用しないので頻回な vascularity の経過観察や喘息やアレルギー

ーなど造影剤の投与が困難な症例において病変の評価などへの適応が期待される。通常のダイナミックスタディでは動脈相を連続的に観察するのは困難であるが、FAIR法によりTIを変化させることにより血流速度による腫瘍内部構造の詳細な情報が得られる可能性がある。通常のダイナミックスタディでは不適切なタイミングにより動脈相をとるのがしてしまうと直ちにはやり直しができないが、FAIR法は繰り返し検査が可能である。

結 語

FAIR法により肝臓の撮像を行い、肝腫瘍の描出を行った。FAIR法により肝腫瘍の血行動態について情報が得られた。

文 献

- 1) Kwong KK, Chesler DA, Weisskoff RM, et al. : MR perfusion studies with T₁-weighted echo planar imaging. Magn Reson Med 1995 ; 34 : 878-887
- 2) Kim SG : Quantification of relative cerebral blood flow change by flow-sensitive alternating inversion recovery (FAIR) technique. Magn Reson Med 1995 ; 34 : 293-301
- 3) Kim SG, Tsekos NV : Multi-slice perfusion-based functional MRI using the FAIR technique. Fifth ISMRM 1997; 305
- 4) Araki T, Itai Y, Furui S : Dynamic CT densitometry of hepatic tumors. Am J Roentgenol 1980 ; 135(5) : 1037-1043

FAIR Imaging of the Liver : A Preliminary Study

Shigeru KIRYU¹, Toru MACHIDA¹, Masanobu NODA¹,
Ichirou SHIROUZU¹, Sayuki INAOKA¹, Yoshitaka OKADA²,
Masaaki AKAHANE², Manabu MINAMI³, Nobuo KAWAUCHI³,
Kuni OHTOMO², Hiroshi SATOU³

¹*Department of Radiology, Kantoh-teishin Hospital*

5-9-22 Higashigotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0022

²*Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Tokyo*

³*GE Yokogawa Medical Systems*

Flow-sensitive alternating inversion recovery (FAIR) technique has recently been introduced for perfusion or functional MR studies of the brain. In the imaging of liver neoplasms, the evaluation of tumor vascularity is important for diagnosis, and therefore the FAIR technique may potentially complement liver MR imaging. The purpose of this study was to evaluate the usefulness of a FAIR sequence in MR imaging of the liver and to compare it with arterial-phase images of dynamic MR imaging.

One volunteer and six patients with focal hepatic lesions (one with hepatocellular carcinoma (HCC), three with metastasis, and two with cavernous hemangioma) underwent FAIR. Short TI (600 ms) and long TI (1200 ms) images were obtained during breath-hold.

In normal volunteers, the vessels generated remarkably bright signal in both short and long TI. Signal intensity of liver parenchyma was low in short TI, and became stronger in long TI. Two HCC (in one patient) (100%), one hemangioma (50%), and three metastases (100%) were well delineated as bright lesions. One HCC produced peripheral high intensity in short-TI FAIR image, and this finding was consistent with the result of dynamic MR study. Another HCC, which showed no clear enhancement in the arterial-phase dynamic MRI, was visualized only in long-TI FAIR. One hemangioma, which was clearly seen in FAIR image, showed rapid and strong enhancement on dynamic MRI.

It is concluded that FAIR is a promising technique for evaluation of vascularity of hepatic tumors without using contrast materials.