

The Efficacy of Fat Suppressed and Gadolinium Enhanced Dynamic MR Imaging in Pancreatic Adenocarcinomas

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/8587

膵癌に対する脂肪抑制法併用 T1 強調像ならびに ダイナミック MRI の有用性の検討

金沢大学医学部放射線医学講座 (主任: 高島 力教授)

蒲 田 敏 文

膵癌の診断における脂肪抑制法併用 T1 強調像ならびにダイナミック磁気共鳴画像 (magnetic resonance imaging, MRI) の有用性について検討した。手術により組織学的な確診が得られた膵癌22症例に対してコンピュータ断層撮影法 (computed tomography, CT) ならびに MRI (T1 強調像, T2 強調像, 脂肪抑制法併用 T1 強調像, 造影後 T1 強調像, ダイナミック MRI) を施行した。また正常例として膵疾患のない30例を対象にして正常膵の MR 像を評価した。正常例では膵臓は T1 強調像と比較して脂肪抑制法併用 T1 強調像では著明な高信号を呈した。シグナル/ノイズ比ならびに筋肉とのコントラスト/ノイズ比も脂肪抑制法がダイナミック MRI を除くほかのパルス系列に比べて有意に高かった。膵癌に随伴する慢性膵炎を腫瘍周囲に伴わない14症例では膵癌と膵臓の間のコントラスト/ノイズ比は以下の順で高く; 各パルス系列間で有意差を認めた ($P < 0.05$): ダイナミック MRI > 脂肪抑制法併用 T1 強調像 > T2 強調像 > 造影後 T1 強調像。腫瘍周囲に随伴性膵炎を伴う8症例では腫瘍と腫瘍周囲の随伴性膵炎のコントラストが著しく低下した。膵癌と随伴性膵炎との間のコントラスト/ノイズ比は T1 強調像, 脂肪抑制法併用 T1 強調像, T2 強調像, 造影後 T1 強調像の間では有意差は認めなかった。しかし, ダイナミック MRI は他のパルス系列に比較して有意に高いコントラスト/ノイズ比を示した ($P < 0.05$)。画像上も膵癌部は随伴性膵炎部に比較してダイナミック MRI の早期相では濃染不良な領域として明瞭に識別可能であった。ダイナミック MRI による時間-信号強度曲線の検討でも, 早期相では正常膵, 随伴性慢性膵炎, 膵癌の順で信号強度が上昇し, 後期相では3者の信号強度はほぼ類似していた。すなわち, 正常膵と膵癌部, 随伴性膵炎部と膵癌部のコントラストはダイナミック MRI の早期相が最も高かったが, 後期相にいくにしたがいコントラストは低下する傾向がみられた。MRI とダイナミック CT の比較では脂肪抑制法併用 T1 強調像とダイナミック MRI の併用がダイナミック CT より優れている例と同等の例が半数ずつ認められた。膵癌の進展度診断 (漿膜, 後腹膜浸潤) は脂肪抑制法併用 T1 強調像よりも T1 強調像やダイナミック CT が優れていた。結論として脂肪抑制法とダイナミック MRI は膵癌病巣の検出には有用性が高いことが示された。しかしながら膵癌の進展度診断には T1 強調像やダイナミック CT が必要と考えられた。

Key words pancreas cancer, chronic pancreatitis, MRI, fat suppression, dynamic MRI

膵癌 (膵管癌) は膵臓の悪性腫瘍のほぼ95%を占める¹⁾。膵癌の画像診断には従来は X 線コンピュータ断層撮影装置 (X-ray computed tomography, CT), 超音波 (ultrasonography, US), 内視鏡的逆行性胆管膵管造影 (endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP), 血管造影が用いられてきた。CT, 特にヨード造影剤を急速静注し, テーブルを移動させながら撮影するダイナミック CT が有用であるとの報告が散見される²⁻⁶⁾。膵癌は豊富な線維性間質を有するために血管増生に乏しい。したがってダイナミック CT の早期では周囲正常膵に比較して濃染が不良であり, 後期相で徐々に濃染されてくる。したがってダイナミック CT の早期相で膵臓をスキャンすれば膵癌は低吸収域として描出される。しかしながら CT は分解能に限界があるために膵臓内に限局する小さな腫瘍の検出には限界がある。

磁気共鳴画像 (magnetic resonance imaging, MRI) は腹部領

域では肝疾患とくに肝腫瘍性病変の検出ならびに鑑別診断に広く用いられ, その有用性は確立されている⁷⁻¹⁰⁾。しかし膵腫瘍の MRI 診断については従来のスピネコー法では腹壁の運動や消化管の蠕動によるアーチファクトや濃度分解能, 空間分解能の限界のために定まった評価がなされていないのが現状である¹¹⁻¹⁵⁾。一方最近, 膵臓の MRI の新しい撮像法として脂肪抑制画像とダイナミック MRI が注目されている。脂肪抑制画像とは従来のスピネコー法を撮像する前に脂肪の信号を選択的に抑制する選択励起パルスを照射する方法である。脂肪抑制法を併用した T1 強調像の利点は本法により脂肪からの位相アーチファクトが軽減するとともに腹部臓器のダイナミックレンジが向上する点である¹⁶⁻¹⁹⁾。脂肪抑制法では正常肝および膵の信号強度が上昇する。特に正常膵は著明な高信号となり低信号化する後腹膜脂肪層との境界も明瞭となる。呼吸停止下でのガドリニウム (gadopentetate dimeglumine) 静注後のダイナミック

平成6年10月4日受付, 平成6年11月7日受理

Abbreviations: CHES, chemical shift selective; CNR, contrast noise ratio; CT, X-ray computed tomography; ERCP, endoscopic retrograde cholangiopancreatography; FST1WI, fat suppressed T1-weighted images; GER, gradient echo; MPGR, multiplanar gradient recalled acquisition in the steady state; MRI,

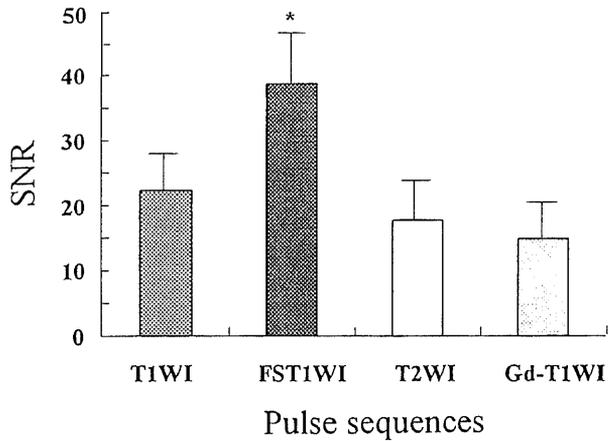


Fig. 1. Signal noise ratio (SNR) of the normal pancreas. T1WI, T1-weighted images; FST1WI, Fat suppressed T1-weighted images; T2WI, T2-weighted images; Gd-T1WI, Gadolinium enhanced T1-weighted images; * $P < 0.05$ vs other pulse sequences.

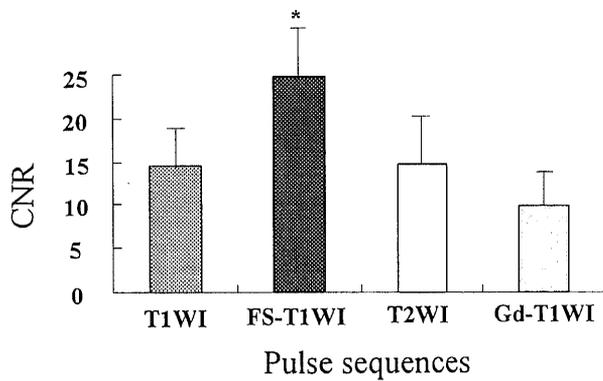


Fig. 2. Contrast noise ratio (CNR) between the normal pancreas and muscle. Abbreviations of the pulse sequences, see the footnote of Fig. 1. * $P < 0.05$ vs other pulse sequences.

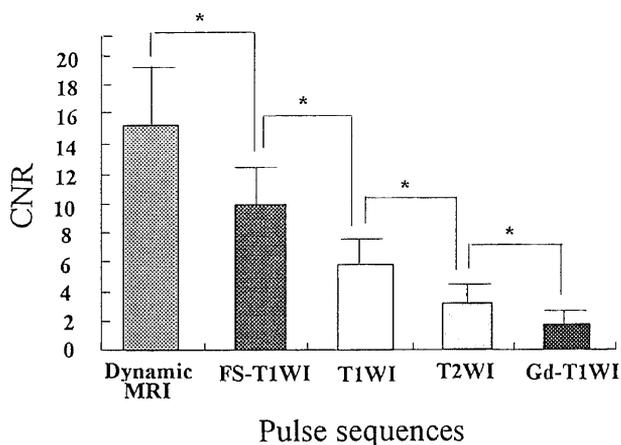


Fig. 3. Contrast noise ratio (CNR) between the pancreatic carcinoma and normal pancreas. Abbreviations of the pulse sequences, see the footnote of Fig. 1. * $P < 0.05$

MRI もまた呼吸によるアーチファクトを軽減できるとともに高い濃度分解能を有している^{20)~22)}。今回著者は膵癌症例における, MRI の脂肪抑制法併用 T1 強調像ならびにダイナミック MRI の有用性について, 従来のスピネコー法ならびにダイナミック CT と比較し検討したので報告する。

対象および方法

I. 対象

本学には1987年4月より磁気共鳴 (magnetic resonance, MR) 装置が導入されたが, 腹部 MR 検査 (肝胆膵領域) は主にスピネコー法を中心に行ってきた。1993年1月より従来の方法に加えて, 脂肪抑制法併用 T1 強調像ならびに膵腫瘍性病変

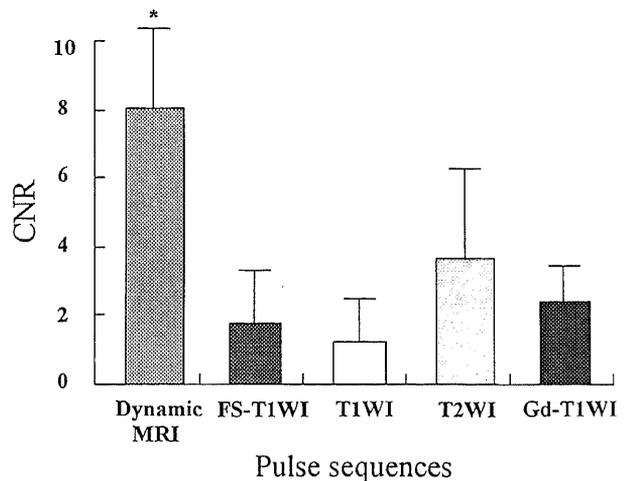


Fig. 4. Contrast noise ratio (CNR) between the pancreatic carcinoma and tumor associated chronic pancreatitis. Abbreviations of the pulse sequences, see the footnote of Fig. 1. * $P < 0.05$ vs other pulse sequences.

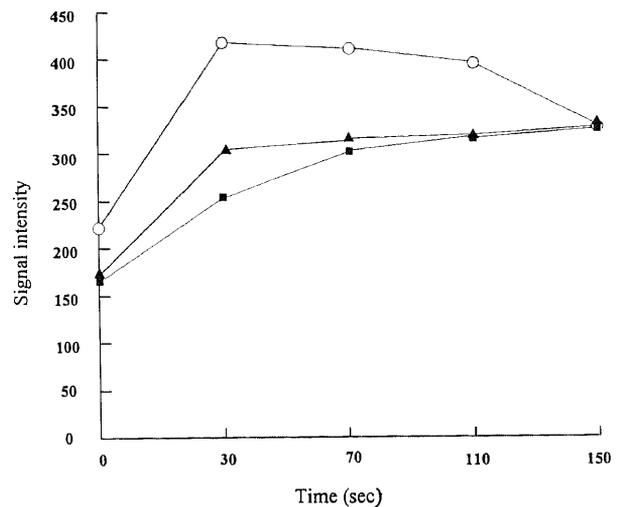


Fig. 5. Time-intensity curve of normal pancreas, chronic pancreatitis, and pancreatic carcinoma (tumor). ○, normal pancreas; ▲, chronic pancreatitis; □, pancreatic carcinoma.

magnetic resonance imaging; ROI, region of interest; SNR, signal noise ratio; TE, echo time; TR, repetition time; T1WI, T1-weighted image; T2WI, T2-weighted image

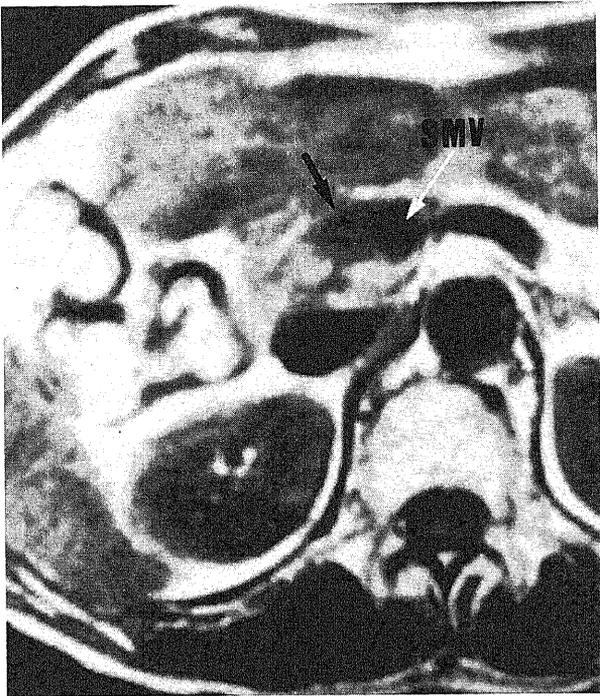
に対してはダイナミック MRI を追加した。正常脾の信号強度の評価を目的に、脾疾患以外で MRI を施行した患者30例を対象にした。また MR 検査を施行した後手術が施行された脾癌症例のうち脂肪抑制画像およびダイナミック MRI を施行した22例を対象にした。男性12例、女性10例、平均年齢64歳である。腫瘍径は 1.8cm から 5cm、平均 3.5cm である。T1 症例 ($\leq 2\text{cm}$) が 1 例、T2 症例 ($2 < T < 4\text{cm}$) が 14 例、T3 症例

($4\text{cm} \leq$) が 7 例である。腫瘍の存在部位は脾頭部が15例、脾体部が 5 例、脾体尾部が 2 例である。脾頭部癌15例のうち 9 例は門脈合併切除が施行されている。

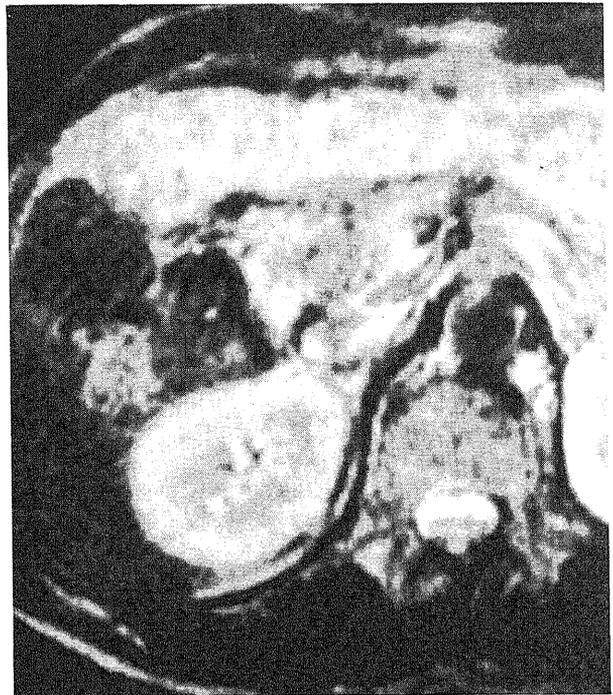
II. 検査方法

1. 使用装置

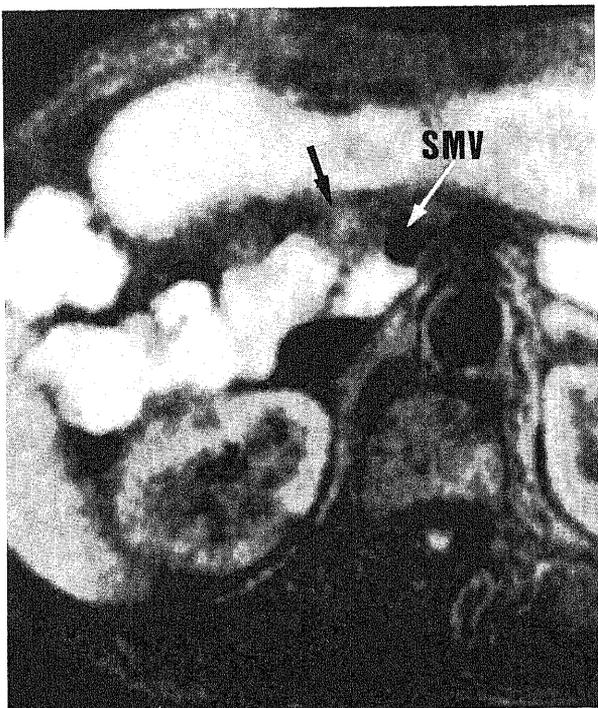
1.5T 超伝導 MR 装置 (Signa, GE Medical Systems, Milwaukee, USA) を用いた。



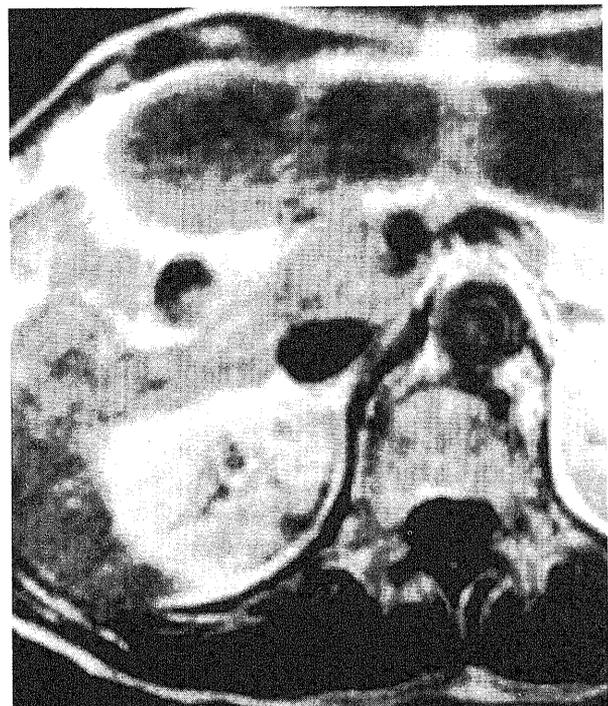
A



C



B



D

Fig. 6

2. 撮影方法

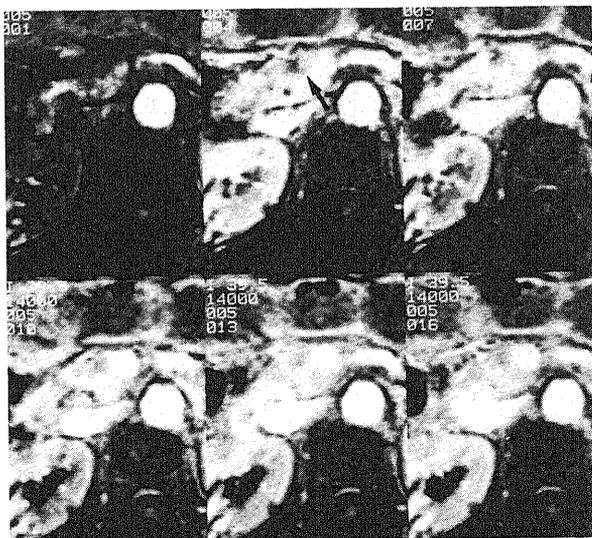
スピンエコー法にて T2 強調像, T1 強調像をまず撮影した. T2 強調像では繰り返し時間 (repetition time, TR) を 2500msec とし, エコー時間 (echo time, TE) を 80msec とした (SE 2500/80). T1 強調像では TR を 500msec, TE を 20msec とした (SE 500/20). いずれも横断像で撮像した. マトリックスは 256×192, 加算回数は 4 回 (T1 強調像) あるいは 2 回 (T2 強調像), 撮像時間は T1 強調像が約 4 分, T2 強調像が約 11 分である. 脂肪抑制法併用 T1 強調像 (fat suppressed T1-weighted images, FST1 強調像) は TR を 500msec, TE を 15msec, 256×192 マトリックス, 加算回数 4 回で撮影した. 脂肪抑制の方法はプレサチュレーション法 (chemical shift selective, CHES) を使用した. ダイナミック MRI はグラディエントエコー法 (gradient echo, GER) であるマルチプレーナークラス法 (multiplanar gradient recalled acquisition in the steady state, MPGR) を使用した. TR を 100msec, TE を 13msec, フリップ角 90 度で, 加算回数を 1 回とした. MRI 用の造影剤であるガドリニウム製剤のマグネビスト (日本シェーリング, 大阪) を 0.1mmol/kg (10-15ml) を静注し, 生食 20ml を急速に

追加静注した後, 造影剤注入から約 30 秒後にスキャンを開始した. 一度に 3 スライスのマルチスキャンで 1 回 14 秒のスキャンを約 40 秒おきに 4-5 回撮像した. その後, 造影後 T1 強調像 (SE 500/20, 加算回数 2 回) を造影剤静注後 5-6 分後に撮像した.

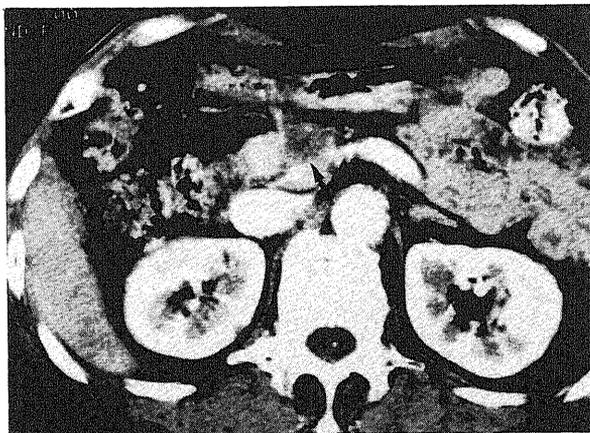
スライス厚は 8mm, スライス間のギャップは 2mm である. 撮像視野 (field of view, FOV) は, 患者の体格により 30-40cm の間を選択した. 検査前は絶食とし, 腸管の蠕動を抑制する目的で副交感神経遮断剤 (ブスコパン) を筋注した. 腹壁の運動を抑制するためにかかりきつく抑制帯を腹部に巻いた. 呼吸によるアーチファクトを軽減するソフトウェアであるロープ法 (respiratory ordered phase encoding, ROPE) を併用した. また血管内の血流によるアーチファクトを抑制する目的でプレサチュレーション法 (spatial presaturation, SAT) ならびにフローコンベンション法 (flow compensation, FC) を併用した.

3. CT 撮影法

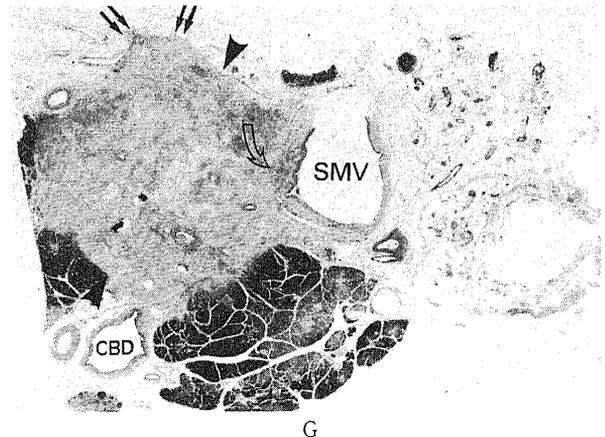
CT の装置は GE-CT9800 (GE Medical Systems) を使用した. 単純 CT, テーブル移動を併用したダイナミック CT なら



E



F



G

Fig. 6. Images of a 72-year-old man with pancreatic head adenocarcinoma (2.5 cm) (case 1). Precontrast T1-weighted images (SE 500/20) (A) and fat suppressed T1-weighted images (SE 500/15) (B) clearly show hypointense tumor in the pancreatic head of the pancreas (arrows, A and B). T2-weighted images (SE 2500/80) (C) and postcontrast T1-weighted images (SE 500/20) (D) cannot demonstrate the tumor itself. In the early phase of dynamic MRI (MPGR, 100/13/90°) (E), visualization of the tumor improves due to diminished enhancement compared with surrounding pancreatic parenchyma (arrow). In the late phase, tumor shows gradual enhancement and so contrast between tumor and pancreas decreased. T1-weighted images (A) and fat suppressed T1-weighted images (B) reveal slight encasement of SMV. Effacement of the tumor to the peripancreatic fat was distinct on T1-weighted images (A), but obscure on fat suppressed T1-weighted images (B) because the contrast between tumor and peripancreatic fat was diminished. Dynamic CT (F) also clearly shows hypodense tumor (arrow). Macroscopic specimen (G) shows the tumor (arrow head) in the pancreatic head with SMV invasion (curved arrow) and serosal invasion (double arrow). SMV, superior mesenteric vein, CBD, common bile duct, GDA, gastroduodenal artery, P, normal pancreas.

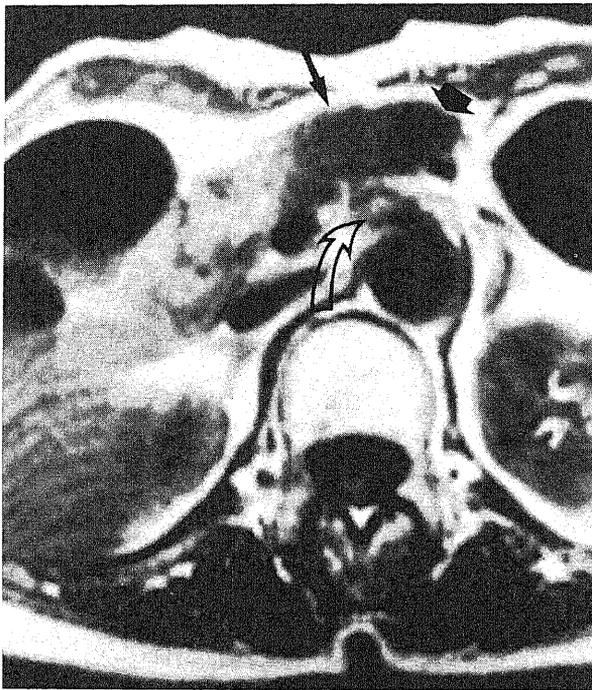
びに造影後の CT を撮影した。ダイナミック CT は60%の非イオン性造影剤 100ml を秒 2.5ml の注入速度で自動注入器を使用して注入した。造影剤注入30秒後からスキャンを開始し、テーブルを 5mm あるいは 7mm の間隔で移動しながらスキャンを行った。1 スライスあたりのスキャン時間は 2 秒であり、次のスキャンまでの時間は 3 秒である。

Ⅲ. 病理組織標本

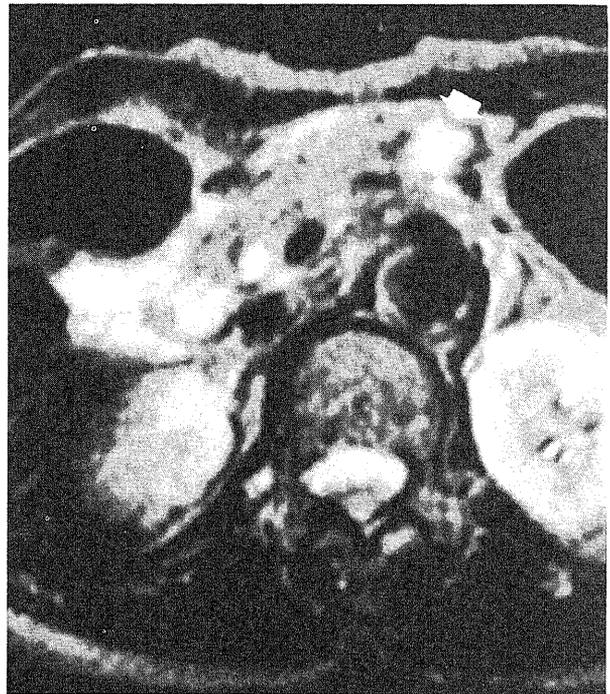
切除標本は MRI の横断画像に一致するように切片をきりだし、HE 染色で染色した。ルーペ像ならびに組織像を MRI の画像と対比した。

Ⅳ. 検討方法

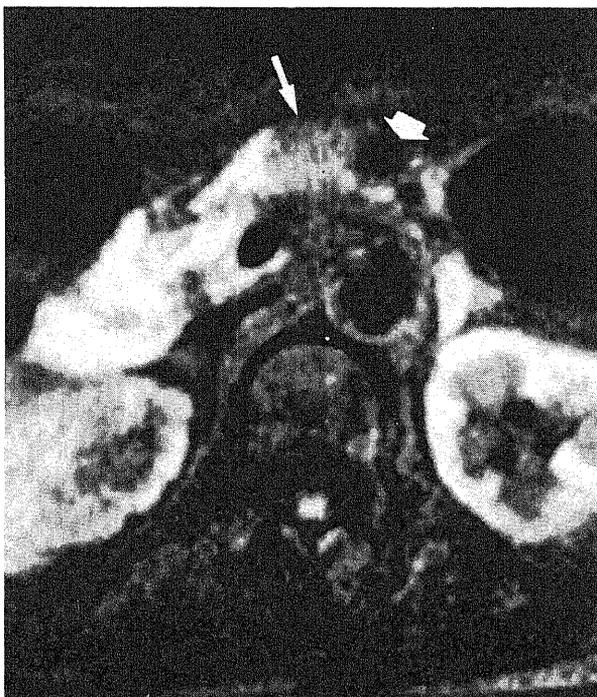
1. 正常群での検討



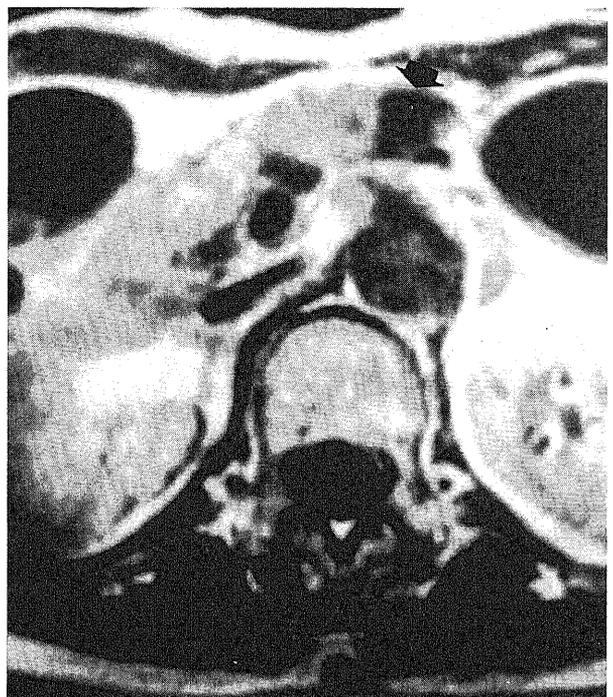
A



C



B



D

Fig. 7

各パルス系列 (T2 強調像, T1 強調像, FST1 強調像, ダイナミック MRI, 造影後 T1 強調像) について正常膵に関心領域 (region of interest, ROI) を設定し信号強度を測定した. 腹壁前方にも ROI を設定しノイズの標準偏差 (SD) を測定した. 膵臓のシグナル/ノイズ比 (signal noise ratio, SNR) を以下の式で求めた.

$$SNR = ROI (\text{膵臓}) - 1024 / \text{ノイズの標準偏差 (SD)}$$

また各パルス系列について正常膵と背筋とのコントラスト/ノイズ比 (contrast noise ratio, CNR) を以下の式で求めた.

$$CNR (\text{膵臓}-\text{背筋}) = ROI (\text{膵臓}) - ROI (\text{背筋}) / SD$$

2. 膵癌症例での検討

膵癌部, 正常膵, ならびに膵癌に随伴した慢性膵炎部に ROI を設定した. 各パルス系列について膵癌-正常膵ならびに膵癌-随伴性膵炎の CNR を以下の式で求めた.

$$CNR (\text{膵臓}-\text{膵癌}) = ROI (\text{膵臓}) - ROI (\text{膵癌}) / SD$$

$$CNR (\text{随伴性膵炎}-\text{膵癌}) = ROI (\text{随伴性膵炎}) - ROI (\text{膵癌}) / SD$$

3. 正常膵・膵癌・随伴性膵炎部でのダイナミック MRI における時間-信号強度曲線 (time-intensity curve)

ダイナミック MRI 施行例では, 正常膵・膵癌・随伴性膵炎部に ROI を設定し, 造影前, 造影剤静注開始30秒後, 70秒後,

110秒後, 150秒後のそれぞれの部位について信号強度を測定した. その値の平均値を時間ごとにプロットして時間-信号強度曲線を作成した.

4. MRI とダイナミック CT の比較

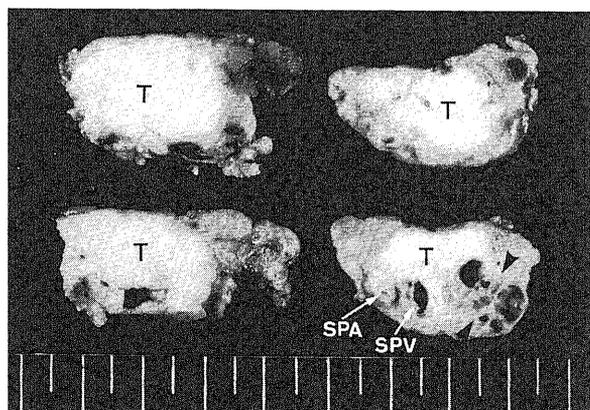
膵癌の腫瘍描出能について MRI とくに脂肪抑制法併用 T1 強調像とダイナミック MRI の画像とダイナミック CT の画像を視覚的に比較した.

5. 膵癌の腫瘍進展度の評価

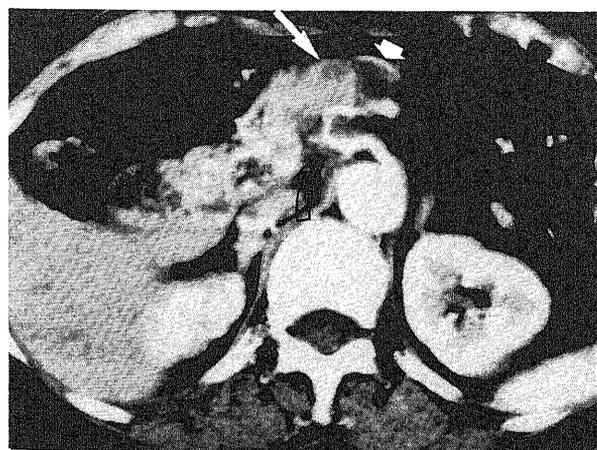
漿膜浸潤 (S), 後腹膜浸潤 (Rp), 門脈浸潤 (PV) の正診率を MRI の T1 強調像, 脂肪抑制法併用 T1 強調像ならびにダイナミック CT について算出し, 比較検討した.

V. 統計学的検定法

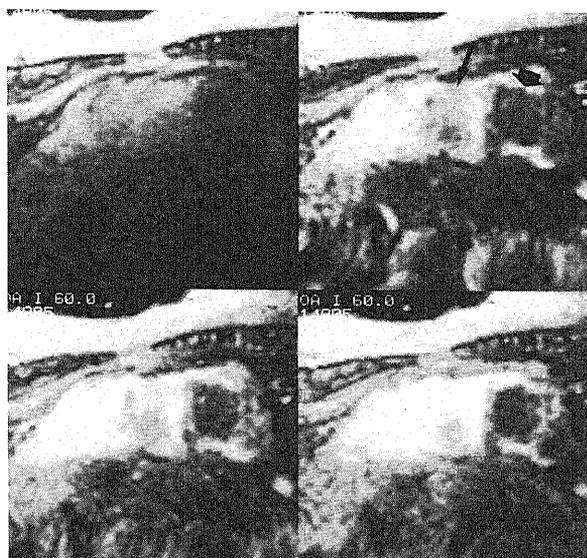
MRI の各パルス系列の SNR や CNR はすべて平均土標準偏



E



F



G

Fig. 7. Images of a 61-year-old woman with pancreatic body adenocarcinoma (4 cm) (case 2). Precontrast T1-weighted images (SE 500/20) (A) shows hypointense tumor (arrow) in the pancreatic body. Retention cyst (large arrow) associated with the carcinoma is also seen. Note retroperitoneal and celiac axis invasion by the tumor (curved arrow). The tumor (arrow) and cyst (large arrow) of the pancreatic body are clearly seen on fat suppressed T1-weighted images (SE 500/15) (B), but retroperitoneal invasion is unclear due to signal loss of retroperitoneal fat. T2-weighted images (SE 250/80) (C) and Postcontrast T1-weighted images (SE 500/20) (D) show retention cyst clearly (large arrow) but cannot detect tumor itself. Dynamic MRI using surface coil (MPGR, 100/13/90°) (E) clearly shows hypointense pancreatic tumor (arrow) and the cyst (large arrow). Dynamic CT (F) also shows hypodense pancreatic tumor (arrow) accompanying the cyst (large arrow). Retroperitoneal and celiac axis extension are also clearly discernible (curved arrow). Gross specimen (G) shows the tumor (T) involving the splenic artery (SPA) and splenic vein (SPV), and the retention cyst (arrowhead). Contrast between tumor and pancreas is better on fat suppressed T1-weighted images (B) and dynamic MRI (E) than on other MR pulse sequences and on dynamic CT. Peripancreatic extension was better recognized on precontrast T1-weighted images (A) and on dynamic CT (F).

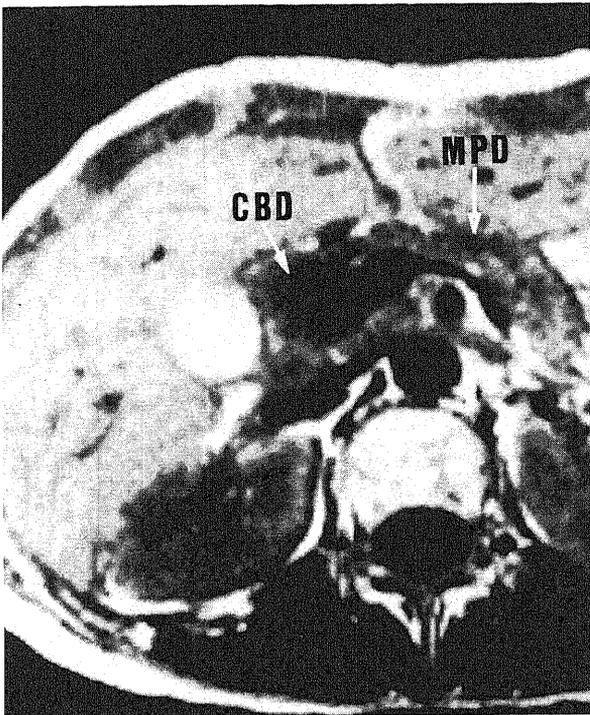
差 (X±SD) で表した。各パルス系列間の SNR や CNR の比較ならびに MRI と CT の正診率の比較には対応のある T 検定を用いて統計学的に検討し、P<0.05 を有意差ありと判定した。

成 績

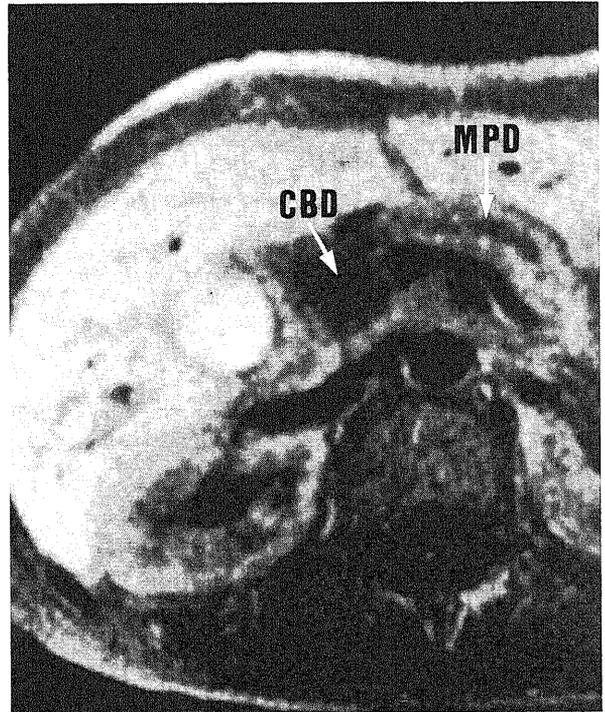
I. 各パルス系列における正常脾のシグナル/ノイズ比

(SNR) (図 1) およびコントラスト/ノイズ比 (CNR) (図 2)

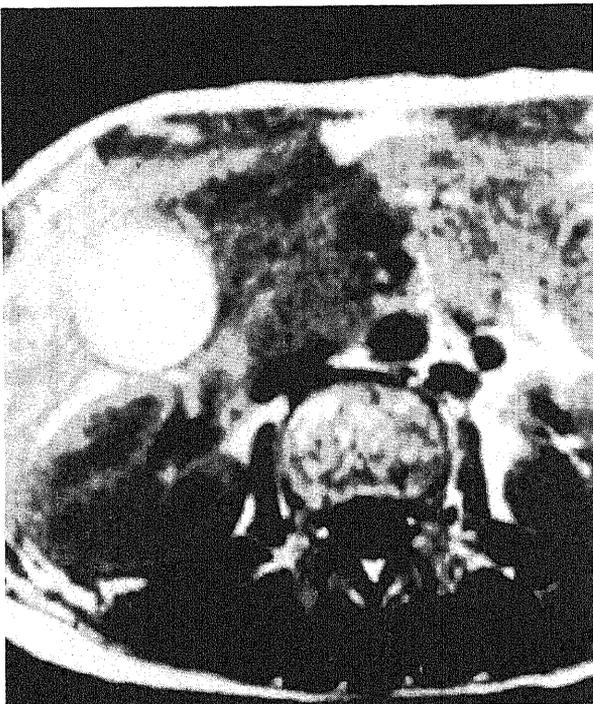
T1 強調像, FST1 強調像, T2 強調像, 造影後 T1 強調像で SNR を測定した。FST1 強調像が他のパルス系列に比べて有意に SNR が高かった (T 検定, P<0.05)。また脾臓と背筋との CNR も FST1 強調像が他に比べて有意に高かった (T 検定<



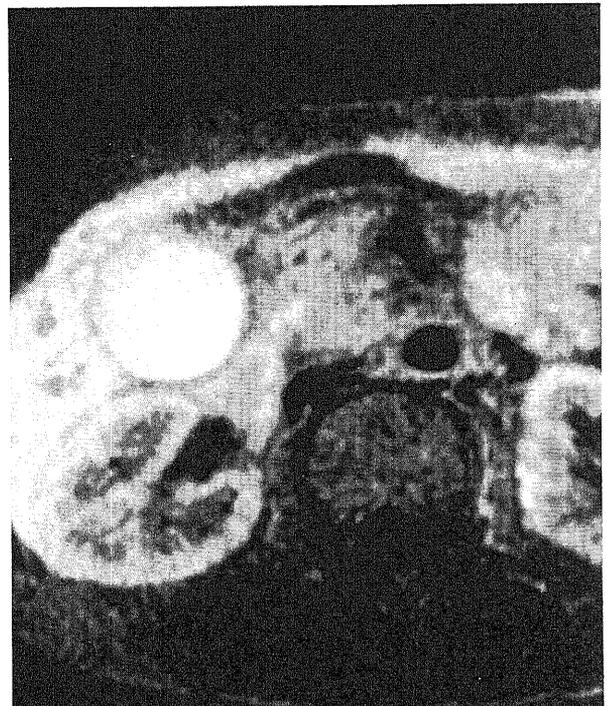
A



C



B



D

Fig. 8

0.05). 通常の T1 強調像と FST1 強調像を比較すると、正常膵の信号強度は FST1 強調像が有意に高かった (T 検定, $P < 0.05$).

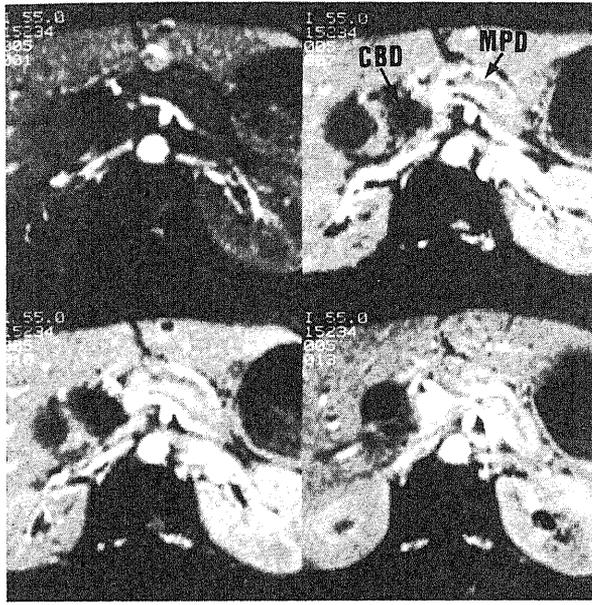
Ⅱ. 膵癌症例での膵臓と膵癌ならびに随伴性膵炎と膵癌とのコントラスト/ノイズ比 (CNR) (図 3, 図 4)

腫瘍周囲に随伴性膵炎を伴わない膵癌14例での膵臓と膵癌との CNR は図 3 に示す如く、ダイナミック MRI > FST1 強調像

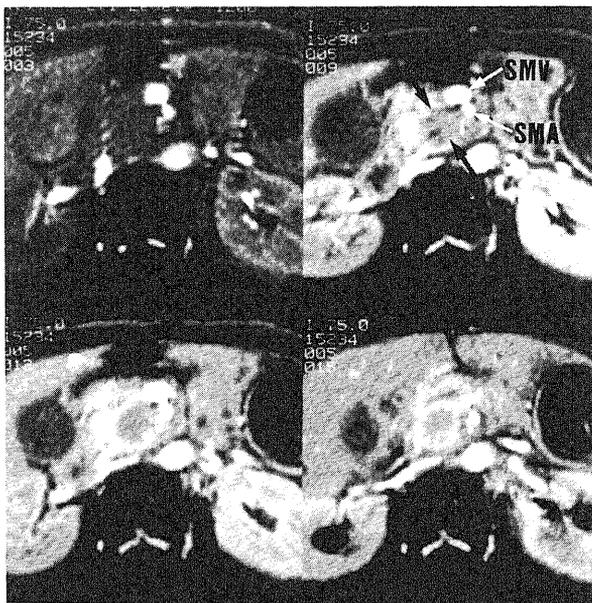
> T1 強調像 > T2 強調像 > 造影後 T1 強調像の順であり、各群間で有意差が認められた (T 検定, $P < 0.05$) (図 6, 7). 一方随伴性膵炎を伴う症例では FST1 強調像において腫瘍周囲の随伴性膵炎部の信号が低下するために、腫瘍と周囲膵とのコントラストが低下した (図 8). 図 4 の如く T1 強調像, FST1 強調像, T2 強調像, 造影後 T1 強調像の各群間では CNR に明らかな有意差は認められなかった. 一方、ダイナミック MRI の早期相では随伴性膵炎の部位は膵癌部と比較して濃染が良好であり膵癌とのコントラストも明瞭であった (図 8). ダイナミック MRI の CNR は他のパルス系列と比較して有意に高かった (図 4, T 検定, $P < 0.05$).

Ⅲ. 正常膵・膵癌・随伴性膵炎部でのダイナミック MRI における時間-信号強度曲線 (図 5)

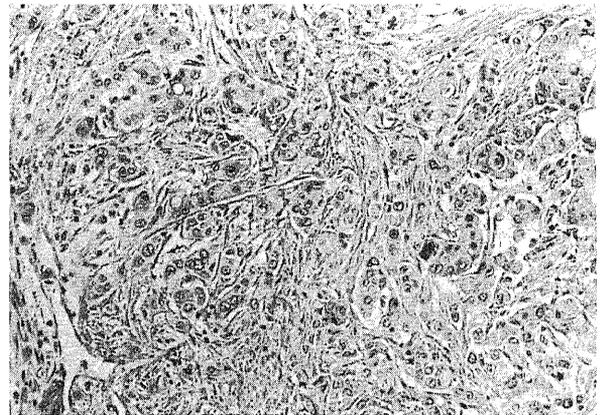
図 5 に正常膵, 膵癌, 随伴性膵炎の時間-信号強度曲線を示す. 正常膵はダイナミック MRI の早期に最も信号が高くなり、後期相になるにしたがい信号が低下する傾向がみられた. 膵癌では早期相での信号の上昇は比較的少ないが、後期相になるにしたがい徐々に信号が上昇し、造影150秒後の後期相では正常



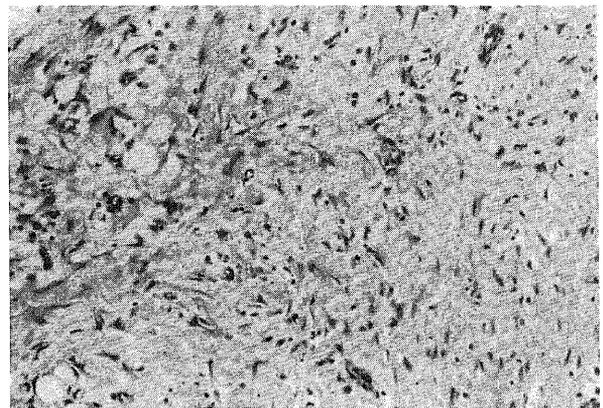
E



F



G



H

Fig. 8. Images of a 53-year old woman with pancreatic head adenocarcinoma (5 cm) accompanied by chronic tumor associated pancreatitis (case 3). T1-weighted images (A) (B) and fat suppressed T1-weighted images (C) (D) show diminished signal intensity of pancreatic body and head due to chronic pancreatitis. Dilatation of common bile duct (CBD) and main pancreatic duct (MPD) is clearly visible, but the tumor cannot be detected. Dynamic MRI of the pancreatic body (E) and head (F) show moderate enhancement of the pancreatic body and diminished enhancement of the tumor of the pancreatic head (F, arrow). Note encasement SMA and SMV by the tumor on dynamic MRI. Photomicrograph of the pancreatic head tumor (G) shows moderately differentiated tubular adenocarcinoma (H.E. stain $\times 250$). Photomicrograph of the tumor associated chronic pancreatitis of the pancreatic head (H) shows severe fibrosis of the pancreatic acinus.

Table 1. Accuracy of the imaging diagnosis for the serosal invasion of pancreatic carcinomas

Method	Diagnosis of serosal invasion	Number of cases diagnosed by pathologic finding as		Accuracy (%)
		S (+) (14) ^{a)}	S (-) (8)	
T1WI	S (+)	12	1	86 (19/22) ^{b)}
	S (-)	2	7	
FST1WI	S (+)	8	3	59*(13/22)
	S (-)	6	5	
Dynamic CT	S (+)	12	2	82 (18/22)
	S (-)	2	6	

T1WI, T1-weighted images; FST1WI, fat suppressed T1-weighted images; S (+), serosal invasion is positive; S (-), serosal invasion is negative.

^{a)}Number of total cases. ^{b)}Number of cases diagnosed correctly/number of total cases.

* P<0.05 vs T1WI and Dynamic CT.

Table 2. Accuracy of the imaging diagnosis for the retroperitoneal invasion of pancreatic carcinomas

Method	Diagnosis of RP invasion	Number of cases diagnosed by pathologic finding as		Accuracy (%)
		Rp (+) (17) ^{a)}	Rp (-) (5)	
T1WI	Rp (+)	14	1	82 (18/22) ^{b)}
	Rp (-)	3	4	
FST1WI	Rp (+)	10	1	64*(14/22)
	Rp (-)	7	4	
Dynamic CT	Rp (+)	15	2	82 (18/22)
	Rp (-)	2	3	

RP, retroperitoneum; RP (+), retroperitoneal invasion is positive; Rp (-), retroperitoneal invasion is negative; Other abbreviations are as in Table 1.

^{a)}Number of total cases. ^{b)}Number of cases diagnosed correctly/number of total cases.

* P<0.05 vs T1WI and Dynamic CT.

Table 3. Accuracy of the imaging diagnosis for the portal vein invasion of pancreatic carcinomas

Method	Diagnosis of PV invasion	Number of cases diagnosed by pathologic finding as		Accuracy (%)
		PV (+) (13) ^{a)}	PV (-) (9)	
T1WI	PV (+)	11	1	86 (19/22) ^{b)}
	PV (-)	2	8	
FST1WI	PV (+)	10	2	77 (17/22)
	PV (-)	3	7	
Dynamic CT	PV (+)	10	1	82 (18/22)
	PV (-)	3	8	

PV, portal vein; PV (+), portal vein invasion is positive; PV (-), portal vein invasion is negative; Other abbreviations are as in Table 1.

^{a)}Number of total cases. ^{b)}Number of cases diagnosed correctly/number of total cases.

膵と膵癌部は信号強度が類似していた(図6, 7). したがって膵臓と癌部のコントラストはダイナミック MRI の早期相が最も良好であり, 後期相ではコントラストが低下する傾向にあるものと考えられた. 随伴性膵炎部の信号強度の変化は後期相になるにしたがい徐々に信号強度が上昇する傾向がみられた(図5). しかし早期相での信号強度の上昇の程度は正常膵と膵癌との間の値を示した(図5). この結果から線維化を伴う随伴性膵炎は, ダイナミック MRI の早期相では正常膵よりは濃染が不良であるが, 膵癌よりは濃染が良好であることが示された(図8). また後期相では3者はほぼ同程度に濃染されコントラストが低下することも明らかになった.

IV. MRI とダイナミック CT の比較

切除膵癌22例について膵癌の描出能を視覚的に評価した. 腫瘍周囲に随伴性膵炎を伴わない14例中7例では FST1 強調像とダイナミック MRI はともにダイナミック CT より優れており(図7), 他の7例はほぼ同等の描出能であった(図6). それに対し, 随伴性膵炎を合併していた膵癌8例では, FST1 強調像では膵の信号が低下するために腫瘍の描出能が低下した. ダイナミック MRI では8例中4例はダイナミック CT より優れており, 残りの4例は両者の腫瘍描出能はほぼ同等であった.

V. 膵癌の進展度診断における MRI とダイナミック CT の比較

膵癌の進展度診断, 特に漿膜浸潤(S), 後腹膜浸潤(Rp), 門脈浸潤(PV)に関してはMRIのT1強調像, FST1強調像とダイナミックCTを比較検討した. 漿膜浸潤, 後腹膜浸潤, 門脈浸潤の正診率を算出した(表1, 2, 3). 漿膜浸潤(S)の正診率はT1強調像が86%, FST1強調像が59%, ダイナミックCTが82%であった. 後腹膜浸潤(Rp)の正診率もT1強調像が82%, FST1強調像が64%, ダイナミックCTが82%であった. 漿膜浸潤, 後腹膜浸潤の正診率はともに脂肪抑制法併用T1強調像がT1強調像やダイナミックCTに比べて有意に低い結果であった(表1, 2 T検定, $P < 0.05$). 門脈浸潤の正診率はT1強調像が86%, FST1強調像が77%, ダイナミックCTが82%であり, 門脈浸潤の正診率には有意差を認めなかった.

T1強調像では腫瘍浸潤部は膵周囲の脂肪層にのびる低信号の線状構造として描出された(図6, 7). FST1強調像では膵周囲脂肪の信号が低下するために脂肪内への浸潤が不明瞭化する例が多かった. ダイナミックMRIに関しては正診率の算出は行わなかったが, 我々の方法では後腹膜脂肪の信号が低下するために, 漿膜, 後腹膜浸潤は不明瞭な症例が多かった.

考 察

膵癌の発生頻度は増加している. 膵癌に対する画像診断の進歩にもかかわらず, 生存率はほとんど改善していないのが現状である. 膵臓は非常に薄い臓器であり, 2cm以下の小膵癌であってもかならずしも早期膵癌とはかぎらない. Tsuchiyaら²³⁾の2cm以下の小膵癌106例の報告では, 44%は早期癌(漿膜浸潤, 後腹膜浸潤, 脈管浸潤, リンパ節転移および遠隔転移が陰性)であったが, 55%はすでにリンパ節転移や漿膜浸潤や後腹膜浸潤あるいは血管浸潤が認められ, 組織学的には進行癌であったと報告している.

CT特にダイナミックCTは膵癌の検出ならびに進展度診断に有用である²⁾. しかしながら, 膵内に限局し膵の輪郭を变形

させないような小膵癌の場合はCTの分解能の限界のために, 検出できない場合も多い.

MRIの濃度分解能はCTを上回っているといわれている. しかしこれまでの0.35テスラーならびに0.6テスラーの装置を用いたMRIの報告では, 膵腫瘍の診断ではCTを上回る成績は報告されていない²⁷⁾. これは呼吸運動や腸管の蠕動のためのアーチファクトにより画像が劣下することと, 従来のスピネコー法では濃度分解能に限界があるためと考えられる. Valletら²⁴⁾はMRIとくにT1強調像は膵癌の腫瘍(特に膵内に限局した小さな腫瘍)ならびに膵周囲への浸潤の診断においてはCTを上回っていると報告している. しかしながら我々の1.5テスラーのMR装置での経験では, T1強調像は他のパルス系列より膵癌の検出率は高いが, ダイナミックCTと比べて優れているという印象はなかった.

脂肪抑制画像とは従来のスピネコー法を撮像する前に脂肪の信号を選択的に抑制する選択励起パルスを照射する方法である. 我々が使用した脂肪抑制法はCHES法である. この原理を説明すると以下の如くなる. 水のプロトンの共鳴周波数と脂肪のプロトンの共鳴周波数の間には3.5ppmの差異が認められる. CHES法とは脂肪の共鳴周波数に一致した周波数幅の狭いラジオ波を印加して, 脂肪組織のみを選択的に励起させるものである. このラジオ波を印加した後ただちにスピネコー法によるT1強調像の撮像をおこなえば, 飽和(saturation)状態にある脂肪のプロトンからは信号がでないため脂肪のみが選択的に抑制された画像が得られる. 脂肪以外の水のプロトンからは従来のT1強調像と同様の信号が得られる.

脂肪抑制法併用のスピネコー法は呼吸によるアーチファクトやケミカルシフト・アーチファクト(chemical shift artifact)が軽減し, 腹部臓器の信号強度のダイナミックレンジも改善される²¹⁾. 腹壁や後腹膜腔の脂肪の信号はT1強調像では著明な高信号を示し, これが腹壁の呼吸性運動によっておこるゴーストアーチファクトによる画像上のノイズの原因となる. また脂肪の信号が他の臓器の信号に比べてあまりにも高信号であるために, イメージディスプレイ上のダイナミックレンジが狭くなる¹⁹⁾. 前述した如く脂肪抑制法併用のスピネコー法はあくまでスピネコー法を基本に脂肪の信号を選択的に抑制するようなパルスを付加するだけなので, スピネコー法で得られるT1ならびにT2の情報そのまま維持される⁸⁾. 1.5テスラーのMRI装置ではT1強調像での膵臓の信号強度は肝臓と同程度か肝臓よりやや高信号を呈することが多い. 脂肪の信号が抑制されると正常な膵臓の信号は肝臓やその他の臓器と比較してより高信号を示す. 膵腫瘍はT1値が延長しており, T1強調像では低信号を呈すが, 脂肪抑制法では膵臓の信号がより高くなるので膵臓と膵腫瘍とのコントラストが上昇する. 我々の結果でも腫瘍周囲に随伴性膵炎を伴わない症例では, 膵癌と膵臓とのコントラストを示すCNRはダイナミックMRIを除いて脂肪抑制法併用T1強調像がT1強調像, T2強調像ならびに造影後T1強調像と比べて有意に高かった(図3).

呼吸停止下で行うGER法による撮像法(MPGR法)では呼吸によるアーチファクトを軽減できる. GER法を用い, MRIの造影剤であるマグネビストを急速に静注して撮像するダイナミックMRIが膵臓と膵癌のコントラストの評価では最も良好であった(図3). ダイナミックMRIの早期相では正常膵は著明に濃染され, 後期相では徐々に信号強度が低下してくる²⁵⁾²⁶⁾.

一方、膵管癌は豊富な線維性間質を有するために早期相では正常膵に比べ濃染が不良であるので、膵臓と膵癌のコントラストが明瞭となる(図5)。しかしながら、ダイナミックMRIの後期相ならびに造影後のT1強調像では膵癌の間質内に造影剤がしみだし濃染されてくるので、膵臓との信号強度の差がせばまる結果コントラストも低下してくる(図5)。造影剤静注5分後に撮像した造影後T1強調像では腫瘍は周囲膵と比較して等信号あるいはやや高信号となる。腫瘍内の壊死や随伴する嚢胞(偽嚢胞、貯留嚢胞)は低信号となる(図7)^{27,28)}。膵癌部と非癌部のCNRはダイナミックMRIが他のパルス系列と比較して有意に高かった(図3)。Semelkaら²⁹⁾は膵疾患例でいくつかのMRIの撮像方法を比較した結果、脂肪抑制法を併用したダイナミックMRIが最も良好なCNRを示したと報告している。我々は脂肪抑制法併用下のダイナミックMRIは施行していないが、脂肪抑制法併用T1強調像とダイナミックMRIの両者を施行することが膵腫瘍の検出に有効であると考えられる。

慢性膵炎の患者の2-24%に膵癌が合併することが知られている²⁹⁾。また膵癌による主膵管の閉塞により腫瘍の尾側の膵臓に慢性膵炎(随伴性膵炎)が生じることも知られている(図8)³⁰⁾。通常は随伴性慢性膵炎を伴う膵癌は腫瘍径が大きいが、時に小さな膵癌が主膵管を閉塞し、随伴性膵炎を引き起こすことがある。慢性膵炎に合併した膵癌や随伴性膵炎を合併した膵癌の診断は難しい。これは慢性膵炎と膵癌とは臨床的にも画像上も類似した所見を呈するからである。特に膵癌と腫瘍形成性膵炎の鑑別は画像診断上困難なことが多い³¹⁾⁻³³⁾。腫瘍形成性膵炎は局所的な膵の腫大を認めるもので慢性膵炎の32%を占め³⁴⁾、主膵管を狭窄したり総胆管を狭窄あるいは閉塞し黄疸を引き起こすことがある^{34,35)}。Shemeshら²⁹⁾慢性膵炎に併存した膵癌と慢性膵炎の鑑別にERCPが有用であると報告している。しかしながら慢性膵炎に合併した小膵癌の診断は主膵管の狭窄がわずかしかみられないこともありERCPでも難しい例も多い。慢性膵炎が進み、膵実質の線維化や石灰化が著明になると膵臓の信号強度はT1強調像特に脂肪抑制法併用T1強調像で低下してくる³⁶⁾。またダイナミックMRIでも濃染が不良になってくる³⁶⁾。慢性膵炎では線維化と線房細胞の萎縮ならびに線房細胞内のタンパク成分に富む液体が減少してくる³⁶⁾。この組織学的変化がMRIの脂肪抑制法併用T1強調像における慢性膵炎部の膵組織の信号強度の低下に反映しているものと考えられる^{20,36)}。膵実質の線維性変化が進んだ部位は血管に乏しくなるため、ダイナミックMRIの早期相では濃染が不良となる^{20,36)}。したがって慢性膵炎を併発した膵癌あるいは慢性膵炎内に発生した膵癌は脂肪抑制法併用T1強調像では非腫瘍部は腫瘍部と同様に信号が低下するために不明瞭となる(図8)。我々の検討からはダイナミックMRIを用いれば膵癌と随伴性膵炎の鑑別が可能となるかもしれない(図4, 5, 8)。膵癌ならびに随伴性の慢性膵炎は正常膵と比べるとダイナミックMRIの早期相における濃染の程度は低い。しかしながら随伴性膵炎の領域は膵癌部に比べれば比較的濃染されるので、早期相では随伴性膵炎内の膵癌病巣が低信号域として造影前よりもコントラストが良好に描出可能となる。ダイナミックMRIの後期相ならびに造影後のT1強調像(造影剤静注約5分後)では線維性間質内に造影剤がゆっくりとしみだしてくるために濃染されてくる。したがって後期相では癌部や随伴性膵炎部は正常膵と等信号かあるいは高信号となることが多く、癌部と非癌部のコントラスト

は低下し不明瞭となる。膵癌内の壊死等の変性部位や付随して発生することがある嚢胞性病変部は造影の後期相でも濃染されないで低信号域のままとなる(図7)。T2強調像は腫瘍壊死ならびに随伴性の嚢胞性病変の診断には有用性が高いが、膵癌そのものの検出能は低い。

膵癌の進展度診断に関しては我々の検討では脂肪抑制法併用T1強調像では膵周囲後腹膜の脂肪の信号が低下するためにT1強調像で認められるような膵周囲脂肪内におよぶ線状ないし索状の構造が不明瞭化する(図6, 7)。したがって漿膜浸潤や後腹膜浸潤の評価に関しては脂肪抑制法はT1強調像やダイナミックCTよりも劣るものと思われる。ダイナミックMRIは我々が用いているMPGR法ではTEが13msecであり、水のプロトンと脂肪のプロトンの位相が180度ずれた状態(out of phase)の画像となり脂肪の信号が低下する。したがってダイナミックMRIも脂肪抑制法と同様に漿膜や後腹膜浸潤は不明瞭化する傾向にあった。門脈浸潤についてはT1強調像、脂肪抑制法併用T1強調像、ダイナミックCTの3者の間には明らかな有意差は認められなかった。腫瘍により門脈が明らかに狭窄している例や腫瘍と門脈の間に明らかに正常膵が介在している症例では評価は比較的容易であった。しかしながら、腫瘍と門脈が接する場合の浸潤の有無の評価はかならずしも容易ではなく、画像診断の限界と考えられる。

結 論

膵癌の診断に対するMRIの脂肪抑制法併用T1強調像ならびにダイナミックMRIの有用性について、従来施行されてきたスピネコー法ならびにダイナミックCTと比較検討し、以下の結論を得た。

1. 正常膵での検討では脂肪抑制法併用T1強調像は他のパルス系列(T1強調像, T2強調像, 造影後T1強調像)と比較して、有意に高いSNRを示した($P < 0.05$)。また正常膵と固有背筋との間のCNRも脂肪抑制法併用T1強調像が他の撮影法よりも有意に高かった($P < 0.05$)。視覚的にも脂肪抑制法併用T1強調像では、脂肪の信号が抑制されイメージディスプレイ上のダイナミックレンジが広がる結果、正常膵は著明な高信号を示した。
2. 腫瘍周囲に随伴性慢性膵炎を伴わない膵癌14例では、膵癌と正常膵の間のCNRはダイナミックMRI > 脂肪抑制法併用T1強調像 > T1強調像 > T2強調像 > 造影後T1強調像の順であった。各群間で統計的に有意差を認めた($P < 0.05$)。
3. 随伴性膵炎を伴う膵癌8例では脂肪抑制法併用T1強調像ならびにT1強調像でのCNRの低下が著しく、ダイナミックMRIを除く各群間では有意差は認めなかった。ダイナミックMRIではCNRは良好であり、他のパルス系列と比較して有意に高かった($P < 0.05$)。
4. ダイナミックMRIにおける時間-信号強度曲線の検討では早期相では正常膵、随伴性膵炎、膵癌の順で信号強度が上昇し、後期相では3者の信号強度は接近していた。したがって、正常膵と癌部、随伴性膵炎部と癌部とのコントラストはダイナミックMRIの早期相が最も高かった。
5. MRIとダイナミックCTの膵癌の検出能の比較では、脂肪抑制法併用T1強調像とダイナミックMRIの併用がダイナミックCTより優れている例と同等の例が半数ずつであった。
6. 膵癌の進展度診断(漿膜、後腹膜浸潤)については脂肪抑

制法併用 T1 強調像よりも T1 強調像やダイナミック CT の正診率の方が有意に高かった ($P < 0.05$).

以上, MRI による膵癌の診断は脂肪抑制法併用 T1 強調像とダイナミック MRI の組み合わせが有用と考えられた。しかし, 進展度診断には従来の T1 強調像が有用であり, この3者の併用が必要と考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり, 御指導, 御校閲を賜りました恩師高島 力教授に深甚なる謝意を捧げると共に, 直接御指導を戴きました松井 修助教授に厚く感謝の意を表します。また角谷真澄講師, 吉川 淳講師をはじめとする医局の諸先生や MRI の撮影法について御指導戴いた放射線部田村鋒男技師にも深謝いたします。

本論文の要旨は第79回北米放射線学会(平成5年11月, シカゴ)ならびに第53回日本医学放射線学会総会(平成6年4月, 神戸)において発表した。

文 献

- 1) Warshaw, A. L. & Castillo C. F.: Pancreatic carcinoma. *N. Engl. J. Med.*, **326**, 455-465 (1992).
- 2) Freeny, P. C., Marks, W. M., Ryan, J. A. & Traverso, L. W.: Pancreatic ductal adenocarcinoma: diagnosis and staging with dynamic CT. *Radiology*, **166**, 125-133 (1988).
- 3) Freeny, P. C.: Radiology of the pancreas: Two decades of progress in imaging and intervention. *Amer. J. Roentgenol.*, **150**, 975-981 (1988).
- 4) 三浦剛史, 三浦公子, 中田太志, 田中陸雄, 佐々井一彦, 片山 節, 本城和光, 迎 英紀, 中西 敬: 高速スキャンによる膵癌の thin slice CT. 画像診断, **9**, 707-716 (1989).
- 5) Dupuy, D. E., Costell, P. & Ecker, C. P.: Spiral CT of the pancreas. *Radiology*, **183**, 815-818 (1992).
- 6) Freeny, P. C.: Radiologic diagnosis and staging of pancreatic ductal adenocarcinoma. *Radiol. Clin. North. Am.*, **27**, 121-128 (1989).
- 7) Itoh, K., Nishimura, K., Togashi, K., Fujisawa, I., Noma, S., Minami, S., Sagoh, T., Nakano, Y., Itoh H., Mori, K., Ozawa, K. & Torizuka, K.: Hepatocellular carcinoma; MR imaging. *Radiology*, **164**, 21-25 (1987).
- 8) 蒲田敏文, 松井 修, 角谷真澄, 吉川 淳, 荒井和徳, 高島 力, 亀山富明: 肝細胞癌の MRI. 臨床画像, **6**, 58-68 (1990).
- 9) Kadoya, M., Matsui, O., Takashima, T. & Nonomura, A.: Hepatocellular carcinoma: correlation of MR imaging and histopathologic findings. *Radiology*, **183**, 819-825 (1992).
- 10) Matsui, O., Kadoya, M., Kameyama, T., Yoshikawa, J., Arai, K., Gabata, T., Takashima, T., Nakanuma, Y., Terada, T. & Ida, M.: Adenomatous hyperplastic nodules in the cirrhotic liver: Differentiation from hepatocellular carcinoma with MR imaging. *Radiology*, **173**, 123-126 (1989).
- 11) Haaga, J. R.: Magnetic resonance imaging of the pancreas: symposium on magnetic resonance imaging. *Radiol. Clin. North Am.*, **22**, 869-877 (1984).
- 12) Stark, D. D., Moss, A. A., Goldberg, H. I., Davis, P. L. & Federle, M. P.: Magnetic resonance and CT of the normal and diseased pancreas: a comparative study. *Radiology*, **150**, 153-162 (1984).
- 13) Engelholm, E., de Toeuf, J. & Zalcmán, M.: Computerized tomography and magnetic resonance in cancer of the pancreas. Comparison with cholangiopancreatography. *Acta. Gastroenterol. Belg.*, **50**, 195-210 (1987).
- 14) Tscholakoff, D., Hricak, H., Thoeni, R., Winkler, M. L., & Margulis, A. R.: MR imaging in the diagnosis of pancreatic disease. *Amer. J. Roentgenol.*, **152**, 487-491 (1989).
- 15) Steiner, E., Stark, D. D., Hahn, P. R., Saini, S., Simeone, J. F., Mueller, P. R., Wittenberg, J. & Ferrucci, J. T.: Imaging of pancreatic neoplasms. *Amer. J. Roentgenol.*, **152**, 487-491 (1989).
- 16) Semelka, R. C., Chew, W., Hricak, H., Tomei, E. & Higgins C. B.: Fat-saturation MR imaging of the abdomen. *Amer. J. Roentgenol.*, **155**, 1111-1116 (1990).
- 17) Mitchell, D. G., Vinitzki, S., Saponaro, S., Tasciyan, T., Burk, D. L. Jr. & Rifkin, M. D.: Liver and pancreas: improved spin-echo T1 contrast by shorter TE and fat suppression at 1.5 tesla. *Radiology*, **178**, 68-71 (1991).
- 18) Chan, T. W., Listerud, J. & Kressel, H. Y.: Combined chemical-shift and phase-selective imaging for fat suppression: theory and clinical experience. *Radiology*, **181**, 41-47 (1991).
- 19) Mitchell, D. G., Shapiro, M., Schurich, A., Barbot, D. & Rosato, F.: Pancreas disease: Findings on state-of-the-art MR images. *Amer. J. Roentgenol.*, **159**, 533-538 (1992).
- 20) Semelka, R. C., Kroeker, M. A., Shoenut, J. P., Kroeker, R. M., Yaffe, C. S. & Micflikier, A. B.: Pancreatic disease: prospective comparison of CT, ERCP, and 1.5 T MR imaging with dynamic gadolinium enhancement and fat suppression. *Radiology*, **181**, 785-791 (1991).
- 21) Semelka, R. C., Simm, F. C., Recht, M., Delming, M., Lenz, G. & laug, G. A.: MR imaging of the pancreas at high field strength: a comparison of six sequences. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, **15**, 966-971 (1991).
- 22) Chezmar, J. L., Nelson, R. C. & Small, W. C.: Magnetic resonance imaging of the pancreas with gadolinium DTPA. *Gastrointest. Radiol.*, **16**, 139-142 (1991).
- 23) Tsuchiya, R., Noda, T., Harada, N., Miyamoto, T., Tomioka, T., Yamamoto, K., Yamaguchi, T., Izawa, K., Tsunoda, T., Yoshino, R. & Eto, T.: Collective review of small carcinomas of the pancreas. *Ann. Surg.*, **203**, 77-81 (1986).
- 24) Vallet, A. D., Romano, W., Bach, D. B., Passi, R. B., Taves, D. H. & Munk, P. L.: Adenocarcinoma of the pancreatic ducts: comparative evaluation with CT and MR imaging at 1.5T. *Radiology*, **188**, 593-602 (1993).
- 25) Hamed, M. M., Hamm, B., Ibrahim, M. E., Taupitz, M. & Mahfouz, A. E.: Dynamic MR imaging of the abdomen with gadopentetate dimeglumine: Normal enhancement pattern of the liver, spleen, stomach, and

- pancreas. *Amer. J. Roentgenol.*, 158, 303-307 (1992).
- 26) Brailsford, J., Ward, J., Chalmers, A. G., Ridgway, J. & Robinson, P. J.: Dynamic MRI of the pancreas-gadolinium enhancement in normal tissue. *Clin. Radiol.*, 49, 104-108 (1994).
- 27) 蒲田敏文, 松井 修, 角谷真澄, 吉川 淳, 宮山士朗, 秋元 学, 高橋志郎, 高島 力, 上野桂一: 膵癌の造影 MRI—組織所見との対比—. 第52回日本医学放射線学会総会抄録集, 241 (1993).
- 28) 蒲田敏文, 松井 修, 角谷真澄, 吉川 淳, 荒井和徳, 出町 洋, 高島 力: 膵腫瘤性病変の MRI. *腹部画像診断*, 10, 507-516 (1990).
- 29) Shemesh, E., Czerniak, A., Nass, S. & Klein, E.: Role of endoscopic retrograde cholangiopancreatography in differentiating cancer coexisting with chronic pancreatitis. *Cancer*, 65, 893-896 (1990).
- 30) Sarles, H. & Sahel, J.: Pathology of chronic calcifying pancreatitis. *Am. J. Gastroentrol.*, 66, 111-139 (1976).
- 31) Neff, C. C., Simeone, J. F., Wittenberg J., Muller, P. R. & Ferrucci, J. T. Jr.: Inflammatory pancreatic masses: problems in differentiating focal pancreatitis from carcinoma. *Radiology*, 150, 35-38 (1984).
- 32) 江上 格, 恩田昌彦, 森山雄吉, 田尻 孝, 伊藤誠二, 金徳栄, 内田英二, 有馬保生, 岡崎滋樹, 会田邦晴, 山中洋一郎, 小林 匡, 相本隆幸, 横山 正: 腫瘤形成性膵炎の臨床像と画像診断の限界—膵癌との鑑別点の考察—. *胆と膵*, 13, 711-717 (1992).
- 33) 蒲田敏文, 松井 修, 角谷真澄, 吉川 淳, 高島 力: 膵癌と慢性膵炎の鑑別—新しい展開 MRI. *腹部画像診断*, 13, 28-38 (1993).
- 34) 蒲田敏文, 松井 修, 角谷真澄, 吉川 淳, 野島浩司, 川森康博, 小林 聡, 土田龍郎, 三井 毅, 三浦将司, 浅田康行, 田中延善: 脂肪抑制法併用 T1 強調像が線維化の診断に有用であった腫瘤形成性膵炎の 1 例. *腹部画像診断*, 14, 699-706 (1994).
- 35) 黒田 慧, 八幡和彦: 腫瘤形成性膵炎. *肝胆膵*, 17, 1191-1198 (1983).
- 36) Semelka, R. C., Shoenut, J. P., Kroeker, M. A. & Micflikier, A. B.: Chronic pancreatitis: MR imaging feature before and after administration of gadopentetate dimeglumine. *J. M. R. I.*, 3, 79-82 (1993).

The Efficacy of Fat Suppressed and Gadolinium Enhanced Dynamic MR Imaging in Pancreatic Adenocarcinomas Toshifumi Gabata, Department of Radiology, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920-J. *Juzen Med Soc.*, 103, 898-911 (1994)

Key words pancreas cancer, chronic pancreatitis, MRI, fat suppression, dynamic MRI

Abstract

To determine the efficacy of fat suppressed T1-weighted and dynamic gadolinium enhanced MR imaging (dynamic MRI) in the diagnosis of pancreatic adenocarcinoma, twenty-two patients with histologically proven pancreatic adenocarcinomas were evaluated with dynamic CT and 5 MR sequences including fat suppressed T1-weighted images and dynamic multiplanar GRASS (gradient-recoiled acquisition in the steady state) [MPGR] images (dynamic MR images). Thirty normal volunteers patients without pancreatic disease were also evaluated with MR imaging. In the 30 normal volunteers, a normal pancreas showed a markedly higher signal intensity on fat suppressed T1-weighted images than on conventional T1-weighted images. The signal noise ratio (SNR) of the normal pancreas and the contrast noise ratio (CNR) between the normal pancreas and muscle were significantly higher on fat suppressed T1-weighted images than on other MR pulse sequences (T1-weighted images, T2-weighted images, and postcontrast T1-weighted images) ($P < 0.05$). In 14 patients with pancreatic carcinoma without tumor associated chronic pancreatitis, CNR between pancreatic carcinoma and normal pancreas showed significant differences ($P < 0.05$) as follow: Dynamic MR images (30 seconds postcontrast MPGR images) > fat suppressed T1-weighted images > T1-weighted images > T2-weighted images > 5 minutes postcontrast T1-weighted images. In 8 patients with pancreatic carcinoma accompanying tumor associated chronic pancreatitis around the tumors, the tumors were obscured on fat suppressed T1-weighted images because the non-tumor inflammatory portion also showed a low signal intensity similar to that of the carcinomas. CNR between pancreatic tumors and tumor associated chronic pancreatitis was not significantly different among T1-weighted images, fat suppressed T1-weighted images, T2-weighted images, and postcontrast T1-weighted images. However, the early phase of dynamic MR images (30 seconds MPGR images) could clearly identify the tumors. CNR between the tumors and tumor associated pancreatitis was significantly higher on dynamic MR images than on other pulse sequences ($P < 0.05$). The time intensity curve of dynamic MRI showed that both pancreatic carcinoma and chronic pancreatitis revealed a diminished percentage of contrast enhancement compared with the normal surrounding pancreatic tissue. However, the enhancement of the inflammatory portion of the pancreas was more prominent than that of the carcinoma in the early phase of dynamic MR images. In the late phase of dynamic MR

images, the degree of contrast enhancement was similar among normal pancreas, chronic pancreatitis, and pancreatic carcinoma. Peripancreatic tumor extension is better recognized on T1-weighted images and dynamic CT than fat suppressed images. In conclusion, fat suppressed T1-weighted images and dynamic MR images were useful in detecting pancreatic carcinomas. T1-weighted images and dynamic CT were necessary for evaluating tumor extension.