

Title	Balanced turbo field echo(bTfE)における膵癌の評価-存在診断,血管浸潤について-
Author(s)	黒木, 聖子; 那須, 克弘; 黒木, 嘉典 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2004, 64(1), p. 46-50
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18651
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Balanced turbo field echo (bTFE)における膵癌の評価 —存在診断, 血管浸潤について—

黒木 聖子 那須 克弘 黒木 嘉典 村上 康二
縄野 繁 林 孝行 関口 隆三

国立がんセンター東病院放射線部

Evaluation of Pancreatic Cancer Extent using Balanced Turbo Field Echo (bTFE)

Seiko Kuroki, Katsuhiko Nasu, Yoshifumi Kuroki,
Koji Murakami, Takayuki Hayashi,
Ryuzo Sekiguchi, and Shigeru Nawano

Purpose: Recent advances in MR system technology have allowed for the development of new imaging techniques. Balanced turbo field echo (bTFE) is one such example. The purpose of this study was to evaluate the usefulness of bTFE for evaluating pancreatic cancer extent.

Materials and Methods: 45 patients with pathologically proven pancreatic cancer were examined with bTFE. The images obtained were evaluated by the consensus of two radiologists, from the following viewpoints: tumor detection and vascular invasion, e.g., celiac axis (CA); superior mesenteric artery (SMA); portal vein (PV); and splenic artery (SA). The results of vascular evaluation were compared with those of dynamic CT.

Results: All tumors were demonstrated on bTFE images, however, tumors in the pancreatic head were less clear than those in the pancreatic body. Vascular evaluation on bTFE images was in good agreement with that on dynamic CT scan.

Conclusion: bTFE is a useful method for evaluating pancreatic cancer extent. Because image quality does not show overt changes in this sequence as time passes, unlike so-called dynamic study, not only are divided scans or respiration-triggered scans available, but repeated scans and multi-directional image acquisition can be performed as well.

Research Code No.: 515.9

Key words: pancreas cancer, MRI,
balanced turbo field echo

Received Apr. 16, 2003; revision accepted Nov. 7, 2003

Division of Diagnostic Radiology, National Cancer Center Hospital East

別刷請求先

〒104-0045 東京都中央区築地5-1-1

国立がんセンター中央病院

がん予防・検診研究センター

黒木 聖子

はじめに

最近臨床使用が可能になったbalanced turbo field echo法(以下, bTFE)は完全なsteady state in free precessionにて画像を収集するgradient echo法のシーケンスである¹⁾⁻⁶⁾. このシーケンスの特徴は超高速撮像でしかも高いSNRが得られること, コントラストは大きいフリップ角ではおおむね組織のT2/T1に依存することである⁶⁾. また, 2Dフーリエ変換を使った場合, シングルショット撮影が可能であることも特徴である. bTFEはまず心臓用シーケンスとしてその有用性が認められ⁷⁾⁻⁹⁾, さらに腹部領域においてもその臨床応用が試みられている^{10), 11)}. 今回われわれはbTFEにcentric k-space orderingと周波数選択的脂肪抑制法であるSPIR pulseを組み合わせる(以下, SPIR-centric-bTFEとする)ことにより^{12), 13)}, 腫瘍と血管との位置関係を観察しやすくなることを利用して膵癌の存在診断および膵周囲血管への浸潤診断を試みたので報告する.

対象と方法

1. 対象

2001年6月から2002年10月までに当院で2週間以内の間隔でCTおよびMRIが行われ, 切除標本あるいは生検標本にて病理学的に膵癌が証明された45症例(男性27例, 女性18例, 42~82歳, 中間値62歳, Stage II~IVb)とした.

2. 撮像条件

MRIの使用機器はPhilips社製Gyrosan Intera, 1.5TでSynergy body coilを利用した. bTFEの撮像条件は, TR/TE = 3.8/1.9ms, Flip angle = 80, 脂肪抑制法としてspectral presaturation with inversion recovery(以下, SPIR)を併用, k-space orderingはcentric view orderとした. その他の条件はFOV = 25~30cm, matrix size(frequency/phase) = 256 × 256, slice thickness/gap = 5mm/ - 1mm, 16~20 slice, Number of excitation = 2, scan timeはsensitivity encoding(以下, SENSE)を併用することにより(reduction factor 1 - 1.3)25~26secとし, 患者の息止めの能力に応じ

Table 1 Criteria for tumor detection

good: Tumor clearly contrasts with and is well demarcated from the surrounding pancreatic tissues.
 fair: Although the tumor can be detected as a structure that is different from surrounding pancreatic tissue, its demarcation is indistinct.
 poor: Tumor shows little contrast with the pancreatic tissue that surrounds it.

Table 2 Criteria for vascular invasion

A: Visualized as a lesion without vascular invasion: Blood vessels and tumor can be discerned from clear normal tissues.
 B: Visualized as a lesion with invasion: The entire circumference of vessels is invaded by tumor and the complete absence of mediation of normal tissues is confirmed. Alternatively, findings that indicate invasion of the sub-entire circumference of vessels by tumor or vascular stenosis are confirmed.
 C: Absence of visualization or invasion: Although vessels are not visualized, their clear separation from tumor is confirmed.
 D: Absence of visualization and presence of invasion: Vessels are not visualized and findings that indicate vascular occlusion and disruption caused by tumor are confirmed.
 E: Absence of visualization and unknown causality: Vessels are not clearly identifiable and causal relationship with tumor is unknown.

Table 3 Detectability of the pancreatic cancer on bTFE

	head (20/45)	body-tail (25/45)
good (31/45)	9/20	22/25
fair (11/45)	9/20	2/25
poor (3/45)	2/20	1/25

Table 4 Evaluation of vascular invasion by the rate of matching between bTFE and CT

	rate of matching
PV	41/45 (91.1%)
CA	44/45 (97.8%)
SMA	45/45 (100%)
SA	38/45 (84.4%)

て分割撮影ないし呼吸同期撮影を行った。横断像および冠状断像の2方向を撮像した。なお撮影に際しては基本的に被検者に酸素投与を行った。

CTの使用機器は東芝社製Aquilion, multi 4DASを使用した。撮像条件はwidth of X-detector = 2mm, helical pitch = 3.0, table speed = 6mm/rotation, 1 rotation = 0.5sec, scan time = 17sec, reconstruction pitch = 5mm, contrast material: 120ml (300mgI/ml), IV bolus injection, delay time: 40 secondsとした。なお撮影は横断像のみで、MPR画像は作成していない。

Table 5 Presence of vascular invasion according to the rate of matching between bTFE and CT

	rate of matching
PV	43/45 (95.6%)
CA	44/45 (97.8%)
SMA	45/45 (100%)
SA	43/45 (95.6%)

3. 検討項目

1) 膵癌の存在診断

bTFEの画像上、腫瘍と周囲膵実質との間のコントラストの有無と境界の明瞭さを基にgood, fair, poorの3種類に分類(Table 1)し、2名の放射線科医の合議のうえ判定した。

2) 血管浸潤の評価

膵周囲血管への浸潤について検討対象とした血管は腹腔動脈(以下, CA), 上腸間膜動脈(以下, SMA), 脾動脈(以下, SA)および門脈(以下, PV)とした。腫瘍の血管浸潤の判定基準はAからEの5型に分類(Table 2)した。

dynamic CTにおける血管浸潤の評価を基準にした場合のbTFEにおける評価が一致しているか否かをそれぞれの血管において2名の放射線科医の合議のうえ判定した。

結 果

膵癌の存在診断 (Table 3)

対象となった膵癌全例でbTFEによる描出は可能であった。その内訳はgood 31例, fair 11例, poor 3例であった。体尾部癌では25例中22例でgoodの評価が得られたのに対し、頭部癌では20例中9例がfair, 2例がpoorであり、膵頭部癌の描出が体尾部癌に対して不良である傾向がみられた。

1) 血管浸潤の評価 (Table 4, 5)

bTFEとdynamic CTにおける血管浸潤評価(A~E)の一致率(Table 4)を血管別に検討すると、CAは97.8%, SMAは100%と高い一致率であった。一方、太い血管にもかかわらずPVは91.1%とやや低い一致率であった。

次に血管描出の有無にかかわらず浸潤の有無だけでみた診断の一致率(A+CおよびB+Dによる比較)を検討すると(Table 5), CAは97.8%, SMAは100%, PVは95.6%一致し, 高い一致率が得られた。

症 例

症例(1) (Fig. 1)

61歳, 男性, 膵頭部癌. bTFE冠状断像では膵癌は膵頭部の正常組織と比較して軽度高信号に描出され, 腫瘍の境界を明瞭に確認できる. 膵癌の存在診断はgood, 血管浸潤評価はすべてCTと一致した。

症例(2) (Fig. 2)

55歳, 男性, 膵頭部癌. Dynamic CTでは膵頭部の腫瘍は明瞭に描出されている(A). bTFE横断像では腫瘍と周囲膵実質との間のコントラストは乏しいが(B), 冠状断像では膵頭部の膵組織とは違う構造として認識でき, 膵癌の存在診断はfairと評価した(C). またbTFE冠状断像では腫瘍が腸間膜を巻き込むように周囲に進展していることが確認できる. SMAは腫瘍と連続する軟部組織によって全周性に取り囲まれている. 腫瘍とCAとの間には脂肪組織が確認できる(D). 血管浸潤評価はすべてCTと一致した。

考 察

膵癌の画像診断において臨床的に要求されることは, 第一に腫瘍の存在をとらえることであり, 次いで治療方針の決定のために周囲血管浸潤の有無を判定することが重要である. 従来は血管造影とdynamic CTが中心的な検査法として同程度の診断能と考えられてきた¹⁴⁾. 近年のCTの目覚ましい進歩により(helical CT, 最近ではmultislice CT), 血管描出能は向上し, 血管構造の認識のみならず血管の閉塞や拡張, 血管周囲に広がる異常な軟部組織増生などの所見を拾い上げるのも容易になり高い診断成績を評価されている¹⁵⁾. 一方, 膵癌のMRI診断に関しては通常のspin echo法では膵癌と正常組織のコントラストが乏しく, また呼吸や腸管の蠕動によるアーチファクトのため画像劣化があり, その評価は必ずしも高くなかった. しかし近年, 高速撮像法による息止め撮像, dynamic study, 脂肪抑制法の併用などによりMRIの臨床的有用性が認識され, 多くの報告がなされている¹⁶⁾⁻¹⁹⁾. 特に腫瘍の描出能についての評価が高い. ただし周囲血管への浸潤の評価についてはMRIの有効性は確立されたものではなく, 経験的にはCTに対して劣っているという印象を持たざるを得ない. しかし今回われわれの用いた造影後のSPIR-centric-bTFEにおいては, 対象とした膵癌を全例描出可能であり, 膵周囲の血管の描出能もCTとほぼ同等と考えられた。

まず, このシーケンスの画質の特徴と撮像時間について述べる. bTFEはk-space orderingの違いにより画質に大きな



Fig. 1 A 61-year-old male with cancer of the head of the pancreas.

A: Coronal -bTFE image identified the tumor as a slightly higher intensity area compared with the normal pancreatic tissue; the tumor was clearly demarcated.

違いが生じる²⁰⁾. sequential view orderの場合, 脈管は高信号, 脂肪は高信号, 腫瘍や実質臓器は低信号に描出される. 一方centric view orderの場合, 腫瘍や実質臓器は比較的高信号に描出され, 動脈の信号は低下する. しかしわれわれのファントム実験の結果から, この動脈の信号低下はGd-DTPAの投与により補うことが可能であり, しかもこの造影効果はGd-DTPAの濃度に依存する部分が少ないことがわかっている²⁰⁾. すなわち造影後centric-bTFEは血管描出に適した撮像法であり, しかもdynamic studyを行う必要がなく, 繰り返し撮像ができるという大きな利点を持っている。

撮像時間は特に腹部のMRI診断において, 画像のコントラストや画質に影響を与える重要な因子である. 最近の技術革新であるParallel imaging techniqueを併用することにより撮像時間の短縮が可能になったこともこのシーケンスを腹部の撮像に積極的に使用する契機となった^{8), 21), 22)}. 具体的にはSensitivity encoding法導入前は撮像時間に32秒要していたが, SENSE法により25~26秒の息止めで撮像可能になり, 一回の呼吸停止下で撮像が可能になった. SENSE法の詳細については省略するが, 弱点として原理的にSNRは低下することが知られている. しかしbTFEは従来のシーケンスよりもSNRが高いため, このSNRの低下は問題にならず, 高いSNRと短時間撮影の両立が可能である。

次に今回の検討項目について, まず膵癌の描出について検討する. 従来の診断法では腫瘍あるいは周囲膵組織の造影効果による相対的コントラストによって腫瘍を指摘してきた^{13), 23)-27)}. bTFEにおける腫瘍と周囲膵組織のコントラ

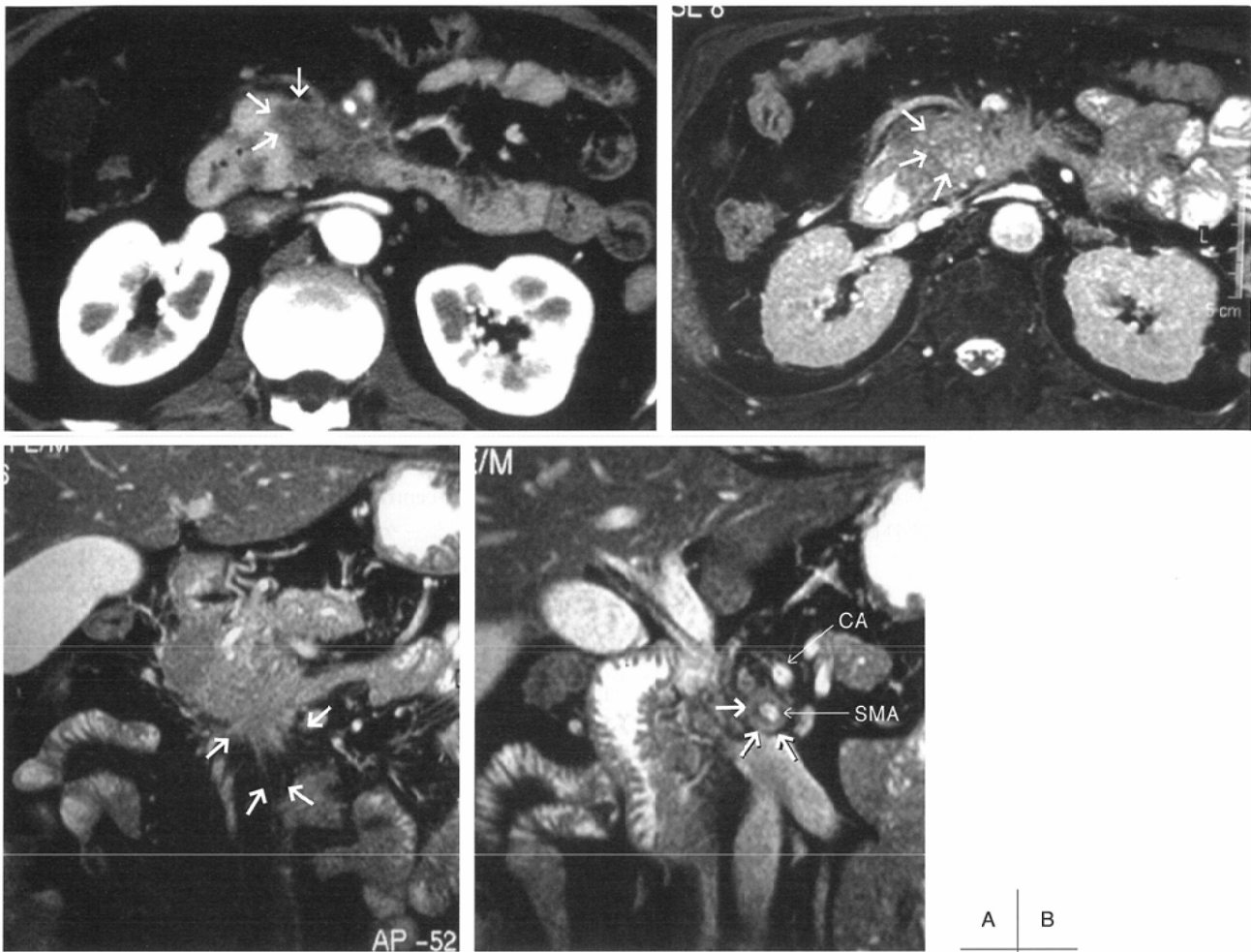


Fig. 2 A 55-year-old male with cancer of the head of the pancreas.
 A: Dynamic CT clearly visualized the tumor.
 B: Axial-bTFE image showed unclear contrast between the tumor and the surrounding pancreatic parenchyma.
 C: Coronal-bTFE image revealed progressive invasion of the circumference by the tumor, leading to involvement of the mesentery.
 D: PV was disrupted at the site of the tumor, while SMA was entirely surrounded by soft tissue in contact with the tumor. Fatty tissues were observed in the space between the tumor and CA.

A	B
C	D

ストはこれとは異なる。bTFEで得られる画像はT2強調に類する画像である。実際に撮像すると膵癌は正常膵組織と比較してやや高信号に描出されることが多く大部分の症例で腫瘍を指摘することが可能であった。しかも造影剤を投与すると、腫瘍の信号は軽度上昇し、正常膵実質とのコントラストはより明瞭になる傾向がみられた。ただし膵頭部癌では膵体尾部癌に比べ周囲膵実質との間のコントラストが乏しい傾向にあった。膵頭部に癌が存在し、癌の頭側に正常膵組織を確認できない例では、腫瘍の存在診断は癌の尾側膵実質とのコントラストで行うことになるが、尾側膵実質に二次性炎症を随伴した場合、尾側膵実質の信号が上昇するため腫瘍とのコントラストが乏しくなると考えられる。従来からCTで言われている随伴性膵炎の影響と考えられるがSPIR-centric-bTFEでこの問題が解決されたわけではなく、今後このシーケンスを膵癌の病期診断に使用していく場合の課題となろう。別の原因として、腫瘍の局在とは関係ない

が、腫瘍が周囲膵実質と同程度の信号であるためコントラストが乏しくなったことも考えられる。腫瘍によっては、線維化の強い腫瘍では信号が低下するためと推測される。
 次に血管浸潤の評価について検討する。血管浸潤評価(A~E)の一致率はSMAでは100%、CAでは97.8%と高く、PVでは91.1%であった。PVは太い血管にもかかわらず他の血管と比較して血管浸潤評価の一致率が低かった。その原因として、SPIR-centric-bTFEでは腫瘍による血管閉塞・途絶を‘描出なし’と過大評価した。
 また、今回の対象症例においてCTでは膵体尾部癌によるSAのencasementを認めたにもかかわらずSPIR-centric-bTFEでSAが高信号ではなく、黒筋として描出された症例を経験した。血管浸潤評価の際には黒筋に気づかず‘描出なし、浸潤あり’と評価した。この黒筋の原因として、癌の浸潤による血管狭窄のため血流が速くなりSPIR-centric-bTFEで信号が低下したのではないかと考えている。このように血管の

描出に関してはSPIR-centric-bTFEで過大評価の傾向がみられたが、浸潤の有無の評価には支障がないと考え対象とした血管において、血管描出の有無にかかわらず浸潤の有無だけでみた一致率について検討してみた。その結果SMAでは100%、CAでは97.8%、PVおよびSAでは95.6%と高い一致率が得られ、dynamic CTの動脈相とほぼ同程度に診断が可能であった。またbTFEを2方向撮像したことにより腫瘍と血管との解剖学的位置関係も理解しやすかった。加えて、腫瘍の描出が不良である場合でも、特に冠状断像において腫瘍が腸間膜を巻き込むように周囲組織へ浸潤していることを確認できた(Fig. 2)。

以上の検討より、造影後のSPIR-centric-bTFEは腫瘍の存在診断のみならず膵癌の広がり診断に優れており、従来のdynamic MRIに付加されるのが標準になるであろうと予想される。今後、膵癌をはじめ腹部の悪性腫瘍の病期診断に

広く応用されることが期待される。

結 語

- 1) 脂肪抑制を併用した造影後のSPIR-centric-bTFEはdynamic CTの動脈相とほぼ同程度に膵癌の血管浸潤の評価が可能であった。
- 2) SPIR-centric-bTFEにおける膵癌描出は基本的に良好であったが、膵体尾部癌に比べ膵頭部癌ではコントラストが乏しい傾向がみられた。
- 3) SPIR-centric-bTFEはdynamic studyのような時間経過に伴う画質の変化が少ないため、分割撮影、呼吸同期撮影、再撮影、多方向撮影などが容易である。

以上よりSPIR-centric-bTFEは膵癌の病期診断に有効な検査法になり得るシーケンスであると考えられる。

文 献

- 1) Haacke EM, Wielopolski PA, Tkach JA, et al.: Steady-state free precession imaging in the presence of motion: application for improved visualization of the cerebrospinal fluid. *Radiology* 175: 545-552, 1990
- 2) Haacke EM, Brown RW, Thompson MR, et al.: *Magnetic Resonance Imaging—Physical Principles and Sequence Design*. 795-799, A JOHN WILEY & SONS, INC., New York, USA, 1999
- 3) Bruder H, Fischer H, Graumann R, et al.: A new steady-state imaging sequence for simultaneous acquisition of two MR images with clearly different contrasts. *Magn Reson Med* 7: 35, 1988
- 4) Oppelt A, Graumann R, Barfuss H, et al.: FISP—a new fast MRI sequence. *Electromedica* 54: 15-18, 1986
- 5) Haacke EM, Brown RW, Thompson MR, et al.: *Magnetic Resonance Imaging—Physical Principles and Sequence Design*. 451-512, A JOHN WILEY & SONS, INC., New York, USA, 1999
- 6) Marc Van Cauwen, Ph. D.: bFFEとbTFE—超高速リアルタイム撮像と高S/Nを両立させた撮像シーケンス. *INNERVISION* 16: 44-48, 2001
- 7) 田淵 隆, 渡邊佑司, 光井英樹, 他: balanced sequenceの臨床応用. *映像情報* 34: 772-779, 2002
- 8) 似鳥俊明: True FISPの臨床応用—心臓領域MRIへの応用—. *日本磁気共鳴医学会雑誌* 22: 151-155, 2002
- 9) Deshpande VS, Shea SM, Laub G, et al.: 3D magnetization-prepared true-FISP: a new technique for imaging coronary arteries. *Magn Reson Med* 46: 494-502, 2001
- 10) 村田勝俊: True FISPの腹部領域への応用. *日本磁気共鳴医学会雑誌* 22: 1-9, 2002
- 11) 畑 雄一: True FISPの臨床応用—造影剤MRIへの応用—. *日本磁気共鳴医学会雑誌* 22: 157-165, 2002
- 12) 丸山克也, 村田勝俊, 水内宣夫, 他: True FISPの開発. *日本磁気共鳴医学会雑誌* 20(Suppl): 199, 2000
- 13) 赤木史郎, 三森天人, 郷原英夫: 膵癌に対するDynamic MR imagingおよび脂肪抑制の有用性の検討. *NIPPON ACTA RADIOLOGICA* 56: 550-554, 1996
- 14) 天野徳高, 高田忠敬, 安田秀喜, 他: Helical CTおよび再構築画像からみた膵癌進展度診断. *胆と膵* 21(6): 461-466, 2000
- 15) 松枝 清: らせん走査型CT. *臨床画像* 14: 661-669, 1998
- 16) Petsch R, Helmberger T, Scheidler J, et al.: New techniques and pulse sequence in MRI of the liver. *Radiology* 39: 662-670, 1999
- 17) Kim AY, Han JK, Seong CK, et al.: MRI in staging advanced gastric cancer: it is useful compared with spiral CT? *J Comput Assist Tomogr* 24: 389-394, 2000
- 18) Chung YC, Merkle EM, Lewin JS, et al.: Fast T2-weighted imaging by PSIF at 0.2T for interventional MRI. *Magn Reson Med* 42: 335-344, 1999
- 19) Duerk JL, Lewin JS, Wendt M, et al.: Remember true FISP? A high SNR, near 1-second imaging method for T2-like contrast in interventional MRI at 2T. *J Magn Reson Imaging* 8: 203-208, 1998
- 20) 那須克弘, 黒木嘉典, 黒木聖子, 他: bTFEによる動脈評価—信号速度と流速, Gd-DTPA濃度の関係について—. *日本磁気共鳴医学会雑誌公演抄録集* 21S: 262, 2001
- 21) Pruessmann KP, Weiger M, Scheidegger MB, et al.: SENSE: sensitivity encoding for fast MRI. *Magn Reson Med* 42: 952-962, 1999
- 22) 栗原泰之, 栗原宣子, 谷 一郎, 他: Parallel MR imaging—総論—. *日獨医報* 47: 12-18, 2002
- 23) 赤木史郎, 河野良寛, 郷原英夫, 他: 膵癌に対するdynamic MRI. *日本磁気共鳴医学会雑誌* 14(7): 350-357, 1994
- 24) 女屋博昭, 板井悠二, 高橋正秀: 消化器領域(膵臓). *日獨医* 39(2): 199-206, 1994
- 25) Semelka RC, Kroeker MA, Shoenut JP, et al.: 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
- 26) Semelka RC, Ascher SM: MR imaging of the pancreas. *Radiology* 188: 593-602, 1993
- 27) Gabata T, Matsui O, Kadoya M, et al.: Small pancreatic adenocarcinomas: efficacy of MR imaging with fat suppression and gadolinium enhancement. *Radiology* 193: 683-688, 1994