

## 《原 著》

## NMR-CT の 臨 床 応 用 (第 4 報)

## ——ハイブリッド画像の臨床的検討——

池平 博夫\*    福田 信男\*    山根 昭子\*    鳥居伸一郎\*\*  
 松本 徹\*    飯沼 武\*    館野 之男\*

**要旨** NMR-CT によって得られる画像は、パルス系列の選択の仕方によって、緩和時間や水素原子核 (プロトン) 密度の組み合わせで強調される領域が異なるために、同一画像で病変部と周囲臓器を全体として観察し易い画像として描出することは困難であった。

そこで今回われわれは NMR-CT では自由に強調する領域を変化させ、しかも被検者を同じ体位のまま異なった画質の画像を撮影することができるという利点を利用し、各画像の重ね合わせによっていわゆるハイブリッド画像を作成し、一枚の画像で緩和時間の異なる領域を描出させ、臨床診断への有効性について検討を加えたので報告する。

## I. はじめに

現在 NMR-CT で使用されている画像は、適当なパルス系列によって得られる信号そのものを画像化したものと、それらの信号より計算によって求めた NMR 信号の基本となるパラメータの値を画像化したものの二種類である。

前者としては SE (Spin echo) 像、IR (inversion recovery) 像あるいは SR (saturation recovery) 像などがあり、後者としては NMR の三要素すなわち  $T_1$ 、 $T_2$  および水素原子核 (プロトン) 密度などのパラメータを画像としたものがあげられる。

これらの画像のうち S/N 比が高く解剖学的に良好な画像が得られるのは、NMR 信号そのものを画像化したものである。しかし、このような画像は一部の緩和時間の領域のみが強調され、その他の信号強度が落ちて画像全体としては観察しにくくなることが多い。

そこでわれわれは、異なる画質の画像を重ね合わせることによっていわゆるハイブリッド (Hybrid, 複合) 画像を作成し、一部を前回報告したが<sup>2)</sup>、今回ハイブリッド画像について総合的に検討を加え臨床診断に有効であることがわかったので報告する。

## II. 装置および方法

使用した装置は旭 Mark-J、常伝導空芯 4 コイル縦型静磁場 0.1 Tesla、プロトンの共鳴周波数 4.5 MHz の NMR-CT である。

パルス系列は SR 法および IR 法と必要に応じて  $T_1$  計測用のパルス系列を用い、記載は NMR 研究会の方法に従った。本装置のパルス系列の詳細についてはすでに報告してあるので本稿では省略する<sup>3,4)</sup>。

データ収集は  $256 \times 256$  で行い CRT の画像表示は補間を行って  $512 \times 512$  にて行った。

画像間の加算平均はそれぞれの生データ相互間で行い、加算プログラムは装置の画像処理システム組み込みのソフトを使用した。

加算平均による複合画像の作成に用いた画像と

\* 放射線医学総合研究所臨床研究部

\*\* 慈恵会医科大学泌尿器科学教室

受付: 59 年 7 月 18 日

最終稿受付: 59 年 9 月 25 日

別刷請求先: 千葉市穴川 4-9-1 (☎ 260)

放射線医学総合研究所臨床研究部

池 平 博 夫

してはSR像, IR像およびT<sub>1</sub>像作成時にSR信号とIR信号(ただしT<sub>1</sub>像作成時のIR信号は絶対値をとったものではない)の差を画像化したD(difference)像を利用した。

対象とした症例は昭和59年4月から6月の間に当研究所においてNMR-CTを行った患者約40例のうちから随時抽出し, NMR検査終了後画像データ処理を行った。

### III. 結 果

#### 症例1 K. C. 72歳, 女性

肺癌の多発性脳転移の症例である。

Figure 1 (a) はOM+40 mmでの横断像でIR(600, 1,000)の画像である。病巣は右後頭葉と左前頭葉に低信号領域として描出されている。しかし局所のコントラストが強すぎるために、浮腫と考えられる領域の信号強度が、脳脊髄液と同様になりその区別が不明瞭である。これに対して Fig. 1 (b) に示す同じ断層面のSR(300)の画像では脳実質と脳脊髄液の区別は良いが病巣の把握が不十分である。

そこで、これら2つの画像を合成した画像を Fig. 1 (c) に示した。この画像ではIR像やSR像に比較してそれぞれの欠点を補って病巣部の描出および周囲組織との関連が明瞭となっている。特に右後頭部の病巣では中心部の腫瘍と周辺の浮腫

の程度の微細な描出が可能であった。Fig. 1 (c) に腫瘍部、および浮腫と考えられる部分をそれぞれA, Bで示した。

#### 症例2 T. S. 65歳, 男性

左頭頂部の多形膠芽腫の症例である。

左頭頂部に広い範囲の浮腫をともなう脳腫瘍の例である。Fig. 2 (a) にはOM+45 mmでのIR(600, 1,000)像である。これによると左頭頂部の広い範囲に低信号領域として病巣部が描出され、左側脳室後角の消失と中心線の右方へのシフトが見られる。しかし病巣部は浮腫の領域も含めて一様に信号が低くその内部の状態は把握することが困難である。

Figure 2 (b) は同じレベルのSR(500)像である、SR像では全体の信号強度は強くなるが病巣部のコントラストが悪く、わずかに浮腫の強い部分のみ描出されているにすぎない。

そこでこれら2種の画像を合成したものが Fig. 2 (c) でハイブリッド画像の方が他の2種の画像に比べて病巣の構造がよく描出され腫瘍と浮腫の区別も不可能ではない。Fig. 2 (c) に浮腫と判定した領域を矢頭で腫瘍と判定した部分を矢印で示した。

Figure 3 (a), (b), (c) は同一症例の前額断層で、それぞれIR(300, 1,000)像, SR(500)像およびそれらを合成したハイブリッド画像である。

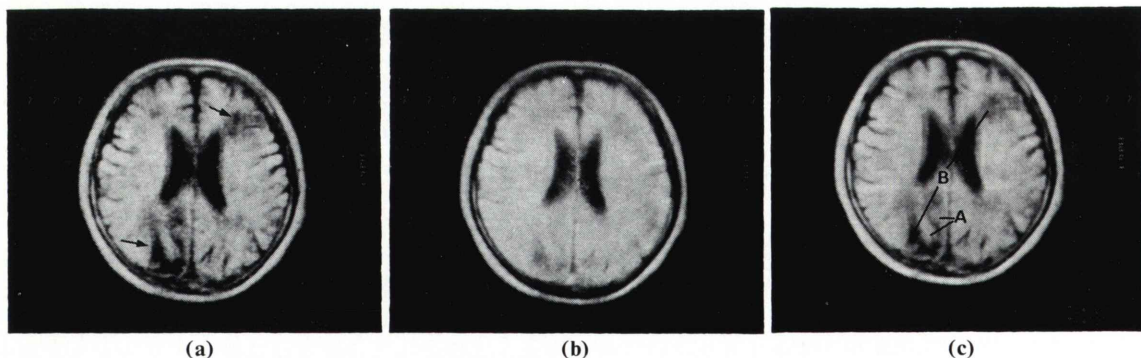


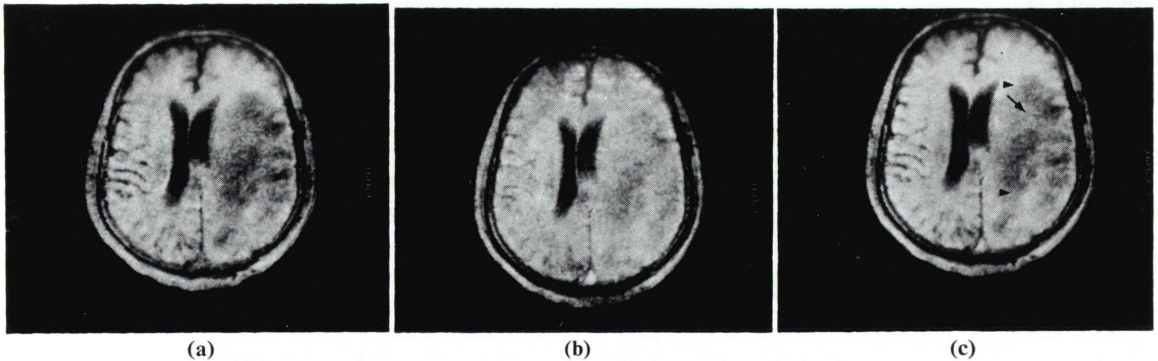
Fig. 1 Case 1. 72 years old female, multiple metastatic brain tumor from lung cancer.

(a) is the IR image, Td=600 msec, Tr=2,000 msec, at OM+40 mm level.

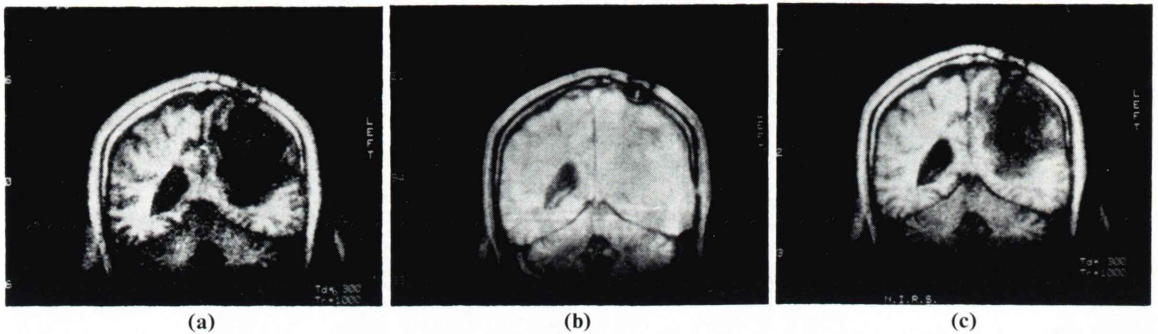
(b) is the SR image, Tr=300 msec at same level.

(c) is the hybrid image of Fig. 1(a) and Fig. 1(b).

The image of Fig. 1(c) has better contrast than the other images, and the mass in right occipital lobe is clearly shown.



**Fig. 2** Case 2. 65 years old male, left parietal glioblastoma multiforme.  
 (a) is the IR image,  $T_d=600$  msec,  $T_r=1,000$  msec, at OM +45 mm level.  
 (b) is the SR image,  $T_r=500$  msec at same level.  
 (c) is the hybrid image of Fig. 2 (a) and Fig. 2 (b), and it is clearer than the other images.



**Fig. 3** These are coronal images of same patient Case 2.  
 (a) is the IR image,  $T_d=300$  msec,  $T_r=1,000$  msec.  
 (b) is the SR image,  $T_r=500$  msec.  
 (c) is the hybrid image of Fig. 3 (a) and Fig. 3 (b).  
 Only with the hybrid image we can detect the grade of the brain edema.

これらで明かなように SR 像では病巣領域の判定が、コントラストが付きにくいために困難であり、IR 像では全体の信号レベルが下がって雑音の多い画像となり、一様に低信号領域として描出されて脳脊髄液と病巣の区別ができなかった。しかし Fig. 3 (c) のハイブリッド像は病巣の辺縁と中心の差が描出されて浮腫と腫瘍の違いが分かった。

### 症例 3 M. K. 53歳, 男性

胸部は肺よりの信号が弱いために、NMR-CT の応用は肺腫瘍などの占拠性病変が中心となっている。本症例は右上縦隔肺癌に両側肺の胸水をもなった患者である。

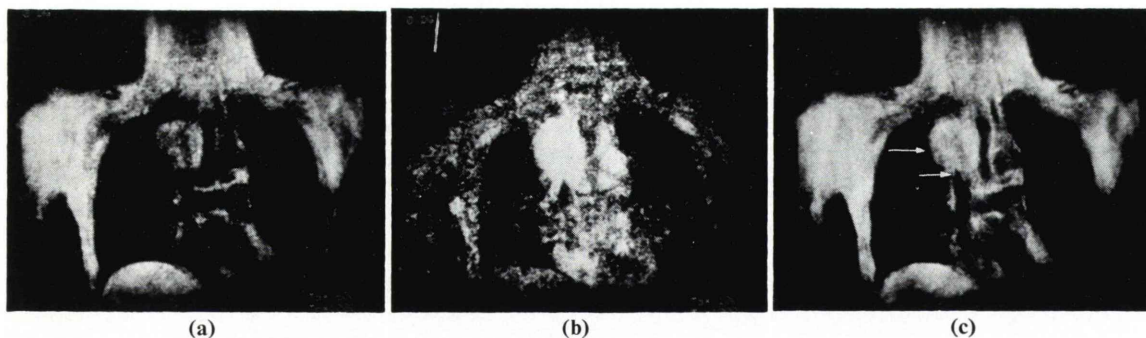
Figure 4 (a), (b), (c) には肺野の前額断像でそれ

ぞれ IR (600, 1,000) 像, IR (100, 1,000) 像およびそれらの合成像を示し, Fig. 5 (a), (b), (c) には, 腫瘍部の横断層像を示した。条件はそれぞれ IR (350, 1,000) 像, D (300, 1,000) 像とそれらの合成画像である。

Figure 4 (a) および Fig. 5 (a) では胸部の全景は良く描出されているが  $T_1$  の長い領域は信号強度が落ち腫瘍と血管や気管との関係が不明瞭である。特に横断像では胸水が全く描出されていない。

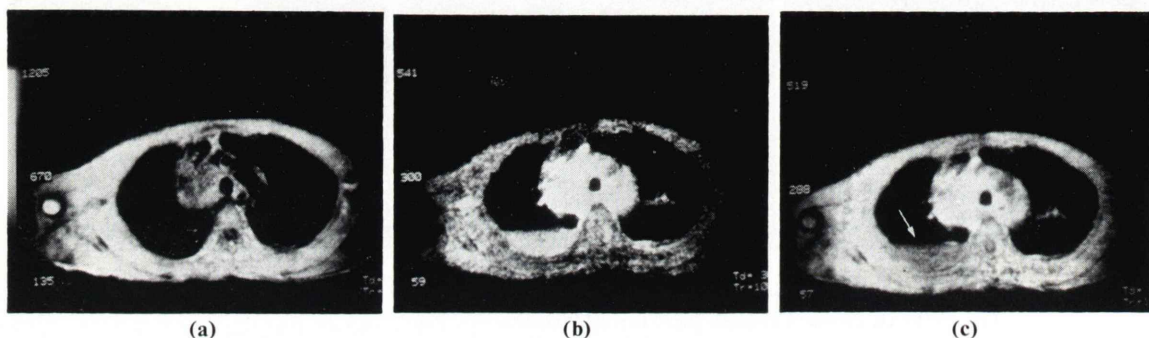
そこで  $T_1$  の長い領域を強信号領域として描出するパルス系列, すなわち IR (100, 1,000) 像 (Fig. 4 (b)) および D 像 (Fig. 5 (b)) をそれぞれ Fig. 4 (a), Fig. 5 (a) と合成した複合画像 (Fig. 4 (c), Fig. 5 (c)) を作成した。





**Fig. 4** These are same patient's images, Fig. 4 (a), (b), (c) are coronal images and Fig. 5 (a), (b), (c) are transverse images. Case 3. 53 years old male, upper mediastinal lung cancer with bilateral pleural effusion.

- (a) is the IR image, Td=600 msec, Tr=1,000 msec.  
 (b) is the IR image, Td=100 msec, Tr=1,000 msec.  
 (c) is the hybrid image of Fig. 4 (a) and Fig. 4 (b), and with this image we can be identified the occlusion of the vena cava and shift of the trachea to the left.



**Fig. 5** (a) is the IR image, Td=350 msec, Tr=1,000 msec.  
 (b) is the D image, Td=300 msec, Tr=1,000 msec.  
 (c) is the hybrid image of Fig. 5 (a) and Fig. 5 (b), and both the bilateral pleural effusion and tumor are clearly visualized. This indicates the utility of hybrid images in imaging slice with tissues of radically different T<sub>1</sub> values.

複合画像では、腫瘍と上大静脈の閉塞との関係や気管の圧排の状況が明瞭となり、横断像では胸水の描出が明瞭となった。

#### 症例 4 M. Y. 65歳, 女性

脾臓癌により大量の腹水をともなった症例である。Fig. 6 (a) には IR (400, 1,000) 像を示した。腫瘍は椎体腹側に描出されている (矢印) が、この条件では腸管および腹水あるいは胆嚢、腎などがほとんど描出されていない。

Figure 6 (b) は D (300, 1,000) 像である。D 像では腸管と腹水の分離が明瞭となり、血管と腎臓および胆嚢の描出も認められるが肝臓は描出され

ていない。これに対し Fig. 6 (c) に示した複合画像では腫瘍および腹部諸臓器の描出が明瞭となり腸管の分離も明瞭となり臨床的な所見を取るのに有効であった。

#### 症例 5 T. E. 47歳, 女性

子宮頸部癌, IIb 期の症例である。

骨盤領域は骨によるアーティファクトがなく正中矢状断像が容易に得られる NMR-CT が有効な部分である。

Figure 7 (a) は骨盤部の正中矢状断 IR (300, 1,000) 像である。本像ではコントラストが強すぎるために子宮、膀胱などの描出が不明瞭となる。

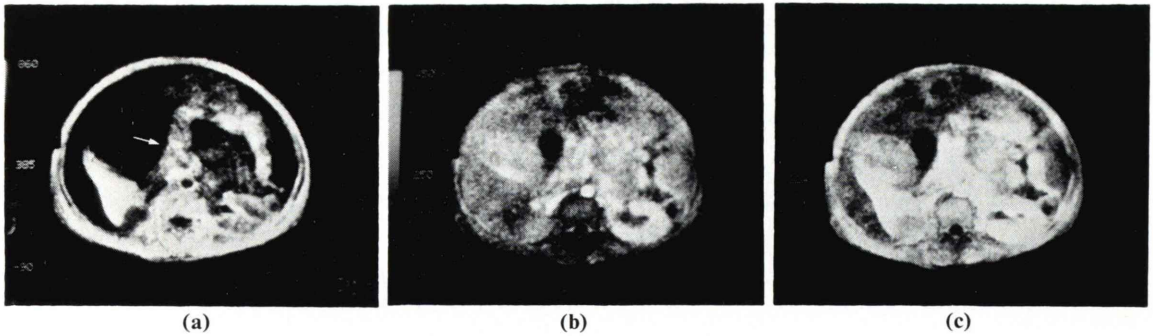


Fig. 6 Case 4. 65 years old female, pancreas cancer with ascites.

- (a) is the IR image,  $T_d=400$  msec,  $T_r=1,000$  msec.
- (b) is the D image,  $T_d=300$  msec,  $T_r=1,000$  msec.
- (c) is the hybrid image of Fig. 6 (a) and Fig. 6 (b).

With the hybrid image we can be clearly observed the atrophied liver, enlarged gall bladder, and ascites etc. The pancreatic tumor can be seen in front of the vertebrae.

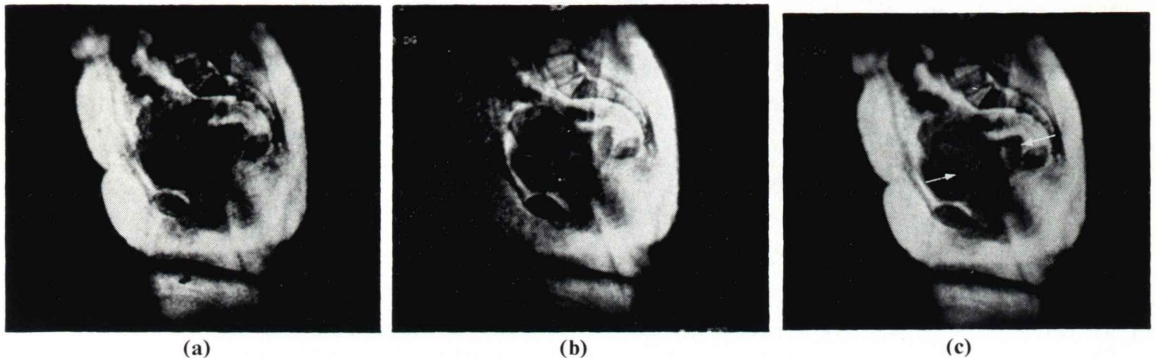


Fig. 7 Case 5. 47 years old female, uterine cervical cancer stage IIb.

- (a) is the IR image,  $T_d=300$  msec,  $T_r=1,000$  msec.
- (b) is the SR image,  $T_r=500$  msec.
- (c) is the hybrid image of Fig. 7 (a) and Fig. 7 (b). The hybrid image clearly displays the uterus and other internal structure of the pelvis.

Figure 7(b) は SR (500) 像である。本像では子宮、膀胱の区別がつくが脂肪の信号が強く腹部内臓器の描出が不十分である。

これら2種類へ画像を合成したものが Fig. 7(c) に示した画像で、子宮の形態および骨盤臓器との関係が明瞭となり腫瘍の広がり判定にも有効であった。病変部を矢印で示した。

#### IV. 考 察

NMR 画像は SR 像, IR 像あるいは SE 像などのように信号を画像化したものでは、選択されたパルス系列によって強調される  $T_1$ ,  $T_2$  および水素原子核 (プロトン) 密度の組み合わせが決まるた

めに、それら NMR の要素となるパラメータの強調の比重によってその画質が決定されるので、同一画像上に全ての組織をコントラスト良く描出させることはその性質上非常に困難である<sup>5-7)</sup>。

今回われわれが検討を加えたハイブリッド (複合) 画像は、基本的には核医学で良く利用される重ね合わせ画像の考え方に似たものである。すなわち形態画像に病変が描出されている画像を重ね合わせるという基本的考えに基づいたものである。

ただし核医学で一般に利用されている X 線 CT と核医学イメージの合成との違いは、第一に同一断面のしかも NMR 画像という同質の画像の重ね合わせであるという点と第二に病変部のみを強

調するためだけでなく、信号の弱い IR 像を信号が強く撮像時間も短い SR 像で補うことによって画像としてもコントラストがついて見易い画像となり加算回数が少なくてすむことによって撮像時間を短縮するために利用できるという点である。

NMR のハイブリッド画像の特徴としては、形態が良く描出されている画像に病変部の描出された画像を重ね合わせた場合、同一位位同一断面で撮像した画像であるため全くずれることなく合成することが可能であるという利点がある。また脾臓など同一断面で一度に描出することが困難な部位に対しては上下数断面を重ね合わせることによって同一画像上に描出させることが可能である。このような重ね合わせ画像をもハイブリッド画像とわれわれは称している。

このような方法は、われわれの経験では、同一断層内に非常に緩和時間の異なる領域があった場合や病巣部の  $T_1$  が非常に長いために通常の繰り返し時間 ( $Tr=1,000$  msec) の IR 像では全く弱い信号になってしまうような、たとえば胸水あるいは腹水の描出に有効であった。

実際には形態画像としては  $Td=300$  msec 以上  $Tr=1,000$  msec (あるいは  $2,000$  msec) の IR 像を利用し病巣の描出には IR (100, 1,000) 像や D (300, 1,000) 像を利用した。

また IR 像ではコントラストを出すためには繰り返し時間をあまり短くすることができず、しかも信号強度が弱いので普通何回か加算平均が必要となり一回の撮影に時間がかかるのが実情である。

そこで、画像のコントラストは良くないが強い信号強度が得られる SR 像は、繰り返し時間を相当短くすることができ、繰り返し時間の短いものほど  $T_1$  の影響によってコントラストがつくために、IR 像と SR 像の合成はコントラストの良い画像をしかも短い時間で得られるという利点を持

っており、また浮腫と腫瘍の分離を判定するのに有効であった。

## V. 結 論

NMR-CT の画像はパルス系列の変化によって非常に多様であるが、さらにハイブリッド画像が加わるとますます多様化する。しかし合成の方法によって臨床的に非常に有効な画像の生まれる可能性が以下のように認められた。

1. 同一画像上に  $T_1$  値の非常に長い病巣を良好な形態画像に重ねて描出することによって病巣と周囲臓器との関係を明瞭にすることができた。

2. SR 像 ( $Tr=500$  msec) と IR 像 ( $Td \geq 300$  msec,  $Tr=1,000$  msec or  $2,000$  msec) の合成では画像の信号強度が上がるために見易い画像ができ、また浮腫の程度や浮腫と腫瘍の分離に有効であった。

3. IR ( $Td \geq 300$  msec,  $Tr=1,000$  msec or  $2,000$  msec) 像と D (300, 1,000) 像との合成像は、胸水あるいは腹水の描出に有効であった。

## 文 献

- 1) 有水 昇：臨床医家からみた NMR-CT その役割と展望。新医療 11 (5): 19-24, 1984
- 2) 池平博夫, 福田信男, 館野之男, 他：NMR-CT の臨床応用 (第 3 報)——肝および脾疾患への応用——。核医学 21: 1277-1284, 1984
- 3) 福田信男, 池平博夫, 館野之男：NMR-CT の初期使用経験。画像診断 3: 1805-1093, 1983
- 4) 池平博夫, 福田信男, 館野之男：NMR-CT Mark-J の臨床使用経験 (第一報)。核医学 21: 269-272, 1983
- 5) 鳥居伸一郎, 池平博夫, 福田信男, 他：NMR-CT 画像診断のための信号強度地図作成の試み。核医学 21: 1481-1485, 1984
- 6) Wehrli FW, MacFall JR, Shutts D, et al: Mechanisms of Contrast in NMR imaging. J Comput Assist Tomogr 8: 369-380, 1984
- 7) Crooks LE, Hoenniger J, Arakawa M, et al: High-resolution magnetic resonance imaging. Radiology 150: 163-171, 1984



## Summary

### **Clinical Trial of NMR-CT (Report 4): Clinical Evaluation of Hybrid Image**

Hiroo IKEHIRA\*, Nobuo FUKUDA\*, Teruko YAMANE\*, Shinichiro TORII\*\*,  
Toru MATSUMOTO\*, Takeshi IINUMA\* and Yukio TATENO\*

*\*Division of Clinical Research, National Institute of Radiological Sciences, Chiba*

*\*\*Department of Urology, The Jikei University School of Medicine, Tokyo*

In our evaluation we utilized the Asahi Mark-J NMR-CT system, with a resistive vertical quadrupolar electromagnet (0.1 Tesla) and a proton resonance frequency of 4.5 MHz.

Our main imaging methods are the inversion-recovery or IR, saturation-recovery, or SR, and calculated  $T_1$ . Difference, or D images, constructed by subtracting the data of the IR signal from that of the SR signal, have also been obtained in some cases.

The system allows averaging of raw data. Hybrid images were constructed from two or more images to obtain clear definition of areas of interest. By using the hybrid image, several tissues of different relaxation times can be shown in the

same image.

Application in our study of the newly developed hybrid image indicates its importance in the detection and diagnosis of lesion, especially the detection of the differentiation of an edematous lesion from a tumor, and also abnormal fluid collection such as the pleural effusion or ascites.

We hope that these example make clear the great potential of hybrid images in the determination of the size, location and the grade of abnormal lesions due to the nice contrast between normal and abnormal tissue.

**Key words:** NMR image, Hybrid image, Image averaging, Nuclear magnetic resonance.