

# 女性骨盤領域における DIET(Dual Interval Echo Train)Fast SE 法の有用性について

桑鶴 良平 箕輪 興仁 富吉 秀樹  
煎本 正博 榎田 淳一\* 金沢 仁\* 片山 仁

順天堂大学医学部放射線医学教室

\*(株)東芝 那須工場第4 技術部

## Applicability of the Dual Interval Echo Train (DIET) Method for Female Pelvic Diseases

Ryohei Kuwatsuru, Okito Minowa,  
Hideki Tomiyoshi, Masahiro Irimoto,  
Jyunichi Makita, Hitoshi Kanazawa  
and Hitoshi Katayama

Dual interval echo train fast SE(DIET-FSE)is a modified fast SE technique. It attenuates fat signals by applying a time interval between an excitation pulse and the first echo, which is the odd-number of the following echo interval, and by decreasing the number of highfrequency refocusing pulses before collecting echoes in the center of the k space, which determines the contrast. Unlike many other fat-suppression methods, this technique is less affected by susceptibility effects. In this study, we compared DIET-FSE with FSE and conventional SE of the female pelvis. The results of DIET-FSE showed a stable, obvious fat suppression effect which resulted in the easy detection of pelvic organs such as the intestines and ovaries, as compared with FSE. The reductions in imaging time and motion artifacts also permitted more precise differentiation between the normal pelvic organs and lesions than conventional T2-weighted SE. These results imply that the DIET-FSE is useful for the diagnosis of female pelvic disorders.

Research Code No. : 520.9

Key words : MR imaging, Pelvis, Fast spin echo

Received Jan. 22, 1996 ; revision accepted Mar. 31, 1996  
Department of Radiology, Juntendo University School of Medicine  
\* Toshiba Corporation

## はじめに

骨盤領域のMRIでは、T2強調画像、T1強調画像の2種類の画像を撮像し、症例に応じて造影剤投与後T1強調画像や脂肪抑制画像を追加して診断するのが一般的である<sup>1)-6)</sup>。T1強調画像が骨盤内臓器の解剖の描出に優れるのに対し、T2強調画像は組織間コントラストに優れる。そのため、腫瘍性病変の内容成分の確認や悪性腫瘍のstagingに不可欠の検査である。ただし、撮像時間が長いという欠点を有している。

Fast SE法(以下、FSE法)は、短時間でT2強調画像を撮像できる利点があるが、脂肪組織が高信号化するという欠点を有している<sup>7)</sup>。近年われわれは、この脂肪の高信号化を防ぎ、通常のSE法(以下、CSE法)によるT2強調画像により近いコントラストの画像が得られるFast SE法(Dual Interval Echo Train 法；以下、DIET-FSE法)を開発した。今回は女性骨盤領域における本法の有用性について検討したので、その結果を報告する。

## 対象と方法

### 1)対象

対象は骨盤領域病変を疑われた女性患者44症例52病変である。その内13症例16病変(子宮筋腫8病変、子宮腺筋症1病変、骨盤内膜症4病変、卵巣腫瘍2病変、子宮溜血腫1病変)は、脂肪抑制を行わない通常のFSE法とDIET-FSE法の2種類のT2強調画像を撮像して比較した。一方、31症例36病変(子宮腫瘍3病変、子宮筋腫15病変、子宮腺筋症3病変、骨盤内膜症5病変、卵巣腫瘍10病変)は、CSE法とDIET-FSE法の2種類のT2強調画像を撮像して比較した。

### 2)使用機種と撮像法

使用機種は、東芝製 MRT-200/FX III Super Version 1.5Tを用いた。撮像法は、Table 1に示した撮像条件でT1強調画像と、2種類のT2強調画像(DIET-FSE法と、FSE法もしくはCSE法)を撮像した。必要に応じ造影T1強調画像を追加撮像した。同一患者に対し3種のT2強調画像を撮像するのは、検査時間の延長による患者の苦痛の増加および検査室の占

Table 1 Imaging Sequences in this Study

| Imaging method | TR/TE        | NEX | Matrix  | Imaging Time | Others   |
|----------------|--------------|-----|---------|--------------|--|
| T1WI SE        | 500/20       | 1.8 | 160×160 | 4min49sec    |  |
| T2WI DIET-FSE  | 3000/112     | 2   | 192×192 | 3min24sec    | first echo TE = 42msec, other echo intervals = 14msec, echo train 11 |
| T2WI FSE       | 3000/100-112 | 2   | 192×192 | 3min36sec    | echo intervals = 14-20msec, echo train 9-15                          |
| T2WI SE        | 2000/80      | 1   | 160×160 | 9min11sec    |  |
| T1WI SE        | 500/20       | 1.8 | 160×160 | 4min49sec    | Gd-DTPA 0.1 mmol/kg i.v.   |

\* No Wrap technique which makes the data sampling area double of the FOV to avoid the aliasing artifact is used for all sequences.

Table 2 Results of Comparison between DIET-FSE and FSE

| Score | Fat Suppression Effect | Uterine Three Layers | Visualization of Pelvic Organs |       |         |           | Visualization of the Lesions |             |               |               |        |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------|-------|---------|-----------|------------------------------|-------------|---------------|---------------|--------|
|       |                        |                      | Uterus                         | Ovary | Bladder | Intestine | Myoma                        | Adenomyosis | Endometriosis | Ovarian Tumor | Others |
| 5     | 3                      | 0                    | 0                              | 0     | 0       | 0         | 0                            | 0           | 0             | 0             | 0      |
| 4     | 10                     | 0                    | 1                              | 3     | 0       | 4         | 1                            | 0           | 0             | 0             | 0      |
| 3     | 0                      | 12                   | 12                             | 6     | 12      | 9         | 7                            | 1           | 4             | 2             | 1      |
| 2     | 0                      | 1                    | 0                              | 0     | 0       | 0         | 0                            | 0           | 0             | 0             | 0      |
| 1     | 0                      | 0                    | 0                              | 0     | 0       | 0         | 0                            | 0           | 0             | 0             | 0      |

撮時間も長くなるので、DIET-FSE法によるT2強調画像撮像後、前述したようにFSE法もしくは、CSE法のどちらかによるT2WIを付け加え比較した。

### 3) 画像評価方法

画像の評価については、以下の評価項目について評価方法を設定し、2種のT2強調画像についてのみ2人の放射線科医(RK; 読影経験7年, OM; 読影経験3年)がカンファレンス方式で行い、意見が異なる場合は討論後に最終判定した。

#### 評価項目:

- ①脂肪抑制効果
- ②子宮3層構造の描出
- ③各骨盤内臓器(子宮, 卵巣, 膀胱, 腸管)の分離・描出
- ④病変の描出能

#### 評価方法(スコア):

- 5: DIET-FSE法が明らかにCSE/FSE法より勝る
- 4: DIET-FSE法がややCSE/FSE法より勝る
- 3: DIET-FSE法とCSE/FSE法がほぼ同等である
- 2: DIET-FSE法がややCSE/FSE法より劣る
- 1: DIET-FSE法が明らかにCSE/FSE法より劣る

## 結 果

### 1) DIET-FSE法とFSE法の比較

DIET-FSE法と通常のFSE法の両者を施行した13症例16病変の比較結果をTable 2に示した。脂肪抑制効果については全例でDIET-FSE法が優れており、DIET-FSE法における安定した脂肪抑制能が証明された。子宮3層構造については、DIET-FSE法撮像時に動きによるアーチファクトのあった1例で描出が不良であったが、他の症例では同等の描出能であった。骨盤内臓器の分離・描出については、総合的にDIET-FSE法で優れていた。各臓器について検討すると、腸管で13例中4例、卵巣で9例中3例でDIET-FSE法が分離・描出が良好であった(Fig. 1, 2)。また、病変の描出は両撮像法でほぼ同等だった。

### 2) DIET-FSE法とCSE法の比較

DIET-FSE法と通常のSE法の両者を施行した31症例36病変の比較結果をTable 3に示した。DIET-FSE法は、脂肪の抑制はCSE法に劣るものの、子宮3層構造の描出は同等で、骨盤内臓器の分離・描出は明らかに優れていた。各臓器についての検討では、子宮、卵巣、腸管でDIET-FSE法はCSE法と比較し明らかに描出・分離能に優れていた。特に卵巣の同定および内部構造の描出と、腸管の描出に優れていた。

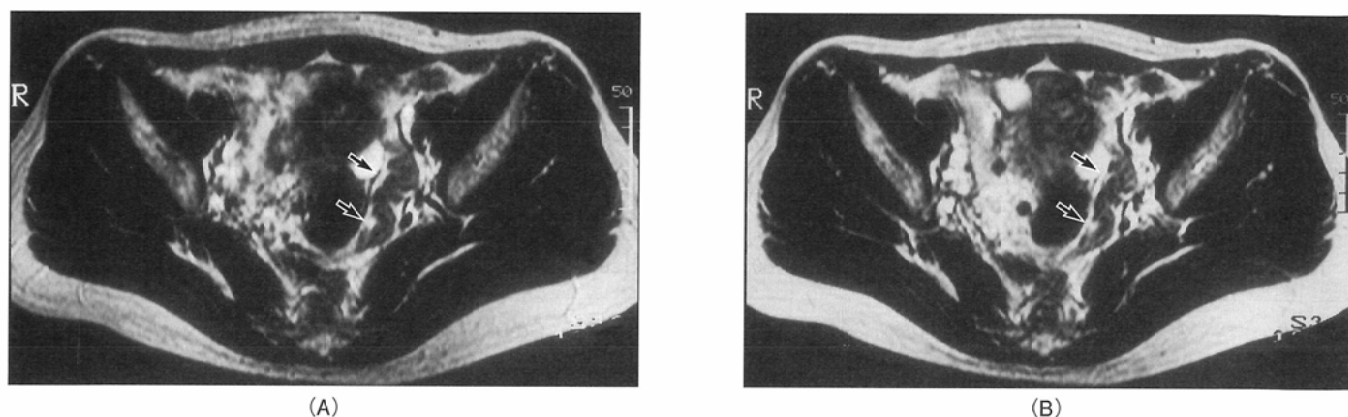


Fig.1 Comparison between DIET-FSE and FSE (Thirty-five year old female with uterine leiomyoma)  
Signal intensity of the subcutaneous fat and intrapelvic fat are apparently decreased with DIET-FSE(A) as compared to those with FSE(B). This effect of the DIET-FSE is giving better anatomical delineation of the pelvic organs. Especially, depiction of sigmoid colon (arrow) is excellent on this image.

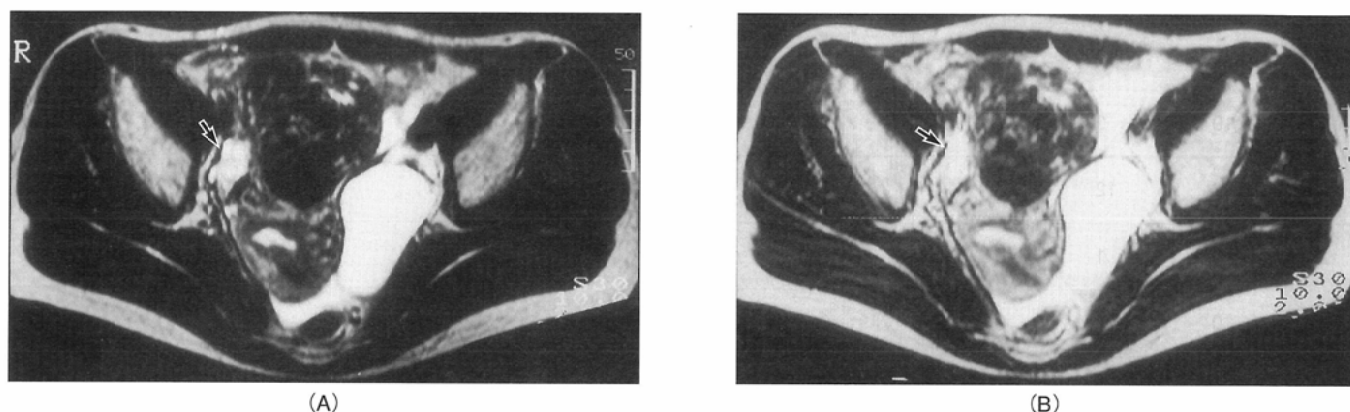


Fig.2 Comparison between DIET-FSE and FSE (Forty-five year old female with endometrial cyst of left ovary)  
DIET-FSE(A) shows better delineation of right ovary (arrow) than FSE(B). Note the excellent depiction of follicles on DIET-FSE.

(Fig. 3). 各病変毎の比較では大きな差は認めなかったが、全ての病変でDIET-FSE法の方が描出が優れていた例を数例ずつ認めただけで、CSE法の方が優れていた例は認めなかった。

## 考 察

### 1) DIET-FSE法について

DIET-FSE法の原理の詳細は第22回磁気共鳴医学会で発表した<sup>8)</sup>。通常のFSE法では、脂肪組織は高周波反転パルスの間隔が短ければ短いほど横磁化の緩和が遅れT2値が延長する性質があることが知られている<sup>7)</sup>。DIET-FSE法は、励起パルスから第1エコーまでの時間幅のみを後続のエコー間隔の奇数倍に設定することにより、第1エコーまでは通常SE法と同様の時定数で脂肪組織の横磁化を緩和させる。その一方で、後続のエコー信号を通常のFSE法と同様に短い間隔で収集している。この両者によりFSE法の高速度性を極力維持しつつ脂肪組織の高信号化を低減する撮像法である。SARの面では、脂肪抑制を併用しない通常FSE法の場合と同

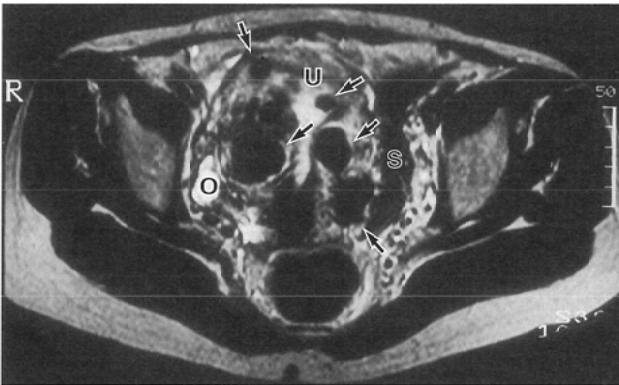
一である。参考に、同一TEあるいは、実効TEにおけるオイルファントム(ベビーオイル：ジョンソン&ジョンソン社製)の信号値を比較した結果をFig. 4に示す。

DIET-FSE法では、一部の高周波反転パルスの間隔を延長することにより、脂肪組織の高信号化自体を低減している。このため、静磁場不均一性の影響を受けないという利点を持っており、静磁場不均一性が大きい状態でも安定した低減効果が得られる。今回われわれが使用した装置では、プロトンの共鳴周波数の違いを利用する脂肪抑制法<sup>9), 10)</sup>を用いる場合、撮像の前に静磁場均一性調整が必要である。しかし、前述したようにDIET-FSE法では調整は不要であり、今回の評価でも無調整にて全例で安定した脂肪低減効果が得られた。したがって、撮像の操作上の面では、CSE法、FSE法と全く同様であり、本法施行時に特に留意する点はなかった。

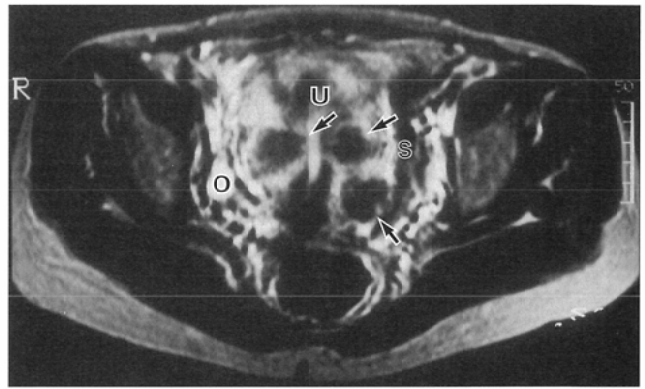
DIET-FSE法では、実効TE、エコー数が同一であるFSE法に比べ、エコーデータを収集する時間幅が短いため、エコーデータサンプリングのバンド幅が広がる。今回使用した条件で比較すると、FSE法(エコー間隔：18.5ms、実効

Table 3 Results of the Comparison between DIET-FSE and CSE

| Score | Fat Suppression Effect | Uterine Three Layers | Visualization of Pelvic Organs |       |         |           | Visualization of the Lesions |       |             |               |               |
|-------|------------------------|----------------------|--------------------------------|-------|---------|-----------|------------------------------|-------|-------------|---------------|---------------|
|       |                        |                      | Uterus                         | Ovary | Bladder | Intestine | Malignant Uterine Tumor      | Myoma | Adenomyosis | Endometriosis | Ovarian Tumor |
| 5     | 0                      | 0                    | 0                              | 0     | 0       | 0         | 0                            | 1     | 0           | 0             | 0             |
| 4     | 0                      | 0                    | 8                              | 17    | 2       | 18        | 1                            | 2     | 1           | 1             | 2             |
| 3     | 18                     | 29                   | 21                             | 8     | 25      | 13        | 2                            | 12    | 2           | 4             | 8             |
| 2     | 13                     | 0                    | 1                              | 0     | 0       | 0         | 0                            | 0     | 0           | 0             | 0             |
| 1     | 0                      | 0                    | 0                              | 0     | 0       | 0         | 0                            | 0     | 0           | 0             | 0             |



(A)



(B)

Fig.3 Comparison between DIET-FSE and CSE (Fifty year old female with uterine leiomyoma)

Signal intensity of the subcutaneous fat and intrapelvic fat are nearly the same on both methods. Delineation of the intrapelvic normal structures such as uterus (U), right ovary with normal follicles (O) and sigmoid colon (S), are better on DIET-FSE (Fig. A) than CSE (Fig. B), mainly because of reduction of motion artifacts and chemical shift artifacts. Multiple intramural and submucosal uterine leiomyomas (arrows) are also well depicted with DIET-FSE.

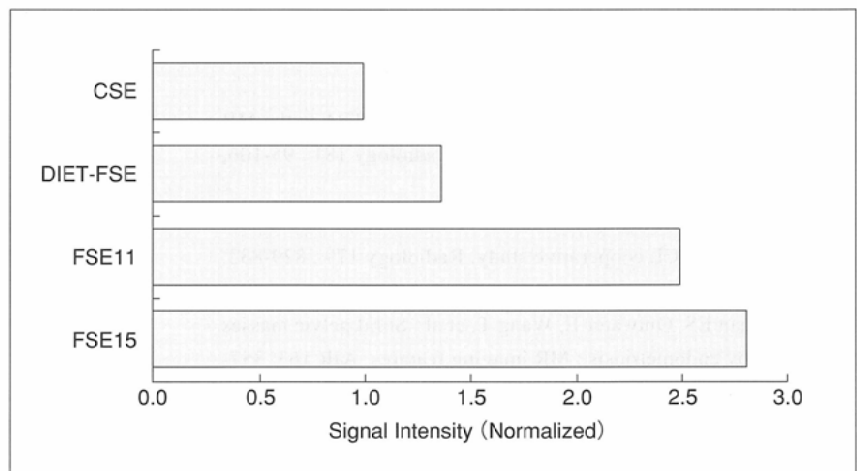


Fig.4 Signal intensities of an oil phantom using 4 different sequences (CSE : Conventional SE, TE=112ms., FSE15 : Fast SE 15 echoes, echo interval =14ms, TEeff.=112ms., FSE11 : Fast SE 11 echoes, echo interval=18.5ms, TEeff.=111ms., DIET-FSE : DIET-FSE11 echoes, 1st echo TE=42ms, echo interval= 14ms, TEeff.=112ms, and normalized to signal intensity of CSE with TE=112ms.) The normalized signal intensities are reduced from 2.8 with FSE 15 to 1.4 with DIET-FSE.

TE:111ms, エコー数:11)に対し,バンド幅が1.4倍であり,約15% S/Nが低いと考えられる.したがって,撮像条件設定の際には注意が必要であるが,今回使用した条件では,診断に際し特に問題はなかった.

従来CSE法では,卵巣類皮様嚢腫のように周囲組織とのコントラストだけでなく,chemical shift artifactの有無により脂肪成分の有無を判断する場合もあった.このような場合,DIET-FSE法では,前述したようにCSE法と比べ広いバンド幅でデータを収集するので,chemical shift artifactが不明瞭になるが,画質自体は向上し,さらには脂肪抑制画像の追加撮像により,脂肪成分含有のより確実な診断が可能である.

## 2) 今回の結果について

今回の検討では,骨盤内臓器の中で特に腸管と卵巣の描出がDIET-FSE法でFSE法,CSE法に比べ良好であった.卵巣・腸管の描出が優れていた原因として以下の点が考えられる.CSE法と比較して優れていた理由は,(a)撮像時間がCSE法に比べ短いため,FSE法同様,腸自体の蠕動運動,体動による画像のぼけが少ない,(b)撮像時間が短縮できるという利点を活かし,撮像マトリックスを多くとることにより空間分解能が向上した.FSE法と比較して優れていた点は,(c)脂肪抑制効果により,脂肪組織を多く含む腸間膜および骨盤腔内脂肪の信号強度が低下するため,FSE法では等信号で見分けにくかった腸間膜および骨盤腔内脂肪と腸管や卵巣との信号差が生じる.

## 3) 今後の課題

Buttsら<sup>11)</sup>は,頭部領域でDIET-FSE法をプロトン密度/T2強調の2コントラスト撮像に応用したところ,red nucleiやcerebral pedunclesのコントラストがFSE法より改善し,

DIET-FSE法の出血に対する感受性が向上する可能性があるとして報告している.女性骨盤における今回の検討では,出血性病変である子宮内膜症性嚢胞4病変について各撮像法の描出能を比較したが,明らかな信号差は認められなかった.

これまで述べたように,DIET-FSE法は脂肪/水コントラストの面でFSE法に比べCSE法に近いと考えられるが,その他のコントラストの差異についてもさらに検討の必要がある.また,今回は対象症例が女性の良性疾患に偏ってしまったが,今後は悪性疾患のstagingに有効であるかの検討も追加する必要がある.コイルについても今後の検討の余地があり,今回はbody coilを使用して撮像したが,近日中にphased array coilの導入予定であり,それにより分解能の一層の向上が望まれるとともに男性骨盤への応用も可能である.

## ま と め

DIET-FSE法を用いて女性骨盤内病変に対する有用性について検討し,以下の結論を得た.

1. DIET-FSE法はFSE法と比較して明らかに安定した脂肪抑制効果を有していた.そのため腸管や卵巣の描出がFSE法より良好である症例を各々33%,31%で認めた.
2. DIET-FSE法はCSE法と比較して脂肪抑制効果はやや劣るものの,撮像時間短縮の利点があるため骨盤内臓器や病変の描出に優れていた.特に,子宮,卵巣,腸管では各々27%,68%,58%の症例でCSE法より分離・描出が良好だった.
3. 今後は悪性腫瘍の病期分類における有用性やphased array coilの使用による分解能の向上について検討する予定である.

## 文 献

- 1) Hricak H, Hamm B, Semelka RC: Use of Gd-DTPA in the MR evaluation of carcinoma of the uterus. *Radiology* 181: 95-106, 1991
- 2) Hricak H: MR imaging evaluation of endometrial carcinoma: results of an NCL cooperative study. *Radiology* 179: 829-832, 1991
- 3) Siegelman ES, Outwater E, Wang T, et al: Solid pelvic masses caused by endometriosis: MR imaging features. *AJR* 163: 357-361, 1994
- 4) Sironi S, De Cobelli F, Scarfone G, et al: Carcinoma of the cervix: value of plain and gadolinium-enhanced MR imaging in assessing degree of invasiveness. *Radiology* 188: 797-801, 1993
- 5) Yamashita Y, Mizutani H, Torashima M, et al: Assessment of myometrial invasion by endometrial carcinoma: transvaginal sonography vs contrast-enhanced MR imaging. *AJR* 161: 595-599, 1993
- 6) Yamashita Y, Hatanaka Y, Torashima M, et al: Mature cystic teratomas of the ovary without fat in the cystic cavity: MR features in 12 cases. *AJR* 163: 613-616, 1994
- 7) Constable RT, Anderson AW, Zhong J, et al: Factors influencing contrast in fast spin echo MR imaging. *Magnetic Resonance Imaging* 10: 497-511, 1992
- 8) 金沢 仁, 高井博司, 町田好男, 他: DIET法によるFastSEの脂肪信号の低減効果について. 第22回日本磁気共鳴医学会, 48, 1994
- 9) Ha HK, Lim YT, Kim HS, et al: Diagnosis of pelvic endometriosis: fat-suppressed T1-weighted vs conventional MR images. *AJR* 163: 127-131, 1994
- 10) Stevens SK, Hricak H, Campos, Z: Teratoma versus cystic hemorrhagic adnexal lesions: differentiation with proton-selective fat-saturation MR imaging. *Radiology* 186: 481-488, 1993
- 11) Butts K, Pauly JM, Glover GH, et al: Dual echo "Diet" fast spin echo imaging. *SMRM* 95, No.651, 1995