

周波数選択的断熱反転パルスを用いた脂肪抑制法 SPAIR における至適条件の検討

JA 秋田厚生連 かづの厚生病院 放射線科

○佐藤 徳彦 川又 渉 田中 正吉
(Satoh Norihiko) (Kawamata Wataru) (Tanaka Tadayoshi)

【はじめに】

当院MRI装置更新に伴い新しいアプリケーションプログラムが増え、そのひとつとして周波数選択的断熱反転パルスを用いた脂肪抑制法(以下SPAIR)を行えるようになった。そこでSPAIRに着目し特性を理解するとともに至適条件の検討を行ったので報告する。

【概要】

SPAIR(Spectral Attenuated Inversion Recovery)は選択的に脂肪信号だけを180度反転させnull point到達時にサンプリングを行う脂肪抑制法であり、この時用いる180度反転パルスが周波数選択的断熱反転パルス(以下SPAIR pulse)である(Fig.1)。パルスの特性として周波数と振幅をパルス自体で変えられる自動変調型であり、広いFOVでも均一に180度反転が可能でCHESに比べB1磁場不均一に左右されにくいとされている。

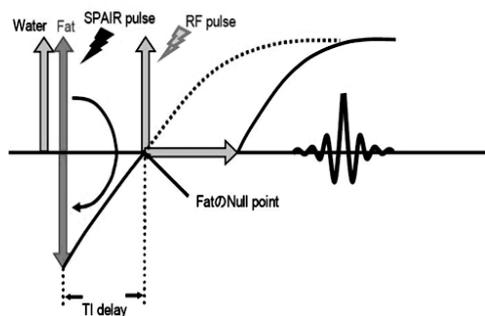


Fig.1 SPAIR の概要

【目的】

SPAIRは脂肪抑制量を制御(脂肪のnull point(以下Fat null point)に到達)するための最適な遅延時間(以下TI delay)の設定が必要であるため、至適条件の検討を行う。

【使用機器】

MRI装置 : Acheiva Re 2.6 1.5T (Philips electronics Japan社製)

ファントム : PVA Gel phantom No.90-401

【実験用撮影プロトコル】

TR : 3000ms TE : 100ms T-factor : 19 Water Fat Sift : 0.890pix Slice thickness : 6mm

NSA : 2 SPAIR TR : 375ms Slices : 24 frequency offset : default

- TI delay以外すべて固定とした。
- 実験結果を臨床にフィードバック出来るように現在の当院MRI骨盤部T2Waxiのプロトコルを基とした。
- SPAIRでは特殊なパラメータが存在し、Multi Slice法で撮影した際のSPAIR pulse shot間隔時間をSPAIR TRと称しており(Fig.2)、この値はTR・TE・スライス枚数に依存する因子であるためスライス枚数を24枚としSPAIR TRを375msと固定した。

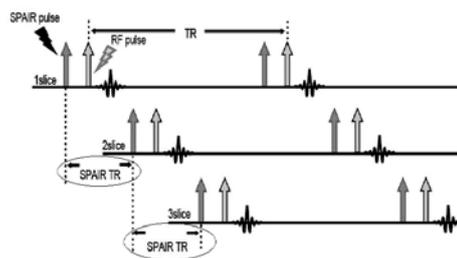


Fig.2 SPAIR TR の概要

【方法】

1. 事前に当院MRI装置既存のMixed sequence(T1値、T2値を簡易的に測定できるプロトコル)を用いてファントムスキャンを行い封入された脂肪部分のT1値を測定し、「得られた値×0.693」を理論上のFat null point(実験結果と比較する為の目標値)と仮定する。
2. 実験用撮影プロトコルを用いてTI delayを40msから150msまで変化させファントムを用いて撮影を行い出力画像から水部分、脂肪部分、BG(3箇所)それぞれの信号強度と標準偏差を測定し、得られた値から

組織間測定法を用いてコントラスト比 (CNR) を算出し比較検討、加えて視覚評価も行う。

$$\text{CNR} = (\text{SI water} - \text{SI fat}) / \text{SD air MEAN}$$

SI water : 水部分信号強度
 SI fat : 脂肪部分信号強度
 SD air MEAN : BG標準偏差平均値

【結果】

1. Mixed sequenceで得た仮の理論値は約140msであった。
2. CNRの検討ではTI delay 90msが最もピークを示した (Fig.3)。視覚評価でもTI delay 90msが最も脂肪信号が抑制された (Fig.4)。
3. 以上の結果から総合して最適TI delayを90msとした。

【考察と課題】

理論値(約140ms)と実験結果(90ms)が異なったことに関して、理論上null pointは組織固有のT1値×0.693と謳われているが、前記概要にあるようにSPAIRではTR、TE、スライス枚数に依存するSPAIR TRが存在する。そのSPAIR TRが長ければ信号回復まで十分であり組織固有のnull pointになる(近づく)が、逆にSPAIR TRが短いと信号回復まで十分ではなくnull pointも早まる性質があるということを実験過程で判明した。つまり今回の実験結果は今実験用撮影プロトコルで設定したSPAIR TR 375msに対する値であった。

このことからSPAIR TRの変化に対するFat null pointの推移を導き出さなくてはならない。

そこで本実験同様CNRのピークを各SPAIR TRで抽出し、その時のTI delayをFat null pointとした。その結果を用いてSPAIR TRとFat null pointの関連性をグラフ化した。(Fig.5)

次に臨床評価として、作成したグラフを用いて同意を得られたボランティアにてSPAIRの撮影を行った結果、均一な脂肪抑制効果が観察されグラフの信頼性が確認できた(Fig.6)。

【結語】

「最適TI delayを求める」という初期目的での実験過程そして実験結果からSPAIR TRとFat null pointの間で特異的相互作用があることに気づかされた。その特性を具体化すべく実験を継続していった結果、臨床にフィードバックできる「SPAIR TRの変化に伴うFat null pointの推移に関するグラフ」を作成することができた。SPAIRはCHESS法とIR法とのハイブリッド型の脂肪抑制法であり、的確なパラメータを設定することで、より均一な脂肪抑制効果を発揮するアプリケーションプログラムだが、時間分解能の懸念や呼吸同期下では使用不可などデメリットも存在するためSPAIRを含めた様々な脂肪抑制法を臨機応変に使い分け、より良い画像を提供できるよう研鑽していきたい。

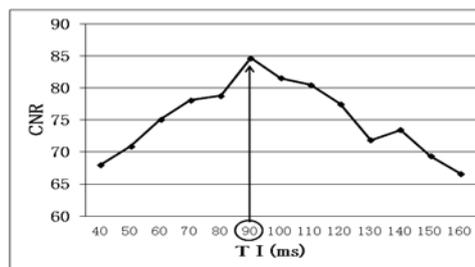


Fig. 3 CNRの検討

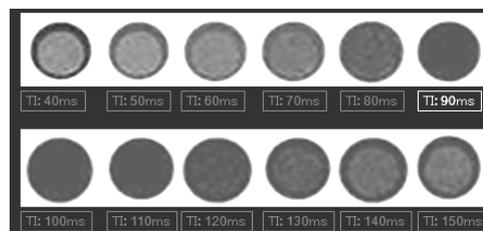


Fig.4 視覚評価

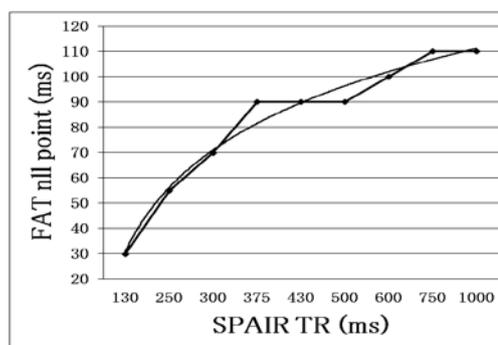


Fig.5 SPAIR TR の変化に伴う Fat null point (TI delay)

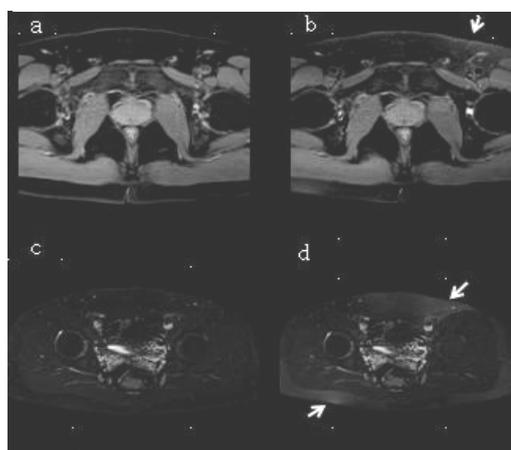


Fig.6 臨床評価

- a. T1W SPAIR (SPAIR TR 160ms TI delay 35ms)
- b. T1W SPIR (Strong)
- c. T2W SPAIR (SPAIR TR 300ms TI delay 85ms)
- d. T2W SPIR (Strong)