

Diffusion-weighted Line-scan Echo-planar Spectroscopic Imaging による代謝物拡散計測の精度向上 [大会長賞記録]

尾藤良孝¹, 平田宏司¹, 恵飛須俊彦², 河合裕子³,
大竹陽介¹, 平田智嗣¹, 白猪亨¹, 五月女悦久¹,
越智久晃¹, 梅田雅宏³, 樋口敏宏⁴, 田中忠蔵⁴

¹株式会社製作所中央研究所 ²公立南丹病院脳神経外科
³明治国際医療大学医療情報学教室 ⁴同脳神経外科学教室

はじめに

代謝物の拡散計測は、水分子の拡散計測よりも、細胞や組織の特徴的な構造や機能を観察できる方法として期待されている^{1),2)}。代謝物拡散計測のうち、diffusion-weighted spectroscopy についてはいくつかの報告があるが、diffusion-weighted spectroscopic imaging (DW-SI) についてはほとんど報告がない^{3)~6)}。主な原因の一つに、DW-SI では、呼吸動や拍動による体動アーチファクトを生じ、計測精度が劣化しやすいという点が挙げられる。我々は、この課題に対して、echo-planar spectroscopic imaging (EPSI) を応用した方法を提案してきた^{3),4),6)}。本報告では、line-scan (LS) を組み合わせた diffusion-weighted line-scan echo-planar spectroscopic imaging (DW-LSEPSI) を用いて、ラット脳の代謝物拡散画像を取得できたので報告する。

方法

DW-LSEPSI では、 π パルスの前後に印加する拡散傾斜磁場と、 $\pi/2$ パルスと π パルスで菱形断面の線状領域を励起しながらショットご

とにシフトさせる LS⁷⁾、線状領域の長さ方向に振動傾斜磁場を印加しながら信号を取得する EPSI⁸⁾ を組み合わせて用いる (Fig. 1)。本方法では、位相エンコード傾斜磁場を使用しないため、従来位相エンコード方向に生じていたゴースト状の体動アーチファクトが生じない。さらに、従来は体動による位相誤差が空間的に合算されていたために、体動による位相補正処理の効果が低かったが、本方法では、ショットごとに空間的な 1 ボクセルを特定できるため、本処理の効果が高い。本方法の有効性を確認するため、7T 小動物用 MRI を用いて健常ラット脳の代謝物拡散画像を取得し、従来法の一つである位相エンコードを用いた DW-

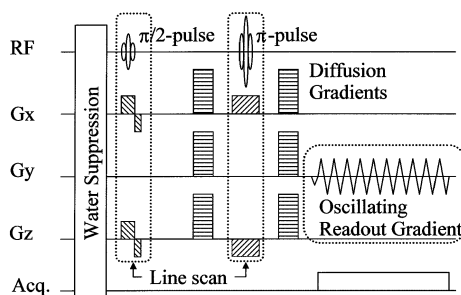


Fig. 1. Sequence diagram of DW-LSEPSI

キーワード spectroscopic imaging, diffusion, motion artifact, metabolite

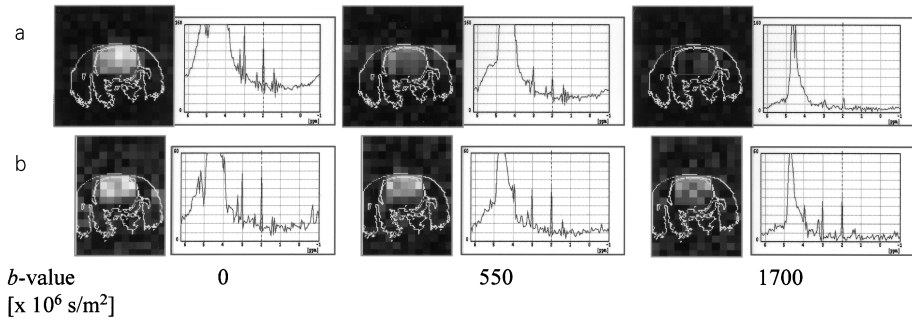


Fig. 2. Diffusion-weighted spectroscopic images using (a) DW-EPSI and (b) DW-LSEPSI. Upper images show diffusion-weighted images of NAA, and lower graphs show diffusion-weighted spectra in brain.

EPSI³⁾と比較した。

結果と考察

DW-EPSIでは、ゴースト状アーチファクトと、体動による位相誤差が引き起こす信号積算時の信号低下が顕著であった (Fig. 2)。これに対し、DW-LSEPSIでは、このようなアーチファクトや信号低下が生じていないことが判った。これより、DW-LSEPSIは代謝物拡散画像の高精度計測に有用と考えられる。

結 論

代謝物拡散イメージングの高精度化で課題となる体動アーチファクト低減に対し、DW-LSEPSIが有効なことをラット頭部の撮像実験により確認した。

文 献

- 1) Moonen CT, van Zijl PC, Le Bihan D, DesPres D : *In vivo* NMR diffusion spectroscopy : 31P application to phosphorus metabolites in muscle. *Magn Reson Med* 1990 ; 13 : 467-477
- 2) Merboldt KD, Hörstermann D, Hänicke W, Bruhn

H, Frahm J : Molecular self-diffusion of intracellular metabolites in rat brain *in vivo* investigated by localized proton NMR diffusion spectroscopy. *Magn Reson Med* 1993 ; 29 : 125-129

- 3) Bito Y, Hirata S, Nabeshima T, Yamamoto E : Echo-planar diffusion spectroscopic imaging. *Magn Reson Med* 1995 ; 33 : 69-73
- 4) Bito Y, Hirata S, Tsukada K. Echo-planar diffusion spectroscopic imaging : reduction of motion artifacts using line-scan technique. In : *Proceedings of the 6th Annual Meeting of ISMRM, Sydney, Australia 1998 ; 1235*
- 5) Ronen I, Kin D-S. Towards quantitative diffusion-weighted chemical shift imaging of brain metabolites. In : *Proceedings of the 16th Annual Meeting of ISMRM, Toronto, Canada, 2008 ; 3356*
- 6) Bito Y, Hirata K, Ebisu T, Kawai Y, Otake Y, Hirata S, Shirai T, Soutome Y, Ochi H, Umeda M, Higuchi T, Tanaka C. Diffusion-weighted line-scan echo-planar spectroscopic imaging for improved accuracy in metabolite diffusion imaging. In : *Proceedings of the 17th Annual Meeting of ISMRM, Hawaii, USA 2009 ; 334*
- 7) Oshio K, Kyriakos W, Mulkern RV : Line scan echo planar spectroscopic imaging. *Magn Reson Med* 2000 ; 44 : 521-524
- 8) Matsui S, Sekihara K, Kohno H : High-speed spatially resolved high-resolution NMR spectroscopy. *J Am Chem Soc* 1985 ; 107 : 2817-2818

Improved Accuracy in Metabolite Diffusion Imaging Using Diffusion-weighted Line-scan Echo-planar Spectroscopic Imaging [Presidential Award Proceedings]

Yoshitaka BITO¹, Koji HIRATA¹, Toshihiko EBISU²,
Yuko KAWAI³, Yosuke OTAKE¹, Satoshi HIRATA¹,
Toru SHIRAI¹, Yoshihisa SOUTOME¹, Hisaaki OCHI¹,
Masahiro UMEDA³, Toshihiro HIGUCHI⁴, Chuzo TANAKA⁴

¹*Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.*

1-280 Higashi-koigakubo, Kokubunji-shi, Tokyo 185-8601

²*Department of Neurosurgery, Nantan General Hospital*

Departments of ³Medical Informatics and ⁴Neurosurgery, Meiji University of Integrative Medicine

Although diffusion spectroscopic imaging is expected to provide insight into cellular microstructures and functions, an accurate measurement technique has not been developed. To reduce motion artifacts that severely diminish accuracy, we developed a diffusion-weighted, line-scan, echo-planar spectroscopic imaging (DW-LSEPSI) technique to reduce the influence of phase errors caused by motion. We applied the technique to a rat brain *in vivo* to acquire accurate diffusion-weighted images and the spectra of metabolites.