

2D CT-PRESS によるヒト脳内高感度・高分解 *in vivo* ¹H スペクトロスコピー

○渡邊英宏, 高屋展宏, 三森文行
独立行政法人 国立環境研究所

Highly sensitive and resolved *in vivo* ¹H spectroscopy in human brain
using 2D CT-PRESS

Hidehiro Watanabe, Nobuhiro Takaya, Fumiyuki Mitsumori
National Institute for Environmental Studies

Abstract

An ISIS CT-PRESS sequence which is a spin echo type of the constant time method was implemented on a 4.7-T whole-body spectrometer for peak detection of glutamate, GABA and glutamine in human brain with higher sensitivity. Three diagonal peaks of GABA C2H (2.28 ppm), Glu C4H (2.35 ppm) and Gln C4H (2.44 ppm) were resolved on CT-PRESS spectra in a phantom containing major brain metabolites. Signal to noise ratio of Glu C4H on a CT-PRESS spectrum was 2.24 times higher than that obtained by localized CT-COSY. In volunteer studies, these three peaks were also resolved on CT-PRESS spectra of parieto-occipital regions with sensitivity improvement by a factor of 1.7.

1. はじめに

これまで、局所励起 2D constant time COSY 法をヒト用 4.7T MR 装置で用いることで、 F_1 方向のデカップリングという特徴を利用して、ヒト脳内の神経伝達物質として重要なグルタミン酸 (Glu)、 γ -アミノ酪酸 (GABA) のピーク検出、濃度定量ができることを報告してきた (1, 2)。定量化では、constant time delay, T_{ct} を変化させた複数のスペクトルを取得する。これらのスペクトルに対して、基底スペクトルを用いたスペクトル解析によるピーク体積計算、 J_{HH} による信号強度変化を考慮した T_2 補正、内部水基準による RF コイル負荷の補正を行い、濃度定量を行う。この方法では、体積コイルを用いたヒト脳代謝物定量的の場合、感度の点から 1 時間 20 分の測定時間が必要であり、時間短縮の必要があった。

一方、これまでの CT-COSY による検討の結果、ヒト脳スペクトル上で、2.28 ppm の GABA C2H、2.35 ppm の Glu C4H の対角ピークが検出でき、これらのピークを解析することで定量化できることがわかってきた。そこで、今回、対角ピークのみを検出のため、高感度化が期待できるスピンエコー型の CT-PRESS 法を開発して、ヒト脳内でピーク検出ができるかを検討した。

2. 方法

開発した ISIS CT-PRESS は、水信号抑圧パルス、領域外飽和パルスに続き、局所

Keywords: human brain, glutamate, GABA, CT PRESS, *in vivo*

わたなべひでひろ, たかやのぶひろ, みつもりふみゆき

励起モジュールである ISIS 局所励起モジュール (x 方向) -90° スライスパルス (y 方向) $-1/2 \cdot TE_1 - 180^\circ$ パルス $-1/2 \cdot (TE_1 + TE_2) - \Delta t_1/2 - 180^\circ$ スライスパルス (z 方向) $-$ {データ収集} で構成される。それぞれの t_1 ステップ毎に $\Delta t_1/2$ シフトした時刻に第 2 番目の 180° パルスを印加し、得られたエコー信号の収集を行った。全 t_1 ステップ終了後、得られた 2D データセットに対して constant time 条件を満たす様に、1 ライン毎の FID データの前段に 0 補填を行い、再構成後、 F_1 方向に ^1H デカップルが施された 2D CT-PRESS スペクトルを得た。

実験は、ヒト用 4.7 T MR 装置 (Varian 社製、INOVA) で行い、RF コイルには体積 TEM コイルを用いた。ファントム実験では、脳内の代謝物を模擬した 10 mM NAA、8 mM Cr、9 mM Glu、3 mM Gln、2 mM GABA の混合ファントムを用い、局所領域からの CT-PRESS 信号、CT-COSY 信号をそれぞれ取得した。ボランティア測定では、頭頂-後頭葉領域 27 ml ($30 \times 30 \times 30 \text{ mm}^3$) から測定時間 20 分で CT-PRESS 信号を取得した。ファントム実験、ボランティア測定のいずれも、CT-PRESS では $TE_1 = 15 \text{ ms}$ 、 $TE_2 = 36 \text{ ms}$ 、 $T_{ct} = 126 \text{ ms}$ とした。ファントム実験では、CT-COSY の T_{ct} を 110 ms とした。全測定で、スペクトル帯域は、 $F_1 = 1 \text{ KHz}$ 、 $F_2 = 2 \text{ KHz}$ とし、 t_1 ステップ数 = 150、積算回数は 2 回とした。relaxation delay は、ファントム実験では 3 s、ボランティア測定では、4 s とした。

3. 結果

図 1 に、CT-PRESS(a)および CT-COSY(b)によるファントムスペクトルを示す。いずれのスペクトル上においても、GABA C2H (2.28 ppm)、Glu C4H (2.35 ppm)、Gln C4H (2.44 ppm)の 3 つの対角ピークが検出できた。CT-PRESS スペクトル上で、Glu C4H の信号対ノイズ比 (SNR) は、CT-COSY のそれと比較して 2.24 倍であった。

図 2 には、ヒト脳 CT-PRESS スペクトルを示す。ファントムスペクトルと同様、3 つの対角ピークを検出できた。得られた Glu C4H の単位時間当たりの SNR は、これまでに取得したヒト脳 CT-COSY スペクトルと比較して 1.7 倍であった。

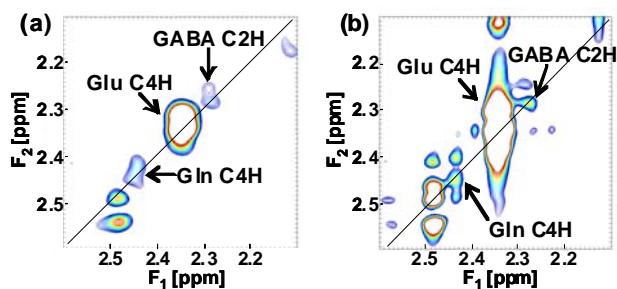


Fig. 1. Spectra of a brain phantom obtained by (a) CT-PRESS and (b) CT-COSY.

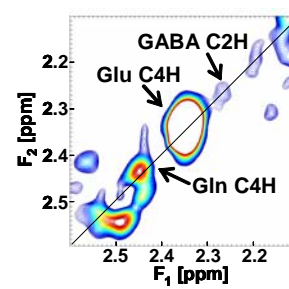


Fig. 2. A CT-PRESS spectrum of the human brain.

4. 結語

CT-PRESS 法で、ヒト脳内からグルタミン酸、GABA の高感度なピーク検出が可能であり、CT-COSY 法を用いるよりも短縮した測定時間での定量化が期待できる。

References

1. Watanebe, H., Takaya, N., Mitsumori, *NMR Biomed.*, 21(5), 518-526, 2008.
2. 渡邊英宏・高屋展宏・三森文行, Simultaneous quantitation of glutamate and GABA in the human brain using localized 2D CT-COSY: 2nd report, 第 46 回 NMR 討論会講演要旨集, pp.368-371