

УДК 621 318.4

Н.Е. Степанова (6 курс, каф. ИТ и КТ, СПбГИТМО (ТУ)),  
М.Я. Марусина, к.т.н., доц.

## КОНТРАСТНОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЯМР – ИНТРОСКОПИИ

ABSTRACT: The analysis of term of contrast of the image in NMR-introskopiya is given. The factors resulting (bringing) in reduction cross magnetization  $T_2$  are considered. The estimation of contrast a spin-echo of the image for various tool parameters is conducted.

Дан анализ понятия контрастности изображения в ЯМР - интроскопии. Рассмотрены факторы, приводящие к уменьшению поперечной намагниченности  $T_2$ . Проведена оценка контрастности спин-эхо изображения для различных инструментальных параметров.

Процедура ЯМР - интроскопии – построение на регистрирующем устройстве так называемого ЯМР - изображения. Состояние каждого элемента изображения определяется амплитудой сигнала ЯМР  $S$  от соответствующего элемента объема изучаемого объекта. Эта амплитуда пропорциональна числу резонирующих ядер, потому получаемое таким способом изображение характеризует, прежде всего, пространственное распределение ядерных спинов – так называемую спиновую плотность  $\rho(x, y, z)$ . Для того чтобы патологическое образование или ткань в медицинской диагностике были различимыми, магниторезонансное изображение должно быть контрастным, то есть должна быть разница в интенсивностях сигнала между ним и прилежащими тканями. Интенсивность сигнала  $S$ , определяется сигнальным уравнением для определенной используемой импульсной последовательности. В частности, сигнал может быть получен с помощью спин-эхо последовательности. Преимуществом спин-эхо последовательности является то, что она вносит в сигнал зависимость от времени  $T_2$ . Ввиду того, что некоторые ткани и патологическое образования имеют близкие по значению  $T_1$ , но разные значения  $T_2$ , использование отображающих последовательностей, производящих изображения с зависимостями от  $T_2$ , становится обоснованным. Спин-эхо отображающая последовательность может быть представлена в виде временной диаграммы. Временная диаграмма для спин-эхо отображающей последовательности имеет графы для РЧ импульсов, градиентов в магнитном поле и сигнала (рис. 1). Срез-селектирующий  $90^\circ$ -импульс применяется вместе со срез-селектирующим

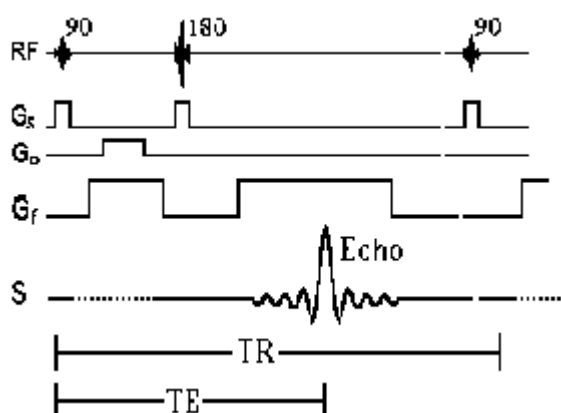


Рис. 1. Временные диаграммы для спин-эхо последовательности

градиентом. После прохождения периода времени, равного  $TE/2$ , следуют срез-селектирующий  $180^\circ$ -импульс вместе со срез-селектирующим градиентом. Фазо-кодирующий градиент применяется между  $90^\circ$ - и  $180^\circ$ - импульсами. Частотно-кодирующий градиент применяется после  $180^\circ$ -импульса, во время регистрации эхо.  $TR$  – время повторения,  $TE$  – время эхо.

Сигнальное уравнение для спин-эхо последовательности выглядит следующим образом:

$$S = k\rho(1 - \exp(-TR/T_1))\exp(-TE/T_2), \quad (1)$$

где  $S$  представляет амплитуду сигнала в частотной компоненте спектра; число  $k$  является константой пропорциональности, которая зависит от чувствительности контура регистрации сигнала томографа;  $T_1$  – спин-решеточное время релаксации, описывает спин-

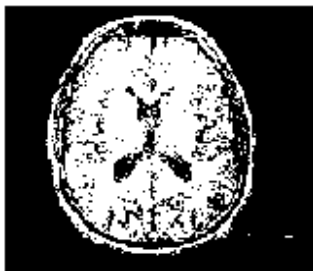


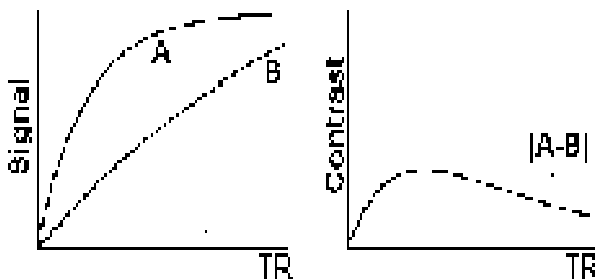
Рис. 2. Контрастность между двумя тканями в спин-эхо последовательности

спиновое время релаксации, описывает поведение поперечной намагниченности;  $\rho$  – спиновая плотность. Значения  $T_1$ ,  $T_2$  и  $\rho$  специфичны для патологического образования или ткани. Зависимость  $T_2$  от молекулярных процессов и от неоднородностей магнитного поля имеет следующий вид:  $1/T_2^* = 1/T_2 + 1/T_{2\Delta B}$ , где  $T_2^*$  – объединенная временная постоянная.

В таблице приведены диапазоны значений  $T_1$ ,  $T_2$  и  $\rho$ , полученные на магниторезонансном томографе GE Signa при  $1,5 T$ , для тканей, присутствующих на томограмме человеческой головы.

Ткань	$T_1$ (с)	$T_2$ (мс)	$\rho$
Белое вещество	0.76 - 1.08	61-100	70-90
Серое вещество	1.09 - 2.15	61 - 109	85 - 125
Мышцы	0.95 - 1.82	20 - 67	45 - 90
Жировая ткань	0.2 - 0.75	53 - 94	50 - 100

Контраст  $C$ , между двумя тканями  $A$  и  $B$  будет равен разнице между сигналом ткани  $A$ ,  $S_A$  и сигналом ткани  $B$ ,  $S_B$ :  $C = S_A - S_B$ .  $S_A$  и  $S_B$  определяются из приведенного выше сигнального уравнения (1). Для двух любых тканей существует набор инструментальных параметров, которые дают максимальный контраст. Например, в спин-эхо последовательности контрастность между двумя тканями есть функция  $TR$ , графически представленная сопровождающей кривой (рис. 2).



Выбор инструментальных параметров  $TR$ ,  $TE$  и  $\rho$  влияет на контраст между различными тканями мозга. На рис. 3 приведено изображение, являющееся результатом вычислений, основанных на приведенном выше уравнении (1) и наборов общих  $T_1$ ,  $T_2$  и  $\rho$  изображений человеческого мозга.

Рис. 3. Спин-эхо изображение при  $TE = 20$  мс,  $TR = 250$  мс

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ацаркин В.А. и др. ЯМР - интроскопия // УФН. 1981, Т. 135. В. 2. С. 285–315.
2. Хорнак, Основы МРТ, 1999
3. Марусина М.Я., Сизиков В.С., Иванов С.В. В сб.: НТВ СПбГИТМО(ТУ). В.3. СПб: СПбГИТМО(ТУ). 2001, С. 209–214.
4. Сорока Л.М. Интроскопия на основе ядерно–магнитного резонанса. М.: Энергоатомиздат, 1986.