

УДК 621.3.088.514.747

А.А. Рацкевич (5 курс, каф. ИТиКТ, СПбГИТМО(ТУ)),
 М.Я. Марусина, к.т.н., доц.

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ В ЯМР-ИНТРОСКОПИИ

ABSTRACT: The classification artefacts of the image, their display and reasons of occurrence is submitted. The errors of measurement of geometrical parameters of objects arising owing to display artefacts of heterogeneity of a magnetic field and artefacts of gradients fields are analysed. The expressions for errors of reproduction of the geometrical sizes of object in NMR-introskopiю are received.

Артефактом изображения является любая черта, не присутствующая в отображаемом объекте, но присутствующая на изображении. Артефакт изображения иногда является результатом неправильного действия при использовании томографа, а, иногда, является следствием естественных процессов или свойств человеческого организма. Обычно артефакты классифицируются в соответствии с их источником. Следующая таблица обобщает некоторые из них [2].

Артефакты неоднородности основного магнитного поля B_0 . Вся магниторезонансная томография предполагает однородность магнитного поля B_0 . Неоднородное поле B_0 будет искажать изображения. Искажение может быть пространственным, интенсивностным или оба одновременно. Интенсивностные искажения являются результатом локальной неоднородности поля, которая может быть больше или меньше, в той или иной части отображаемого объекта. Пространственное искажение является результатом протяженных градиентов поля B_0 , которые постоянны. Они заставляют спины резонировать с частотами Лармора, отличными от предписанных отображающей последовательностью. На рис.1 представлены четыре заполненных водой прямых трубы, расположенные в виде квадрата. На МР-изображении видно сильное искривление одной из труб, связанное с неоднородности магнитного поля B_0 (см. рисунок).

Артефакт	Проявление	Причина
РЧ квадратурный артефакт	Яркое пятно в центре изображения, появление ложных изображений	Неисправность в схеме РЧ детекции
Артефакты неоднородности поля B_0	Пространственные и интенсивностные искажения изображения	Искажение поля B_0 , металлическим объектом
Артефакты градиентов	Искажение изображения	Неисправен градиент магнитного поля
Артефакты РЧ неоднородности	Изменение интенсивности поперек изображения	Неисправность РЧ катушки
Артефакты движения	Размытие изображения	Движение объекта во время отображающей последовательности
Артефакты потока	Кровеносные сосуды, имеющие высокие концентрации ядер водорода, не дают сигнала	Движение жидкостей организма во время отображающей последовательности
Артефакты химического сдвига	Рассовмещение между пикселями жира и воды на изображении	Большие B_0 и разность химических сдвигов между тканями
Артефакты частичного объема	Потеря разрешения	Большой размер вокселя изображения
Артефакты заворота	Появление части отображаемого объекта, расположенного вне поля обзора, внутри поля	Неправильный выбор поля обзора

Артефакты градиентов. Артефакты, возникающие из-за проблем в системе градиентов иногда очень похожи на те, что связаны с неоднородностью поля B_0 . Градиент, непостоянный по направлению градиента будет искажать изображение. Обычно, это является возможным только при повреждении градиентной катушки. Другие, артефакты, связанные с градиентом, являются результатом неправильных токов, проходящих по градиентным катушкам.



Без учета аппаратных погрешностей, погрешность определения положения каждой точки измеряемого объекта будет связана только с погрешностями воспроизведения поляризующего магнитного поля и градиентных полей. В этом случае фактическая частота ЯМР в направлении, например, OZ будет изменяться следующим образом:

$$\omega(x, y, z) = \gamma [B_0 + \Delta B_0(x, y, z) + G_z z + \Delta B_{G_z}(x, y, z)],$$

где $G_z = \frac{\partial B_z}{\partial z}$, ($B_z - z$ -составляющая градиентного поля), а $\Delta B_0, \Delta B_{G_z}$ – погрешности воспроизведения индукции поляризующего и градиентного полей в точках пространства с координатами x, y, z . Исключая центральную частоту $\omega_0 = \gamma B_0$, получим фактическую частоту сигнала:

$$\omega_F(x, y, z) = \gamma [\Delta B_0(x, y, z) + G_z z + \Delta B_{G_z}(x, y, z)].$$

В идеальном случае, т.е. при однородном поляризующем поле B_0 и линейном градиенте $G_z z$, исключая центральную частоту, получим $\omega_F(x, y, z) = \gamma G_z z$.

Линейная координата z точки объекта связана с частотой ЯМР следующим образом: $z = K \omega_F(x, y, z)$, где K – некоторый коэффициент.

Следовательно, можно связать относительную погрешность в определении положения z с относительной погрешностью измерения частоты, а значит и с относительной погрешностью воспроизведения градиента:

$$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta \omega_F}{\omega_F} = \frac{\Delta B_0(x, y, z) + G_z z + \Delta B_{G_z}(x, y, z)}{G_z z}.$$

Используя фактическое значение градиента в исследуемой точке, получим выражение для погрешности воспроизведения размера объекта по оси OZ :

$$\Delta z = \frac{\Delta B_0(x, y, z)}{G_z} + \left(1 - \frac{\Delta B_{G_z}(x, y, z)}{G_z z}\right) z.$$

Аналогичным образом можно получить выражения для погрешностей воспроизведения размеров объекта по осям OX и OY .

Заключение. Представлена классификация артефактов изображения, их проявления и причин возникновения. Проанализированы погрешности измерения геометрических параметров объектов, возникающие вследствие проявления артефактов неоднородности поляризующего магнитного поля и артефактов градиентных полей. Получены выражения для погрешностей воспроизведения геометрических размеров объекта в ЯМР-интроскопии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сороко Л.М. Интроскопия на основе ядерного магнитного резонанса. М.: Энергоатомиздат. 1986.
2. Hornak J. P. The basics of MRI.2000 - www.cis.rit.edu/htbooks/mri/bmri.html