Н.В. АНИСИМОВ
Центр магнитной томографии и спектроскопии МГУ им. М.В.Ломоносова

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД

Рассматриваются практические вопросы и перспективы объемной визуализации объектов, не содержащих водород, с помощью протонной магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Исследования в МРТ обычно проводятся с водородсодержащими объектами. Однако отсутствие протонов или других резонирующих ядер в исследуемом объекте не является препятствием для его МРТ визуализации. В частности, можно заполнить пространство внутри (или вокруг) объекта веществом, содержащим магнитные ядра, провести МРТ-регистрацию сигналов от этого вещества и использовать данные от такого сканирования для объемной (3D) реконструкции структур, заполненных указанным веществом. Такие методы применяются в ЯМР-микроскопии для исследования материалов различной природы (дефектоскопия и т.п.), где веществом, заполняющим объем или распределенным по поверхности объекта, является вода или другая водородсодержащая жидкость [1]. Аналогичная по идее методика применяется для МРТ-исследования легких, где в качестве заполняющего вещества применяется поляризованный газ [2]. Однако, возможности методик, обеспечивающих с помощью МРТ визуализацию объектов, не содержащих протоны, мало известны широкому кругу исследователей и недостаточно раскрыты.

Задача данной работы как-то восполнить данный пробел и продемонстрировать эффективность этих методик для визуализации различных предметов, представляющих интерес. Апробация подобных методик проводилась на 0.5 Тл томографе Tomikon S50 (Bruker). Изучались возможности построения 3D-изображений изделий из стекла, керамики, пластмассы, объектов природного происхождения – раковин моллюсков. Заметим, что пластмассы, хотя и содержат водород, однако их структура обусловливает очень короткое время продольной релаксации T1, из-за чего регистрация их обычными МРТ-методами затруднена.

Проводилось два вида экспериментов. В первом случае на объект наносился слой жира (вазелин). МРТ-сигнал отображал его распределение по поверхности объекта - рис.1А. Так как время T1 для жира короткое - порядка 0.1 с, то хорошие результаты получались от методик сканирова-

ния, дающих T1-взвешенных изображения, например, 3D-градиентного эха с параметрами TR/TE=70/20 мс FA=35^0.

Во втором случае исследуемый объект погружался в воду, и распознавался по выпадению сигнала на МРТ-изображениях (рис.1B,C,D). Поскольку T1 воды большое – порядка 1-2 с, то лучшие результаты дало применение методик, дающих T2-взвешенные изображения, например, 3D-Turbo Spin Echo с параметрами TR/TE=1520/230 мс, ETL=32.

При размерах объектов до 10 см хорошее качество МРТ-изображений достигалось при пространственном разрешении до 0.25 мм при времени сканирования ~10 часов. Изображения, получаемые при более высоком разрешении (0.18 мм) , оказывались непригодными для 3D-обработки из-за низкого отношения сигнал/шум.

На рис. 1 представлены примеры объемной реконструкции предметов, не содержащих протоны. Отметим, что графические манипуляции допускают построение произвольных сечений объекта, что позволяет разглядывать объект как бы изнутри рис. 1D. Это невозможно для обычных фотоизображений.

МРТ хорошо подходит для 3D-визуализации природных объектов, предметов искусства, археo- и палеонтологических материалов, копий изделий и др. Необходимо, чтобы они не содержали металл и имели приемлемые габариты. Заслуживает изучения выбор заполняющей среды, обеспечивающей хороший контакт с объектом, но не разрушающей его.

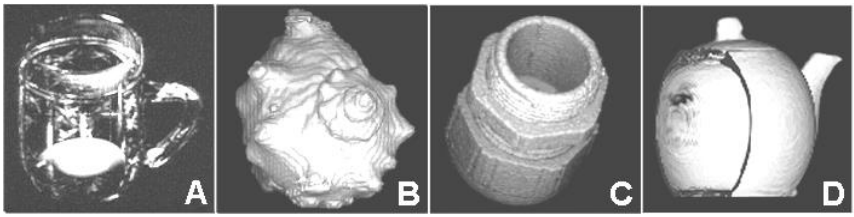

Рис. 1. Объекты МРТ-визуализации: стеклянная кружка, раковина моллюска, пластмассовая сборная деталь, керамический чайник (представлен в «срезанном» виде)

Список литературы

1. Timothy Chupp, Scott Swanson Medical Imaging with Laser Polarized Noble Gases // University of Michigan, Dep. of Physics and Radiology, Jan. 28. 2000.
2. Komoroski R.A. Nonmedical Applications of NMR Imaging // Analytical Chemistry, 1993. Vol. 65. No. 24. P. 1068A-1077A.