

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ВСЕГО ТЕЛА – ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Н.В.Анисимов, М.В.Гуляев, С.В.Корецкая, Е.В.Верхоглазова, М.А.Герус, Ю.А.Пирогов
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Центр магнитной томографии и спектроскопии,
nvanis@cmts.cmm.msu.ru

Рассмотрены практические аспекты получения МРТ-изображений, отображающих тело человека от головы до пяток как цельную структуру, на типовом 0.5 Тл томографе. Описаны диагностические применения метода – оценка распространения метастазов, исследование структуры позвоночника при выраженном сколиозе, определение содержания жировой ткани в теле человека.

В последнее время возрос интерес к получению МРТ-изображений, отображающих внутреннюю структуру всего тела взрослого человека на всем протяжении от головы до пяток [1,2]. Это необходимо для ряда диагностических приложений - оценки состояния и динамики развития патологии для онкологических и других больных с распределенными очагами поражений, анализа состояния костных структур, визуализации ликворной и кровеносной систем и т.д.

Проблема получения таких изображений в том, что у современных МР-томографов размер зоны сканирования не превышает 40-50 см, что связано со сложностями создания однородного магнитного поля в большом объеме. Поэтому обычно в МРТ получают изображения от отдельных фрагментов тела человека, для чего используются специализированные приемные катушки. Из таких изображений никакой компоновкой нельзя отобразить тело человека как цельную структуру.

Для получения изображений, отображающих все тело человека, применяют непрерывное механическое перемещение пациента через зону однородного магнитного поля томографа, в пределах которой производится сканирование.

Приемлемые результаты могут быть получены и при ступенчатом перемещении в сочетании со сканированием зоны, размер которой равен величине перемещения. Изображения, получаемые после каждого этапа перемещения «склеиваются», что, в конечном итоге, позволяет получить МРТ-изображение, эмулирующее результат сканирования зоны, охватывающей полный рост пациента.

Именно такой способ получения МР-изображений всего тела был реализован нами на 0.5 Тл томографе Tomikon S50 (Bruker) после соответствующей доработки платформы, используемой для позиционирования пациента. Сканирование производилось по зоне размером 55x20 см с толщиной срезов порядка 0.2-1 см с разрешением в плоскости сканирования 2 мм. В результате для получения МР-изображений, эмулирующих сканирование всего тела размером от 1.6 до 2.0 м, требовалось 8-10 сеансов, каждый из которых соответствовал сдвигу платформы с пациентом на 20 см. Общее время сканирования составляло от 20 минут до часа и более в зависимости от требуемого пространственного разрешения.

Мы использовали МР-изображения всего тела в ряде диагностических исследований – для уточнения состояния внутренних органов у онкологического больного, при исследовании структуры позвоночника, для оценки содержания жировой ткани. Отметим некоторые специфические аспекты указанных исследований.

А. Исследование распространения метастазов у онкологического больного

Проводилось МРТ исследование пациента с онкологическим заболеванием, проявлениями которого были опухоль забрюшинного пространства с прорастанием в печень и метастатическое поражение печени. Требовалось уточнить характер возможных структурных нарушений и распространение метастазов. Были получены обычные T1- и T2 взвешенные изображения. Однако особенно отчетливо

патологические изменения визуализировались на так называемых миелоурографических - сильно взвешенных T2 –изображениях, где наибольший вклад дают ткани с большим временем поперечной релаксации (спинномозговая жидкость, кистозные образования, содержимое мочевого пузыря и др.). Хотя по сравнению с данными традиционного МРТ-исследования новых очагов выявлено не было, наличие МР-изображений с большим полем обзора (более 60 см) дало дополнительные аргументы в пользу предположения об относительно стабильном состоянии больного.

Б. Исследование позвоночника

Интерпретация данных МРТ-исследования позвоночника у больных с выраженным S-сколиозом затруднена из-за того, что на обычных (плоских) МР-изображениях межпозвоночные диски и спинной мозг визуализируются в виде отдельных, сложно интерпретируемых фрагментов. Это связано с тем, что сканирование производится по плоскому срезу. Требуется преобразовать набор изображений так, чтобы результат реконструкции отображал срез, как бы изогнутый по линии, проходящей вдоль позвоночного канала. Для этого удобно использовать аксиальные срезы, где видно соотношение центров позвонка, диска и позвоночного канала. На аксиальных срезах, полученных с разрешением 2 мм, мы выделяли два взаимно перпендикулярных направления, которые использовали для построения «искривленных» срезов - сагиттального и коронарного, охватывающих позвоночник по всей длине и соотнесенных с траекторией позвоночного канала.

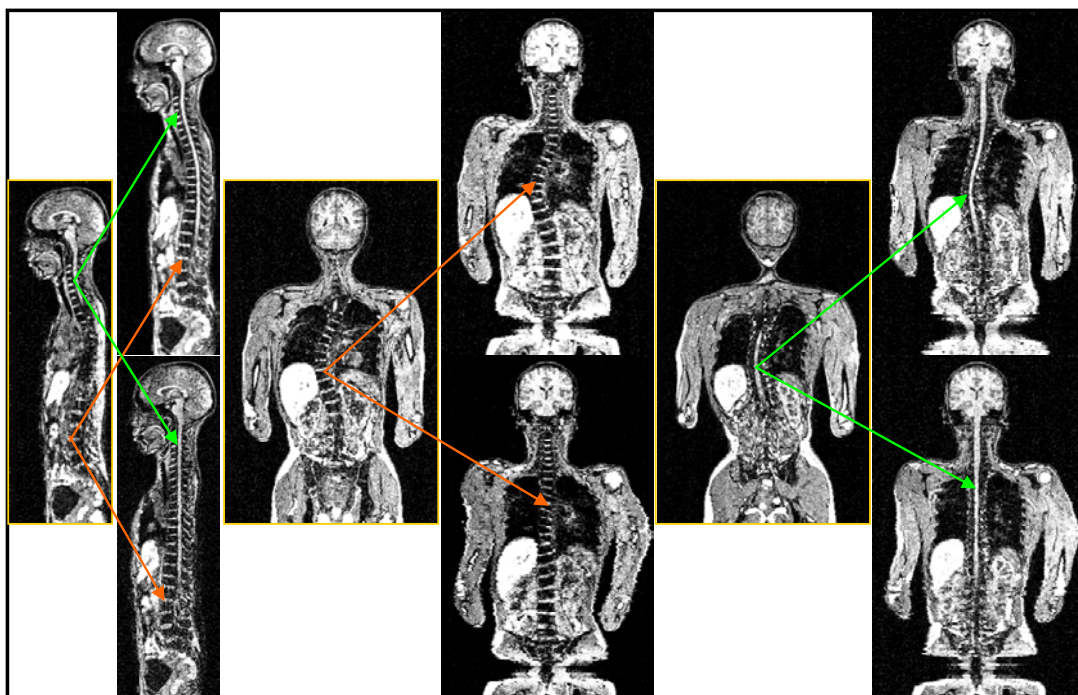


Рисунок 1. Исследование структуры позвоночника.

На рис.1 представлены результаты таких реконструкций для аксиальных срезов, полученных с разрешением 2x2x2 мм. Средний ряд – МР-изображения в сагиттальной (слева) и в коронарной (в центре и справа) проекциях. Это плоские срезы, полученные традиционной реконструкцией данных от аксиальных срезов. Верхний ряд - эмуляция искривленных срезов, для чего перед реконструкцией аксиальные срезы ориентировались по траектории позвоночного канала. Нижний ряд - эмуляция выпрямленного позвоночника – алгоритм реконструкции такой же, как и для верхнего ряда, но перед реконструкцией проведена привязка аксиальных срезов к центру позвоночного канала.

Благодаря развитому подходу уточняется структура позвоночного канала, отдельных позвонков, дисков, их соотношение друг с другом на любом участке позвоночника от шейного отдела до копчика.

В. Оценка содержания жира в теле человека

Важным практическим применением МРТ всего тела является возможность оценки содержания жира в теле человека – относительного или абсолютного. Актуальность такого исследования связана с тем, что хотя значительная часть населения Земли страдает от избытка жира, но эффективного и универсального средства для лечения этой патологии пока не выработано. В то же время при разработке процедур, способствующих снижению содержания жира, необходимо проводить соответствующий мониторинг. Для этой цели весьма эффективным представляется анализ МР-изображений всего тела [3].

Такой анализ удобно проводить на обычных T1 или T2-TSE изображениях. Яркий сигнал от жировой ткани на МР-изображениях обусловлен его коротким временем продольной релаксации. Поэтому жировая ткань хорошо визуализируется на T1, а также T2-TSE взвешенных изображениях. Однако наличие в структурах тела сходных по контрасту тканей требует дополнительной их дифференциации. Удобно провести такую дифференциацию путем вычитания двух изображений, одно из которых получено для обычного режима сканирования (фрагмент А рис.2) , а второе – для того же режима, но с подавлением сигнала от жировой ткани – (фрагмент Б рис.2).

Подавление сигнала от жировой ткани может быть сделано как с использованием РЧ селективного облучения спиновых переходов жировых молекул, так и методом инверсия-восстановление, при котором подавляются ткани с определенным временем продольной релаксации T1. Метод инверсия-восстановление реализуется путем введения в начало сканирующей импульсной последовательности фрагмента 180° -TI, где $TI=T1/\ln 2$. Последний метод особенно удобен для МРТ всего тела, поскольку он слабо зависит от однородности магнитного поля.

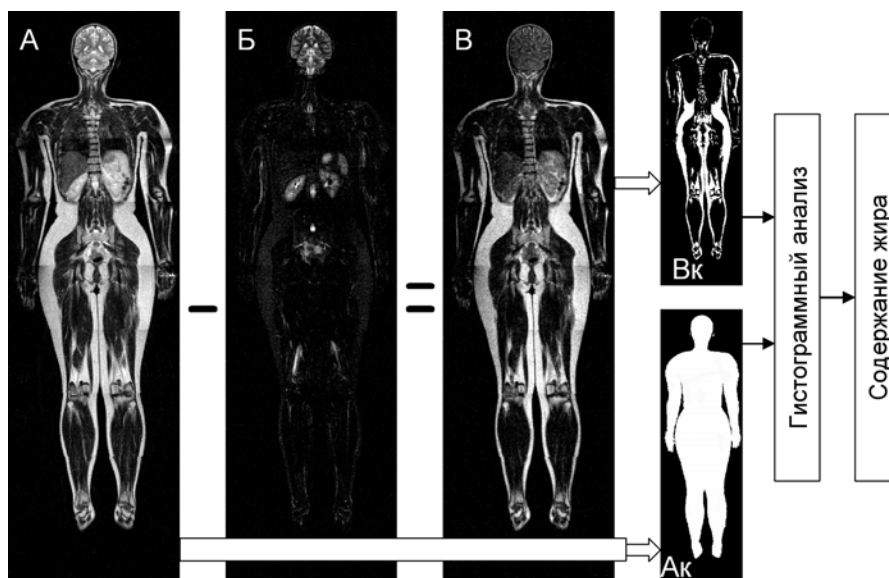


Рисунок 2. Схема расчета содержания жира по данным МРТ всего тела человека.

Именно поэтому мы использовали метод инверсия-восстановление, задав $TI=80$ мс, для подавления сигнала жировой ткани, чтобы в соответствии с вышеописанным алгоритмом оценить содержание жировой ткани в теле человека.

Кроме дифференциации и выделения МР-изображений, на которых представлена только жировая ткань, требуется провести сегментацию по всем сканируемым срезам, чтобы оценить общий объем жировой ткани [4]. Это можно

сделать путем использования известных программ, например, 3D-Doctor^(TM), производящих эти операции за счет кропотливой работы оператора, применяющего ручной манипулятор типа компьютерной мыши для прорисовки сегментируемых участков.

Мы предпочли другой подход, нацеленный на автоматизацию процесса сегментации и последующего расчета. В рамках этого подхода применяется обычный графический редактор как для частичной редакции посрезовых изображений, упрощения их контраста (фрагменты Ак и Вк рис. 2), так и последующего гистограммного анализа. В качестве графического редактора мы использовали находящийся в свободном доступе пакет программ ImageJ [5].

Предварительные результаты проведенных нами измерений указывают на хорошее соответствие известным данным о содержании жира в теле человека, что указывает на обоснованность примененного подхода.

Заключение

МРТ всего тела является эффективным методом для реализации структурного подхода к решению диагностических проблем. Этот метод можно рекомендовать как полезное дополнение к обычным методикам, нацеленным на исследования отдельных органов. Метод достаточно прост с точки зрения технического и программного оснащения, и вполне может быть реализован на типовых медицинских томографах. Это позволяет расширить арсенал диагностических методов и повысить информативность МРТ-исследований.

1. *Eustace S, Tello R, DeCarvalho V, et al.* A comparison of whole-body turbo short tau inversion recovery MR imaging and planar technetium 99m methylene diphosphonate scintigraphy in the evaluation of patients with suspected skeletal metastases // *Am. J. Roentgenol.* 1997; 169: 1655–61.
2. *Eustace SJ* Whole body magnetic resonance imaging. A valuable adjunct to clinical examination // *Br. Med J.* 2004 June 12; 328(7453): 1387–88.
3. *Thomas EL, Saeed N, Hajnal JV, Brynes A, Goldstone AP, Frost G, et al.* Magnetic resonance imaging of total body fat. *J Appl Physiol.* 1998; 85:1778-85.
4. *Brennan DD, Whelan PF, Robinson K, et al.* Rapid automated measurement of body fat distribution from whole-body MRI // *Am. J. Roentgenol.*, August 1, 2005; 185 (2): 418-23.
5. <http://rsb.info.nih.gov/ij/>

WHOLE BODY MAGNETIC RESONANCE IMAGING – TECHNICAL REALIZATION AND DIAGNOSTIC APPLICATIONS

N.V.Anisimov, M.V.Gulyaev, S.V.Koretskaya, E.V.Verkhoglazova, M.A.Gerus, Yu.A.Pirogov
M.V.Lomonosov Moscow State University, Research Center for Magnetic Tomography and Spectroscopy
nvanis@cmts.cmm.msu.ru

Practical lines of MRI to visualize the human body from head till feet as a whole structure using regular 0.5 T MRI scanner are discussed. It is described some diagnostic applications of the technique – assessment of tumor metastasis distribution, study of spine scoliosis structure, estimation of fat tissue volume in the human body, etc.