

ОБЪЕМНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ПО ДАННЫМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОВРЕМЕННОГО ПОДАВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ ВОДЫ И ЖИРА

Анисимов Н.В., Губский Л.В., Пирогов Ю.А.

Центр магнитной томографии и спектроскопии МГУ им.
М.В.Ломоносова*

Получено редакцией 10.12.02.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно разрабатываются методы построения реалистичных трехмерных (3D) изображений внутренних органов по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ). Обычно данная задача сводится к выявлению структур с помощью предварительного шпильки картины контраста на 2D-срезах. В основном используется ручная обработка изображения, однако ведутся активные поиски по автоматизации этой процедуры.

Построение 3D-образа патологических образований головного мозга, например, гематом, опухолей, зон глиозной трансформации, осложняется тем, что на обычно получаемых T1- и T2- взвешенных изображениях часто не удается с достаточной надежностью выделить патологические изменения относительно нормальных структур мозга. Подобная ситуация возникает, когда зона поражения простирается к границам жировой ткани и (или) охватывает области, в которых имеются структуры с большим содержанием свободной жидкости, например, желудочки мозга. Жировая ткань и свободная жидкость дают избыточно сильный сигнал на T2- взвешенных изображениях, что затрудняет выявление патологических образований. Имеющийся в обычном арсенале исследователя режимы с подавлением сигналов только воды или только жира могут упростить решение данной задачи лишь частично [1].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одновременное подавление сигналов воды и жира.

Максимально упростить картину МР-контраста можно, подавив при сканировании одновременно сигналы от свободной жидкости и жира. В этом случае на получаемых МР-изображениях зона поражения выявляется более отчетливо, и для построения её объемного изображения достаточно использования стандартного программного обеспечения для 3D-обработки, включающего в себя МР-реконструкцию и рендеринг.

Одновременное подавление воды и жира можно реализовать разными способами [2]. Мы предпочитаем использовать для данной цели

“дважды инвертирующую” импульсную последовательность, которая не требует частотно селективных настроек: $180^\circ\text{-T1}_w\text{-}180^\circ\text{-T1}_f\text{-}90^\circ\text{-FID}$, где $T1_{wf} = (\ln 2)T1_{wf}$, а $T1_w$, $T1_f$ – времена релаксации продольной намагниченности для воды и жира, в поле 0.5 Тесла они составляют порядка 1-2 с для воды и 0.1с для жира. При использовании данной последовательности вначале происходит инверсия намагниченностей как воды, так и жира, а затем, в момент их перехода через нулевое значение в процессе релаксации, запускается визуализирующая часть последовательности. При запуске визуализирующего 90° импульса продольная намагниченность для жира равна нулю, а для воды она частично восстанавливается до величины порядка $T1_f/T1_w$. Поскольку $T1_f/T1_w \ll 1$, то вклад сигнала свободной воды на МР-изображении достаточно мал. Наиболее отчетливо визуализируются ткани, у которых времена продольной релаксации лежат в интервале $T1_f \ll T1 \ll T1_w$. Такие времена релаксации характерны для внутричерепных патологических образований, в частности, гематом и опухолей. При использовании двойной инверсии отношение сигнал/шум незначительно снижается по сравнению с режимом FLAIR, однако благодаря подавлению избыточно интенсивных сигналов воды и жира расширяется динамический диапазон приемника и повышается его чувствительность к слабым сигналам.

Весьма плодотворным оказалось использование режима с одновременным подавлением сигналов воды и жира для построения 3D-изображений таких форм патологии, как внутричерепная гематома и опухоли. Обычные режимы МР-исследования, в том числе, с подавлением сигналов только воды или только жира не дают достаточно простую картину даже для ручной 3D-обработки изображений. При одновременном подавлении сигналов воды и жира структуры головного мозга, дающие яркий сигнал на обычных T2ВИ, в частности, подкожный жир, желудочки мозга, содержимое глазных яблок, не визуализируются. Поэтому МР-реконструкция и объемный рендеринг МР-изображений существенно упрощаются.

Для 3D- обработки мы использовали программное обеспечение ParaVision™ V1.0, поставляемое фирмой BRUKER для МР-томографа TOMIKON S50. Процедура 3D-обработки включала в себя: построение 3D-пакета из 2D срезов с помощью интерполяции; подбор нижнего порога яркости для отсекация шумовых выбросов; проекционные манипуляции – повороты, подсветка, анимационное представление и т.п. Таким образом, ручная обработка по очищению реконструируемого 3D-объекта от побочных структурных наложений и шума была сведена к минимуму.

* Краткая справка об этом центре в конце статьи. (Прим. Редактора).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1 Объемный рендеринг внутричерепной опухоли

Мы решали задачу построения 3D изображения опухоли из данных, полученных от посрезового МР-сканирования. На рис.1 представлен набор 3D образов, полученных путем стандартной обработки пакета из 2D срезов шириной 6 мм (всего 22 среза). Если не производится предварительная графическая обработка, то МР-данные, получаемые от обычных Т2-взвешенных изображений (Т2ВИ), годятся только для построения поверхности, отображающей распределение подкожного жира – (верхний ряд). То же относится к данным, полученным при подавлении сигналов воды методом FLAIR. Подавление сигналов только жира позволяет лишь “заглянуть” под слой подкожного жира. Только использование данных, полученных при одновременном подавлении сигналов воды и жира, позволяет убрать из МР-изображений жидкостные и жировые включения и выделить зону поражения головного мозга без предварительной графической обработки – (нижний ряд на рис.1). Следует заметить, что некоторые участки в области носа имеют контраст, схожий с контрастом патологического образования, но они расположены ниже опухоли и потому не мешают ее визуализации. Также не препятствуют 3D-обработке отдельные яркие треки от кровеносных сосудов – они видны на МР-реконструкции, программа 3D –обработки распознает их линейную топологию и игнорирует при построении поверхностных или объемных структур.

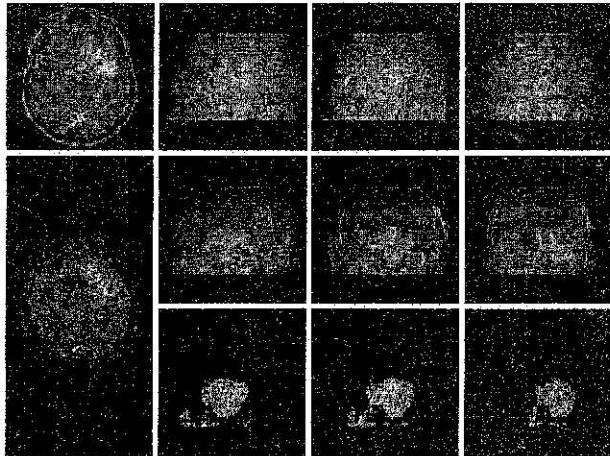


Рис.1 3D-визуализация зоны поражения при опухоли мозга у пациента В. 33 лет.

Верхний ряд – слева - изображение одного из аксиальных срезов Т2ВИ, использованных для построения опорного 3D –образа. Справа - реконструированное по стандартной 3D-методике опорное изображение, представленное в нескольких ракурсах, и фактически отражающее распределение подкожного жира.

Средний и нижний ряды – для аналогичных построений использованы МР-изображения, полученные с одновременным подавлением сигналов воды и жира. Поскольку подкожный жир и желудочки мозга, дающие яркий сигнал на обычных Т2ВИ, не визуализируются, то построение 3D-образа зоны поражения существенно облегчается. Для МР-реконструкции (средний ряд) и 3D- рендеринга (нижний ряд) представлены те же ракурсы, что и для опорного изображения.

Представленные объемные изображения подкожной жировой клетчатки (как опорного объекта, имеющего узнаваемые очертания) и зоны поражения строились из одинаково ориентированных аксиальных срезов. Это упростило построение 3D –образов под одинаковым углом зрения. МР-реконструкция имеет вспомогательный характер – она полезна для наглядного отнесения объемного изображения внутричерепного патологического образования с наружными анатомическими структурами головы.

С помощью данных, полученных с одновременным подавлением сигналов воды и жира, мы к настоящему времени провели измерения объемов патологических образований у 12 пациентов. Наиболее детально (6 измерений за 1.5 лет) нам удалось проследить изменения объема опухоли (диагноз – астроцитомы) у пациента В. 33 лет, отказавшегося от лечения с помощью химиотерапии. Впервые измеренный объем опухоли составил - 52 см³, после чего ее прирост относительно этого значения через 3,5,11,14,17 месяцев составил, соответственно - 23.8, 26.0, 28.1, 66.5, 79.4 процентов.

3.2 Визуализация поверхностей субдуральных гематом

Аналогичная процедура обработки МРТ-данных другого пациента была использована для построения картины поверхностного распределения двусторонних субдуральных гематом (рис.2). Обычные Т2ВИ использовались для построения опорного 3D-образа, а из МР-изображений,

полученных с одновременным подавлением сигналов воды и жира, создали 3D-образы, на которых хорошо просматриваются поверхности гематом. Отметим, что на 3D изображении отчетливее, чем на 2D-срезах визуализируется проникновение гематомы в межполушарную щель.

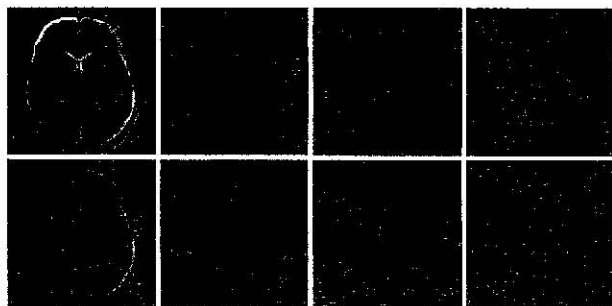


Рис.2 3D-визуализация двусторонних субдуральных гематом у пациента О. 50 лет.

Верхний ряд – слева - изображение одного из аксиальных срезов Т2ВИ, использованных для построения опорного 3D –образа. Справа – реконструированное по стандартной 3D-методике опорное изображение, представленное в нескольких ракурсах. Нижний ряд – для аналогичных построений использованы срезы от Т2ВИ, полученных с одновременным подавлением сигналов воды и жира. Для 3D-рендеринга гематом представлены те же ракурсы, что и для опорного изображения.

С помощью данных, полученных при одновременном подавлении сигналов воды и жира, удобно проследить изменения объема гематом в динамике. В частности, для пациента О. 50 лет объем гематом за 9 недель уменьшился от 35.6 до 17.2 см³.

4. ВЫВОДЫ

Эффективность 3D обработки МР-изображений можно повысить, упростив картину распределения контраста подбором режима сканирования. Полезным подспорьем для этого могут стать МР изображения, полученные с одновременным подавлением сигналов воды и жира. Такой прием позволяет отчетливее выявлять патологические образования –для их последующей 3D-визуализации и количественных измерений.

5. ЛИТЕРАТУРА.

1. E.De Kerviler, A.Leroy Willig, O.Clement, J.Frija. "Fat suppression techniques in MRI: an update," Biomed. And Pharmacother, 52, pp.69-75, 1998.
2. Y.A.Pirogov, N.V.Anisimov, L.V.Gubskii, "Simultaneous suppression of water and fat signals in magnetic resonance imaging" Proceedings of SPIE (Medical Imaging 2002), San Diego, vol.4681, 612-616.
3. Н.В.Анисимов, Л.В.Губский, Ю.А.Пирогов. "Одновременное подавление сигналов воды и жира в магнитно-резонансной томографии."// Научная сессия МИФИ – 2002. Сборник научных трудов. Т.5. Медицинская физика, биофизика. М.МИФИ,2002, с.71-72.
4. Ю.А.Пирогов, Н.В.Анисимов, Л.В.Губский. "Одновременное подавление сигналов воды и жира в магнитно-резонансной томографии." Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2002, №3, с.29-33.