

УДК 81:342.2 / 612.789

МРТ-визуализация артикуляции русских гласных звуков в сопоставлении с аналогичными данными французского, немецкого, шведского и корейского языков.

*Г.Е. Кедрова, Н.В. Анисимов, Л.М. Захаров, Ю.А. Пирогов
Московский государственный университет им.
М.В. Ломоносова, Москва*

Магнитно-резонансная томография (МРТ) в настоящее время является мощным методом медицинской диагностики благодаря высокой информативности и безопасности исследования. Однако возможности современных томографов привлекают и исследователей из других, не связанных напрямую с медициной, областей. Примером нестандартного, не связанного с медицинской диагностикой, применения МРТ являются эксперименты по визуализации артикуляторных органов при произнесении звуков речи.

В результате экспериментального и теоретического исследования, осуществленного по оригинальной методике, разработанной на филологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с Центром магнитной томографии и спектроскопии (ЦМТС МГУ), нами были получены контрастные, высокоинформативные МРТ-изображения, отображающие конфигурацию артикуляторных органов при произнесении основных гласных и согласных звуков русской речи.

Известно, что для получения динамических изображений быстро протекающих процессов (каким и является процесс речепроизводства) наиболее перспективным представляется применение методов магнитно-резонансной томографии (МРТ) с использованием методик быстрого сканирования, позволяющих неинвазивно получать посрезовые изображения со скоростью порядка 10 кадров в секунду. В идеале это требует специального аппаратного и программного обеспечения, позволяющего реализовать наиболее быстрый на сегодняшний день метод МР-сканирования – эхо-планарный метод. Однако из-за невозможности реализовать данный метод на имеющемся в настоящее время в ЦМТС МГУ томографе Tomikon S50 наши основные усилия были направлены на

разработку и реализацию новых технических методов оптимизации процесса получения томографического изображения и совершенствования методик так называемого «псевдодинамического» отображения артикуляционных движений, или методик стробоскопического сбора данных.

Другой особенностью проведенных нами экспериментов явилось то, что отнесение МРТ-кадров и соответствующих им моментов фонации производилось на основе анализа специальным образом подготовленных аудиозаписей, о которых мы будем подробно рассказывать в докладе.

Для решения поставленных задач мы использовали активно развивающийся в настоящее время стробоскопический метод формирования базы данных томографического исследования, который был нами дополненный некоторыми оригинальными методиками. Напомним, что стробоскопический метод состоит в подборе изображений, соответствующих реальной последовательности артикуляторных движений при произнесении слова, из большого массива последовательно ведущейся томографической съемки, который получен при многократном повторе заданного слова.

В соответствии с этим принципом в процессе эксперимента может быть сформирован банк томографических изображений, полученных после многократных запусков быстро сканирующей импульсной последовательности. Для этого в ходе нашего эксперимента диктор многократно повторял короткие речевые фрагменты – долгий (тянутый) звук, слог, слово / псевдослово, предложение, фразу; одновременно с этим осуществлялась последовательная съемка артикуляторного тракта с заданным временным сдвигом, на основе которой после расшифровки изображений проводилась реконструкция процесса изменения конфигурации артикуляторных органов и их взаимного расположения в динамике.

Технические параметры томографической съемки русских гласных звуков в наших экспериментах были следующими: МР-сканирование проводилось по сагиттальному срезу шириной 9 мм и зоне сканирования – 20x12 см. Параметры импульсной последовательности подбирались с расчетом получить МРТ-изображение с приемлемым контрастом и разрешающей способностью не хуже 3,5 мм на пиксел за время сканирования 0.5-0.6 сек. Этим требованиям удовлетворяла программа

SNAP, построенная на базе импульсной последовательности «градиентное эхо» с параметрами – TR=12 мс, TE=5.5 мс и углом поворота намагниченности 10^0 . Сканирование проводилось многократными (128-256) запусками без пауз. Таким образом, полученные нами МРТ-изображения представляли собой набор кадров, разделенных по времени на 0,6 сек. и отображающих одну и ту же зону сканирования.

Поскольку, как мы отмечали выше, синхронизации действий диктора и запусков сканирования мы не предусматривали, в ходе эксперимента велась контрольная аудиозапись на два канала, один из которых использовался для записи голоса, а другой – для записи импульсов начала сканирования. Это позволило провести простое отнесение МР изображений, получаемых при многократных запусках МР сканера, и соответствующих участков аудиозаписи.

В ходе исследования русского вокализма мы акцентировали свое внимание на МРТ-визуализации артикуляционных органов при произнесении русских гласных звуков, произносимых как в изолированной позиции, так и в составе псевдослова и фразы. В качестве дикторов выступали 2 человека (мужской и женский голоса). Томографическая съемка проводилась в несколько сеансов, разделенных временными промежутками приблизительно в один месяц. Кроме того, для оценки воспроизводимости (устойчивости) моделей произнесения аналогичные сеансы МРТ-визуализации проводились спустя приблизительно один год. В начале каждого сеанса МРТ-сканирования дикторы-испытуемые получили задание многократно повторять с ровной интонацией долгие (тянутые) гласные звуки: [a], [o], [y], [ы], [и], [е], а также их последовательность [аоуыие] без паузы. МРТ-изображения этой части экспериментального материала мы будем обсуждать в нашем докладе наиболее подробно.

Полученные в ходе экспериментов по изучению русских гласных звуков МРТ-изображения речевых артикуляций образовали базу данных, из которых нами были отобраны последовательности снимков, соответствующие всем фазам реализации звуков [a], [o], [y], [ы], [и], [е]. МРТ-изображения квазистационарной фазы артикуляции этих гласных представлены на рис. 1.

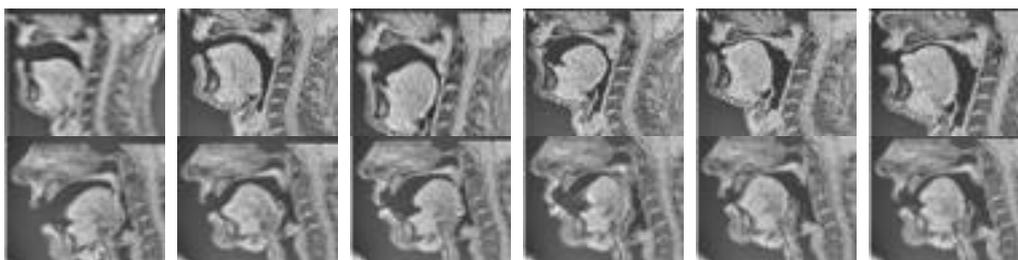


Рис. 1. МРТ-изображения звуков [a], [e], [o], [y], [i], [ɨ] в произнесении диктора-мужчины (верхний ряд) и диктора-женщины (нижний ряд).

При анализе гласных артикуляций по всей базе МРТ-данных обращает на себя внимание достаточно существенная вариативность соответствующих изображений как между дикторами, так и внутри каждого из исследуемых звукотипов. В частности, нельзя не отметить достаточно слабую дифференцированность артикуляторных конфигураций, соответствующих гласным [o] и [y], а также большее разнообразие соответствующих этим звукам типов изображений, чем у гласных [e], [i] и [ɨ]; весьма часто объединяются в одну группу изображения гласных [i] и [ɨ] – так, в ходе специального перцептивного эксперимента почти четверть МРТ-изображений гласного [i] было отнесено экспертами к группе изображений звука [ɨ] и столько же изображений звука [ɨ] отнесено к классу [i]. Кроме того, оказалось, что всеми экспертами наименее однозначно определялись изображения артикуляций гласного [e], который, таким образом, можно считать наименее четко визуально выраженным среди других основных русских гласных звуков.

На следующем этапе исследования полученные нами данные об артикуляторных паттернах русского вокализма мы сравнили с томографическими изображениями артикуляций гласных звуков в других языках. Такие данные мы нашли в соответствующей литературе для французского, немецкого, шведского и корейского языка. Для сравнения выбирались только такие изображения, которые были получены в ходе аналогичных по дикторской инструкции экспериментов, т.е. при производстве тянутых гласных. Некоторые результаты этого сопоставления мы планируем представить в нашем докладе.

Нам представляется достаточно перспективным применение методов магнитно-резонансной томографии для получения достоверной информации о процессах речевой артикуляции и построения на ее основе анимационных

изображений, отображающих процесс произнесения сложных звуковых конструкций – слов, фраз и т.п. Это, в свою очередь, создает возможности для решения ряда задач, которые особенно актуальны сегодня в прикладных областях речеведения (постановка произношения, автоматическое распознавание и синтез речи, создание компьютерных речевых баз данных и т.д.). Вполне вероятно, что такого рода изображения окажутся полезными как для исследования речевых патологий – например, заикания, так и для совершенствования методов восстановительной медицины (в частности, послеоперационного тренинга компенсаторных артикуляций).

Заявка на участие в конференции

Сведения об авторах:

Кедрова Галина Евгеньевна, к. филол. н., доцент, филологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, директор Центра новых информационных технологий в гуманитарном образовании, доцент кафедры русского языка. E-mail: kedr@philol.msu.ru; тел. +7(095) 939-14-78, факс: +7(095) 939-55-96. Адрес для переписки: 119992 Москва, Ленинские горы, МГУ, корп. 1, филологический ф-т, комн. 983.

Анисимов Николай Викторович, к. физ-мат. н., ст. н. с. ЦМТС МГУ.

Захаров Леонид Михайлович, н.с., Учебно-научный компьютерный центр, филологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

Пирогов Юрий Андреевич, профессор, д. физ.-мат. наук, директор ЦМТС МГУ.