



*Николай Викторович
Анисимов —
см. с. 73*



**Галина Евгеньевна
Кедрова —**
канд. филол. наук,
доцент кафедры русского языка,
директор Центра
новых информационных технологий
в гуманитарном образовании
филологического факультета
МГУ им. М.В.Ломоносова.
Научные интересы:
теоретическая и прикладная
лингвистика, общая и русская
фонетика и фонология, компьютерные
обучающие языковые программы,
Интернет-педагогика.
E-mail: kedr@philol.msu.ru

Применение магнитно-резонансной томографии для исследования артикуляторных процессов порождения речи

Н.В.Анисимов, Г.Е. Кедрова, В.В. Гладун, Ю.А. Пирогов

Сообщается об использовании изображений, полученных методами магнитно-резонансной томографии, для визуализации работы артикуляторных органов с целью исследования механизмов речепорождения.

There is here the information on using of magnetic resonance images for visualization of articulatory organs with the goal of speech production process investigations.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) успешно применяется для исследования объектов не только в статическом состоянии, но и в режиме реального времени — функциональная МРТ (ФМРТ) [1]. Методы ФМРТ используют для локализации активных участков коры головного мозга, визуализации пульсирующих органов (сердце), для исследования конечностей при их сгибании и разгибании, а также для решения других задач, возникающих в ходе медицинской диагностики.

Представляется перспективным применить методы ФМРТ для визуализации артикуляторных органов с целью исследования механизмов речепорождения. Актуальность такого исследования обуславливается тем, что на сегодняшний день отсутствуют достоверные знания о динамических механизмах речепорождения в разных языках, и в частности, применительно к русскому языку. До настоящего времени наиболее информативным средством экспериментального исследования речевой артикуляции считалась кинофторентгенография. С помощью этого метода построена хорошо известная и, по видимому, пока единственная, артикуляторная база русского языка (в части стационарных участков звучания), приводимая в справочном издании [2]. Процесс снятия, расшифровки и прорисовки кинофторентгенограмм технически сложен, имеет санитарно-гигиенические ограничения. Метод в основном рассчитан на получение статических изображений и непригоден для изучения речи в процессе ее разворачивания (в реальном времени).

Методы МРТ позволяют преодолеть ограничения рентгенографического метода и благодаря его чувствительности к сигналам от мягких тканей получить высококонтрастные изображения артикуляторных органов — губ, языка, ротовой полости, небной занавески, гортани и др. в процессе порождения звука.

Мы получили МРТ-изображения артикуляторных органов в процессе порождения звука с помощью МР-томографа TOMIKON

S50 (BRUKER). В ходе исследования акцент был сделан на МР-визуализацию артикуляторных органов при произнесении русских гласных звуков, произносимых как в изолированной позиции, так и в составе фразы. В качестве дикторов выступали два человека (мужской и женский голоса). Томографическая съемка проводилась в несколько сеансов. Кроме того, для оценки воспроизводимости (устойчивости) моделей произнесения аналогичные сеансы проводились спустя несколько недель.

Сканирование МРТ проводилось по сагиттальному срезу шириной 9 мм и зоне сканирования 20×12 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...0,8 с. Этим требованиям удовлетворяла программа SNAP, построенная на базе импульсной последовательности «градиснтное эхо» с параметрами $TR = 12$ мс, $TE = 5,5$ мс и углом поворота намагниченности 10° [3]. Сканирование проводилось многократными (128-256) запусками без пауз. Синхронизации действий диктора и запусков сканирования не предусматривались. Поэтому 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 МРТ-изображений, получаемых при многократных запусках МРТ-сканера, и соответствующих участков аудиозаписи.

Диктор произносил звуки в обычном для томографической съемки положении лежа на спине (рис.1). Микрофон (фирмы LifeVideo™) крепился к приемной катушке (катушка Гельмгольца), используемой для МРТ-съемки шейного отдела, и был расположен в непосредственной близости от рта диктора. Такое расположение позволило минимизировать влияние акустического шума, обычно возникающего при МРТ-сканировании из-за вибрации катушек при пропускании через них импульсных токов. Влияние микрофона на качество съемки (из-за наличия в его конструкции кабеля и металлических компонентов, а также из-за протекания тока) оказалось пренебрежимо малым.

Полученные МРТ-изображения представлены на рис.2. Они отображают конфигурацию артикуляторных органов при произнесении гласных звуков. Эти изображения можно сравнить с соответ-



**Валерий Викторович
Гладун**—

вед. инженер кафедры радиофизики
физического фак-та
МГУ им. М.В.Ломоносова.

Научные интересы:
разработка методов получения
и обработки радиоизображений.
E-mail: gladun@radiolab.phys.msu.ru

**Юрий Андреевич
Пирогов**—
см. с. 3

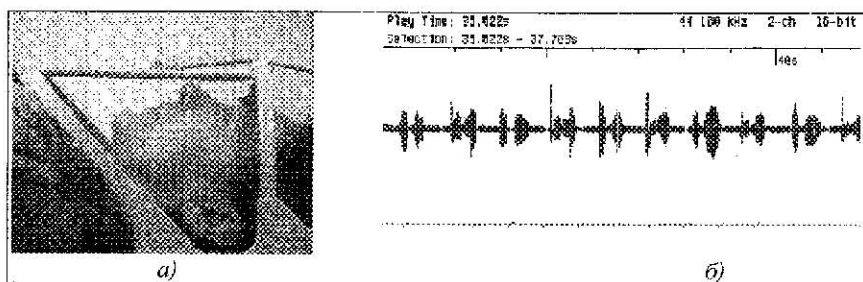


Рис. 1. Расположение диктора при записи МРТ-изображений (а); голова и шея лежат в области чувствительности приемной катушки, имеющей племенообразную конструкцию, к которой сверху прикреплен микрофон. Типовая двухканальная аудиозапись, записанная в ходе экспериментов (б); здесь первый канал (верхняя запись) — голос диктора, второй канал (нижняя запись) — метки начала сканирования

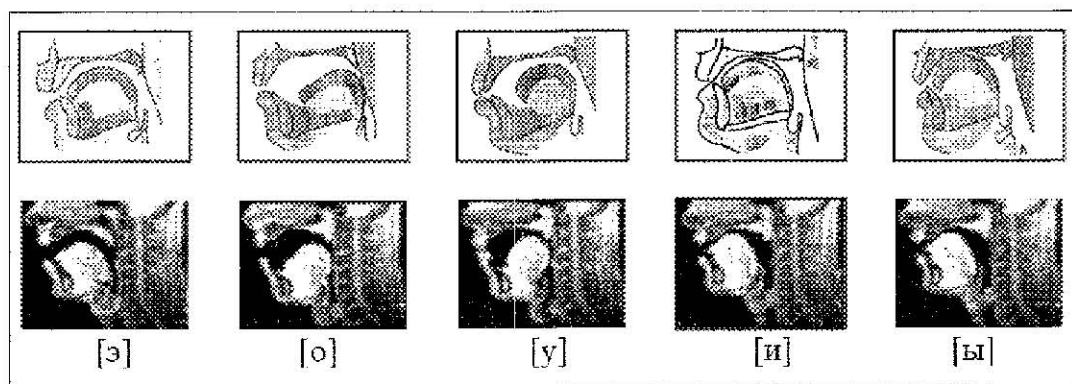


Рис. 2. Конфигурация артикуляторных органов при произнесении гласных звуков. Верхний ряд – изображения получены методом кинофторентгенографии (воспроизведено по материалам книги К.Болла [1]). Нижний ряд – МРТ-изображения

ствующими изображениями, полученными методом кинофторентгенографии. При значительном совпадении основных параметров обоих типов изображений в случае томографической съемки просматривается большая детализация действий органов артикуляции, особенно в отношении мягких тканей (например, языка), которые могут проявлять себя как подвижные.

Представляется вероятным, что, кроме отображения процесса произнесения звуков, ФМРТ можно использовать для построения анимационных изображений, отображающих процесс произнесения более сложных звуковых конструкций – слов, фраз и т.п. При этом уже полученные изображения гласных звуков можно использовать как особые метки при отнесении МР-изображений и аудиозаписи. Дополнительным подспорьем для такой работы могут стать данные обычной видеосъемки, позволяющей упростить отнесение внешних анатомических структур.

Предлагаемое нами применение метода ФМРТ для визуализации работы артикуляторных органов уже на данном этапе позволяет получать высококонтрастные достаточно детальные изображения этих органов на всех стадиях артикуляции звука, что позволяет с высокой степенью достоверности представить все основные особенности артикуляторных движений при произнесении русских гласных звуков. В перспективе предполагается применение разрабатываемых методик и для всех остальных артикуляторных моделей, определяющих артикуляторную базу языка. Это, в свою очередь, создает возможности для успешного решения ряда как фундаментальных задач теоретической фонетики и фонологии (прежде всего совершенствования теории речепорождения), так и для множества прикладных областей речеведения (лингводидактики, автоматического распознавания и синтеза речи, компьютерных речевых баз данных и т.д.).

□ Литература

1. Wishart H.A., Saykin A.J., McAlister T.W. Functional magnetic resonance imaging: emerging clinical applications. – Curr. Psychiatry Rep., 2002, no. 4(5), p.338-345.
2. Болла К. Атлас звуков русской речи. – Будапешт, 1981.
3. Haase A. Snapshot FLASH MRI. – Magn. Reson. Med., 1990, no. 13, p. 77-89.

Поступила 3 марта 2005 г.