

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОНЛАЙНОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АРТИКУЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ТОМОГРАФА

Кедрова Г. Е., Захаров Л. М., Пирогов Ю. А., Анисимов Н. В.

Проект направлен на разработку методик использования новейших технических средств (магнитно-резонансная томография – МРТ) в исследовании фундаментальных механизмов речепорождения и формирование на основе разработанных методик электронных баз данных, в которых исчерпывающим образом будут представлены все типы артикуляторных жестов русского языка.

В настоящее время магнитно-резонансная томография (МРТ) успешно применяется для исследования объектов не только в статическом состоянии, но и в их динамике; при этом крайне ценно, что исследование можно проводить в режиме реального времени – функциональная МРТ [1]. Методы ФМРТ используют для локализации активных участков коры головного мозга, для визуализации пульсирующих органов (сердце), для исследования конечностей при их сгибании и разгибании, решении других задач, возникающих в ходе медицинской диагностики. Представляется перспективным применить методы ФМРТ для визуализации работы артикуляторных органов с целью исследования общих и частных механизмов речепорождения. Методы МРТ позволяют преодолеть ограничения рентгенографического метода и, благодаря ее чувствительности к сигналам от мягких тканей, получить высококонтрастные изображения артикуляционных органов – губ, языка, ротовой полости, нёбной занавески, гортани и др. – в процессе порождения звука.

Актуальность проекта обусловлена отсутствием достоверных знаний о динамических механизмах речепроизводства, в частности, применительно к русскому языку, поскольку до настоящего времени единственным средством экспериментального исследования речевой артикуляции оставалась кинофоторентгенография¹. Недостатком этого метода являются очень большие сложности в его практическом применении (собственно технологические и санитарно-гигиенические ограничения), которые во многом и обусловили принципиальную невозможность изучения речи в процессе ее развертывания (в динамике).

¹ До настоящего времени практически единственным общепризнанным источником сведений об артикуляторной базе русского языка (в части стационарных или квазистационарных участков звуков) является справочное издание «Атлас звуков русской речи», подготовленное на основе кинофоторентгенограмм в Венгрии (К. Болла, Будапешт, 1981 г. [2]).

Имеющееся в данный момент в МГУ уникальное сочетание высоко-технологичного оборудования и научно-педагогических кадров высочайшей квалификации (Учебно-научный межфакультетский и междисциплинарный центр магнитной томографии и спектроскопии, физический факультет, Лаборатория обеспеченного компьютером обучения ЦНИТ ГО, Лаборатория фонетики и речевой коммуникации и кафедра теоретической и прикладной лингвистики филологического факультета) позволит в случае реализации проекта получить новые данные, которые могут существенно обогатить наши знания о механике процессов речевой артикуляции, скорректировать целый ряд общепринятых или устоявшихся положений, способствовать тем самым продвижению российской лингвистической науки на самые передовые позиции.

Таким образом, нашей основной целью являлось решение следующих конкретных задач: разработка адекватной методики томографического исследования динамики речевой артикуляции и получение на основе разработанной методики объективных и достоверных экспериментальных данных по визуализации процессов порождения речи. На первом этапе в силу технологических особенностей используемого оборудования было проведено исследование артикуляторных процессов порождения русских гласных звуков. Параллельно исследовались возможности использования компьютерной магнитно-резонансной томографии для исследования речевой артикуляции в динамике на материале слитной речи (слов, словосочетаний, коротких фраз).

Мы считаем, что полученные в ходе реализации нашего исследования результаты позволят решить ряд как фундаментальных проблем фонетики и фонологии (в первую очередь связанных с совершенствованием теории порождения и восприятия речи), так и чисто прикладных задач (в области лингводидактики, распознавания и синтеза речи, лингвистических баз данных, лингвокриминалистики и т. д.).

В ходе работы использовались следующие экспериментальные методы: томографическая съемка, перцептивный (слуховой и зрительный) эксперименты и акустический анализ.

Технические параметры томографической съемки следующие. МР сканирование проводилось по сагиттальному срезу шириной 9 мм и зоне сканирования – 20x12 см. Параметры импульсной последовательности подбирались с расчетом получить МР 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 [3], 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. Синхронизации действий дик-

тора и запусков сканирования мы не предусматривали. 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 отношение МРТ-изображений, получаемых при многократных запусках МР-сканера, и соответствующих участков аудиозаписи.

Дикторы произносили гласные звуки, слова и короткие фразы в стандартном для томографической съемки положении, т. е. лежа на спине (рис. 1). Микрофон (фирмы LifeVideo) крепился к приемной катушке (катушка Гельмгольца), используемой для МР-съемки шейного отдела и был расположен в непосредственной близости от рта диктора. Такое расположение позволило минимизировать влияние акустического шума, обычно возникающего при МР-сканировании из-за вибрации катушек при пропускании через них импульсных токов. Влияния микрофона на качество съемки (из-за наличия в его конструкции кабеля и металлических компонентов, а также протекания тока) обнаружено не было.

На первой стадии исследования были получены следующие результаты в исследовании русского вокализма. Получены и рассмотрены 386 МРТ-изображений артикуляции гласных звуков в изолированном положении в произнесении двух дикторов (мужчина и женщина); общее время звучания – 13 минут 32 секунды. Эти изображения были получены в ходе двух экспериментальных сессий, проведенных с перерывом в месяц; параллельно томографической съемке проведена аудиозапись (на два канала по специальной методике с автоматической постановкой меток начала томографической съемки) и видеозапись.

Основные методики обработки полученных экспериментальных данных. На первом этапе расшифровывались аудиотреки, была проведена их разметка (сегментирование), затем проводилась атрибуция полученных в ходе томографической съемки изображений и осуществлялся анализ атрибуированных изображений. В связи с избыточным характером информации на полученных снимках был задуман и проведен специальный перцептивный эксперимент, целью которого являлось определение степени и типа информативности МРТ-изображений. В ходе этого эксперимента изучалась возможность классификации (кластеризации) «слепых» изображений (МРТ-снимков)¹ на основе воспринимаемых глазом сходства и различия в конфигурациях артикуляторных органов, была также проанализирована степень совпадения по разным испытуемым полученных в ходе перцептивного эксперимента кластеров (в отношении межличностных совпадений и совпадений по атрибуциям). Полученные данные были сопоставлены с результатами

¹ Термин вводится авторами по аналогии с термином «слепые» сонаграммы.

идентификации изображений, которая осуществлялась по протоколу ведения эксперимента и сегментации аудиотреков. Условия и методика перцептивного эксперимента: общее число экспертов – 10 человек, испытуемым предлагалось расклассифицировать карточки с МРТ-изображениями артикуляции гласных звуков по группам, соответствующим отдельному звуку; время работы с изображениями – не ограничено, общее число выделяемых классов (кластеров) – также не ограничено.

В результате обработки полученных данных можно утверждать, что в целом комплекс артикуляторных движений достаточно стабилен как у каждого из дикторов (повторная томографическая съемка это подтвердила), так и в значительной степени однотипен при многократном произнесении каждого гласного звука. Последнее утверждение не всегда верно лишь для звука [ы], поскольку у обоих дикторов томографические снимки зафиксировали его артикуляционную неоднородность. Необходимо отметить, что наиболее четкие различия наблюдаются в отношении артикуляционных поз, которые связаны с произнесением звуков [а], [о] и [у]. Важно, что эти же звуки достаточно хорошо идентифицируются испытуемыми и по «слепым» Т-изображениям, т. е. большинство соответствующих снимков у всех испытуемых формируют по каждому из звуков отдельные кластеры. Наибольшая близость конфигураций обнаружилась в отношении изображений артикуляции звуков [е] и [ы], а также [е] и [и]. Кроме того, необходимо также отметить, что в ответ на просьбу попытаться идентифицировать (атрибуировать) неподписанные изображения почти все испытуемые-филологи считали снимки, соответствующие артикуляции звука [о], отображением произнесения звука [у] и наоборот.

Полученные МРТ-изображения по одному из дикторов представлены на рис. 2. Они отображают конфигурацию артикуляционных органов при произнесении русских гласных звуков в изолированном положении. Здесь же приведено сопоставление МРТ-изображений с соответствующими схематическими изображениями русских гласных, полученными методом кинофторентгенографии [2]. При значительном совпадении основных параметров обоих типов изображений в случае томографической съемки просматривается большая детализация конфигураций активных органов артикуляции, особенно в отношении мягких тканей, которые могут проявлять себя как подвижные – например, кончика и тела языка.

В ходе эксперимента была также выявлена высокая информативность МРТ-изображений для определения индивидуальных особенностей артикуляторной динамики у каждого из дикторов. Так, характерное для одного из дикторов особое произнесение звука [а] и других заднеязычных гласных, которое на слух воспринималось как более

заднее, гортанное, было отчетливо зафиксировано на соответствующих снимках (см. также рис. 3).

Некоторые основные выводы. В результате проведенного исследования доказана информативность полученных по разработанной методике МРТ-изображений, их релевантность в отношении фиксации основных особенностей артикуляции русских гласных звуков, а также возможность объективного определения некоторых индивидуальных особенностей артикуляторной базы. Проведенное сравнение полученных изображений с результатами кинофторентгенографического исследования, опубликованного в книге К. Боллы [2], показало, что при определенном совпадении основных параметров изображений (в первую очередь, взаиморасположение основных артикуляторных органов) разрабатываемый нами метод позволяет получить большую детализацию изображения, особенно в отношении мягких и/или наиболее подвижных тканей (в частности, кончик языка и др.). Таким образом, полученные в результате нашего исследования и специальным образом обработанные изображения (МРТ-снимки) артикуляции русских гласных звуков могут послужить базовым материалом для создания артикуляционных эталонов в процессе формирования единой универсальной базы данных.

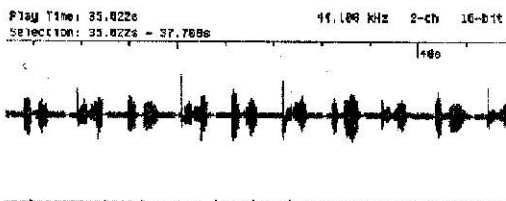


Рис. 1. Слева – расположение диктора при записи МРТ-изображений. Голова и шея лежат в области чувствительности приемной катушки, имеющей шлемообразную конструкцию, к которой сверху прикреплен микрофон. Справа – типовая двухканальная аудиозапись, записанная в ходе экспериментов. Здесь первый канал (верхняя запись) – голос диктора, второй канал (нижняя запись) – метки начала сканирования.

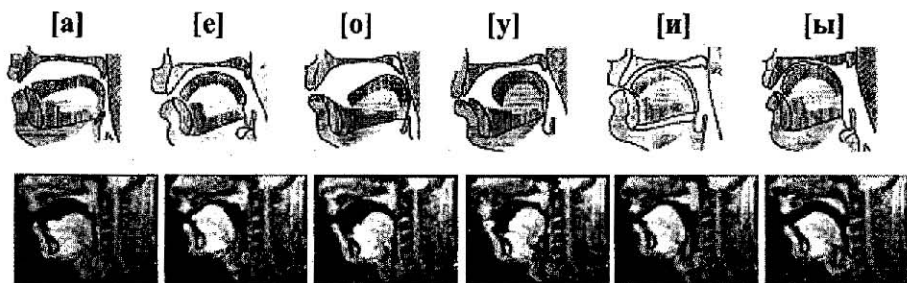


Рис. 2. Конфигурация артикуляционных органов при произнесении гласных звуков. Верхний ряд – изображения получены методом кинофоторентгенографии – воспроизведено по материалам книги К.Боллы. Нижний ряд – МРТ-изображения (диктор 3.).

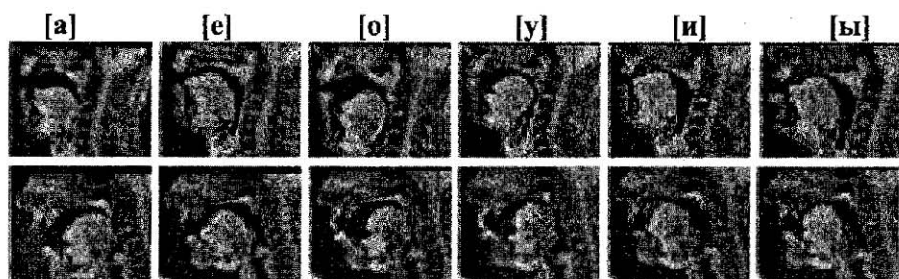


Рис. 3. Сопоставление МРТ-изображений артикуляции прусских гласных звуков у разных дикторов. Ряд 1 – диктор 3., ряд 2 – диктор К.

Литература

1. Hartshorne J. A., Michael F. Functional Brain Imaging. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1995.
2. Болла К. «Атлас звуков русской речи», Будапешт, 1981 г.
3. Snapshot FLASH MRI A. Naase, Magn. Reson. Med. 13, 77–89 (1990).

ПОЛУДИАЛЕКТ КАК СТРАТА В СОВРЕМЕННОЙ СИБИРСКОЙ ЯЗЫКОВОЙ СИТУАЦИИ (НА МАТЕРИАЛЕ ФОНЕТИКИ)

Лукьянова Н. А.

Проблема полудиалекта как страты, формирующейся в новой, советской, социально-исторической ситуации, как известно, была поставлена в русистике еще в 20-е гг. XX в. В. М. Жирмунским, к ней обращались Л. В. Щерба, Б. А. Ларин, Р. И. Аванесов, Ф. П. Филин, Л. И. Баранникова, Т. С. Коготкова, Л. Э. Калнынь, В. Е. Гольдин и др. Она ак-