

Проявления речевого дефекта в процессе восприятия речи и внутреннего проговаривания

Ольга В. Шевалдова^{1*} , Александр В. Вартанов¹ 

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

*Почта ответственного автора: shevaldovaolga@yandex.ru

Аннотация

Введение. Существующие исследования в области речевых расстройств не дают системного представления о связи биоэлектрической активности мозга с характером речевых нарушений, особенностями процессов речевосприятия и внутреннего проговаривания. Настоящая работа направлена на сравнение активности головного мозга при восприятии и мысленном повторении слов группой людей без речевых расстройств и группой людей с функциональной дислалией. Впервые проведен анализ и сравнение вызванных потенциалов (ВП) мозга в процессе речевосприятия и внутреннего проговаривания у людей с ротацизмом и без него. **Методы.** В ЭЭГ-исследовании приняли участие 36 человек, из них 18 имели речевое нарушение в виде ротацизма. Испытуемым предъявлялись аудиальные стимулы (слова), наговоренные диктором с ротацизмом и диктором без особенностей звукопроизношения. После этого необходимо было мысленно повторить слово, сохраняя интонацию и особенности произношения, как при внешней речи. **Результаты.** В процессе ЭЭГ исследования наиболее значимые различия в структуре ВП были обнаружены в отведении С3. **Обсуждение результатов.** Был проведен анализ различий ВП в процессе речевосприятия и внутреннего проговаривания у людей с ротацизмом и без него. Показано, что для задачи на восприятие и мысленное повторение речевых стимулов прослеживается тенденция различать дефектное и нормативное произношение слов группой людей без речевых нарушений. У людей с ротацизмом значимых различий ВП при этих же условиях не выявлено. Можно предположить, что люди с ротацизмом не ощущают различия между этими вариантами произношения.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ключевые слова

электроэнцефалография, внутренняя речь, ротацизм, вызванные потенциалы, восприятие, речевые нарушения, функциональная дислалия, звуковой образ, дефекты произношения, мысленное проговаривание

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20-18-00067.

Для цитирования

Шевалдова, О. В., Вартанов, А. В. (2023). Проявления речевого дефекта в процессе восприятия речи и внутреннего проговаривания. *Российский психологический журнал*, 20(3), 173–187. <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.3.9>

Введение

Распространенность речевых расстройств по различным данным составляет от 5–10% (Ягунова, 2018) до 22% (Goulart, 2017). В последние годы отмечается увеличение количества пациентов с когнитивным дефицитом и нарушениями речевого развития (Макаров, Емелина, 2017). Широкое распространение получило использование электроэнцефалографии (ЭЭГ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), компьютерной томографии (КТ) для оценки функционального состояния головного мозга. При помощи этих методов в последние годы обнаружены эпилептиформные и локальные патологические изменения (с преобладанием в височных областях) мозга у детей с тяжелыми нарушениями речи и органически обусловленной грубой задержкой психического развития (Гамирова, Белоусова, Уткузова, Зайкова, 2014), нейропсихологические и нейролингвистические аспекты специфических нарушений речи (Pachalska, Jastrzębowska, Lipowska & Pufal, 2007), установлена корреляция между височно-нижнечелюстными расстройствами, атипичным глотанием и дислалией (Marchesi et al., 2019).

Несмотря на проводимые в области диагностики и лечения речевых нарушений у детей и взрослых исследования, остаются нерешенными такие вопросы, как патогенез различных речевых нарушений, соотношение особенностей биоэлектрической активности головного мозга с характером речевого дефекта и особенностями внутренней речи и восприятия. Понимание нейрофизиологических механизмов организации речевой деятельности является необходимым условием разработки и применения адекватных методов коррекции нарушений речевого развития.

Функциональная дислалия

Функциональная дислалия – это дефекты звукопроизношения, обусловленные нарушением функционирования корковых отделов речедвигательного, речеслухового анализатора или дефектом механизма речеобразования. Он проявляется моторной (искажение) или сенсорной (смешение, подмена) неточностью произношения фонем. Ротацизм – форма дислалии, связанная с наличием дефекта при произношении звуков «р» и «р'».

Причины функциональной дислалии

У людей с функциональной дислалией строение периферического речевого аппарата в норме, иннервация артикуляционных мышц не нарушена, физический слух сохранен. Выявленные дефекты произношения обусловлены нарушением протекания нейродинамических процессов в коре головного мозга. Функциональная дислалия может быть обусловлена двумя типами факторов:

- *Биологические факторы.* К ним относят задержку психоречевого развития и общее физическое истощение организма вследствие длительных заболеваний или тяжелого протекания инфекционных патологий. Нарушение общего физического развития предопределяет нейродинамический дефицит, который выражается в ослаблении тонких дифференцировок в речеслуховом или речедвигательном анализаторе. Артикуляционные движения нечеткие, речевая кинестезия нечеткая, фонематический слух не сформирован.
- *Социальные(педагогические) факторы.* К ним относятся случаи некорректного обучения речи: подражание родителей «лепетному» произношению, усвоение ребенком дефектных речевых моделей взрослых, чрезмерное косноязычие родителей и близких родственников, которому ребенок начинает подражать. На развитие речи негативно влияет воспитание в билингвальной среде – в этом случае нормативные для одного языка особенности звукопроизношения могут переноситься на другой, где они не являются нормой. Кроме всего прочего, причиной дислалии может быть запоздалое обращение к логопеду или педагогическая запущенность (Болтакова, 2013).

Механизм возникновения дислалии

Механизм возникновения функциональной дислалии связан с нарушением баланса возбуждения и торможения в корковых отделах речеслуховой и речедвигательной систем головного мозга человека. Характер ведущего дефекта определяется локализацией нарушений корковой нейродинамики. При поражении моторного центра речи (зоны Брока) возникает в основном двигательная недостаточность: в первую очередь страдает воспроизведение фонем, а во вторую очередь речевой слух. При локализации нейродинамических расстройств в сенсорной речевой

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

зоне (центре Вернике) снижается способность воспринимать звуки речи как лингвистически значимые.

Ранние исследования показали противоречивые результаты относительно взаимосвязи речепроизводства и аудиального восприятия у людей с речевыми расстройствами. Одни авторы предполагают, что восприятие звуков является критической переменной и оказывает влияние на процесс производства речи (Munson, Edwards & Beckman, 2005; Nijland, 2009; Cabbage, Hogan & Carrell, 2016). Другие авторы утверждают, что слишком мало доказательств в поддержку того, что наличие речевого дефекта вызывает проблемы при аудиальном восприятии речи (Nagao, 2012; Hearnshaw, Baker & Munro, 2018). Так, результаты одного и последних исследований (Berti, Guilherme, Esperandino & de Oliveira, 2020) подтвердили взаимосвязь между речепроизводством и речевосприятием, хотя отмечается, что восприятие речи не полностью отражает процесс речепроизводства.

Учитывая неоднозначность результатов, полученных ранее, представляется необходимым продолжить изучение взаимосвязи между производством и восприятием речи у людей с дефектами звукопроизношения.

Продолжаются споры о том, сходным ли образом обрабатываются в мозге внешняя и внутренняя речь. Содержат ли оба вида речи подробную артикуляционную информацию и при этом внутренней речи не хватает только производства звука, или внутренняя речь вовсе не включает в себя подробную артикуляционную информацию (Stephan, Saalbach & Rossi, 2020)? Исследование (Stephan et al., 2020) показало, что мозг успешно различает внутреннюю и внешнюю речь. Одновременно применяя метод ЭЭГ и метод функциональной ближней инфракрасной спектроскопии (fNIRS) авторы показали, что различия между внутренней и внешней речью обусловлены не только специфическими языковыми и моторными процессами, но и тормозными механизмами. Кроме того, в последнее время предпринимаются попытки автоматического декодирования внутренней речи с использованием ЭЭГ и других неинвазивных методов (Simistira, Gupta, Saini, De & Liwicki, 2022; Nieto, Peterson, Rufiner, Kamienkowski & Spies, 2022; Berg, Donkelaar & Alimardani, 2021).

Наличие генерализованных аномалий на ЭЭГ у детей с нарушениями речи показано в исследовании (Mehta et al., 2015). Обнаружены статистически значимые изменения параметров ЭЭГ, характерные для различных уровней общего недоразвития речи. Данные изменения необходимы для дифференциальной диагностики умеренных и грубых поражений, а также для прогноза заболевания (Разинькова и др., 2019).

В недавней работе (Ballard, Etter, Shen, Monroe & Tien, 2019) авторы показали возможность использования систем автоматического распознавания речи на основе ЭЭГ в качестве инструмента обратной связи при проведении логопедической терапии пациентам с афазией. Результаты, представленные в другой статье (Krishna et al., 2021), показывают первый шаг к демонстрации возможности

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

использования неинвазивных нейронных сигналов для разработки надежного речевого протеза в режиме реального времени для людей, перенесших инсульт, страдающих от афазии, апраксии и дизартрии.

Важную роль в процессе внутренней речи играет обработка слуховой информации. Она осуществляется в ряде областей коры, обнаруженных в нижней части боковой борозды и прилежащих к верхней височной извилине (Вартанов, Шевченко, 2022). С точки зрения мозговых механизмов имеет место сложная система, которая, с одной стороны, сходна с системой восприятия речи и представления звуковых образов, а, с другой, с системой речеобразования.

Поскольку внутреннюю речь можно рассматривать как производную форму внешней (звуковой) речи, то допустимо ожидать, что нарушения внешней речи могут проявиться и во внутренней. Но, с другой стороны, поскольку во внутренней речи само по себе звукопроизводство не требуется, то и дефекты произношения, казалось бы, не должны проявляться во внутреннем звуковом образе. В этом противоречии кроется **основная проблема** данного исследования, актуальность и научная значимость которой лежит не столько в плоскости логопедии и дефектологии, сколько в области нейрофизиологии. В настоящее время нет полного системного представления о мозговых механизмах внутренней речи, а связь этих процессов с характером речевого дефекта фактически не исследована (это и является **объектом** текущего **исследования**). Не описаны и соответствующие проявления биоэлектрической активности с помощью ВП, что является **предметом** данного исследования.

Цель настоящего исследования – по данным ЭЭГ построить и сравнить вызванные потенциалы мозга в процессе восприятия и внутреннего проговаривания (мысленного повторения) слов (произнесенных нормально и диктором с ротацизмом) группой людей с ротацизмом и группой людей с нормативным произношением.

Методы

Испытуемые

В исследовании принимали участие 36 испытуемых: 18 женщин и 18 мужчин в возрасте от 22 до 38 лет. Из них 15 человек (6 женщин и 9 мужчин) имели особенность звукопроизношения в виде ротацизма. Образование испытуемых высшее. Все испытуемые не имели в анамнезе психических заболеваний, а также подписали добровольное информированное согласие на участие в эксперименте, одобренное этическим комитетом факультета психологии МГУ имени М. В. Ломоносова № 6, 2020 г.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Оборудование

Для записи и редактирования ЭЭГ с целью исключения артефактов использовалась программа BrainSys (BrainWin). Регистрация электрической активности мозга проводилась монополярно, с помощью 19-канального электроэнцефалографа «Нейро-КМ» (компания «Статокин», Россия). Электроды были расположены по международной системе 10–20% с двумя мостоидами. Для предъявления стимулов использовалась программа Presentation (версия 18.0 фирмы Neurobehavioral Systems, Inc). Рассчитывались усредненные вызванные потенциалы (ВП) и соответствующие 95% доверительные интервалы для каждого стимула.

Стимулы

1. Ракета – значимое слово с контрольной буквой «р» в начале;
2. Р'акета – значимое слово, произнесенное диктором с ротализмом;
3. Библиотека – нейтральное слово, не содержащее контрольную букву «р»;
4. Курьер – значимое слово с контрольной буквой «р» в середине перед мягким знаком и в конце слова;
5. Ограда – значимое слово с контрольной буквой «р» в середине слова перед гласной.

Данные стимулы были представлены в аудиоформате. При аудиальном предъявлении использовались записи, наговоренные женским голосом, в которых данные слова представлены без дополнительных звуков, шумов и возможности образования словосочетаний и предложений.

Процедура эксперимента

Стимулы предъявлялись в случайном порядке, каждый по 50 раз, общая последовательность предъявлений состояла из 250 стимулов, длительность эксперимента составляла около 25 минут. Начало проговаривания «про себя» задавалось специальным сигналом (коротким звуком). Аудиальные стимулы предъявлялись через наушники. Во время эксперимента испытуемый находился с закрытыми глазами.

Анализ данных

Для исключения артефактов проводился визуальный анализ ЭЭГ с помощью программы BrainSys (BrainWin). В результате автоматической сортировки отрезков ЭЭГ по номерам стимулов и усреднения фрагментов ВП в интервале 200 мс до стимула и 500 мс после его предъявления для двух исследуемых групп испытуемых было

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

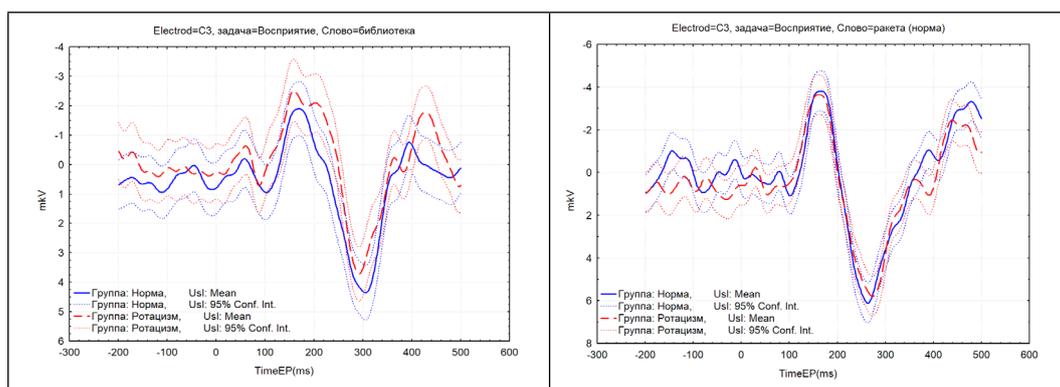
получено 5 ВП при восприятии стимулов и 5 ВП для их внутреннего проговаривания по каждому из 19 отведений. Для всех ВП были получены оценки 95% доверительного интервала, что далее использовалось для определения достоверности различий между ними.

Результаты

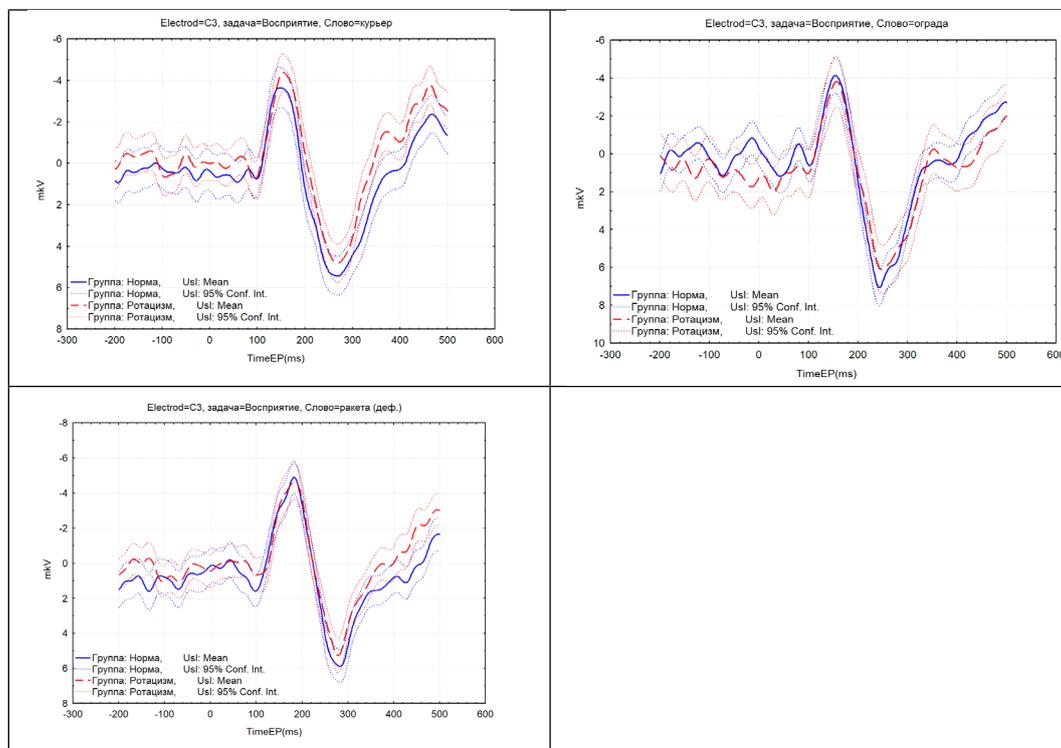
Для каждой из исследуемых групп испытуемых (группа людей с ротацизмом и без) были получены усредненные ВП при восприятии, и при мысленном проговаривании каждого из предъявленных слов с оценкой 95% доверительного интервала, что позволило оценить достоверность различий в амплитуде соответствующих пиков. В большинстве отведений никаких значимых различий между группами испытуемых ни по одному из стимулов-слов не обнаружено. Однако тонкие, но значимые изменения биоэлектрической активности выявлены для некоторых условий в одном отведении – С3. Для задачи на восприятие характерно фактически полное совпадение вызванных потенциалов по форме для обеих групп испытуемых по всем стимулам. В отведении С3 присутствует незначительная разница в амплитуде и форме ВП для слов «библиотека» и «курьер», также характерно наличие пика N450 при восприятии слова «библиотека» группой испытуемых с ротацизмом (рисунок 1).

Рисунок 1

Сопоставление ВП между группами нормы и людей с ротацизмом при восприятии слов



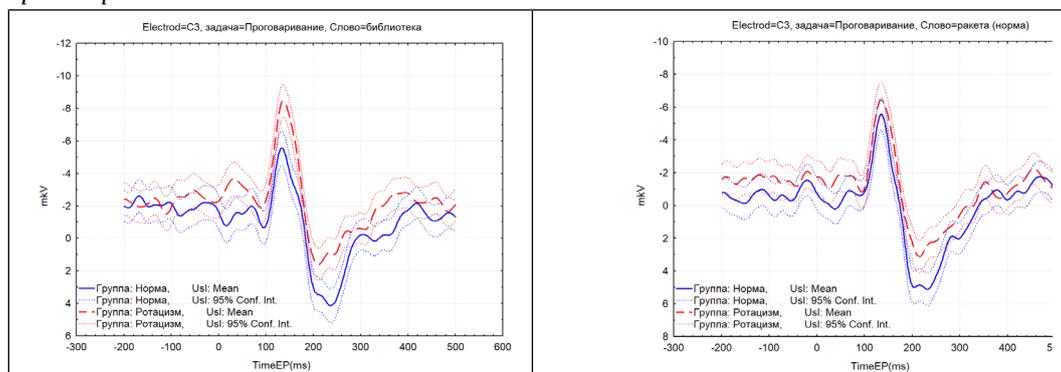
ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ



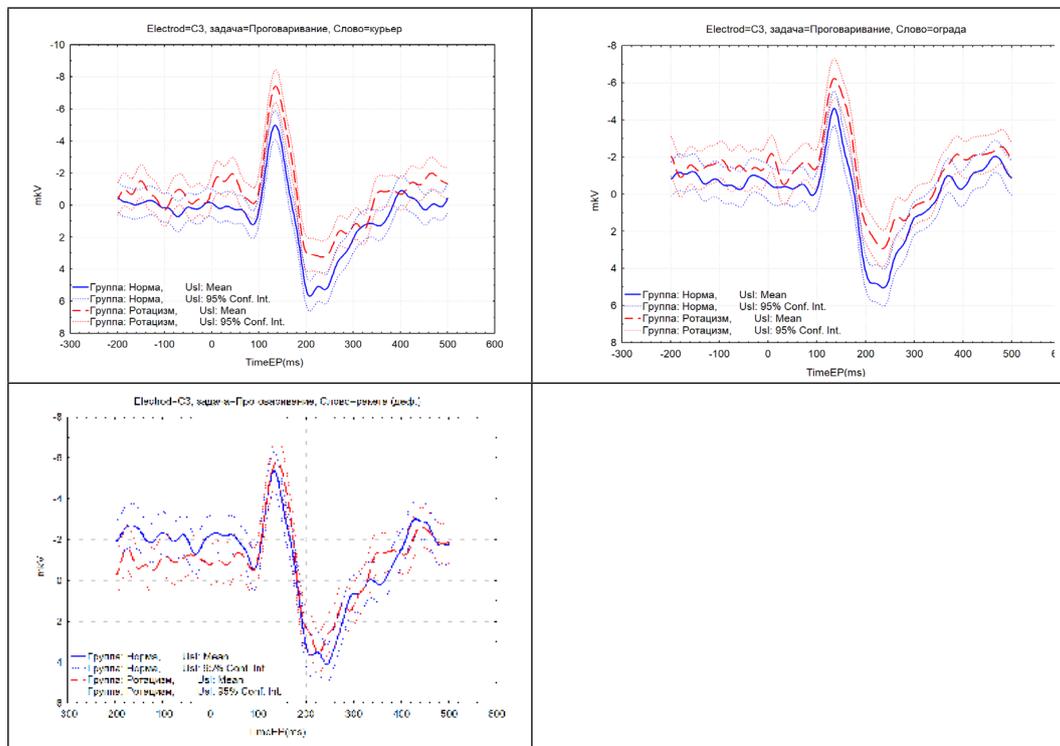
Видна существенная разница в амплитуде ВП для отведения С3 фактически для всех слов, кроме слова «р'акета», произнесенного диктором с ротацизмом в случае их мысленного повторения (рисунок 2). Обращает на себя внимание, что амплитуда ВП выше у группы людей с ротацизмом.

Рисунок 2

Сопоставление ВП между группами нормы и людей с ротацизмом при внутреннем проговаривании слов



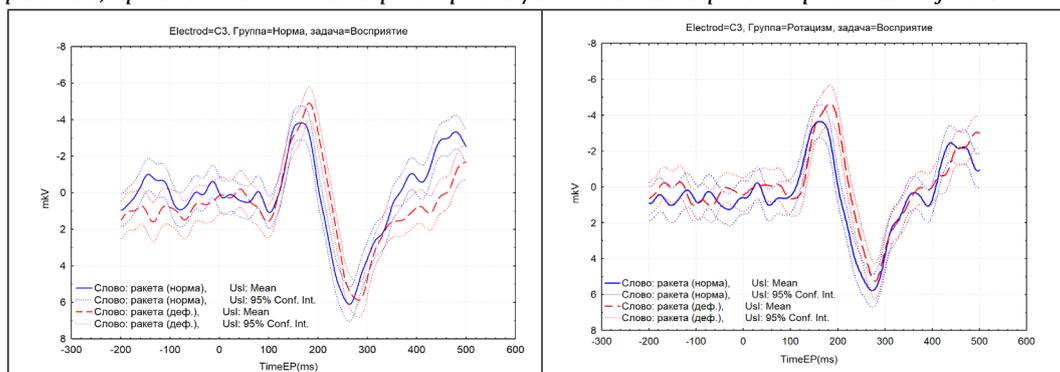
ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ



На рисунке 3 дополнительно представлено сопоставление ВП в отведении С3 для задачи восприятия слов «ракета», произнесенного диктором без речевых дефектов (ракета норма) и «р'акета», произнесенного диктором с ротацизмом (ракета (деф.)). Характерно наличие сдвига ВП по латенции вправо в случае восприятия стимула, наговоренного диктором с дефектом дикции для обеих групп испытуемых (рисунок 3).

Рисунок 3

Сопоставление ВП между группами нормы и людей с ротацизмом при восприятии слова 'ракета', произнесенного диктором с ротацизмом и диктором без речевых дефектов.

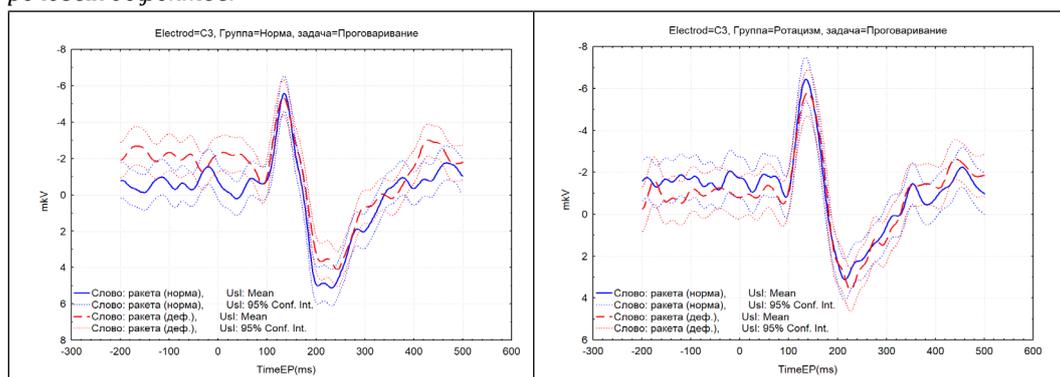


ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Для проговаривания тех же стимулов характерно фактически полное совпадение форм, амплитуд и латенций ВП в отведении С3 для обеих групп (рисунок 4).

Рисунок 4

Сопоставление ВП между группами нормы и людей с ротацизмом при мысленном проговаривании слова 'ракета', произнесенного диктором с ротацизмом и диктором без речевых дефектов.



Обсуждение результатов

Нейрофизиология грубых нарушений речи, предположительно, обусловлена органическими факторами вследствие перинатально гипоксического поражения ЦНС. Механизмы умеренных и легких нарушений речи детерминированы дискоординацией процессов возбуждения и торможения определенных структур головного мозга (Разинькова и др., 2019), что, несомненно, отражается на изменении общей картины ЭЭГ. Такие нарушения речи связаны в первую очередь со структурными аномалиями левой нижней лобной доли. Так, показано, что при коррекции речевых расстройств эффективно помогает биологическая обратная связь, разработанная на основе сигналов ЭЭГ в отведениях О2, О1, С3, С4, F3, F4, F7, F8 (Jayawickrama & Thelijagoda, 2020).

Результаты, полученные в настоящем исследовании, демонстрируют, что наибольшие и единственные различия в ВП между группами нормы и с ротацизмом обнаружены только в отведении С3.

Модель языкового анализа (Емелина, Макаров, Гасанов, 2019), основанная на многочисленных нейрофизиологических исследованиях, посвященных изучению процесса языкового анализа (Frisch, Hahne & Friederici, 2004; Friederici, 2011; Юрченко, 2017) предполагает наличие трехэтапной модели обработки языковой информации головным мозгом. На первом этапе (временной интервал 100–300 мс) осуществляется синтаксический анализ, определяется к какой части речи относится данное слово и может ли оно быть включено в смысловую

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

конфигурацию предложения. В диапазоне 120–200 мс может наблюдаться ранняя левая фронтальная негативность, так называемый ELAN (early left anterior negativity)-эффект (Hahne & Friederici, 2002; Frisch et al., 2004; Friederici, 2011), определяющий правильность опознания звукового стимула и соотнесение с шаблоном памяти. На втором этапе (300–500 мс) происходит обработка лексико-семантической информации и встраивание значения поступившей информации в контекст. В этом диапазоне может наблюдаться левая фронтальная негативность или LAN (left anterior negativity)-эффект (Gunter, Friederici & Schriefers, 2000; Sabourin & Stowe, 2004), который характеризует восприятие стимулов с морфосинтаксическими аномалиями, в результате которых возникают трудности с приписыванием тематических ролей. На третьем этапе (от 500 мс) происходит объединение всех типов информации. При наличии синтаксических, а иногда и семантических аномалий возникает эффект P600, который, вероятнее всего, характеризует этап реанализа поступившей информации.

В текущей работе показано, что для задачи на восприятие прослеживается тенденция различать нормальное произношение слова «ракета» с дефектным произношением на поздней латенции (400–500 мс) группой людей без речевых дефектов. Вероятно, это свидетельствует о LAN-эффекте. Для группы с ротацизмом при этом ВП на этой латенции не различаются, что может свидетельствовать о том, что люди с ротацизмом не ощущают разницы между этими вариантами произношения на уровне речевосприятия.

В процессе мысленного повторения за диктором также прослеживается тенденция к различению двух вариантов произношения слова «ракета» группой без речевых дефектов на латенции 250 мс. Люди без речевого дефекта, повторяя слово «р'акета» за диктором с ротацизмом, пытаются распознать стимул и соотнести его с каким-либо уже существующим паттерном памяти, что сопровождается появлением ELAN-эффекта. В группе людей с ротацизмом таких различий ВП не наблюдается, то есть, они произносят во внутреннем плане оба варианта слова «ракета» одинаково. Стоит добавить, что по субъективному устному отчету испытуемых с ротацизмом во внутренней речи они также имеют дефект произношения букв р и р'.

Обращает на себя внимание факт уменьшения амплитуды ВП N150 при мысленном повторении всех слов группой людей без речевых нарушений. Согласно модели речепроизводства Ристо Наатанена (Наатанен, 1998) это может быть объяснено процессом игнорирования девиантного стимула. Важно, что амплитуда N150 меньше в группе нормы только при внутреннем проговаривании (при восприятии – разницы не наблюдается). Соответственно, можно предположить, что у людей с ротацизмом недостаточно развито торможение при генерации звукового образа при внутреннем проговаривании. То есть, дефект произношения может быть связан с недостаточно правильным построением внутреннего звукового образа, что не дает правильно настроить артикуляцию по звуковому эталону, они не видят собственного дефекта.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Сходство ВП на восприятие и на проговаривание в группе нормы свидетельствует о возникновении одинакового звукового образа при проговаривании и восприятии или свидетельствует о произвольном проговаривании при восприятии.

Заключение

1. Показано, что наибольшие и единственные различия в ВП между группами испытуемых с ротацизмом и нормы обнаружены только в отведении СЗ.

2. Показано, что для задачи на восприятие прослеживается тенденция различать нормальное и дефектное произношение слова «ракета» на поздней латенции (400–500 мс) группой людей без речевых нарушений. Вероятно, это свидетельствует о возникновении LAN-эффекта, характеризующего восприятие стимулов с морфосинтаксическими аномалиями. В группе людей с ротацизмом таких различий ВП не наблюдается.

3. В процессе мысленного повторения за диктором также прослеживается тенденция к различению двух вариантов произношения слова «ракета» группой без речевых дефектов на латенции 250 мс, что может свидетельствовать о возникновении ELAN-эффекта, определяющего правильность опознания звукового стимула и его соотнесение с шаблоном памяти. У испытуемых с ротацизмом различий ВП при предъявлении тех же стимулов не наблюдается.

4. Выявлено, что при мысленном повторении всех слов амплитуда ВП N150 различается для групп с ротацизмом (она больше) по сравнению с нормой. Для задачи на восприятие различий ВП для обеих групп испытуемых не наблюдается. Вероятно, у людей с ротацизмом недостаточно развито торможение при генерации звукового образа при внутреннем проговаривании. Дефект произношения может быть связан с недостаточно правильным построением внутреннего звукового образа, что не дает правильно настроить артикуляцию по звуковому эталону.

Выводы

- единственные различия в ВП между группами испытуемых с ротацизмом и нормы обнаружены в отведении СЗ;
- при восприятии слова, произнесенного диктором с ротацизмом, людьми без речевых нарушений наблюдается поздняя левая фронтальная негативность, характеризующая восприятие стимулов с морфосинтаксическими аномалиями;
- при мысленном повторении слова, произнесенного диктором с ротацизмом, в группе людей без дефектов дикции наблюдается ранняя левая фронтальная негативность, определяющая правильность опознания звукового стимула его и соотнесение с шаблоном памяти;
- у людей с ротацизмом недостаточно развито торможение при генерации звукового образа при внутреннем проговаривании.

Литература

- Болтакова, Н. И. (2013). *Теоретические основы логопедии*. Дислалия: Краткий конспект лекций. Казанский федеральный университет.
- Вартанов, А. В., Шевченко, А. О. (2022). Психофизиологические механизмы внутреннего проговаривания фонем. *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*, 1, 201–220. <https://doi.org/10.11621/vsp.2022.01>
- Гамирова, Р. Г., Белоусова, М. В., Уткузова, М. А., Зайкова, Ф. М. (2014). Особенности электроэнцефалографических изменений у детей с нарушениями речевого развития. *Вестник современной клинической медицины*, 7(3), 15–20.
- Емелина, Д. А., Макаров, И. В., Гасанов, Р. Ф. (2019). Методика вызванных потенциалов головного мозга в исследовании специфических расстройств речи у детей. *Социальная и клиническая психиатрия*, 29(2), 104–111.
- Макаров, И. В., Емелина, Д. А. (2017). Нарушения речевого развития у детей. *Социальная и клиническая психиатрия*, 27(4).
- Наатанен, Р. К. (1998). *Внимание и функции мозга* (пер. с англ. Н. Данилова, Е. Федоровская, А. Черноризов). Е. Н. Соколов (ред.). Издательство московского университета.
- Разинькова, Н. С., Хмелевская, И. Г., Миненкова, Т. А., Матвиенко, Е. В., Кривдина, Н. Д., Сerezкина, А. В., Глотова, И. В. (2019). Современные аспекты диагностики расстройств речевого развития у детей. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*, 4 (72), 129–131.
- Юрченко, А. Н. (2017). *Восприятие референциально неоднозначных выражений русского языка: данные связанных с событиями потенциалов мозга* (кандидатская диссертация). Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова.
- Ягунова К. В., Гайнетдинова Д. Д. (2018). Речевые нарушения у детей раннего и дошкольного возраста. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*, 63(6), 23–30. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-5-23-30>
- Ballard, K. J., Etter, N. M., Shen, S., Monroe, P., Tien Tan, C. (2019). Feasibility of Automatic Speech Recognition for Providing Feedback During Tablet-Based Treatment for Apraxia of Speech Plus Aphasia. *American journal of speech-language pathology*, 28(2S), 818–834. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-MS18-18-0109
- Berg, B. V., Donkelaar, S. V., Alimardani, M. (2021). Inner Speech Classification using EEG Signals: A Deep Learning Approach. In *2021 IEEE 2nd International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICHMS53169.2021.9582457>
- Berti, L., Guilherme, J., Esperandino, C., de Oliveira, A., (2020). Relationship between speech production and perception in children with Speech Sound Disorders, *Journal of Portuguese Linguistics* 19(1), 13. <https://doi.org/10.5334/jpl.244>
- Cabbage, K. L., Hogan, T. P., Carrell, T. D. (2016). Speech perception differences in children with dyslexia and persistent speech delay. *Speech Communication*, 82, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2016.05.002>
- Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing: from structure to function. *Physiological reviews*, 91(4), 1357–1392. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011>
- Frisch, S., Hahne, A., Friederici, A. D. (2004). Word category and verb–argument structure information in the dynamics of parsing. *Cognition*, 91(3), 191–219. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.09.009>
- Goulart, B., Chiari, B., Borges A. C. (2017). Factors associated with speech, hearing and language disorders among children in a primary care outpatient center. *Journal of Human Growth and Development*, 27(3), 281. <https://doi.org/10.7322/jhgd.124092>
- Gunter, T. C., Friederici, A. D., Schriefers, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy:

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

- ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(4), 556–568. <https://doi.org/10.1162/089892900562336>
- Hahne, A., Friederici, A. D. (2002). Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Brain research. Cognitive brain research*, 13(3), 339–356. [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(01\)00127-6](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(01)00127-6)
- Hearnshaw, S., Baker, E., Munro, N. (2018). The speech perception skills of children with and without speech sound disorder. *Journal of Communication Disorders*, 71, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2017.12.004>
- Jayawickrama, J. A. D., Thelijjagoda, S. (2020). A solution to overcome speech disorder of patients using Brain Neuron EEG Signals. In *2020 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE)*. <https://doi.org/10.1109/scse49731.2020.9312997>
- Krishna, G., Carnahan, M., Shamapant, S., Surendranath, Y., Jain, S., Ghosh, A., Tran, C., Millan, J. D. R., Tewfik, A. H. (2021). Brain Signals to Rescue Aphasia, Apraxia and Dysarthria Speech Recognition. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. In *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference*, 6008–6014. <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629802>
- Marchesi, A., D'Apote, D., D'Apote, A., Ciancaglini, R., Strohmenger, L. (2019). The correlation between temporomandibular disorders, atypical swallowing and dyslalia. *International Journal of Oral and Craniofacial Science*, 5(1). <http://doi.org/10.17352/2455-4634.000038>
- Mehta, B., Chawla, V. K., Parakh, M., Parakh, P., Bhandari, B., Gurjar, A. S. (2015). EEG Abnormalities in Children with Speech and Language Impairment. *Journal of clinical and diagnostic research*, 9(7). <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13920.6168>
- Munson, B., Edwards, J., Beckman, M. E. (2005). Phonological Knowledge in Typical and Atypical Speech-Sound Development. *Topics in language disorders*, 25(3), 190–206. <https://doi.org/10.1097/00011363-200507000-00003>
- Nagao, K., Paullin, M., Livinsky, V., Polikoff, J. B., Vallino, L. D., Morlet, T. G., Schanen, N. C., Bunnell, H. T. (2012). Speech production-perception relationships in children with speech delay. In *Proceedings of Interspeech 2012*. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2012-355>
- Nieto, N., Peterson, V., Rufiner, H. L., Kamienkowski, J. E., Spies, R. (2022). Thinking out loud, an open-access EEG-based BCI dataset for inner speech recognition. *Scientific data*, 9(1), 52. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01147-2>
- Nijland, L. (2009). Speech perception in children with speech output disorders. *Clinical linguistics & phonetics*, 23(3), 222–239. <https://doi.org/10.1080/02699200802399947>
- Pachalska, M., Jastrzębowska, G., Lipowska, M., Pufal, A. (2007). Specific language impairment: Neuropsychological and neurolinguistic aspects. *Acta Neuropsychologica*, 5, 131–154.
- Sabourin, L., Stowe, L. (2004). Memory effects in syntactic ERP tasks. *Brain and cognition*, 55(2), 392–395. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.02.056>
- Simistira Liwicki, F., Gupta, V., Saini, R., De, K., Liwicki, M. (2022). Rethinking the Methods and Algorithms for Inner Speech Decoding and Making Them Reproducible. *NeuroSci*, 3(2), 226–244. <https://doi.org/10.3390/neurosci3020017>
- Stephan, F., Saalbach, H., Rossi, S. (2020). The Brain Differentially Prepares Inner and Overt Speech Production: Electrophysiological and Vascular Evidence. *Brain sciences*, 10(3), 148. <https://doi.org/10.3390/brainsci10030148>

Поступила в редакцию: 11.12.2023

Поступила после рецензирования: 28.03.2023

Принята к публикации: 08.06.2023

Заявленный вклад авторов

Ольга Владимировна Шевалдова – проведение исследования, интерпретация и описание результатов, работа с источниками, написание обзорной части статьи;

Александр Валентинович Вартанов – планирование исследования, анализ результатов, критический пересмотр содержания статьи.

Информация об авторах

Шевалдова Ольга Владимировна – студент-магистр, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8577-4280>; e-mail: shevaldovaolga@yandex.ru

Вартанов Александр Валентинович – кандидат психологических наук, доцент, старший научный сотрудник по специальности No 19.00.02 психофизиология (психологические науки), Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8844-9643>; e-mail: a_v_vartanov@mail.ru

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.