

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Научная статья

УДК 612.08

doi: 10.17223/19988591/65/7

Исследование речевых процессов у монолингвов, билингвов и мультилингвов

Юрий Валентинович Бушов¹, Анастасия Александровна Скрыбина²

^{1,2} *Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0596-383X>, bushov@bio.tsu.ru

² <https://orcid.org/0000-0003-2658-9119>, skryabina.anastasiya1994@yandex.ru

Аннотация. Изучение речевых процессов у монолингвов, билингвов и мультилингвов является актуальной задачей современной физиологии. Это связано с тем, что растущий уровень международной интеграции в сфере науки, образования и производства, значительные миграции населения настоятельно требуют от современного человека знания иностранных языков. Однако влияние многоязычия на психику человека изучено недостаточно. В данном обзоре анализируются современные данные о речевых процессах у монолингвов, билингвов и мультилингвов. Анализ литературы свидетельствует о том, что активность речевых структур у монолингвов, билингвов и мультилингвов существенно зависит от вида предъявляемой речевой задачи, от степени усвоения неродного языка (языков) и других факторов. Изучение второго языка сопровождается пластическими перестройками речевых структур. Вместе с тем вопрос о том, какое влияние оказывает многоязычие на когнитивные функции человека, нельзя считать окончательно решенным. Остается во многом открытым и вопрос о латерализации языка у билингвов. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что сами по себе «коммуникативные» зеркальные нейроны не обеспечивают понимание речевых действий других людей, так как в этих процессах участвуют области мозга, в которых эти нейроны не обнаружены. Роль этих нейронов в формировании билингвизма и мультилингвизма остается неясной.

Ключевые слова: многоязычие, речевые процессы, активность мозга, зеркальные нейроны

Для цитирования: Бушов Ю.В., Скрыбина А.А. Исследование речевых процессов у монолингвов, билингвов и мультилингвов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 65. С. 130–147. doi: 10.17223/19988591/65/7

Original article

doi: 10.17223/19988591/65/7

Studies of speech processes in monolinguals, bilinguals and multilinguals

Yuri V. Bushov¹, Anastasia A. Skryabina²

^{1,2} Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0596-383X>, bushov@bio.tsu.ru

² <https://orcid.org/0000-0003-2658-9119>, skryabina.anastasiya1994@yandex.ru

Summary. The study of speech processes in monolinguals, bilinguals, and multilinguals is an urgent task of modern physiology. This is due to the growing level of international integration in the field of science, education and production, significant migration of the population that knowledge of foreign languages is urgently required from a modern person. However, the influence of multilingualism on the human psyche has not been studied enough. This review analyzes modern data on speech processes in monolinguals, bilinguals, and multilinguals.

The literature analysis indicates that the activity of speech structures in monolinguals, bilinguals, and multilinguals significantly depends on the type of speech task presented, on the degree of assimilation of a non-native language (languages), and other factors. The production of non-native speech by bilinguals and multilinguals, in contrast to the production of speech in the native language, requires additional neural resources. Learning a second language is accompanied by plastic restructuring of speech structures and changes in cognitive functions. At the same time, the question of what effect multilingualism has on human cognitive functions cannot be considered as definitively resolved, since the data on this matter are extremely contradictory. To date, nine different hypotheses about language lateralization in bilinguals have been proposed, each of which has its own advantages and disadvantages. Therefore, the question of language lateralization among bilinguals remains open. The role of mirror neurons in the formation of multilingualism is poorly studied. At the same time, the available data indicate that "communicative" mirror neurons themselves do not provide understanding of the speech actions of other people, since these processes involve areas of the brain where these neurons are not found. It is assumed that these neurons act as an intermediary and provide interaction between the prefrontal cortex, sensory, motor, and association areas of the cortex, as well as storage sites in the brain for motor programs. The result of interaction between these structures is understanding of the speech actions of other people.

Based on the available data analysis, it is concluded that further efforts should be directed to studying the influence of multilingualism on human psyche, the lateralization of speech in bilinguals and multilinguals, plastic rearrangements of speech structures during the formation of multilingualism, and elucidating the role of mirror neurons in the formation of multilingualism.

The article contains 39 References.

Keywords: multilingualism, speech processes, brain activity, mirror neurons

For citation: Bushov YV, Skryabina A.A. Studies of speech processes in monolinguals, bilinguals and multilinguals. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2024;65:130-147. doi: 10.17223/19988591/65/7

Введение

Изучение речевых процессов у монолингвов, билингвов и мультилингвов является актуальной задачей современной физиологии. Это связано, в частности, с тем, что растущий уровень международной интеграции в сфере науки, образования и производства, значительные миграции населения настоятельно требуют от современного человека знания иностранных языков. Однако влияние многоязычия на психику человека изучено недостаточно. В частности, недостаточно изучена роль различных мозговых структур в обеспечении речевых процессов, влияние многоязычия на активность зеркальных нейронов и их локализацию. Слабо изучено влияние многоязычия на латерализацию речи и когнитивные функции человека.

Целью данного обзора явился анализ современных исследований речевых процессов у монолингвов, билингвов и мультилингвов.

Изучение активности мозговых структур у монолингвов, билингвов и мультилингвов при восприятии и продукции речи

Методом фМРТ исследовалось участие скорлупы левого полушария в продукции речи монолингвами и мультилингвами [1]. В качестве добровольцев выступали женщины-правши. Родным языком монолингвов являлся итальянский, тогда как билингвов – немецкий. Вторым языком билингвов – итальянский, который достигал высокого уровня владения, третий язык – английский – достигал низкого или среднего уровня владения. В качестве задачи на продукцию речи испытуемым предлагалось называть изображения на родном и неродном языках. Результаты исследований показали, что продукция речи на родном языке мультилингвами сопровождалась активацией в левом полушарии: нижней лобной извилины (BA 44/45), предполнительной моторной области (pre-SMA, BA 6), прецентральной извилины (BA 4/6), постцентральной извилины (BA 2), верхней височной извилины (BA 22), предклинья (BA 7), таламуса, тогда как в правом полушарии активировались: прецентральная извилина (BA 6), средняя височная извилина (BA 21), верхняя затылочная извилина (BA 19/18) и скорлупа. При продукции речи мультилингвами на втором языке активировались практически те же области мозга. Однако активность в покрывной части левой нижней лобной извилины и передней поясной коры (ACC) оказалась выше в случае продукции речи на втором языке, в отличие от родного. При продукции речи мультилингвами на третьем языке активировались области, которые участвовали в продукции речи на родном и втором языках. Однако активность в префронтальных областях (BA 44/45/46) при производстве речи на третьем языке являлась более продолжительной по сравнению с родным и вторым языками, а активность в покрывной части левой нижней лобной извилины и передней поясной коре (ACC) – более обширной по сравнению с производством речи на втором языке. Кроме того, продукция речи на третьем языке по сравнению с родным и вторым языками характеризовалась

«экстенсивной активацией» левой скорлупы. Активность мозговых структур при продукции речи монолингвами оказалась сходной с их активностью при продукции речи мультилингвами на родном языке: активировались затылочные ассоциативные области обоих полушарий, премоторная кора, левая нижняя лобная извилина (ВА 44/45), левая средняя лобная извилина (ВА 46), левая нижняя височная извилина, веретенообразная извилина (ВА 19/37). Проведённые исследования также показали увеличение активности скорлупы левого полушария при продукции речи на неродном языке мультилингвами, недостаточно хорошо владеющими данным языком. Кроме того, результаты морфометрии выявили большую плотность скорлупы левого полушария у мультилингвов в отличие от монолингвов, что свидетельствует о её большей структурной пластичности у мультилингвов. Эти различия авторы связывают с большей артикуляционной нагрузкой, которую испытывают мультилингвы по сравнению с монолингвами [1].

В коллективной работе [2] с помощью фМРТ исследовалась активность мозга у билингвов и монолингвов (обе группы – правши) при чтении ими вслух предложений на родном и неродном языках. В качестве родного языка у билингвов выступал французский, в качестве второго – английский, а родным языком для монолингвов являлся английский. Вместе с тем авторы подчёркивают, что их монолингвы относятся к лицам, пассивно подвергавшимся воздействию второго языка. Билингвов разделили на две группы: одновременные билингвы (освоившие оба языка с рождения) и последовательные билингвы (освоившие второй язык в возрасте после 5 лет), при этом уровень владения английским языком у данных групп не различался. Проведенные исследования показали, что при чтении предложений на родном языке у билингвов и монолингвов активируются одинаковые области, в том числе моторная и слуховая кора в обоих полушариях, а также базальные ганглии и мозжечок. Эти же области активируются при использовании второго языка последовательными билингвами. При использовании первого и второго языков одновременными билингвами активируются частично одни и те же области. Причем эта активность подобна той, которая наблюдается при продукции речи монолингвами. Вместе с тем оказалось, что у последовательных билингвов сильнее активируются левая нижняя лобная извилина, левая премоторная кора, левая веретёнообразная извилина при чтении предложений на втором языке, в отличие от чтения предложений на родном языке, и эта активность положительно коррелировала с возрастом приобретения второго языка. На основе полученных данных авторы приходят к выводу, что воспроизведение речи в случае её освоения с рождения требует вовлечения меньшего количества нейронных структур, чем при более позднем освоении речи [2].

Группа авторов попыталась выяснить, существуют ли различия между билингвами и монолингвами при пассивном прослушивании и назывании картинок на родном языке [3]. Вторым языком для билингвов являлся каталонский, тогда как основным у билингвов и родным у монолингвов являлся испанский. Билингвы относились к группе с высоким уровнем владения вторым языком, который они осваивали в возрасте до 3 лет. Испытуемые обеих

групп являлись правшами. В качестве стимулов как в задаче пассивного прослушивания, так и в задаче на называние картинок выступали испанские слова. При этом половина стимулов имела родственный перевод на каталонский (родственные слова), вторая половина не имела родственного перевода на каталонский (неродственные слова). Изучение процесса пассивного прослушивания слов на родном языке не выявило статистически значимых различий активности мозговых структур у билингвов и монолингвов. Однако изучение процесса называния картинок на родном языке показало, что выполнение данной задачи сопровождалось у монолингвов по сравнению с билингвами повышением активности левой средней височной извилины (ВА 37) и левой язычной извилины (ВА 18), тогда как у билингвов сильнее активировались левая задняя поясная извилина (ВА 31), левое предклинье (ВА 7) и правая угловая извилина (ВА 39). При сравнении процесса восприятия родственных слов у монолингвов по сравнению с билингвами более сильная активация наблюдалась в области левой средней затылочной извилины (ВА 37), левой нижней затылочной извилины (ВА 18) и левой средней височной извилины (ВА 39), тогда как у билингвов по сравнению с монолингвами сильнее активировалась область левой задней поясной извилины (ВА 31). Сравнение процесса произнесения неродственных слов при назывании картинок выявило более сильную активацию у монолингвов по сравнению с билингвами левой средней височной извилины, левой нижней височной извилины (ВА 19), левой нижней затылочной извилины (ВА 18), левой средней затылочной извилины (ВА 37), тогда как у билингвов в отличие от монолингвов более сильная активация наблюдалась в области правой угловой извилины (ВА 39), левой задней поясной извилины (ВА 31) и левом предклинье (ВА 7). Сравнение активности мозговых структур при произнесении слов, не имеющих и имеющих родственный перевод на каталонский язык, не выявило различий у монолингвов, тогда как у билингвов при произнесении родственных слов, в отличие от неродственных, наблюдалась большая активность в правой средней лобной извилине (ВА 8), передней части поясной извилины (ВА 9) и левой передней поясной извилине (ВА 32) [3]. По результатам данного исследования авторы делают следующие выводы:

1) характер активации мозговых структур при восприятии родной речи на слух одинаков у билингвов и монолингвов, но он различается у этих групп при продукции речи (называние картинок);

2) на активность мозговых структур у билингвов и монолингвов влияет схожесть перевода на второй язык.

В работе [4] изучалась активность мозга у билингвов с целью выяснения, какое влияние оказывает период воздействия первого и второго языков на изменения в сети языкового контроля. В качестве родного языка билингвов (все правши) выступал кантонский диалект китайского языка, а в качестве второго – мандаринский, которые рассматривались исследователями как два разных языка. Задача, выполняемая билингвами, заключалась в произнесении речи про себя или вслух, представляющей собой свободное повествование на заданную тему и на заданном языке – кантонском или мандаринском. фМРТ-сканирование мозга испытуемые проходили дважды: 1) после

воздействия на них двух языков в равном соотношении; 2) после воздействия на них родного и второго языка в соотношении 90 к 10%. Проведенные исследования показали, что активность в левой нижней лобной извилине (BA 44) и средней лобной извилине в обоих полушариях (BA 46, BA 9) не различалась при равном использовании родного и неродного языков, но оказалась больше в случае преимущественного использования родного языка, по сравнению с неродным (90 к 10%). На основании проведенного исследования авторы заключают, что даже короткие периоды различий в характере использования языков могут приводить к значительным нейропластическим изменениям в областях мозга, в том числе связанных с процессами языкового контроля. Те же авторы считают, что менее знакомый и / или реже используемый язык требует повышенного языкового контроля, так как при его использовании активнее вовлекаются области языкового контроля [4].

Группа авторов с помощью фМРТ изучала активность мозга у билингвов при выполнении речевых задач в зависимости от уровня беглости устной речи [5]. Родным языком билингвов (все правши) являлся японский, в качестве изучаемого языка выступал английский. Выборку составили добровольцы с начальным и средним уровнями владения английским языком (A1–B2 по шкале CEFR). Этих добровольцев разделили на три группы по уровню беглости устной речи: с низкой, средней и высокой беглостью. Задания, направленные на изучение продукции речи, включали следующие действия: прочитать предложение вслух, повторить предложение, ответить на короткий вопрос и построить предложение, тогда как задание на понимание речи обозначено как «понять историю». Все стимулы предъявлялись на английском языке, задания испытуемыми также выполнялись на английском языке [5]. Проведенные исследования выявили повышение активности дорсальной части левой нижней лобной извилины (BA 45) по мере снижения уровня беглости при построении предложения. По мнению авторов, это свидетельствует о меньшем вовлечении этой области в речевой процесс в случае более беглой речи участников. С повышением уровня беглости в задаче на понимание речи авторы обнаружили увеличение активности в задней части левой верхней височной извилины (BA 22/39). Это авторы связывают с более высокой скоростью обработки синтаксической, семантической и тематической информации у билингвов с более «беглым» уровнем владения английским языком. Отсутствие модулирующего эффекта уровня беглости на активность задней нижней лобной извилины (BA 44) в задачах на продукцию речи авторы связывают с возможным большим вниманием испытуемых к повторному анализу речи, чем к синтаксической обработке предъявляемых предложений. Основываясь на полученных данных, авторы приходят к заключению, что при продукции речи вслух и её восприятии на слух наблюдаются «разные паттерны активации»: для продукции речи более «беглогоговорящим» на втором языке билингвам, в отличие от менее «беглогоговорящих», необходимо меньше когнитивных ресурсов [5].

В работе [6] исследовался процесс продукции гласных в словах, изученных с использованием второго языка. В качестве испытуемых выступали носители британского английского языка (все женщины-правши), которых

перед фМРТ-исследованием обучили произносить родные гласные («характерные» для английского языка гласные) и неродные гласные (гласные с не характерным для английского языка округлением). фМРТ-обследование проводилось при прослушивании или при прослушивании и последующей имитации изученных гласных, а также содержащих эти гласные в односложных псевдословах или трехсложных псевдословах. Проведенные исследования выявили большую активность левой нижней лобной извилины и передней части островка при произнесении «неродных» гласных, в отличие от «родных», тогда как правая медиальная префронтальная кора наоборот сильнее активировалась при воспроизведении «родных» гласных [6].

В коллективном фМРТ-исследовании изучалась роль моторной системы в процессах обработки языковой информации у билингвов [7]. Родным языком билингвов (все правши) являлся китайский, вторым освоенным – английский. В качестве стимулов выступали фразы, связанные с действиями (глагол + объект), представляющие собой буквальную, метафорическую или абстрактную речь. Стимулы предъявлялись визуально для последующего прочтения. В качестве языковых областей выбрали нижнюю лобную извилину, угловую извилину, среднюю височную извилину, заднюю часть нижней теменной доли, в качестве моторных – прецентральный кору, премоторную кору, дополнительную моторную область. На основании полученных данных авторы приходят к выводу, что большая активность двигательных областей мозга наблюдается для неродного языка по сравнению с родным [7].

Н. Liu, F. Сао провели мета-анализ данных о факторах, которые влияют на сходство и различие в сетях мозга, обеспечивающих речевые процессы на родном и неродном языках. В анализ вошли фМРТ- и ПЭТ-исследования, опубликованные с 1998 по 2014 гг. Данные исследования разделили на группы по используемым задачам (артикуляционные, фонологические, орфографические, семантические и синтаксические категории) и уровню владения вторым языком (высокий, умеренный, низкий). Основываясь на результатах проведенного анализа, авторы заключают, что обработка второго языка у билингвов осуществляется теми же сетями, что и родного, но с привлечением «дополнительных областей мозга» [8].

Группа авторов провела МЭГ- и МРТ-исследования произнесения существительных и глаголов билингвами (все правши), хорошо владеющими вторым языком (родной язык – испанский, второй освоенный – баскский). В качестве речевого задания предлагалось называние картинок, а глаголы и существительные входили в небольшое высказывание. Проведенные исследования выявили более быструю реакцию испытуемых при назывании существительных, чем глаголов, как на родном, так и на втором освоенном языке. На основе полученных данных авторы приходят к выводу, что при произнесении существительных и глаголов вовлекаются частично разные нейросети. Однако произнесение указанных частей речи на родном и неродным языках не различаются. По мнению авторов, это сходство отражает общность «основных принципов, управляющих организацией лексико-семантических репрезентаций и их поиском в двуязычном мозгу» [9].

Группа авторов, применив мета-анализ данных нейровизуализации, изучили области мозга, активирующиеся при осуществлении языковых процессов на родном и втором языках на различных уровнях: лексико-семантическом («способность связывать значение с языковыми структурами»), грамматическом («способность распознавать и воспроизводить отличительные грамматические структуры языка») или фонологическом («способность распознавать и воспроизводить характерные звуковые образы языка»). Дополнительно авторы исследовали процессы, связанные с переключением языка. Под билингвизмом авторы понимали регулярное использование двух языков, а под многоязычием – более двух языков. Для разделения билингвизма на поздний и ранний ими установлен возраст в 6 лет, тогда как строгий критерий для разделения билингвов с высоким и низким языковым уровнем отсутствовал. На основе проведенного анализа авторы заключают, что для обработки родного и неродного языков используется общая нейронная сеть (одни и те же нейронные структуры), которая имеет некоторые различия в зависимости от того, на каком уровне языка (лексикосемантика, грамматика, фонология) ведётся анализ данных [10].

М. Treutler, Р. Sörös изучали посредством фМРТ произнесение гласных и слогов на родном немецком и неродном английском языках последовательными билингвами (правши и амбидекстры; уровни владения вторым языком В1, В2 и С1). В качестве звуков определённого языка использовались такие, которые являлись неизвестными для второго исследуемого языка. Стимулы предъявлялись визуально. Проведенные исследования показали, что как произнесение звуков родной, так и неродной речи вызывало аналогичную и широко распространенную активацию в корковых и подкорковых областях, в том числе ответственных за речевой моторный контроль, фонологическую и визуальную обработку речевых сигналов. Вместе с тем продукция речи на неродном языке, в отличие от родного, характеризовалась повышенной активностью в левой первичной сенсомоторной коре, в обоих полушариях мозжечка (дольке VI), левой нижней лобной извилине, левом переднем островке. Авторы рассматривают перечисленные области как ключевые для речевого моторного контроля. Кроме того, во время визуальной обработки неродной речи обнаружена большая активность в области язычной и затылочной веретенообразной извилинах левого и правого полушарий по сравнению с визуальной обработкой родной речи. Авторы заключают, что продукция неродной речи последовательными билингвами в отличие от продукции речи на родном языке требует дополнительных нейронных ресурсов [11].

В работе [12] исследовалось влияния контекста на продукцию речи небалансированными билингвами, для чего применили фМРТ и анализ репрезентативного сходства. Китайский язык являлся родным для билингвов (все правши), тогда как английский – вторым освоенным. В качестве стимулов выступали картинки, которые испытуемые называли. На основе полученных данных авторы заключают, что у билингвов в двуязычном контексте, в отличие от одноязычного, сильнее активировались области когнитивного контроля (передняя поясная кора, дорсолатеральная префронтальная

кора, задняя теменная кора), а также области фонологической обработки речевого сигнала (нижняя лобная извилина, прецентральная извилина). Кроме того, продукция второго языка билингвами в двуязычном и в одноязычном контекстах показала сходные паттерны нейронной активации в дорсальной нижней лобной извилине обоих полушарий [12].

Таким образом, имеющиеся литературные данные свидетельствуют о том, что активность речевых структур у монолингвов, билингвов и мультилингвов существенно зависит от вида предъявляемого речевого задания, от степени усвоения неродного языка (языков) и других факторов. Продукция неродной речи билингвами и мультилингвами в отличие от продукции речи на родном языке требует дополнительных нейронных ресурсов.

Влияние билингвизма на когнитивные процессы

К настоящему времени сложились три разные точки зрения о влиянии билингвизма на когнитивные функции человека: 1) двуязычие и многоязычие оказывают негативное влияние на когнитивные процессы; 2) двуязычие и многоязычие оказывают положительное влияние на когнитивные процессы, что проявляется в ряде преимуществ лиц, владеющих несколькими языками, перед монолингвами; 3) отсутствие какой-либо связи между количеством языков и когнитивной успешностью [13]. На основе анализа собственных и литературных данных Е. Bialystok [14] показала, что при выполнении заданий, связанных с различными когнитивными процессами, в одних случаях преимущества обнаруживаются у двуязычных индивидов, а в других – у одноязычных. Проведенные автором исследования показали, что билингвы лучше справляются с заданиями, которые требуют селективного внимания и подавления исполнительного контроля, а также при решении задач, содержащих конфликтующие стимулы, или задач, требующих мысленного вращения различных фигур. Оказалось, что все эти задания билингвы выполняют быстрее и с меньшим количеством ошибок, чем монолингвы. Причем дети-билингвы способны выполнять эти задания в более раннем возрасте [15–18]. В то же время монолингвы, по сравнению с билингвами, лучше справляются с задачами на сопоставление, восприятие слов в присутствии шума, на беглость речи, скорость извлечения слов из памяти и другие вербальные задачи [19–22].

Ряд исследователей отмечали как у детей, так и у взрослых билингвов уменьшение словарного запаса в каждом из усвоенных языков [23–25]. Однако исследования, проведенные с участием детей, получающих образование в среде, активно поддерживающей многоязычие, выявили, что уже к 10-летнему возрасту двуязычные дети могут иметь равный словарный запас того же объема, что и их одноязычные сверстники, на каждом из языков [26].

К важным преимуществам билингвов относят замедление с возрастом нейродегенеративных процессов у людей, владеющих двумя или более языками [27]. При обследовании 184 пожилых людей, уже имевших диагноз «деменция» и наблюдавшихся в клинике для пациентов с проблемами памяти, выявили разницу в возрасте, в котором впервые проявились симптомы

деменции. Эта разница составила в среднем 4 года между билингвами (75,5 года) и монолингвами (71,4 года) [14]. Показано также, что для мозга билингвов характерна повышенная плотность серого вещества в нижней теменной коре, особенно для мозга ранних билингвов и билингвов с высоким уровнем компетентности во втором языке [28]. Изучение второго языка и во взрослом возрасте способно изменить нейронные связи и даже нейроанатомию [29].

Тем не менее некоторые авторы по-прежнему ставят под сомнение какую-либо взаимосвязь между билингвизмом и когнитивными процессами [30–33]. В частности, в результате анализа результатов 152 исследований и сравнения успешности выполнения различных когнитивных задач билингвами и монолингвами М. Lehtonen et al. пришли к выводу, что убедительных доказательств когнитивных преимуществ билингвов перед монолингвами во взрослом возрасте нет [32].

Таким образом, вопрос о том, какое влияние оказывает билингвизм на когнитивные функции человека, нельзя считать окончательно решенным, так как имеющиеся данные на этот счет трудно сопоставимы и нередко противоречивы.

Билингвизм и латерализация речи

Имеются данные о разнице в латерализации речевой функции у «ранних», находящихся на начальной стадии изучения иностранного языка, и «поздних» билингвов. Установлено, что «ранние» билингвы, которые способны к синтаксическому пониманию предложений, отличались участием обоих полушарий в обеспечении речевой функции при доминировании правого полушария. У «поздних» билингвов, которые в равной степени владели родным и неродным языками, наблюдалось доминирование левого полушария, и участие правого не являлось столь очевидным по сравнению с его большей активностью у «ранних» билингвов [34].

К настоящему времени предложено несколько гипотез о латерализации языка у билингвов [34].

«Гипотеза о втором языке»: у билингвов правое полушарие больше участвует в использовании второго языка по сравнению с первым языком (у монолингвов более активным является левое полушарие).

«Гипотеза о сбалансированном билингвизме»: у сбалансированных билингвов в сравнении с монолингвами правое полушарие более активно при использовании обоих языков.

«Гипотеза об уровне владения вторым языком»: на более ранних уровнях приобретения второго языка больше участвует правое полушарие. Индивиды, хорошо владеющие языком, показывают большее участие левого полушария. На ранних стадиях изучения второго языка лексические единицы идентифицируются напрямую через перевод на первый язык, а на более поздних стадиях понимание слов второго языка происходит более опосредованно.

«Гипотеза о способе усвоения второго языка»: в случае если второй язык усваивается естественным путем, то наблюдается большее участие правого

полушария по сравнению со случаями, когда второй язык усваивается искусственным путем.

«Гипотеза о возрасте усвоения второго языка»: чем раньше усвоен второй язык, тем ближе он должен располагаться в мозгу к первому языку. Следовательно, ранние билингвы будут показывать отсутствие различий в локализации двух языков, а у поздних билингвов можно будет обнаружить различия в локализации речи.

Таким образом, вопрос о латерализации языка у билингвов остается во многом открытым.

Активность зеркальных нейронов и пластичность «речевых» структур при освоении второго языка

В ряде работ исследовалась активность зеркальных нейронов, моторной коры и других мозговых структур при произнесении слов на родном и неродном языках. В частности, N. Vukovic и Y. Shtyrov [35] исследовали роль моторной коры в семантическом представлении языка действий при произнесении слов на родном (немецком) и неродном (английском) языках. Активность корковой моторной системы исследователи оценивали по связанной с событиями десинхронизации мю-ритма (снижению спектральной мощности). Участниками эксперимента являлись билингвы, у которых владение вторым языком (английским) соответствовало высокопрофессиональному уровню. В эксперименте регистрировалась ЭЭГ в ответ на слова, связанные с действиями. Испытуемым предложили для чтения про себя пары слов (первое слово в паре – абстрактное слово или слово, связанное с действием, второе – слово, связанное с действием), сгруппированные в тройки. Результаты эксперимента показали, что значительная десинхронизация мю-ритма наблюдалась при предъявлении всех слов, связанных с действиями, что, по мнению авторов, подтверждает гипотезу о роли моторной коры в понимании и обработке языка действий, причем как родного, так и неродного.

R. Mishra и A. Mohan в своей работе обнаружили, что электрическая активность, соответствующая активности зеркальных нейронов, регистрируется в премоторной коре, в дополнительной моторной области, в первичной соматосенсорной коре и в нижней теменной коре [36]. По мнению этих авторов, зеркальные нейроны обеспечивают представление понятий, что, как правило, связано с участием центральных зеркальных нейронов в представлении действий, совершаемых с помощью тела, в том числе разнообразных хватательных движений.

В работе E. Farina, F. Borgnis и T. Pozzo показано, что связанная с событиями десинхронизация на частоте 5–15 Гц в нижней лобной извилине оказалась сильнее в левом полушарии в случае обработки слов на родном языке, тогда как при обработке слов на неродном языке данный показатель являлся примерно одинаковым для обоих полушарий [37].

С целью изучения роли зеркальных нейронов в речевых процессах нами исследовалась активность мозга методом фМРТ при наблюдении и произнесении эмоционального и неэмоционального слов [38]. В исследованиях

участвовали добровольцы – 20 мужчин и 20 женщин (монолингвы) в возрасте от 19 до 27 лет, учащиеся вузов. Исследование включало несколько серий экспериментов, в ходе которых испытуемому вначале демонстрировали видеоролик, на котором оператор произносит слово «Раз» или «Боль» в моменты перехода стрелки секундомера на экране монитора через деления 0, 5, 10 и т.д. секунд. Затем испытуемый сам выполнял указанную деятельность. Проведенные исследования, в частности, показали, что наблюдение за оператором, который произносит слово «Раз» или «Боль», сопровождается у мужчин и женщин активацией различных областей мозга и среди них верхней лобной извилины, справа, средней лобной извилины, справа и слева, нижней лобной извилины, слева, верхней височной извилины, справа, средней височной извилины, справа и слева, височной площадки, справа, височного полюса, справа, угловой извилины, справа и слева, надкраевой извилины, справа и слева, угловой извилины, справа, прекунеуса, а также хвостатого ядра. Предполагается, что указанные структуры образуют функциональную систему, которая обеспечивает интерпретацию речевых действий другого человека. Установлено, что произнесение слова «Раз» или «Боль» вслух сопровождается у мужчин и женщин активацией ряда областей коры и подкорковых структур, и, в частности, верхней, средней и нижней лобной извилин, дополнительной моторной коры, инсулярной коры, прецентральной извилины, угловой извилины, предклинья, латеральной затылочной коры, верхней и средней височной извилин, а также миндалины, гиппокампа, базальных ганглиев, таламуса и отдельных зон мозжечка. Предполагается, что перечисленные мозговые структуры образуют функциональную систему, которая обеспечивает продукцию речи. Поскольку наблюдение за произнесением указанных слов сопровождается активацией не только тех зон коры, где расположены «коммуникативные» зеркальные нейроны (вентральная часть премоторной коры и зона Брока), но и других зон коры, а также базальных ганглиев, делается вывод о том, что сами по себе «коммуникативные» зеркальные нейроны не обеспечивают понимание речевых действий другого человека, хотя и участвуют в этом процессе. Предполагается, что эти нейроны выполняют функции посредника и обеспечивают взаимодействие между сенсорными, двигательными и фронтальными зонами коры, а также местами хранения в мозге двигательных речевых программ. Результатом этого взаимодействия и является понимание речевых действий другого человека.

Недавно выполненные томографические исследования продемонстрировали высокую пластичность «речевых» структур при освоении иностранного языка [39, 40]. В частности, до обучения иностранному языку и после 3 месяцев интенсивного обучения у группы курсантов, будущих военных переводчиков, проводилось МРТ-сканирование мозга [39]. Установлено, что через три месяца интенсивных занятий у них достоверно увеличилась толщина коры в нижней лобной извилине, верхней лобной извилине, верхней височной извилине и средней лобной извилине левого полушария. К тому же увеличился объем гиппокампа, причем сильнее всего у тех кур-

сантов, которые достигли наибольших результатов в освоении иностранного языка. В качестве контрольной группы выступали студенты, изучающие медицину и когнитивные науки. Проведенные исследования показали [39], что за тот же период (три месяца) у представителей контрольной группы перечисленные области мозга практически не изменились. Эти данные свидетельствуют о том, что освоение иностранного языка сопровождается значительными пластическими перестройками «речевых» структур.

Таким образом, освоение второго языка сопровождается пластическими перестройками «речевых» структур, а также изменениями активности зеркальных нейронов, что указывает на возможное участие этих нейронов в формировании билингвизма.

Заключение

Таким образом, анализ литературы свидетельствует о том, что активность речевых структур у монолингвов, билингвов и мультилингвов существенно зависит от вида предъявляемой речевой задачи, от степени усвоения неродного языка (языков) и других факторов. Показано, что продукция неродной речи билингвами и мультилингвами в отличие от продукции речи на родном языке требует дополнительных нейронных ресурсов.

Изучение второго языка сопровождается пластическими перестройками речевых структур и чаще всего оказывает положительное влияние на когнитивные способности учащихся. Вместе с тем вопрос о том, какое влияние оказывает билингвизм на когнитивные функции человека, нельзя считать окончательно решенным, так как имеющиеся данные на этот счет трудно сопоставимы и нередко противоречивы. Остается во многом открытым и вопрос о латерализации языка у билингвов.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что сами по себе «коммуникативные» зеркальные нейроны не обеспечивают понимание речевых действий других людей, так как в этих процессах участвуют области мозга, в которых эти нейроны не обнаружены. Предполагается, что эти нейроны выполняют функции посредника и обеспечивают взаимодействие между сенсорными, двигательными и фронтальными зонами коры, а также местами хранения в мозге двигательных речевых программ. Результатом этого взаимодействия и является понимание речевых действий других людей. Вместе с тем роль «коммуникативных» зеркальных нейронов в формировании билингвизма и мультилингвизма остается неясной.

Список источников

1. Abutalebi J., Della Rosa P.A., Gonzaga A.K.C., Keim R., Costa A., Perani D. The role of the left putamen in multilingual language production // *Brain and language*. 2013. Vol. 125, № 3. PP. 307–315. doi: 10.1016/j.bandl.2012.03.009
2. Berken J.A., Gracco V.L., Chen J.-K., Watkins K.E., Baum S., Callahan M., Klein D. Neural activation in speech production and reading aloud in native and non-native languages // *Neuroimage*. 2015. Vol. 112. PP. 208–217. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.03.016
3. Palomar-Garcia M.A., Bueicheku E., Avila C., Sanjuan A., Strijkers K., Ventura-Campos N., Costa A. Do bilinguals show neural differences with monolinguals when processing

- their native language? // *Brain and language*. 2015. Vol. 142. PP. 36–44. doi: 10.1016/j.bandl.2015.01.004
4. Tu L., Wang J., Abutalebi J., Jiang B., Pan X., Li M., Gao W., Yang Y., Liang B., Lu Z., Huang R. Language exposure induced neuroplasticity in the bilingual brain: A follow-up fMRI study // *Cortex*. 2015. Vol. 64. PP. 8–19. doi: 10.1016/j.cortex.2014.09.019
 5. Shimada K., Hirotani M., Yokokawa H., Yoshida H., Makita K., Yamazaki-Murase M., Tanabe H. C., Sadato N. Fluency-dependent cortical activation associated with speech production and comprehension in second language learners // *Neuroscience*. 2015. Vol. 300. PP. 474–492. doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.05.045
 6. Carey D., Miquel M.E., Evans B.G., Adank P., McGettigan C. Functional brain outcomes of L2 speech learning emerge during sensorimotor transformation // *NeuroImage*. 2017. Vol. 159. PP. 18–31. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.06.053
 7. Tian L., Chen H., Zhao W., Wu J., Zhang Q., De A., Leppänen P., Cong F., Parviainen T. The role of motor system in action-related language comprehension in L1 and L2: An fMRI study // *Brain and Language*. 2020. Vol. 201. P. 104714. doi: 10.1016/j.bandl.2019.104714
 8. Liu H., Cao F. L1 and L2 processing in the bilingual brain: A meta-analysis of neuroimaging studies // *Brain and language*. 2016. Vol. 159. PP. 60–73. doi: 10.1016/j.bandl.2016.05.013
 9. Geng S., Molinaro N., Timofeeva P., Quiñones I., Carreiras M., Amoroso L. Oscillatory dynamics underlying noun and verb production in highly proficient bilinguals // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12, № 1. P. 764. doi: 10.1038/s41598-021-04737-z
 10. Sulpizio S., Del Maschio N., Fedeli D., Abutalebi J. Bilingual language processing: A meta-analysis of functional neuroimaging studies // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2020. Vol. 108. PP. 834–853. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.12.014
 11. Treutler M., Sörös P. Functional MRI of Native and Non-native Speech Sound Production in Sequential German-English Bilinguals // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021. Vol. 15. PP. 399–410. doi: 10.3389/fnhum.2021.683277
 12. Liu X., Qu J., Li H., Yang R., Mei L. Similar activation patterns in the bilateral dorsal inferior frontal gyrus for monolingual and bilingual contexts in second language production // *Neuropsychologia*. 2021. Vol. 156. PP. 107857. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2021.107857
 13. Шайгерова Л.А., Шилко Р.С., Зинченко Ю.П. Двужычие и многоязычие как междисциплинарный феномен: социокультурный контекст, проблемы и перспективы исследования // *Национальный психологический журнал*. 2019. № 1(33). С. 3–15. doi: 10.11621/npj.2019.0101
 14. Bialystok E. Bilingualism: The good, the bad, and the indifferent // *Bilingualism: Language and cognition*. 2009. Vol. 12, № 1. PP. 3–11. doi: 10.1017/S1366728908003477
 15. Bialystok E., Shapero D. Ambiguous benefits: The effect of bilingualism on reversing ambiguous figures // *Developmental Science*. 2005. Vol. 8, № 6. PP. 595–604. doi: 10.1111/j.1467-7687.2005.00451.x
 16. Bialystok E., Craik F., Luk G. Cognitive control and lexical access in younger and older bilinguals // *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*. 2008. Vol. 34, № 4. PP. 859–873. doi: 10.1037/a0015638
 17. Costa A., Hernandez M., Sebastian-Galles N. Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANT task // *Cognition*. 2008. Vol. 106, № 1. PP. 59–86. doi: 10.1016/j.cognition.2006.12.013
 18. Zelazo P.D., Frye D., Rapus T. An age-related dissociation between knowing rules and using them // *Cognitive development*. 1996. Vol. 11, № 1. PP. 37–63. doi: 10.1016/S0885-2014(96)90027-1
 19. Gollan T.H., Montoya R.I., Cera C., Sandoval T.C. More use almost always means a smaller frequency effect: Aging, bilingualism, and the weaker links hypothesis // *Journal of memory and language*. 2008. Vol. 58, № 3. PP. 787–814. doi: 10.1016/j.jml.2007.07.001

20. Kaushanskaya M., Marian V. Bilingual language processing and interference in bilinguals: Evidence from eye tracking and picture naming // *Language Learning*. 2007. Vol. 57, № 1. PP. 119–163. doi: 10.1111/j.1467-9922.2007.00401.x
21. Portocarrero J.S., Burright R.G., Donovick P.J. Vocabulary and verbal fluency of bilingual and monolingual college students // *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2007. Vol. 22, № 3. PP. 415–422. doi: 10.1016/j.acn.2007.01.015
22. Rogers C.L., Lister J.J., Febo D.M., Besing J.M., Abrams H.B. Effects of bilingualism, noise, and reverberation on speech perception by listeners with normal hearing // *Applied Psycholinguistics*. 2006. Vol. 27, № 3. PP. 465–485. doi: 10.1017/S014271640606036X
23. Bialystok E., Feng X. Language proficiency and its implications for monolingual and bilingual children. *Language and Literacy development in bilingual settings*. New York (NY) : The Guilford Press, 2011. PP. 121–138.
24. Mahon M., Crutchley A. Performance of typically-developing school-age children with English as an additional language on the British Picture Vocabulary Scales II // *Child Language Teaching and Therapy*. 2006. Vol. 22, № 3. PP. 333–353. doi: 10.1191/0265659006ct31
25. Oller D.K., Eilers R.E. Language and literacy in bilingual children. Clevedon : Multilingual Matters, 2002. 310 p.
26. Gathercole V.C.M., Thomas E.M. Bilingual first-language development: Dominant language takeover, threatened minority language take-up // *Bilingualism: Language and Cognition*. 2009. Vol. 12, № 2. PP. 213–237. doi: 10.1017/S1366728909004015
27. Valenzuela M.J., Sachdev P. Brain reserve and dementia: A systematic review // *Psychological medicine*. 2006. Vol. 36, № 4. PP. 441–454. doi: 10.1017/S0033291705006264
28. Mechelli A., Crinion J.T., Noppeney U. Structural plasticity in the bilingual brain // *Nature*. 2004. Vol. 431, № 7010. P. 757. doi: 10.1038/431757a
29. Li P., Legault J., Litcofsky K.A. Neuroplasticity as a function of second language learning: Anatomical changes in the human brain // *Cortex*. 2014. Vol. 58. PP. 301–324. doi: 10.1016/j.cortex.2014.05.001
30. De Bot K. The future of the bilingual advantage. Future research directions for applied linguistics. Bristol : Multilingual Matters, 2017. PP. 15–32. doi: 10.21832/9781783097135-003
31. Folke T., Ouzia J., Bright P., De Martino B., Filippi R. A bilingual disadvantage in meta-cognitive processing // *Cognition*. 2016. Vol. 150. PP. 119–132. doi: 10.1016/j.cognition.2016.02.008
32. Lehtonen M., Soveri A., Laine A., Järvenpää J., de Bruin A., Antfolk J. Is bilingualism associated with enhanced executive functioning in adults? A meta-analytic review // *Psychological Bulletin*. 2018. Vol. 144, № 4. PP. 394–425. doi: 10.1037/bul0000142
33. Pang E.W., MacDonald M.J. An MEG study of the spatiotemporal dynamics of bilingual verb generation // *Brain research*. 2012. Vol. 1467. PP. 56–66. doi: 10.1016/j.brainres.2012.05.054
34. Hull R. Clearing the cobwebs from the study of the bilingual brain: Converging evidence from laterality and electrophysiological research. *Handbook of bilingualism: psycholinguistic approaches*. Oxford ; New York, 2005. PP. 480–496.
35. Vukovic N., Shtyrov Y. Cortical motor systems are involved in second-language comprehension: Evidence from rapid mu-rhythm desynchronisation // *NeuroImage*. 2014. Vol. 102. PP. 695–703. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.08.039
36. Mishra R.K., Mohan A. Understanding the role of mirror neurons in learning language: a review of studies // *Journal of Indian Psychology*. 2016. Vol. 3, № 3. PP. 88–94.
37. Farina E., Borgnis F., Pozzo T. Mirror neurons and their relationship with neurodegenerative disorders // *Journal of neuroscience research*. 2020. Vol. 98, № 6. PP. 1070–1094. doi: 10.1002/jnr.24579

38. Бушов Ю.В., Ушаков В.Л., Светлик М.В., Карташов С.И., Орлов В.А. Зеркальные нейроны в восприятии времени и речевых процессах. 2-е изд. перераб. и доп. М. : РУСАЙНС, 2021. 212 с.
39. Mårtensson J., Eriksson J., Bodammer N.C., Lindgren M., Johansson M., Nyberg L., Lövdén M. Growth of language-related brain areas after foreign language learning // *Neuroimage*. 2012. Vol. 63, № 1. PP. 240–244. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.043

References

1. Abutalebi J, Della Rosa PA, Gonzaga AKC, Keim R, Costa A, Perani D. The role of the left putamen in multilingual language production. *Brain and language*. 2013;125(3):307-315. doi: 10.1016/j.bandl.2012.03.009
2. Berken JA, Gracco VL, Chen J-K, Watkins KE, Baum S, Callahan M, Klein D. Neural activation in speech production and reading aloud in native and non-native languages. *Neuroimage*. 2015;112:208-217. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.03.016
3. Palomar-Garcia MA, Bueicheku E, Avila C, Sanjuan A, Strijkers K, Ventura-Campos N, Costa A. Do bilinguals show neural differences with monolinguals when processing their native language? *Brain and language*. 2015;142:36-44. doi: 10.1016/j.bandl.2015.01.004
4. Tu L, Wang J, Abutalebi J, Jiang B, Pan X, Li M, Gao W, Yang Y, Liang B, Lu Z, Huang R. Language exposure induced neuroplasticity in the bilingual brain: A follow-up fMRI study. *Cortex*. 2015;64:8-19. doi: 10.1016/j.cortex.2014.09.019
5. Shimada K, Hirotani M, Yokokawa H, Yoshida H, Makita K, Yamazaki-Murase M, Tanabe HC, Sadato N. Fluency-dependent cortical activation associated with speech production and comprehension in second language learners. *Neuroscience*. 2015;300:474-492. doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.05.045
6. Carey D, Miquel ME, Evans BG, Adank P, McGettigan C. Functional brain outcomes of L2 speech learning emerge during sensorimotor transformation. *NeuroImage*. 2017;159:18-31. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.06.053
7. Tian L, Chen H, Zhao W, Wu J, Zhang Q, De A, Leppänen P, Cong F, Parviainen T. The role of motor system in action-related language comprehension in L1 and L2: An fMRI study. *Brain and Language*. 2020;201:104714. doi: 10.1016/j.bandl.2019.104714
8. Liu H, Cao F. L1 and L2 processing in the bilingual brain: A meta-analysis of neuroimaging studies. *Brain and language*. 2016;159:60-73. doi: 10.1016/j.bandl.2016.05.013
9. Geng S, Molinaro N, Timofeeva P, Quiñones I, Carreiras M, Amoroso L. Oscillatory dynamics underlying noun and verb production in highly proficient bilinguals. *Scientific Reports*. 2022;12(1):764. doi: 10.1038/s41598-021-04737-z
10. Sulpizio S, Del Maschio N, Fedeli D, Abutalebi J. Bilingual language processing: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2020;108:834-853. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.12.014
11. Treutler M, Sörös P. Functional MRI of Native and Non-native Speech Sound Production in Sequential German-English Bilinguals. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021;15:399-410. doi: 10.3389/fnhum.2021.683277
12. Liu X, Qu J, Li H, Yang R, Mei L. Similar activation patterns in the bilateral dorsal inferior frontal gyrus for monolingual and bilingual contexts in second language production. *Neuropsychologia*. 2021;156:107857. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2021.107857
13. Shaigerova LA, Shilko RS, Zinchenko YuP. Bilingualism and multilingualism as an interdisciplinary phenomenon: socio-cultural context, research problems and perspectives. *Natsional'nyy psikhologicheskiiy zhurnal – National Psychological Journal*. 2019;1(33):3-15. In Russian, English summary. doi: 10.11621/npj.2019.0101
14. Bialystok E. Bilingualism: The good, the bad, and the indifferent. *Bilingualism: Language and cognition*. 2009; 12(1):3-11. doi: 10.1017/S1366728908003477
15. Bialystok E, Shapero D. Ambiguous benefits: The effect of bilingualism on reversing ambiguous figures. *Developmental Science*. 2005;8(6):595-604. doi: 10.1111/j.1467-7687.2005.00451.x

16. Bialystok E, Craik F, Luk G. Cognitive control and lexical access in younger and older bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*. 2008;34(4):859-873. doi: 10.1037/a0015638
17. Costa A, Hernandez M, Sebastian-Galles N. Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANT task. *Cognition*. 2008;106(1):59-86. doi: 10.1016/j.cognition.2006.12.013
18. Zelazo PD, Frye D, Rapus T. An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive development*. 1996;11(1):37-63. doi: 10.1016/S0885-2014(96)90027-1
19. Gollan TH, Montoya RI, Cera C, Sandoval TC. More use almost always means a smaller frequency effect: Aging, bilingualism, and the weaker links hypothesis. *Journal of memory and language*. 2008;58(3):787-814. doi: 10.1016/j.jml.2007.07.001
20. Kaushanskaya M, Marian V. Bilingual language processing and interference in bilinguals: Evidence from eye tracking and picture naming. *Language Learning*. 2007;57(1):119-163. doi: 10.1111/j.1467-9922.2007.00401.x
21. Portocarrero JS, Burright RG, Donovan PJ. Vocabulary and verbal fluency of bilingual and monolingual college students. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2007;22(3):415-422. doi: 10.1016/j.acn.2007.01.015
22. Rogers CL, Lister JJ, Febo DM, Besing JM, Abrams HB. Effects of bilingualism, noise, and reverberation on speech perception by listeners with normal hearing. *Applied Psycholinguistics*. 2006;27(3):465-485. doi: 10.1017/S014271640606036X
23. Bialystok E, Feng X. Language proficiency and its implications for monolingual and bilingual children. *Language and Literacy development in bilingual settings*. New York (NY): The Guilford Press.; 2011:121-138.
24. Mahon M, Crutchley A. Performance of typically-developing school-age children with English as an additional language on the British Picture Vocabulary Scales II. *Child Language Teaching and Therapy*. 2006;22(3):333-353. doi: 10.1191/0265659006ct31
25. Language and literacy in bilingual children. Oller DK, Eilers RE, editors. Clevedon: Multilingual Matters.; 2002. 310 p.
26. Gathercole VCM, Thomas EM. Bilingual first-language development: Dominant language takeover, threatened minority language take-up. *Bilingualism: Language and Cognition*. 2009;12(2):213-237. doi: 10.1017/S1366728909004015
27. Valenzuela MJ, Sachdev P. Brain reserve and dementia: A systematic review. *Psychological medicine*. 2006;36(4):441-454. doi: 10.1017/S0033291705006264
28. Mechelli A, Crinion JT, Noppeney U. Structural plasticity in the bilingual brain. *Nature*. 2004;431(7010):757. doi: 10.1038/431757a
29. Li P, Legault J, Litcofsky KA. Neuroplasticity as a function of second language learning: Anatomical changes in the human brain. *Cortex*. 2014;58:301-324. doi: 10.1016/j.cortex.2014.05.001
30. De Bot K. The future of the bilingual advantage. *Future research directions for applied linguistics*. Bristol: Multilingual Matters.; 2017:15-32. doi: 10.21832/9781783097135-003
31. Folke T, Ouzia J, Bright P, De Martino B, Filippi R. A bilingual disadvantage in metacognitive processing. *Cognition*. 2016;150:119-132. doi: 10.1016/j.cognition.2016.02.008
32. Lehtonen M, Soveri A, Laine A, Järvenpää J, de Bruin A, Antfolk J. Is bilingualism associated with enhanced executive functioning in adults? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*. 2018;144(4):394-425. doi: 10.1037/bul0000142
33. Pang EW, MacDonald MJ. An MEG study of the spatiotemporal dynamics of bilingual verb generation. *Brain research*. 2012;1467:56-66. doi: 10.1016/j.brainres.2012.05.054
34. Hull R. Clearing the cobwebs from the study of the bilingual brain: Converging evidence from laterality and electrophysiological research. *Handbook of bilingualism: psycholinguistic approaches*. Oxford: New York.; 2005:480-496.
35. Vukovic N, Shtyrov Y. Cortical motor systems are involved in second-language comprehension: Evidence from rapid mu-rhythm desynchronisation. *NeuroImage*. 2014;102:695-703. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.08.039

36. Mishra RK, Mohan A. Understanding the role of mirror neurons in learning language: a review of studies. *Journal of Indian Psychology*. 2016;3(3):88-94.
37. Farina E, Borgnis F, Pozzo T. Mirror neurons and their relationship with neurodegenerative disorders. *Journal of neuroscience research*. 2020;98(6):1070-1094. doi: 10.1002/jnr.24579
38. Bushov YuV, Ushakov VL, Svetlik MV, Kartashov SI, Orlov VA. Zerkal'nye neyrony v vospriyatii vremeni i rechevykh protsessakh [Mirror neurons in time perception and speech processes]. 2nd ed. Moscow: RUSAY Publ.; 2021. 212 p. In Russian
39. Mårtensson J, Eriksson J, Bodammer NC, Lindgren M, Johansson M, Nyberg L, Lövdén M. Growth of language-related brain areas after foreign language learning. *Neuroimage*. 2012;63(1):240-244. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.043

Информация об авторах:

Бушов Юрий Валентинович – проф., д-р биол. наук, проф. кафедры физиологии человека и животных Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального исследовательского Томского государственного университета (Томск, Россия).

<https://orcid.org/0000-0002-0596-383X>

E-mail: bushov@bio.tsu.ru

Скрябина Анастасия Александровна – ассистент, учебный мастер, аспирант кафедры физиологии человека и животных Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального исследовательского Томского государственного университета (Томск, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-2658-9119>

E-mail: skryabina.anastasiya1994@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Yuri V. Bushov, Professor, Dr. Sci. Biol., Professor of the Department of Human and Animal Physiology, Institute of Biology, Ecology, Soil Science, Agriculture and Forestry, Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

<https://orcid.org/0000-0002-0596-383X>

E-mail: bushov@bio.tsu.ru

Anastasia A. Skryabina, assistant, teaching master, graduate student of the Department of Human and Animal Physiology, Institute of Biology, Ecology, Soil Science, Agriculture and Forestry, Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).

<https://orcid.org/0000-0003-2658-9119>

E-mail: skryabina.anastasiya1994@yandex.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 02.05.2023;
одобрена после рецензирования 07.05.2023; принята к публикации 18.03.2024.*

*The article was submitted 02.05.2023;
approved after reviewing 07.05.2023; accepted for publication 18.03.2024.*