



ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МЕЖПОЛУШАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ: ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

ЛУНЕВА А.Р.*, ЯрГУ имени П.Г. Демидова, Ярославль, Россия,
e-mail: lunevalexandra@mail.ru

КОРОВКИН С.Ю.**, ЯрГУ имени П.Г. Демидова, Ярославль, Россия,
e-mail: korovkin_su@list.ru

Настоящая исследовательская работа, проведенная в рамках комплексной теории функции мозолистого тела и теории совместной работы полушарий во время решения творческих задач, посвящена изучению роли межполушарного взаимодействия в решении задач. Основным материалом исследования были выбраны задачи инсайтного и рутинного типа. В исследовании использовался метод дополнительного параллельного зондового задания (выбор из двух простых альтернатив), выполняемого одновременно с основной задачей (инсайтной или рутинной) с целью создания ситуации затруднений в переработке информации внутри и между полушариями. При помощи специального контралатерального зонда осуществлялось осложнение межполушарного взаимодействия: зрительный стимул предъявлялся как в левое, так и в правое полуполе зрения, а от испытуемого требовалось в ответ на предъявленный стимул нажать кнопку мыши рукой, противоположной полю зрения. В течение всего эксперимента регистрировалась мозговая активность (ЭЭГ). Результаты исследования свидетельствуют об особой специфичности мыслительных процессов при инсайтном решении задач по сравнению с рутинным решением, а также о немаловажной роли межполушарного взаимодействия в инсайтном решении задачи.

Ключевые слова: межполушарное взаимодействие, инсайт, решение задач, мышление, ЭЭГ.

Одной из основных проблем психологии мышления является проблема организации системы функций и механизмов мышления в мозге. Кроме того, вопрос о совместной работе левого и правого полушарий в осуществлении сложных форм психической деятельности человека является одним из наиболее дискутируемых в нейропсихологии. Результаты многочисленных исследований предоставляют богатый материал для анализа процессов и механизмов мышления, однако множество вопросов пока являются неразрешенными, либо имеют под собой недостаточную объяснительную базу; и к таковым в первую очередь относятся

Для цитаты:

Лунева А.Р., Коровкин С.Ю. Исследование роли межполушарного взаимодействия в решении задач: поведенческие и физиологические данные // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 2. С. 35—46. doi:10.17759/exppsy.2019120203

* Лунева Александра Романовна, магистрант факультета психологии, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова (ЯрГУ имени П.Г. Демидова), Ярославль, Россия. E-mail: lunevalexandra@mail.ru

** Коровкин Сергей Юрьевич, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии факультета психологии, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова (ЯрГУ имени П.Г. Демидова), Ярославль, Россия. E-mail: korovkin_su@list.ru



проблема недостаточной изученности механизмов инсайтного решения. Для исследования мышления часто выбираются так называемые инсайтные задачи, решение которых связано с переструктурированием изначальной репрезентации, в отличие от рутинных задач, в которых изначальная репрезентация является эффективной для решения. И тогда, с нашей точки зрения, целесообразно проводить сравнительный анализ механизмов решения инсайтных и неинсайтных (рутинных) задач, а также влияния тех или иных факторов на успешность решения задач обоих типов. Второй проблемой является недостаточность изучения межполушарного взаимодействия в решении творческих задач. Существует несколько теорий, предлагающих существенно различные подходы к изучению вопроса о преимущественной активации полушарий во время решения творческих задач. Странники правополушарной теории (Bowden, Jung-Beeman, 1998; Fiore, Schooler, 1998) говорят о преимущественной активации правого полушария во время решения инсайтных задач. Теория совместной работы полушарий (Aziz-Zadeh, Kaplan, Iacoboni, 2009; Dietrich, Kanso, 2010), напротив, основывается на двусторонней модели активации полушарий в решении творческих задач, без преимущественной активации правого полушария. И наконец, третьей проблемой является неоднозначность взглядов на функции мозолистого тела, которое связывает гомологичные участки правого и левого полушарий между собой и отвечает за межполушарное взаимодействие (Banich, Belger, 1990; Cook, 1984; Yazgan et al. 1995). В теории ингибиции (Banich, Belger, 1990) утверждается, что при активации одного полушария снижается активация гомологичного участка в другом полушарии и данная асимметрия в активации реализуется за счет мозолистого тела. В теории активации (Galaburda, 1995) выдвигается предположение о том, что благодаря мозолистому телу происходит активация нестимулируемого полушария. Комплексная теория объединяет в себе положения обеих выше описанных теорий (Hellige, 1990); ее сторонники полагают, что мозолистое тело может выполнять как функцию ингибиции, так и функцию активации в зависимости от вида выполняемого субъектом задания.

В исследовании особенностей протекания творческих процессов широко применяют методы современной психофизиологии (Kounios, Beeman, 2014; Petsche, 1996; Razumnikova, 2007), однако психофизиологические исследования процесса решения творческих задач встречаются заметно реже (Медынцев, 2017; Смирницкая, Владимиров, 2017; Razumnikova, 2007).

Специфичность работы левого и правого полушарий по отношению к выполнению широкого спектра мыслительных функций (как элементарных, так и сложных) изучена в разной степени подробности. Если по преимуществу левосторонняя мозговая организация речевых функций, так же как и преимущественное участие правого полушария в обеспечении невербальных гностических процессов, являются давно установленными фактами, то функциональная специфичность полушарий по отношению к другим познавательным и эмоциональным процессам изучена значительно меньше. Изучение межполушарного взаимодействия в реализации высших психических процессов ставит определенные проблемы, касающиеся как подбора методов исследования, так и поиска точки соприкосновения различных подходов к пониманию вклада межполушарной активности и функций мозолистого тела в реализации данного взаимодействия.

Таким образом, была сформулирована и цель проводимого нами исследования, заключающаяся в изучении роли межполушарного взаимодействия во время решения задач инсайтного и неинсайтного типов, а также в изучении механизмов межполушарного взаимодействия, обеспечивающих возможность смены формата и модальностей репрезентации, гибкость в изменении стратегии решения при решении задач инсайтного типа.



Однозначно связать творчество с какой-либо зоной мозга можно только в том случае, если мы поделим его деятельность на частные процессы. Ни активация правого полушария, ни расфокусировка внимания, ни низкое возбуждение или α -волны не являются однозначными индикаторами процесса протекания и принятия творческого решения. При исследовании инсайтных задач и мозговых коррелятов инсайтного решения были представлены результаты в поддержку двухсторонней модели активации полушарий без преимущества правого полушария (Dietrich, 2004). Поэтому, исходя из описанного выше, в своей работе мы придерживаемся точки зрения, представленной в теории совместной работы полушарий во время решения творческих задач, а также в комплексной теории функции мозолистого тела.

Для изучения роли межполушарного взаимодействия в решении инсайтных задач мы используем идею осложнения межполушарного взаимодействия, позволяющего оценить его вклад в решение мыслительных задач. В данном исследовании использовались два типа мыслительных задач: инсайтные и рутинные задачи. Под инсайтными задачами мы понимаем задачи, для успешного решения которых требуется смена операторов или системы их применения (требуется нахождение функционального решения), а новая система операторов и правил для субъекта неизвестна (неочевидна или не актуализирована). Под рутинными задачами мы понимаем задачи, для решения которых известна (очевидна или актуализирована) система операторов и правил их применения, а процедура их решения может быть описана в терминах использования алгоритмов. Осложнение межполушарного взаимодействия реализуется через дополнительное зондовое задание — параллельное задание, которое выполняется во время решения основной (инсайтной или рутинной) задачи (Коровкин, Владимиров, Савинова, 2014). Зондовое задание используется в качестве дистрактора, который вступает в конкуренцию с основной задачей как за ресурсы переработки информации внутри полушарий, так и за ресурсы межполушарного канала передачи информации. Метод электроэнцефалографии используется как дополнительный метод анализа и верификации полученных данных о поведении испытуемых при решении задачи, а также для верификации некоторых уже имеющихся данных относительно вклада межполушарного взаимодействия в решение инсайтных задач. В качестве основных коррелятов решения творческих задач рассматриваются α , β , γ -ритмы (Dietrich, Kanso, 2010), и анализ их амплитуд в наших экспериментальных условиях может быть полезен для более глубокой интерпретации полученных результатов.

1. Осложнение межполушарного взаимодействия приводит к ухудшению решения инсайтных задач.
2. Существуют различия в скорости решения инсайтных и рутинных задач при осложнении межполушарного взаимодействия.
3. Скорость и правильность выполнения зондового задания в инсайтных задачах снижается при осложнении межполушарного взаимодействия.
4. В инсайтных задачах по сравнению с рутинными возрастает амплитуда α , β , γ -ритмов.

Метод

Выборка

В исследовании приняли участие 40 человек (возраст испытуемых 18–27 лет). Большую часть выборки составили студенты факультета психологии и факультета биологии и экологии Ярославского государственного университета имени П.Г. Демидова. Испытуемые принимали участие в исследовании на добровольной основе.



Экспериментальный материал

Испытуемые решали по две задачи рутинного и инсайтнго типа. Условия задач приведены в Приложении 1. Текст задачи располагался по центру экрана в виде узкого столбика (высота столбика 11 см, расстояние до экрана 60 см). В центре экрана внутри текста находилась точка, на которой испытуемый должен был фиксировать взор после прочтения текста задачи. Текст задачи находился на экране на протяжении всей пробы.

Во время решения задачи испытуемому необходимо было выполнять параллельное задание-зонд. В эксперименте была использована парадигма разделенного поля зрения (Boigne, 2006), с помощью которой были созданы два способа выполнения зондов. Испытуемый выполнял зондовое задание рукой, либо соответствующей (ипсилатеральной) или противоположной (контралатеральной) полю зрения, в которое предъявляется стимул:

1) ипсилатеральный зонд (стимул предъявляется в правое (левое) поле зрения, а моторный ответ дается рукой той же стороны);

2) контралатеральный зонд (стимул предъявляется в правое (левое) поле зрения, а моторный ответ дается противоположной рукой).

С целью исключения возможности влияния формата стимулов зондового задания мы использовали два вида зондовых заданий.

1. *Буквы* (испытуемый должен был нажимать на кнопку со стрелкой «вправо», если видит букву Т, и на кнопку со стрелкой «влево», если видит букву L). Сложные для восприятия символы, такие как графемы (буквы и цифры), не дают эффекта «выскакивания» (Рамачандран, 2012), как бы они друг от друга ни отличались. Подобные стимулы, не обладающие определенными «примитивными» для восприятия свойствами, не могут обеспечить основу для эффекта «выскакивания», значит подобное зондовое задание, вероятнее всего, будет выполняться за счет ресурсов высокоуровневых процессов.

2. *Фигуры* (испытуемый должен был нажимать кнопку со стрелкой «вправо», если видит круг, и кнопку со стрелкой «влево», если видит квадрат). Здесь информация также будет обрабатываться через канал с ограниченной пропускной способностью, так как перед испытуемым стояла задача распознавания объектов.

Предъявление стимулов зондового задания начиналось в момент предъявления мыслительной задачи. Каждый следующий стимул зондового задания предъявлялся испытуемому незамедлительно после реакции на предыдущий стимул. Стимулы не разделялись маской. Выполнение заданий осуществлялось до полного правильного решения основной мыслительной задачи. Испытуемые приступали к решению следующей задачи после незначительного перерыва (менее 1 минуты). Текст задачи и стимулы зондового задания предъявлялись с помощью программы PsychoPy (v. 1.82.01). Каждый из испытуемых решал предложенные ему задачи в четырех экспериментальных условиях. Испытуемому предъявлялись инсайтные и рутинные задачи с двумя видами контралатеральных и ипсилатеральных зондовых заданий. Таким образом, нами было рассмотрено 160 экспериментальных ситуаций.

В качестве основной зависимой переменной фиксировались поведенческие данные: время решения основной задачи, среднее время ответа на задание-зонд, среднее количество ошибок во время выполнения задания-зонда. В качестве дополнительной зависимой переменной фиксировались психофизиологические данные: амплитуды α , β , γ -ритмов на протяжении решения задачи.

ЭЭГ регистрировалась в течение всего процесса решения основной (инсайтной или рутинной) задачи с 16 электродов, установленных в соответствии с системой 10–20 (Fp1,



Fp2, F3, F4, F7, F8, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, T3, T4, T5, T6), в качестве референтного использовался объединенный ушной электрод.

Процедура

Предварительный этап. Испытуемый заполнял анкету на определение ведущей руки (Cohen, 2008) и проходил методику определения ведущего глаза (Лурия, 1962). После этого ему предлагалась тренировочная серия с различным сочетанием условий задания-зонда (левое визуальное поле—левая рука; правое визуальное поле—правая рука; левое визуальное поле—правая рука; правое визуальное поле—левая рука). Затем к испытуемому подключались электроды для регистрации ЭЭГ, и он приступал к выполнению основной серии эксперимента.

Основной этап. Испытуемому предъявлялась следующая инструкция: «Перед Вами на экране появится задача. После этого в левое (правое) поле зрения будут подаваться визуальные стимулы. При этом Вам необходимо не сводить глаз с центральной точки на экране. Ваша задача — нажимать клавишу «вправо», если на экране появилась буква T или круг; «влево», если на экране появилась буква L или квадрат. Пользоваться можно только левой (правой) рукой. Во время выполнения данного задания продолжайте думать над решением основной задачи».

Таким образом, испытуемый одновременно выполнял два задания: решал мыслительную задачу и выполнял дополнительное зондовое задание. Производилось полное экспериментальное смещение переменных, т. е. испытуемые оказывались в различных ситуациях выполнения дополнительных зондовых задач совместно с решением инсайтных и рутинных задач.

При проведении исследования использовался экспериментальный дизайн 2×2 с двумя независимыми факторами: тип задачи (инсайтная, рутинная) и тип зонда (ипсилатеральный, контралатеральный). В качестве зависимых переменных рассматривались время решения задач, скорость выполнения задания-зонда и правильность выполнения задания-зонда. Для обработки данных использовался двухфакторный дисперсионный анализ.

В качестве дополнительного метода оценки данных осуществлялся визуальный анализ зарегистрированной ЭЭГ. Участки записи, содержащие видимые артефакты, исключались из последующей обработки. Затем из каждой записи извлекались значения амплитуд ритмов для последующей математической обработки с помощью *t*-критерия для связанных наблюдений.

В центре экрана компьютера появлялся текст задачи. Внутри текста располагалась точка фиксации взора. Во время прочтения и решения задачи испытуемый должен был выполнять параллельное зондовое задание, подающееся соответственно в левое или правое зрительное поле. Задание состояло в выборе одной из двух простых альтернатив. Для исключения неконтролируемого влияния зондового задания было выбрано два варианта зондов — буквы и фигуры (испытуемый должен был нажимать клавиши «вправо» или «влево»). Зондовое задание выполнялось либо левой, либо правой рукой. Зондовое задание должно было выполняться до момента правильного решения задачи.

Для верификации попадания заданий-зондов в определенное поле зрения мы использовали предъявление стимулов на короткий временной промежуток (150—180 мс). Для осложнения межполушарного взаимодействия зондовое задание подавалось в правое зрительное поле и выполнялось левой рукой, а также подавалось в левое зрительное поле и выполнялось правой рукой.



Результаты

При сравнении времени решения инсайтных и рутинных задач в условиях с осложнением межполушарного взаимодействия и в условиях с нагрузкой на левое и правое полушария статистически значимых различий выявлено не было. Полученные данные указывают на отсутствие влияния осложнения межполушарного взаимодействия на скорость решения задач.

Скорость ответа на зондовое задание при решении инсайтных и рутинных задач значимо не отличается в контралатеральном и ипсилатеральном условии выполнения параллельного задания.

При сравнении среднего времени ответа на зондовое задание в инсайтных и рутинных задачах в условиях выполнения контралатерального и ипсилатерального зондов не было выявлено статистически значимых различий. То есть осложнение межполушарного взаимодействия через задание-зонд не оказало значимого влияния на скорость его выполнения в инсайтных и рутинных задачах. Однако, в целом, скорость реакции на зондовое задание в рутинных задачах значимо ниже, чем в инсайтных ($F(1,152) = 10,82$; $p = ,001$; $\eta_p^2 = 0,07$). Данный факт подтверждает уже имеющиеся данные (Fleck, 2008) о том, что рутинные задачи для своего решения требуют больших затрат ресурсов рабочей памяти.

Правильность ответа на зондовое задание при решении инсайтных и рутинных задач значимо не отличается в контралатеральном и ипсилатеральном условии выполнения параллельного задания.

Для анализа ЭЭГ проводились оценка показателя амплитуды ритмов по всем отведениям и затем сравнение полученных показателей в рутинных и инсайтных задачах в условиях осложнения межполушарного взаимодействия, а также в условиях дополнительной нагрузки на каждое из полушарий (правое или левое).

При сравнении амплитуды α -ритма при решении инсайтных и рутинных задач в различных условиях выполнения задания-зонда не было выявлено статистически значимых различий. Однако были обнаружены значимые различия в амплитуде α -ритма при решении инсайтных задач с контралатеральным и ипсилатеральным выполнением дополнительного зондового задания. Амплитуда α -ритма значимо увеличивается при осложнении межполушарного взаимодействия ($t(159) = 4,45$; $p < ,001$; $d = 0,71$).

Вероятнее всего, в данном случае испытуемый осуществляет так называемый «уход в себя», т. е. обращается к ресурсам памяти для поиска ответа (Salvi, Bowden, 2016). Таким образом, происходит отвлечение от внешней стимуляции, в частности, от стимуляции через визуальный зонд, при наличии «механического» моторного ответа на задание (во время сосредоточения фокуса внимания на нем амплитуда ритма должна снижаться). Скорее всего, возрастание ритма происходит «вспышками», из-за чего общий показатель амплитуды α -ритма в инсайтных задачах выше, чем в рутинных.

Возможны два варианта объяснения полученной динамики показателей. С одной стороны, контралатеральное зондовое задание затрудняет межполушарное взаимодействие в значительно большей степени, чем ипсилатеральное зондовое задание, так как объем информации, который может перейти из одного полушария в другое становится меньше, а следовательно, возникают определенные затруднения при решении задания, и общее умственное напряжение возрастает. С другой стороны, контралатеральное зондовое задание может не просто затруднять межполушарное взаимодействие, а препятствовать доступу информации из левого полушария к правому, вследствие чего поиск решения будет осу-



ществляться на основе выбора альтернативных стратегий обработки информации, в частности, через обращение к ресурсам памяти.

В результате сравнения амплитуд ритма $\beta 1$ во время выполнения инсайтных и рутинных задач во всех условиях выполнения дополнительного зондового задания нами были обнаружены статистически значимые различия. Взаимодействие факторов типа задачи и условия предъявления показывают статистически значимые различия ($F(1, 159) = 8,266$; $p = ,005$; $\eta_p^2 = 0,05$). В условии ипсилатерального зондового задания амплитуда ритма $\beta 1$ в инсайтных задачах значимо ниже, чем в рутинных ($t(159) = 5,62$; $p < ,001$; $d = 0,89$). То есть в данном условии предъявления дополнительного зондового задания при решении рутинных задач уровень умственного напряжения выше, чем при решении творческой задачи, что отчасти подтверждает данные о скорости выполнения зондового задания. Для решения рутинных задач в данном условии требуется большее количество ресурсов рабочей памяти и внимания, что выражается в значительном возрастании амплитуд β -волн (Lundqvist et al., 2016). Кроме того, амплитуда ритма $\beta 1$ значимо увеличивается при осложнении межполушарного взаимодействия (выполнении контралатерального зондового задания) ($t(159) = 4,54$; $p < ,001$; $d = 0,72$).

После рассмотрения амплитуд ритма $\beta 2$, зарегистрированного при выполнении инсайтных и рутинных задач в условиях контралатерального и ипсилатерального зондового задания были выявлены статистически значимые различия ($F(1, 159) = 9,43$; $p = ,003$; $\eta_p^2 = 0,06$). При выполнении инсайтных задач также прослеживается значимое увеличение ритма $\beta 2$ в условии осложнения межполушарного взаимодействия ($t(159) = 4,73$; $p < ,001$; $d = 0,75$). В условии осложнения межполушарного взаимодействия инсайтные задачи для своего решения требуют значимо больших затрат интеллектуальных ресурсов, чем рутинные. Тогда можно выдвинуть следующее предположение: осложнение межполушарного взаимодействия берет на себя достаточно большую часть ресурсов творческого решения, в отличие от рутинного решения задач. В условии же ипсилатерального зондового задания была зарегистрирована значительно более низкая амплитуда ритма $\beta 2$ при выполнении инсайтных задач, нежели при выполнении рутинных ($t(159) = 4,68$; $p < ,001$; $d = 0,74$). То есть нагрузка на какое-либо одно полушарие задействует большее количество ресурсов при выполнении рутинных задач, чем при выполнении инсайтных.

В результате сравнения амплитуды γ -ритма при решении инсайтных и рутинных задач во всех условиях выполнения зондового задания были обнаружены статистически значимые различия ($F(1, 159) = 5,72$; $p = ,018$; $\eta_p^2 = 0,04$). Амплитуда γ -ритма значимо возрастает в инсайтных задачах при осложнении межполушарного взаимодействия ($t(159) = 4,45$; $p < ,001$; $d = 0,71$). В условиях нагрузки на одно из полушарий амплитуда γ -ритма имеет тенденцию к более существенному росту в рутинных задачах, в отличие от инсайтных ($t(159) = 4,07$; $p < ,001$; $d = 0,65$). Ритм γ -волн связан с решением задач, требующих высокой концентрации внимания, т. е. рутинная задача с одним «занятым» полушарием задействует гораздо большее количество ресурсов, чем инсайтная. То есть рутинная задача, скорее, решается «внутриполушарно», в отличие от инсайтной, которая, судя по полученным данным, все-таки требует для своего решения коммуникации полушарий.

Обсуждение результатов

При проведении анализа нескольких блоков данных с зависимыми переменными основного времени решения задачи, среднего времени реакции на зондовое задание, правиль-



ности ответа на зондовое задание нами не было выявлено существенных различий в этих показателях при решении инсайтных и рутинных задач в условиях осложнения межполушарного взаимодействия.

Однако полученные нами статистически значимые результаты относительно различий в среднем времени реакции на задание-зонд в инсайтных и рутинных задачах подтверждают общее положение о том, что для решения рутинных задач требуется большее количество ресурсов рабочей памяти, чем для решения инсайтных задач. При этом осложнение межполушарного взаимодействия не оказывает значимого влияния на данный показатель. Таким образом, полученные нами результаты согласуются с данными М. Газзаниги (Gazzaniga et al., 1979) и опровергают гипотезу А. Фридман (Friedman, Polson, 1981) о том, что левое и правое полушария вместе образуют систему двух независимых ресурсов, которые не могут быть доступны в любой момент времени решения той или иной задачи.

В результате рассмотрения блока ЭЭГ-данных выдвинутые нами гипотезы были частично подтверждены. Анализ амплитуды α -ритма не выявил значимых различий в мозговой активности при решении инсайтных и рутинных задач во всех условиях выполнения зондового задания.

Амплитуды β_1 , β_2 , γ -ритмов значимо увеличиваются при решении инсайтных задач в условиях осложнения межполушарного взаимодействия, т. е. в данных условиях для решения задачи требуется большее количество ресурсов направленного внимания и рабочей памяти.

В условиях нагрузки одного полушария амплитуды β_2 и γ -ритмов значимо выше в рутинных задачах, нежели в инсайтных. То есть для их решения в данном условии (выполнение ипсилатерального задания-зонда) прилагается больше когнитивных усилий, чем для решения творческих задач.

Таким образом, мы можем сделать ряд **выводов** относительно выдвинутых гипотез.

1. Осложнение межполушарного взаимодействия не приводит к статистически значимому снижению скорости решения инсайтных задач. Время решения рутинных задач также значимо не снижается в условиях осложнения межполушарного взаимодействия.

2. Скорость и правильность решения зондового задания также значимо не снижается при осложнении межполушарного взаимодействия. Однако скорость решения зондового задания в рутинных задачах существенно более низкая, чем в инсайтных.

3. При решении инсайтных задач в условиях осложнения межполушарного взаимодействия было зарегистрировано значимое возрастание β_2 и γ -ритмов, что указывает на затрачивание субъектом большего количества ресурсов внимания и памяти, чем в условиях односторонней нагрузки на одно из полушарий.

4. В условиях нагрузки на каждое полушарие в отдельности происходит значимое увеличение амплитуды β_2 и γ -ритмов при решении рутинных задач, в сравнении с решением инсайтных задач. При данном условии рутинные задачи нуждаются в использовании большего количества ресурсов, чем инсайтные.

Заключение

Сопоставление полученных данных позволяет утверждать, что для решения инсайтных задач требуется активация не одного (преимущественно правого), а обоих полушарий. При этом межполушарное взаимодействие приобретает особую важность в определенный момент решения инсайтной задачи, на каком-либо из этапов ее решения.



Результаты, полученные нами при условии увеличения нагрузки на одно из полушарий, не подтверждают поставленные гипотезы. Однако данные о значимом возрастании амплитуды β и γ -ритмов при решении рутинных задач позволяют говорить о том, что решение рутинных задач требует большей когнитивной нагрузки, которая обеспечивается не работой одного из полушарий, а является результатом общемозговой деятельности в целом.

На решение рутинных задач затрачивается большее количество ресурсов контроля и рабочей памяти, чем на решение инсайтных задач. Далее влияние осложнения межполушарного взаимодействия с помощью заданий-зондов не проявляется на поведенческом уровне, но данные ЭЭГ указывают на различия в когнитивном напряжении при решении двух типов задач, как в условиях наличия осложнения, так и в условиях отсутствия осложнения межполушарного взаимодействия. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что при решении инсайтных задач большее когнитивное напряжение возникает в случае осложнения межполушарного взаимодействия, а при решении рутинных задач большее когнитивное напряжение возникает в случае осложнения переработки информации внутри одного полушария. В результате проведенного нами исследования был получен большой объем экспериментальных данных, не все из которых в полной мере подтвердили поставленные гипотезы, однако в достаточной мере показали сложность изучения вопроса межполушарного взаимодействия.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-06-00672, а также гранта Президента РФ МК-722.2017.6.

Приложение 1.

Задачи, использованные в эксперименте

Инсайтные задачи:

1. Где есть реки, но нет воды, есть города, но нет зданий, есть леса, но нет деревьев? (Ответ: карта)

2. К шее щенка, привязан поводок. Его длины не хватает, чтобы достать до мяча. Но щенок может играть с мячом. Как это возможно, если поводок не растягивается и не рвется? (Ответ: второй конец ни к чему не привязан)

Рутинные задачи:

1. Футболка стоила 800 рублей. После снижения цены она стала стоить 680 рублей. На сколько процентов была снижена цена на футболку? (Ответ: 15)

2. В пачке 500 листов бумаги. За неделю в офисе расходуется 1800 листов. Какое наименьшее количество пачек бумаги нужно купить в офис на 6 недель? (Ответ: 22)

Литература

1. Коровкин С.Ю., Владимиров И.Ю., Савинова А.Д. Динамика загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач // *Российский журнал когнитивной науки*. 2014. № 4. С. 67–83.
2. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. М.: Изд-во Московского университета. 1962. 426 с.



3. *Медынцев А.А.* Влияние имплицитной подсказки на автоматические процессы обработки информации в задаче на решение анаграмм // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 1. С. 23–37. doi:10.17759/exppsy.2017100103
4. *Рамачандран В.С.* Мозг рассказывает. Что делает нас людьми. М.: Карьера Пресс. 2012. 398 с.
5. *Смирницкая А.В., Владимиров И.Ю.* Различия в активности управляющего контроля при решении алгоритмизированных и творческих задач: метод вызванных потенциалов // ШАГИ/STEPS. 2017. Т. 3. № 1. С. 98–108.
6. *Aziz-Zadeh L., Kaplan J.T., Jacoboni M.* “Aha!”: The neural correlates of verbal insight solutions // Human brain mapping. 2009. Vol. 30. № 3. P. 908–916. doi:10.1002/hbm.20554
7. *Cohen M.S.* Handedness questionnaire [Электронный ресурс] // Brain mapping. 2008. URL: <http://www.brainmapping.org/shared/Edinburgh.php> (дата обращения: 12.06.2019).
8. *Banich M.T., Belger A.* Interhemispheric interaction: how do the hemispheres divide and conquer a task? // Cortex. 1990. Vol. 26. № 1. P. 77–94. doi:10.1016/S0010-9452(13)80076-7
9. *Bowden E.M., Jung-Beeman M.* Getting the right idea: Semantic activation in the right hemisphere may help solve insight problems // Psychological science. 1998. Vol. 9. № 6. P. 435–440. doi:10.1111/1467-9280.00082
10. *Bourne V.J.* The divided visual field paradigm: Methodological considerations // Laterality. 2006. Vol. 11. № 4. P. 373–393. doi: 10.1080/13576500600633982
11. *Cook N.D.* Homotopic callosal inhibition // Brain language. 1984. Vol. 23. № 1. P. 116–125. doi:10.1016/0093-934X(84)90010-5
12. *Dietrich A.* The cognitive neuroscience of creativity // Psychonomic bulletin & review. 2004. Vol. 11. № 6. P. 1011–1026. doi:10.3758/BF03196731
13. *Dietrich A., Kanso R.* A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight // Psychological bulletin. 2010. Vol. 136. № 5. P. 822–848. doi:10.1037/a0019749
14. *Fiore, S.M., Schooler J.W.* Right hemisphere contributions to creative problem solving: Converging evidence for divergent thinking // Right hemisphere language comprehension: Perspectives from cognitive neuroscience / M. Beeman, C. Chiarello (Eds.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1998. P. 349–371.
15. *Fleck J.I.* Working memory demands in insight versus analytic problem solving // European journal of cognitive psychology. 2008. Vol. 20 № 1. P. 139–176. doi.org/10.1080/09541440601016954
16. *Friedman A., Polson M.C.* Hemispheres as independent resource system: Limited-capacity processing and cerebral specialization // Journal of experimental psychology: Human perception and performance. 1981. Vol. 7. № 5. P. 1031–1058. doi:10.1037/0096-1523.7.5.1031
17. *Galaburda A.M.* Anatomic basis of cerebral dominance // Brain asymmetry / R.J. Davidson, K. Hugdahl (eds.). Cambridge, MA: MIT Press. 1995. P. 51–74.
18. *Gazzaniga M.S., Volpe B.T., Smylie C.S., Wilson D.H., LeDoux J.E.* Plasticity in speech organization following commissurotomy // Brain. 1979. Vol. 102. №4. P. 805–816. doi:10.1093/brain/102.4.805
19. *Hellige J.B.* Hemispheric asymmetry // Annual review of psychology. 1990. Vol. 41. № 1. P. 55–80. doi: 10.1146/annurev.ps.41.020190.000415
20. *Kounios J., Beeman M.* The cognitive neuroscience of insight // Annual review of psychology. 2014. Vol. 65. № 1. P. 71–93. doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115154
21. *Lavric A., Forstmeier S., Rippon G.* Differences in working memory involvement in analytical and creative tasks: An ERP study // NeuroReport. 2000. Vol. 11. № 8. P. 1613–1618. doi: 10.1097/00001756-200006050-00004
22. *Lundqvist M. et al.* Gamma and beta bursts underlie working memory // Neuron. 2016. Vol. 90. № 1. P. 152–164. doi: 10.1016/j.neuron.2016.02.028
23. *Petsche H.* Approaches to verbal, visual and musical creativity by EEG coherence analysis // International journal of psychophysiology. 1996. Vol. 24. № 1-2. P. 145–159. doi: 10.1016/S0167-8760(96)00050-5
24. *Razumnikova O.* Creativity related cortex activity in the remote associates task // Brain research bulletin. 2007. Vol. 73. № 1-3. P. 96–102. doi: 10.1016/j.brainresbull.2007.02.008
25. *Salvi C., Bowden E.M.* Looking for creativity: Where do we look when we look for new ideas? // Frontiers in psychology. 2016. Vol. 7 (161). doi: 10.3389/fpsyg.2016.00161
26. *Yazgan M.Y., Wexler B.E., Kinsbourne M., Peterson B., Leckman J.F.* Functional significance of individual variations in callosal area // Neuropsych. 1995. Vol. 33. № 6. P. 769–779. doi:10.1016/0028-3932(95)00018-X



THE RESEARCH OF THE ROLE OF INTERHEMISPHERIC INTERACTION IN PROBLEM SOLVING: SOME BEHAVIORAL AND PHYSIOLOGICAL RESULTS

LUNEVA A.R.* , P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia, e-mail: lunevalexandra@mail.ru

KOROVKIN S.Y.** , P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia, e-mail: korovkin_su@list.ru

In this paper we describe the role of interhemispheric interaction in problem solving. We have some experimental hypotheses as a result of analysis of various theoretical approaches of corpus callosum functions and role of interhemispheric interaction in creative problem solving. In our research we adhere to the theory of joint work of two hemispheres during creative problem solving and the complex theory of the corpus callosum function. In this study we used a method of parallel probe tasks (choice of two simple alternatives) that was performed at the same time with the main problem task (insight or routine). Interhemispheric interaction was complicated by contralateral probe tasks. It means, when subject solve insight or routine problem, probe task was presented in the left/right visual field and was performed by the left/right hand. We register brain activity (EEG) during the whole experiment. The results showed us the specificity of mechanism of insight solution compared to routine solution, and that the interhemispheric interaction plays a significant role in insight problem solving.

Keywords: interhemispheric interaction, insight, problem solving, thinking, EEG.

Funding

This work was supported by the grant of the RFBR №17-06-00672 and the grant of the Russian President MK-722.2017.6

References

1. Korovkin S.Y., Vladimirov I.Y., Savinova A.D. The dynamics of working memory load in insight problem solving // *The Russian journal of cognitive science*. 2014. Vol. 1 № 4. pp. 67–81.
2. Lurija A.R. Vysshie korkovye funkicii cheloveka i ih narusheniia pri lokal'nyh porazheniiah mozga. [Human higher cortical functions and their interruptions at local brain damages]. Moscow: Publ. Moskovskogo Universiteta, 1962. 426 p.
3. Medynceva A.A. Vliianie implicitnoj podskazki na avtomaticheskie process obrabotki informacii v zadache na reshenie anagram. *Eksperimentalnaya psikhologiya*. 2017. Vol. 10. № 1. pp. 23–37. Doi:10-17759-expsy-2017100103
4. Ramachandran V.S. Mozg rasskazyvaet. Chto delaet nas ljud'mi. [The Tell-Tale Brain: A Neuroscientist's Quest for What Makes Us Human]. Moscow: Kar'era Press, 2012. 398 p.

For citation:

Luneva A.R., Korovkin S.Y. The research of the role of interhemispheric interaction in problem solving: some behavioral and physiological results. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2019, vol. 12, № 2, pp. 35–46. doi:10.17759/expsy.2019120203

* Luneva Alexandra Romanovna, Graduate Student of the Faculty of Psychology, P G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia. E-mail: lunevalexandra@mail.ru

** Korovkin Sergei Yurievich, Ph.D. in Psychology, Associate Professor of the Department of General Psychology, P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia. E-mail: korovkin_su@list.ru



5. Smirnickyaya A.V., Vladimirov I.U. Razlichiya v aktivnosti upravlyayushchego kontrolya pri reshenii algoritimizirovannyh i tvorcheskikh zadach metod vyzvannyh potencialov. Shagi-steps. 2017. Vol. 3. № 1. pp. 98–108.
6. Aziz-Zadeh L., Kaplan J.T., Iacoboni M. “Aha!”: The neural correlates of verbal insight solutions // *Human brain mapping*. 2009. Vol. 30 (3). pp. 908–916. doi:10.1002/hbm.20554
7. Cohen M.S. Handedness questionnaire // *Brain mapping*. 2008. URL: <http://www.brainmapping.org/shared/Edinburgh.php>.
8. Banich M.T., Belger A. Interhemispheric interaction: how do the hemispheres divide and conquer a task? // *Cortex*. 1990. Vol. 26. № 1. pp. 77–94. doi:10.1016/S0010-9452(13)80076-7
9. Bowden E.M., Jung-Beeman M. Getting the right idea: Semantic activation in the right hemisphere may help solve insight problems // *Psychological science*. 1998. Vol. 9. №6. pp. 435–440. doi:10.1111/1467-9280.00082
10. Bourne V.J. The divided visual field paradigm: Methodological considerations // *Laterality*. 2006. Vol. 11. № 4. P. 373–393. doi: 10.1080/13576500600633982
11. Cook N.D. Homotopic callosal inhibition // *Brain language*. 1984. Vol. 23. № 1. pp. 116–125. doi:10.1016/0093-934X(84)90010-5
12. Dietrich A. The cognitive neuroscience of creativity // *Psychonomic bulletin & review*. 2004. Vol. 11. № 6. pp. 1011–1026. doi:10.3758/BF03196731
13. Dietrich A., Kanso R. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight // *Psychological bulletin*. 2010. Vol. 136. № 5. pp. 822–848. doi:10.1037/a0019749
14. Fiore S.M., Schooler J.W. Right hemisphere contributions to creative problem solving: Converging evidence for divergent thinking // *Right hemisphere language comprehension: Perspectives from cognitive neuroscience* / M. Beeman, C. Chiarello (Eds.), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1998. pp. 349–371.
15. Fleck J.I. Working memory demands in insight versus analytic problem solving // *European journal of cognitive psychology*. 2008. Vol. 20 № 1. pp. 139–176. doi:10.1080/09541440601016954
16. Friedman A., Polson M. C. Hemispheres as independent resource system: Limited-capacity processing and cerebral specialization // *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*. 1981. Vol. 7. № 5. pp. 1031–1058. doi:10.1037/0096-1523.7.5.1031
17. Galaburda A.M. Anatomic basis of cerebral dominance // *Brain asymmetry* / Davidson R.J., Hugdahl K. (eds.). Cambridge, MA. MIT Press. 1995. pp. 51–74.
18. Gazzaniga M.S., Volpe B.T., Smylie C.S., Wilson D.H., LeDoux J.E. Plasticity in speech organization following commissurotomy // *Brain*. 1979. Vol. 102. № 4. pp. 805–816. doi:10.1093/brain/102.4.805
19. Hellige J.B. Hemispheric asymmetry // *Annual review of psychology*. 1990. Vol. 41. № 1. pp. 55–80. doi: 10.1146/annurev.ps.41.020190.000415
20. Kounios J., Beeman M. The cognitive neuroscience of insight // *Annual Review of Psychology*. 2014. Vol. 65. № 1. pp. 71–93. doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115154
21. Lavric A., Forstmeier S., Rippon G. Differences in working memory involvement in analytical and creative tasks: An ERP study // *NeuroReport*. 2000. Vol. 11. № 8. pp. 1613–1618. doi: 10.1097/00001756-200006050-00004
22. Lundqvist M. et al. Gamma and beta bursts underlie working memory // *Neuron*. 2016. Vol. 90. № 1. pp. 152–164. doi: 10.1016/j.neuron.2016.02.028
23. Petsche H. Approaches to verbal, visual and musical creativity by EEG coherence analysis // *International journal of psychophysiology*. 1996. Vol. 24. № 1–2. pp. 145–159. doi: 10.1016/S0167-8760(96)00050-5
24. Razumnikova O. Creativity related cortex activity in the remote associates task // *Brain research bulletin*. 2007. Vol. 73. № 1–3. pp. 96–102. doi: 10.1016/j.brainresbull.2007.02.008
25. Salvi C., Bowden E. M. Looking for creativity: Where do we look when we look for new ideas? // *Frontiers in psychology*. 2016. Vol. 7 (161). doi: 10.3389/fpsyg.2016.00161
26. Yazgan M.Y., Wexler B.E., Kinsbourne M., Peterson B., Leckman J.F. Functional significance of individual variations in callosal area // *Neuropsychology*. 1995. Vol. 33. № 6. pp. 769-779. doi:10.1016/0028-3932(95)00018-X