

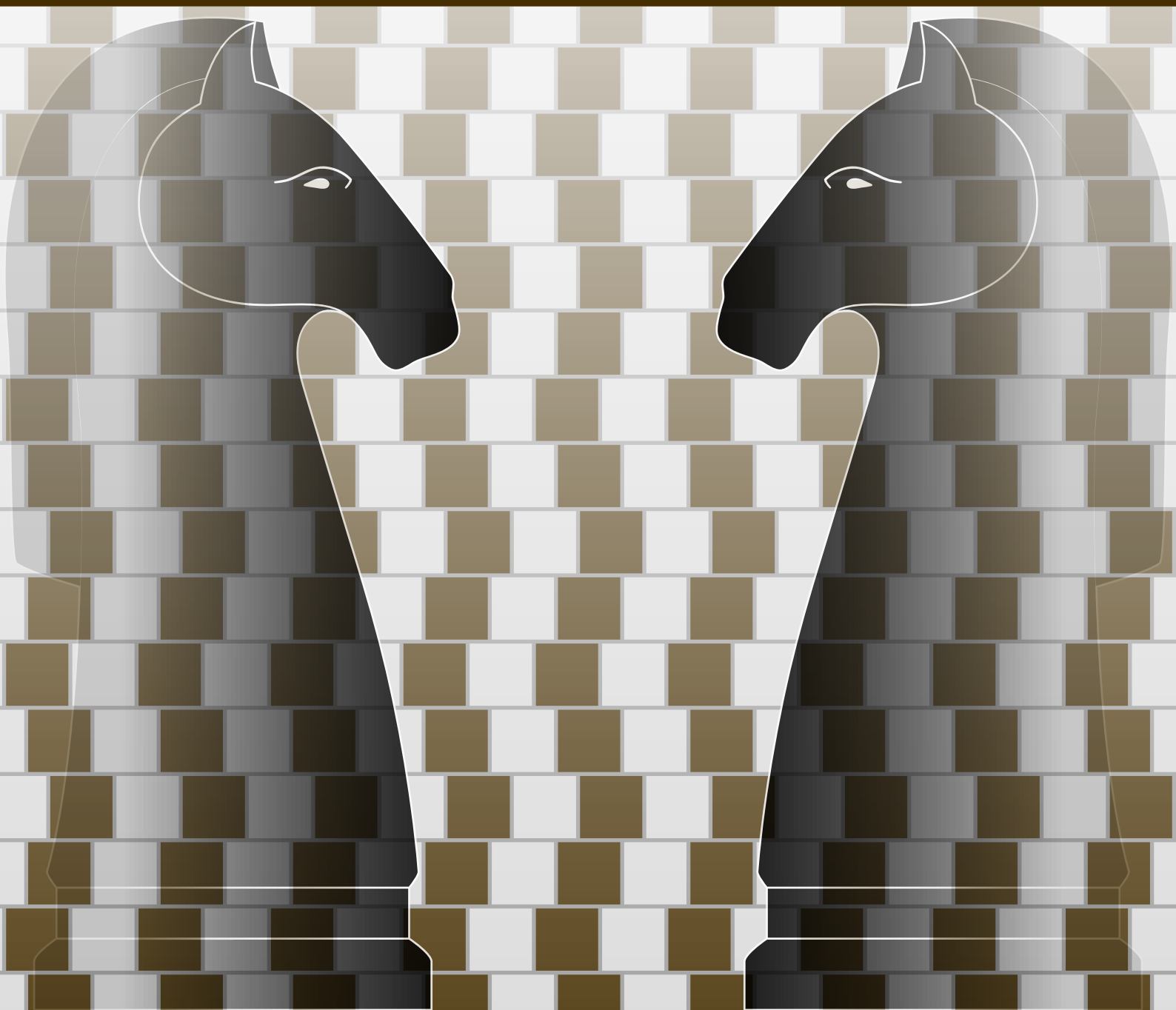
Российский журнал Когнитивной науки

Том 6
№ 4

Декабрь 2019

WWW.COGJOURNAL.RU

ISSN 2313-4518



WWW.COGJOURNAL.ORG

Vol. 6
No. 4

December 2019

The Russian Journal of
COGNITIVE SCIENCE

The Russian Journal of Cognitive Science

<http://www.cogjournal.org/>
<https://doi.org/10.47010/rjcs>

ISSN 2313-4518

Russian mass media certificate:

СМИ ЭЛ ФС 77 – 57220

Registered publisher: Ekaterina V. Pechenkova

Editorial office address: Burakova ul. 27,

corp. 3, 105118 Moscow, Russia

e-mail: info@cogjournal.org

Articles are distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Editor-in-Chief: Ekaterina V. Pechenkova

Editorial Board:

Tatiana V. Akhutina,

Mira B. Bergelson,

Olga V. Dragoy,

Varvara E. Dyakonova,

Maria V. Falikman,

Olga V. Fedorova,

Andrej A. Kibrik,

Andrei V. Kurgansky,

Dmitry V. Lyusin,

Regina I. Machinskaya,

Boris G. Meshcheryakov,

Nadezhda V. Moroshkina,

Valery D. Solovyev,

Vladimir F. Spiridonov,

Igor S. Utochkin,

Anna Yu. Shvarts,

Sergei L. Shishkin,

Nataliya A. Varako,

Ilya Yu. Vladimirov,

Roza M. Vlasova

Action editors: E. V. Pechenkova,

A. Ya. Koyfman, M. V. Falikman

Managing editor: A. Ya. Koyfman

English copy editor: Kelly Callahan

Russian proofreader: P. G. Lebedeva

Layout designer: S. M. Zlochevsky

Cover design: E. D. Akopian, A. A. Akopian

Российский журнал когнитивной науки

<http://www.cogjournal.ru/>
<https://doi.org/10.47010/rjcs>

ISSN 2313-4518

Свидетельство о государственной

регистрации СМИ ЭЛ № ФС 77 – 57220

Учредитель: Е.В. Печенкова

Адрес редакции: 105118 Москва,

ул. Буракова, д. 27, корп. 3

e-mail: info@cogjournal.org

Статьи доступны по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](#), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этих статей на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Главный редактор Е. В. Печенкова

Редакционный совет:

Т. В. Ахутина,

М. Б. Бергельсон,

Н. А. Варако,

И. Ю. Владимиров,

Р. М. Власова,

О. В. Драгой,

В. Е. Дьяконова,

А. А. Кибрик,

А. В. Курганский,

Д. В. Люсин,

Р. И. Мачинская,

Б. Г. Мещеряков,

Н. В. Морошкина,

В. Д. Соловьев,

В. Ф. Спиридонов,

И. С. Уточкин,

М. В. Фаликман,

О. В. Федорова,

А. Ю. Шварц,

С. Л. Шишкин

Редакторы выпуска: Е. В. Печенкова,

А. Я. Койфман, М. В. Фаликман

Секретарь редакции: А. Я. Койфман

Литературный редактор английских

текстов: Келли Кэллахэн

Корректор русских текстов: П. Г. Лебедева

Компьютерная вёрстка: С. М. Злочевский

Дизайн обложки: Е. Д. Акопян, А. А. Акопян.

Contents

Review Articles

Anna Yurchenko.

Language Processing and Reorganization in the Brain in Patients with Temporal Lobe Epilepsy (In Russian).....	4
Abstract in English	13

Research Papers

Alexey Medyntsev, Alena Kogan, Pavel Sabadosh, Olga Dyatlova, Svetlana Nemirova, Diana Kayutina.

Intuitive Feeling of Closeness to Solution Preceding Insight in Anagram Tasks.....	16
Abstract in Russian	22

Alexey Starodubtsev, Mikhail Allakhverdov.

Semantic Conflict and Response Conflict in the Stroop Task.....	24
Russian version of the paper.....	31

Alina Savina, Nadezhda Moroshkina.

Is It Possible to Read Other People's Confidence While Testing Their Implicit Learning?	39
Abstract in Russian	48

Discussion

Olesya Blazhenkova, Ekaterina Pechenkova.

The Two Eyes of the Blind Mind: Object vs. Spatial Aphantasia?.....	50
Abstract in Russian	61

Оглавление

Обзор литературы

Анна Николаевна Юрченко.

Понимание и порождение речи и реорганизация речевых зон мозга у пациентов с височной эпилепсией.....	4
Аннотация статьи на английском языке	13

Экспериментальные сообщения

Алексей Алексеевич Медынцеv, Алена Андреевна Коган,

Павел Александрович Сабадош, Ольга Вадимовна Дятлова, Светлана Андреевна Немирова.

Чувство близости ответа при инсайтных решениях в задаче на разгадывание анаграмм (на английском языке)	16
Аннотация статьи на русском языке	22

Алексей Сергеевич Стародубцев, Михаил Викторович Аллахвердов.

Роль конфликта ответов и семантического конфликта в возникновении эффекта Струпа (на английском языке).....	24
Текст статьи на русском языке	31

Алина Игоревна Савина, Надежда Владимировна Морошкина.

Доступна ли внешней оценке уверенность человека в процессе применения им имплицитных знаний? (на английском языке)	39
Аннотация статьи на русском языке	48

Дискуссия

Олеся Блаженкова, Екатерина Печенкова.

Два типа афантазии: объектная и пространственная? (на английском языке).....	50
Аннотация статьи на русском языке	61

обзор литературы

Понимание и порождение речи и реорганизация речевых зон мозга у пациентов с височной эпилепсией

Анна Николаевна Юрченко

Центр языка и мозга, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Москва, Россия;

Неврологическая клиника «Центр эпилепсии», Москва, Россия

Аннотация. Данный обзор посвящен пониманию и порождению речи у пациентов с височной эпилепсией — неврологическим заболеванием, при котором источник эпилептиформной активности располагается в непосредственной близости от речевых зон мозга или их гомологов. Результаты исследований показывают, что у пациентов с височной эпилепсией речь может быть нарушена на различных языковых уровнях: от отдельных слов до дискурса. По данным нейровизуализации, височная эпилепсия может сопровождаться реорганизацией функциональных связей, изменениями в локализации и латерализации речевых зон мозга, структуре коры и проводящих путей головного мозга. При этом степень выраженности речевых нарушений, функциональных и структурных изменений может коррелировать с такими клиническими факторами, как латерализация эпилептогенного очага, возраст начала и длительность заболевания и индекс представленности эпилептиформной активности.

Контактная информация: Анна Николаевна Юрченко, anuyurchenko@hse.ru, 101000, Москва, Россия, ул. Старая Басманная, 21/4, Центр языка и мозга, НИУ ВШЭ.

Ключевые слова: височная эпилепсия, порождение речи, понимание речи, речевые нарушения, речевые зоны, реорганизация

© 2019 Анна Николаевна Юрченко. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution”](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) («Атрибуция») 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-312-00091.

Статья поступила в редакцию 01 ноября 2019 г. Принята в печать 28 декабря 2019 г.

Введение

Эпилепсия является распространенным неврологическим заболеванием, которое характеризуется эпилептическими приступами, вызванными избыточной нейрональной активностью, в основе которой лежит нарушенный баланс возбуждения-торможения между нейронными популяциями (Engel, 1996). Причиной эпилепсии могут стать врожденные пороки развития коры головного мозга, опухоли, инсульты, травмы и другое. Височная эпилепсия, при которой источник эпилептиформной активности находится в медиальных или латеральных отделах височной доли, — наи-

более частотная (Engel et al., 1997; Engel et al., 2002). Поскольку височные доли мозга принимают активное участие в процессах речевой обработки (см., например, Riès et al., 2016), встает вопрос о том, как наличие эпилептогенного очага отражается на речевой функции у пациентов с височной эпилепсией.

В недавнем обзоре Дутты и коллег (Dutta et al., 2019) были представлены результаты поведенческих исследований понимания и порождения речи у пациентов с различной локализацией эпилептогенного очага в группах и на индивидуальном уровне. В свою очередь, в работе Балтер, Лина и соавторов (Balter, Lin et al., 2019) анализируются данные экспе-

риментов, посвященных реорганизации речевых зон у пациентов с височной эпилепсией и ее возможному влиянию на результаты хирургического лечения. Данная статья является попыткой интеграции этих двух подходов к изучению речи при эпилепсии: сопоставление с группой нормы, с одной стороны, поведенческих результатов пациентов с различной локализацией эпилептогенного очага, а с другой — нейрофизиологических и морфологических данных о мозговом субстрате, обеспечивающем процессы речевой обработки. Представленные результаты поведенческих исследований сгруппированы в соответствии с анализируемыми языковыми уровнями: отдельные слова, предложения и дискурс (текст с учетом его социо- и психолингвистических аспектов). В обзор включены групповые исследования с участием пациентов, которые не проходили хирургического лечения до момента тестирования.

Понимание и порождение речи на различных языковых уровнях

Понимание и порождение отдельных слов

Большинство поведенческих исследований речи у пациентов с левосторонней (ЛВЭ) и правосторонней (ПВЭ) височной эпилепсией посвящены пониманию и порождению отдельных слов. При этом их результаты являются довольно противоречивыми. Так, некоторые данные свидетельствуют о том, что, в отличие от пациентов с правосторонней локализацией эпилептогенного очага, у пациентов с очагом в левой височной доле могут наблюдаться трудности с пониманием существительных (Giovagnoli et al., 2005: в состав исследуемых групп вошли 29 пациентов с очагом в медиальных (мЛВЭ) и 16 пациентов с очагом в латеральных (лЛВЭ) отделах левой височной доли, 31 пациент с очагом в медиальных (мПВЭ) и 9 пациентов с очагом в латеральных (лПВЭ) отделах правой височной доли) и глаголов (Yurchenko et al., 2017: 12 пациентов с ЛВЭ, 12 пациентов с ПВЭ). Джованьоли и коллеги (Giovagnoli et al., 2005) предполагают, что наблюдаемые трудности могут быть вызваны нарушениями функций гиппокампа, ответственного за ассоциации между семантически нагруженными стимулами, или функций неокортикальных отделов височной доли, обеспечивающих лексический доступ.

Следует отметить, что в некоторых исследованиях не было выявлено статистически значимых различий между группами пациентов, а также между пациентами и здоровыми испытуемыми в понимании отдельных слов (Bartha et al., 2005: 12 пациентов с мЛВЭ, 11 пациентов с мПВЭ; Kho et al., 2008: 16 пациентов с мЛВЭ, 16 пациентов с мПВЭ). Причины подобных противоречий требуют дальнейшего изучения и могут быть связаны со многими факторами — как методическими ограничениями работ, так и разнородностью клинической выборки. Возможное влияние данных факторов подтверждается тем, что, по результатам работы Джованьоли и коллег (2005), различия между группами пациентов с височной эпилепсией и группой нормы не достигли статистической значимости при отдель-

ном рассмотрении пациентов с источником эпилептиформной активности в медиальных vs. латеральных отделах височных долей.

Ситуация с порождением слов (существительных) обстоит более однозначно. В ряде исследований было показано, что у пациентов с очагом в левой височной доле способность называть объекты (по описанию, предъявленному на слух, и по рисунку) может быть снижена по сравнению с пациентами с правосторонней локализацией очага (Bonelli et al., 2011: 37 пациентов с мЛВЭ, 29 пациентов с мПВЭ; Fargo et al., 2005: 52 пациента с мЛВЭ, 47 пациентов с мПВЭ; Giovagnoli et al., 2005; Hamberger et al., 2010: 25 пациентов с мЛВЭ, 20 пациентов с мПВЭ; Trebuchon-Da Fonseca et al., 2009: 27 пациентов с ЛВЭ (из них 19 пациентов с мЛВЭ и 6 пациентов с лЛВЭ), 14 пациентов с ПВЭ (из них 7 пациентов с мПВЭ и 5 пациентов с лПВЭ)) и здоровыми носителями языка (Bonelli et al., 2011; Giovagnoli et al., 2005). Кроме того, при разбиении пациентов на группы в соответствии с расположением эпилептогенного очага в пределах височной доли (медиальные vs. латеральные отделы) наблюдалось значимое ухудшение результатов у пациентов с очагом в латеральных отделах височной доли по сравнению с пациентами с правосторонней локализацией очага и контрольной группой (Giovagnoli et al., 2005). По мнению авторов, данные различия подтверждают важность неокортикальных структур в хранении семантической информации и ее извлечении из памяти. Схожие результаты были получены в исследовании Требушон-Да Фонсеки и соавторов (Trebuchon-Da Fonseca, et al., 2009). При этом результаты некоторых работ свидетельствуют о том, что у пациентов с правосторонней локализацией очага также могут наблюдаться трудности с порождением существительных (Condret-Santi et al., 2014: 16 пациентов с очагом в доминантной и 16 пациентов с очагом в недоминантной по речи височной доле; Giovagnoli et al., 2016: 54 пациента с ЛВЭ, 52 пациента с ПВЭ; Lomlomdjian et al., 2011: 13 пациентов с мЛВЭ, 13 пациентов с мПВЭ; Silvia et al., 2003: 16 пациентов с мЛВЭ, 17 пациентов с мПВЭ). Кроме того, по данным исследования Юрченко и коллег (Yurchenko et al., 2017), порождение глаголов может быть нарушено у пациентов с височной эпилепсией вне зависимости от латерализации эпилептогенного очага. Нарушение порождения отдельных слов при эпилепсии связывают с трудностями лексического доступа.

Понимание и порождение предложений и дискурса

Данные, характеризующие обработку речи на более высоких языковых уровнях (на уровне предложений и дискурса) у пациентов с височной эпилепсией, также весьма ограничены и противоречивы. Для оценки понимания речи на уровне предложений часто используется Токен-тест (de Renzi, Vignolo, 1962), который основан на выполнении пациентом предъявленных на слух инструкций различной длительности и синтаксической сложности. Некоторые работы показывают, что результаты этого теста не позволяют выявить различий между пациентами с левосторонней и правосторонней латерализацией эпилептогенного очага

(Ramirez et al., 2010: 43 пациента с мЛВЭ, 34 пациента с ПЛВЭ; Trebuchon-Da Fonseca et al., 2009) и здоровыми испытуемыми (Giovagnoli, 1999: 16 пациентов с ЛВЭ, 8 пациентов с ПЛВЭ). По мнению авторов, сохранность понимания предложений у пациентов с очагом в левой височной доле, у которых при этом наблюдаются трудности с порождением слов, позволяет сделать вывод о специфическом нарушении лексического доступа, которое не является следствием общего речевого расстройства или утраты информации о концептах из семантической памяти. Однако, по результатам исследования Ванг и соавторов (Wang et al., 2011: 61 пациент с височной эпилепсией), трудности с порождением отдельных слов и пониманием предложений могут наблюдаться с одинаковой частотой (нарушения у 46–47% выборки по сравнению с нормативными данными, без учета фактора латерализации источника эпилептиформной активности).

Согласно исследованию Ко и коллег (Kho et al., 2008), результаты теста на сопоставление предложений различной синтаксической сложности и рисунков не различались для пациентов с левосторонней и правосторонней височной эпилепсией и контрольной группы. При этом имеются данные об ухудшении результатов в обеих группах пациентов по сравнению со здоровыми испытуемыми для аналогичного задания (Юрченко и др., 2019: 22 пациента с ЛВЭ, 22 пациента с ПЛВЭ). Трудности с пониманием предложений (вопросов различной синтаксической структуры) были также зафиксированы у половины пациентов с височной эпилепсией, принимавших участие в исследовании Ломломджан и коллег (Lomlomdjan et al., 2017: всего 40 пациентов с ЛВЭ, 34 пациента с ПЛВЭ), вне зависимости от латерализации эпилептогенного очага. На данный момент нам не известны исследования, позволяющие оценить порождение речи на уровне предложений у пациентов с височной эпилепсией.

Ухудшение способности понимать речь у пациентов с височной эпилепсией было отмечено и на уровне дискурса. Результаты эксперимента, описанного в работе Юрченко и коллег (2019) и направленного на исследование понимания речи на различных языковых уровнях у пациентов с эпилептогенным очагом в левой и правой височной доле, показали, что, наряду с пониманием отдельных предложений, в обеих группах пациентов могут наблюдаться трудности в понимании нарратива по сравнению со здоровыми носителями языка. Результаты исследования Джованьоли и соавторов (Giovagnoli et al., 2011) также свидетельствуют о том, что пациенты с височной эпилепсией с меньшим успехом распознают и понимают ложные убеждения других людей, их психические состояния, знания и намерения (62 пациента с ЛВЭ, 47 пациентов с ПЛВЭ). У пациентов с правосторонней локализацией очага трудности с интерпретацией социальной составляющей ситуации и выявлением ошибок в социальном поведении героев могут быть выражены в большей степени, в то время как пациенты с левосторонней локализацией очага, несмотря на общие трудности, правильно понимают социальный контекст (Lomlomdjan et al., 2017). По результатам эксперимента, во время которого пациентов просили объяснить значение посло-

виц и оценивали правильность и уровень абстракции их интерпретаций, при височной эпилепсии может быть снижена и способность интерпретировать метафорические значения (McDonald et al., 2008: 11 пациентов с ЛВЭ, 8 пациентов с ПЛВЭ). Ответы пациентов были менее абстрактными по сравнению с контрольной группой испытуемых, причем в данном случае снижение показателей было более выражено у пациентов с очагом в левой височной доле. Полученные данные подтверждают вовлеченность височных долей мозга в процессы интерпретации метафорических значений, а также свидетельствуют о том, что при увеличении лингвистической сложности задания (которое, к примеру, включает понимание предложений) степень вовлеченности левого полушария может увеличиваться.

Анализ порождения нарративного (рассказ по последовательности рисунков) и инструктивного (инструкция по походу в супермаркет) дискурса у пациентов с ранним дебютом эпилепсии по сравнению с нормой был проведен в работе Бэлла и коллег (Bell et al., 2003) (9 пациентов с ЛВЭ, 7 пациентов с ПЛВЭ). Для инструктивного дискурса различий между группами участников эксперимента обнаружено не было. При этом у некоторых пациентов в обеих группах наблюдались трудности с порождением нарративного дискурса: их истории содержали меньше ключевой информации, речь была медленнее и содержала больший процент некоммуникативных составляющих. По словам авторов, это может быть отражением того, что височная эпилепсия с ранним началом может стать причиной генерализованного когнитивного расстройства вне зависимости от латерализации очага.

В отличие от работы Бэлла и соавторов (Bell et al., 2003), в исследовании Ломломджан и коллег (Lomlomdjan et al., 2017) были обнаружены различия в порождении дискурса между пациентами с очагом в левой и правой височной доле. Пациенты с правосторонней локализацией очага хуже справлялись с заданием на пересказ истории: им было трудно выстроить макроструктуру дискурса, организовав информацию иерархически, выделить основную линию повествования и опустить детали. По результатам анализа диалога пациенты этой группы также получили более низкие баллы, что было связано со снижением их способности придерживаться темы дискурса, кратко выражать свои мысли, понимать скрытые смыслы и интерпретировать метафорический язык. У пациентов с очагом в левой височной доле снижение результатов было, главным образом, вызвано трудностями с лексическим доступом и инициацией речи. Следует отметить, что результаты тестирования на уровне отдельных слов (например, порождение существительных) у пациентов с височной эпилепсией не коррелировали с характеристиками спонтанной речи в сложных коммуникативных ситуациях, которая опирается на дополнительные процессы речевой обработки (например, анализ семантического, синтаксического и дискурсивного контекста, включая социокультурный контекст), внимания и памяти.

Филд и коллеги (Field et al., 2000) проанализировали порождение нарратива у пациентов с левосторонней латерализацией очага в условиях снижения когнитивной нагрузки (16 пациентов). Для этого они

просили пациентов и здоровых испытуемых три раза подряд составить рассказ по одной серии рисунков. Пациенты отличались от здоровых испытуемых по параметрам длины рассказа в словах и его продолжительности в секундах. В то время как здоровые участники эксперимента были склонны к тому, чтобы делать рассказ более лаконичным и ограниченным по длительности, у пациентов с эпилепсией длина рассказа в словах и его длительность увеличивались. При этом показатель беглости речи увеличивался в обеих группах от первой к третьей попытке. Авторы подчеркивают, что различия между группами наблюдаются на макролингвистическом уровне: пациенты используют большее количество слов для изложения все более знакомой истории. Данные различия могут быть связаны с ограниченными нейрокогнитивными возможностями у пациентов с эпилептогенным очагом в левой височной доле, а многословность может быть попыткой скомпенсировать сниженную информационную наполненность.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что степень речевых нарушений у пациентов с височной эпилепсией может коррелировать со снижением других когнитивных функций. В частности, наблюдается корреляция между уровнем невербального интеллекта и результатами тестов на понимание и порождение отдельных слов (Giovagnoli et al., 2005; Trebuchon-Da Fonseca et al., 2009). Однако, как отмечают Требушон-Да Фонсека и соавторы (Trebuchon-Da Fonseca et al., 2009), выполнение теста на интеллект может вовлекать ряд когнитивных процессов, включая внутреннюю речь. В связи с этим трудности с лексическим доступом могут стать причиной более низких результатов. Другое возможное объяснение основано на том, что тяжелые формы эпилепсии могут приводить к трудностям усвоения языка и обучения в целом, что отражается на результатах рассматриваемых тестов. При этом результаты исследования не обнаружили корреляции между порождением слов и рабочей памятью у пациентов с височной эпилепсией.

Рай и коллеги (Rai et al., 2015) проанализировали связь между речевыми нарушениями (по результатам оценки спонтанной речи, понимания, повторения и называния), памятью и управляющими функциями и выявили трудности с речевой обработкой (в первую очередь с лексическим доступом) у 48 % пациентов (из 59 пациентов с височной эпилепсией). При этом не было обнаружено различий между пациентами с височной эпилепсией и пациентами с эпилептогенным очагом за пределами височной доли, а также между пациентами со склерозом гиппокампа и пациентами с иной локализацией эпилептогенного очага в пределах височной доли. Нарушение управляющих функций наблюдалось у всех пациентов, но было в меньшей степени выражено у пациентов с височной эпилепсией по сравнению с пациентами с очагом за пределами височной доли, а также у пациентов со склерозом гиппокампа по сравнению с пациентами с иной локализацией очага. Нарушения памяти были обнаружены у 20 % пациентов с височной эпилепсией, без значимых различий между группами. По данным исследования,

нарушение более чем одной когнитивной функции из трех (речь, память, управляющие функции) наблюдалось у 82 % пациентов (в выборке, включающей как пациентов с височной эпилепсией, так и пациентов с эпилептогенным очагом за пределами височной доли), причем у 21 % пациентов наряду с речевой обработкой были затронуты как функция памяти, так и управляющие функции.

Выводы

Результаты представленных выше исследований позволяют сделать выводы о том, что речевая обработка у пациентов с височной эпилепсией может быть нарушена на различных языковых уровнях — от отдельных слов до дискурса. У пациентов с левосторонней височной эпилепсией в большей степени по сравнению с пациентами с правосторонней локализацией очага выражены трудности с пониманием и порождением отдельных слов, которые могут быть вызваны нарушениями лексического доступа и оказывать влияние на речевую обработку на более высоких языковых уровнях. На уровне предложений, как и на уровне дискурса, трудности могут наблюдаться в обеих группах в одинаковой степени, при этом для пациентов с правосторонней височной эпилепсией более сложным является понимание социальной составляющей ситуации и построение макроструктуры дискурса. Необходимо учитывать, что степень нарушений зависит не только от латерализации эпилептогенного очага, но и от его локализации в пределах височной доли, а также от других клинических факторов: например, возраст начала эпилепсии коррелирует с успешностью выполнения задания на порождение отдельных слов, понимание метафорического языка и анализ психических состояний и знаний других людей в контексте ситуации (Condret-Santi et al., 2014; Giovagnoli et al., 2011; McDonald et al., 2008), а частота приступов и длительность заболевания может коррелировать со способностью порождать отдельные слова и понимать предложения (Trebuchon-Da Fonseca et al., 2009; Wang et al., 2011). Результаты некоторых исследований также демонстрируют связь между успешностью речевой обработки и другими когнитивными функциями (уровнем интеллекта, памятью и управляющими функциями). Однако следует подчеркнуть, что противоречивость представленных данных свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения речевой функции и ее взаимодействия с другими когнитивными функциями у пациентов с височной эпилепсией с учетом влияния клинических факторов.

Реорганизация процессов речевой обработки и обеспечивающих их мозговых структур

Предыдущие разделы данного обзора продемонстрировали, что у пациентов с височной эпилепсией может быть нарушено понимание и порождение речи на различных языковых уровнях. Встает вопрос о том, какие изменения в процессах речевой обработки и со-

ответствующем мозговом субстрате наблюдаются у пациентов с эпилептогенным очагом в левой и правой височной доле. Для изучения данного аспекта может быть применен интракаротидный тест Вада, который основан на введении анестетика в артерию, питающую левое или правое полушарие головного мозга. Данный метод инвазивен, однако его преимуществом является возможность оценить участие в речевых процессах одного полушария мозга без вовлечения другого.

Джански и коллеги (Janszky et al., 2003) применили тест Вада с целью проанализировать латерализацию речевых зон в группе из 100 пациентов со склерозом гиппокампа, при котором эпилептогенный очаг располагался в медиальных отделах височной доли (83 пациента с мЛВЭ, 17 пациентов с мПВЭ). Контролируя фактор расположения очага, авторы также оценили влияние возраста начала и длительности заболевания, латерализации и индекса представленности эпилептиформной активности. В соответствии с результатами теста, атипичная латерализация речевых зон наблюдалась только у пациентов с левосторонней латерализацией очага (у 24% пациентов из этой подгруппы) и коррелировала с леворукостью. При этом она была также связана с высоким индексом представленности эпилептиформной активности и наличием сенсорных аур, которые свидетельствуют о вовлечении заднелатеральных отделов височной доли. Таким образом, эпилептиформная активность, вызванная склерозом гиппокампа, может стать причиной правосторонней латерализации основных речевых зон, несмотря на то что они сохранены и находятся на удалении от эпилептогенного очага. При этом не было обнаружено влияния возраста пациента во время события, ставшего причиной склероза гиппокампа (в основном фебрильные судороги), а также возраста начала приступов. Отсутствие корреляции может быть связано с тем, что провоцирующие события обычно случаются в раннем детстве (до 3 лет), во время максимальной пластичности головного мозга с возможностью реорганизации в более позднем возрасте.

В отличие от теста Вада, который отражает вовлеченность левого и правого полушария по отдельности и не позволяет более точно локализовать мозговую активность, с помощью метода функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) можно сопоставить степень одновременной вовлеченности полушарий в процессы речевой обработки с высоким пространственным разрешением. По результатам исследования Джански и коллег (Janszky et al., 2006), у пациентов с эпилептогенным очагом в левой височной доле наблюдается снижение индекса латерализации (степени смещения в пользу левого полушария) функциональной активности при выполнении задания на вербальную беглость по сравнению с пациентами с правосторонней локализацией очага (28 пациентов с мЛВЭ, 11 пациентов с мПВЭ). Была обнаружена корреляция между частотой эпилептических разрядов между приступами и степенью вовлеченности правого полушария в процессы речевой обработки. Это свидетельствует в пользу того, что частая интериктальная эпилептиформная активность, распространяющаяся из медиальных отделов левой височной доли

в ее неокортикальные структуры, способствует переносу речевых зон из левого полушария в правое. При этом результаты исследования не показали значимой корреляции между латерализацией речевых зон и возрастом начала приступов. Авторы предполагают, что в случае постоянных функциональных и медленно прогрессирующих структурных нарушений (например, хроническая эпилептиформная активность, глиомы низкой степени злокачественности) перенос речевых зон в правое полушарие может происходить без серьезных афатических нарушений даже в подростковом и раннем взрослом возрасте.

Вутс и соавторы (Voets et al., 2005) также использовали задание на вербальную беглость и показали, что активация в левой нижней лобной извилине у пациентов с левосторонней латерализацией очага снижена по сравнению с контрольной группой, в то время как для правой нижней лобной извилины показатели для двух групп не различались (12 пациентов с ЛВЭ). При этом пик активации в правом полушарии у пациентов был смещен кзади по сравнению с группой нормы и не являлся гомологом активной зоны в левой лобной доле. Результаты исследования свидетельствуют о том, что правая нижняя лобная извилина играет важную роль в реорганизации речевой функции после поражения левого полушария в контексте височной эпилепсии, при этом адаптивные речевые механизмы могут отличаться от процессов, наблюдаемых в норме.

Вовлечение правой лобной доли в процессы речевой обработки было проанализировано и в исследовании Бонелли и коллег (Bonelli et al., 2011), основанном на сопоставлении результатов теста на называние объектов и фМРТ-активации, связанной с выполнением задания на вербальную беглость. Анализ корреляции показал, что у здоровых испытуемых и пациентов с правосторонней локализацией очага более высокие результаты связаны с повышенной активацией в левом гиппокампе, тогда как у пациентов с очагом в левой височной доле этой корреляции обнаружено не было. В данной группе пациентов более высокие результаты были ассоциированы с повышенной активацией в средней и нижней лобных извилинах левого и в меньшей степени правого полушарий. Результаты исследования свидетельствуют о том, что трудности с порождением слов у пациентов с левосторонней локализацией очага могут быть связаны с изменениями в работе гиппокампов и компенсаторным вовлечением лобных долей.

Снижение индекса латерализации активности в лобных долях у пациентов с очагом в левой височной доле по сравнению с группой нормы было также обнаружено Пауэллом и коллегами (Powell et al., 2007) при тестировании порождения глаголов в ответ на предъявленное существительное (37 пациентов с мЛВЭ, 29 пациентов с мПВЭ). Статистически значимые различия были выявлены и между пациентами с левосторонней и правосторонней локализацией очага. Кроме того, Вонг и соавторы (Wong et al., 2009) использовали схожее задание и обнаружили дополнительную активацию в правой лобной доле (нижняя и средняя лобные извилины) у пациентов обеих групп по сравнению со здоровыми испытуемыми (10 пациентов с мЛВЭ, 9 пациентов с мПВЭ). При этом у пациентов

с эпилептогенным очагом в левой височной доле, в отличие от пациентов с правосторонней локализацией очага, наблюдалась дополнительная активация в нижней и верхней теменных долях левого полушария, что может быть связано с повышенной сложностью задания для пациентов этой группы. Результаты исследования также свидетельствуют о том, что корреляция между правильностью ответов и активацией в традиционных речевых зонах левого полушария у пациентов с левосторонней локализацией очага была ниже по сравнению с контрольной группой. Авторы отмечают, что в данном случае происходит не только вовлечение правых гомологов речевых зон в процессы речевой обработки, но и реорганизация внутри левого полушария.

Триммел и соавторы (Trimmel et al., 2018) проанализировали данные фМРТ, характеризующие название объектов по их вербальному описанию или рисунку, и исследовали функциональную связанность между различными зонами мозга (35 пациентов с ЛВЭ, 24 пациента с ПВЭ). Анализ активации мозговых структур показал, что зоны мозга, вовлеченные в выполнение заданий и ассоциированные с правильностью ответов (включая среднюю и нижнюю височные извилины, верхнюю лобную извилину, переднюю поясную кору слева и нижнюю лобную извилину билатерально), не различались для пациентов с левосторонней и правосторонней локализацией очага и здоровых испытуемых. При этом у пациентов с источником эпилептиформной активности в левой височной доле более ранний возраст начала заболевания и его длительность коррелировали со снижением функциональной связанности между задними отделами нижней височной извилины, передними отделами средней височной извилины, задними отделами верхней височной извилины, полюсом височной доли и нижней лобной извилиной, а также между прецентральной и веретенообразной извилинами левого полушария. Полученные данные свидетельствуют о нарушениях в нейронных сетях, обеспечивающих речевую обработку и включающих левую височную долю, у пациентов с левосторонней локализацией очага. Следует также отметить, что, согласно результатам исследования Форсета и соавторов (Forseth et al., 2018), активность в нижней лобной и веретенообразной извилинах наряду с внутритеменной бороздой отражает процессы семантической обработки и является критичной для выполнения обоих заданий на порождение слов.

В работе Манселла и коллег (Muncell et al., 2019) для выявления корреляции между функциональной связанностью и успешностью называния был применен метод машинного обучения (12 пациентов с ЛВЭ, 12 пациентов с ПВЭ, объединенные в одну группу, с доминантным по речи левым полушарием, по данным теста Вада). Авторы исследования проанализировали связи между зонами мозга, вовлеченными в выполнение различных тестов на понимание и порождение речи, и их способность предсказывать результаты теста на название объектов. Полученные данные свидетельствуют о том, что успешность выполнения данного задания ассоциируется с функциональными связями между лобными и височными долями билатерально, включая

медиальные отделы височных долей (левый гиппокамп, парагиппокампальную извилину и правую парагиппокампальную извилину). Таким образом, результаты исследования подтверждают вовлеченность правого полушария в процессы, обеспечивающие порождение слов, хотя и не позволяют определить, насколько она является критичной для выполнения задания.

Функциональные изменения подтверждаются и исследованиями, основанными на данных фМРТ покоя. Дусэ и коллеги (Doucet et al., 2015) показали, что, несмотря на фокальный характер эпилепсии, у пациентов с височной эпилепсией наблюдается усиление функциональных связей в целом вне зависимости от наличия/отсутствия структурных изменений (22 пациента со склерозом гиппокампа, из них 12 пациентов с правосторонней локализацией очага, 28 пациентов без структурных изменений мозга, из них 16 пациентов с правосторонней локализацией очага). Значимое влияние на состояние сетей покоя оказывает возраст начала приступов, причем данная связь в большей степени характерна для пациентов со склерозом гиппокампа: при склерозе гиппокампа и позднем начале приступов снижается возможность развития компенсаторных механизмов, что приводит к более выраженным функциональным нарушениям, несмотря на меньшую длительность заболевания. При позднем начале приступов функциональная связанность между лобными долями и другими отделами головного мозга была снижена по сравнению со здоровыми испытуемыми, тогда как у пациентов с ранним началом приступов наблюдался обратный эффект. У пациентов с ранним началом приступов вне зависимости от наличия/отсутствия структурных аномалий была также обнаружена повышенная функциональная связанность между поясной корой и прилежащими отделами, что может отражать процессы адаптации, связанные с активным вовлечением поясной коры в когнитивные процессы. В то же время наблюдалось снижение функциональной связанности между гиппокампом и другими компонентами сети. Таким образом, даже при отсутствии структурных аномалий, эпилептиформная активность в гиппокампе приводит к функциональным изменениям, более выраженным в случае раннего начала приступов. По мнению авторов, взаимодействие между факторами возраста начала приступов и наличием/отсутствием структурных аномалий связано с тем, что сниженная пластичность в случае более позднего начала заболевания противостоит глубоким нарушениям связей между гиппокампом и другими отделами головного мозга (в данном случае имеется в виду патологическая пластичность, которая, в отличие от физиологической пластичности, обеспечивающей процессы обучения и памяти, способствует закреплению патологических функциональных систем и способствует разрушению нервной ткани; McEachern, Shaw, 1999). При этом в раннем возрасте возможна реорганизация функциональной сети, включая сегрегацию на отдельные компоненты с целью нормального функционирования за пределами эпилептогенного очага. Однако структурные нарушения в медиальных отделах височной доли могут препятствовать данному процессу.

Анализ данных воксельной морфометрии, позволяющей оценить объем серого вещества головного

мозга, свидетельствует о том, что наличие эпилептогенного очага в левой или правой височной доле не только оказывает влияние на речевую обработку и функциональные связи, но и приводит к структурным изменениям в коре больших полушарий. Кеммотсу и коллеги (Kemmotu et al., 2011) обнаружили снижение толщины коры в лобных, височных и теменных отделах у пациентов как с левосторонней, так и с правосторонней локализацией очага, особенно выраженное в ипсилатеральном эпилептогенному очагу полушария (18 пациентов с ЛВЭ, 18 пациентов с ПВЭ). При этом у пациентов с очагом в левом полушарии указанные изменения были более обширными и коррелировали с длительностью заболевания. Лабудда и соавторы (Labudda et al., 2012) сравнили объем серого вещества в лобных и височных областях для двух полушарий у пациентов с левосторонней локализацией очага (40 пациентов со склерозом гиппокампа). По результатам исследования, вне зависимости от типичности латерализации областей мозга, вовлеченных в речевую обработку, показатели были более высокими для правого полушария. Авторы связывают обнаруженную асимметрию с тем, что левосторонняя височная эпилепсия, вызванная в данном случае склерозом гиппокампа, сопровождается атрофией экстрагиппокампальных отделов коры, которая в большей степени характерна для ипсилатерального эпилептогенному очагу полушария.

В пользу структурной реорганизации мозгового субстрата, обеспечивающего речевую обработку, при височной эпилепсии свидетельствуют и данные о строении проводящих путей белого вещества (трактов). Результаты анализа Пауэлла и соавторов (Powell et al., 2007) с применением метода диффузионно-тензорной трактографии показывают, что у пациентов с эпилептогенным очагом в левой височной доле связи между речевыми зонами в левом полушарии могут быть ослаблены по сравнению со здоровыми испытуемыми и пациентами с правосторонней локализацией очага. Это свидетельствует о разрушении трактов в ипсилатеральном эпилептогенному очагу левом полушарии, которое сопровождается их усилением в правом полушарии. При этом у пациентов с очагом в правой височной доле наблюдалось усиление проводящих путей в левом полушарии, несмотря на то что эпилептогенный очаг находится в недоминантном по речи полушарии. Таким образом, в отличие от нормы и пациентов с правосторонней локализацией очага, у которых объем проводящих путей больше в левом полушарии, у пациентов с левосторонней локализацией очага может наблюдаться обратное соотношение (Chang et al., 2017: 14 пациентов с ЛВЭ; Kemmotu et al., 2011; Powell et al., 2007). По данным Кеммотсу и коллег (Kemmotu et al., 2011), более выраженные изменения в структуре проводящих путей ассоциируются с ранним возрастом начала заболевания. Авторы связывают данную корреляцию с тем, что у детей эпилептиформная активность может стать причиной задержки в миелинизации аксонов (Hermann et al., 2010).

Существует взаимосвязь между структурной реорганизацией в мозге и функциональной пластичностью у пациентов с височной эпилепсией. Как показала работа Лабудды и коллег (Labudda et al., 2012), у па-

циентов с очагом в левой височной доле и атипичной латерализацией речевых зон также наблюдается увеличение объема серого вещества в правой верхней височной извилине по сравнению с пациентами с их типичной латерализацией. Была также обнаружена прямая связь между распределением фМРТ-активации во время речевой обработки и латерализацией проводящих путей в мозге у пациентов с левосторонней и правосторонней височной эпилепсией (Chang et al., 2017; Powell et al., 2007). Чанг и соавторы (Chang et al., 2017) отмечают, что разрушение дугообразного пучка, который играет важную роль в речевой обработке (см., например, Catani, Mesulam, 2008), могло стать причиной адаптационного переноса речевых зон.

Выводы

Исследования с применением различных методов свидетельствуют о реорганизации процессов понимания и порождения речи и обеспечивающего эти процессы мозгового субстрата у пациентов с височной эпилепсией. Данные изменения в большей степени выражены у пациентов с левосторонней локализацией эпилептогенного очага и заключаются в атипичной латерализации речевых зон, включая снижение индекса латерализации активности в лобных долях, а также реорганизации внутри левого полушария с возможным усилением активности в лобной доле и вовлечением теменной доли. При этом вовлеченность правого полушария и функциональные связи между лобными и височными долями обоих полушарий коррелируют с успешностью выполнения речевых заданий. Функциональные изменения у пациентов с левосторонней локализацией очага сопровождаются изменениями в объеме серого вещества коры больших полушарий: толщина коры лобных и височных долей оказывается больше в правом полушарии.

Следует отметить, что структурные изменения наблюдаются и у пациентов с эпилептогенным очагом в правой височной доле: вне зависимости от латерализации очага у пациентов с височной эпилепсией происходит ослабление трактов в ипсилатеральном и их усиление в контралатеральном очагу полушарии, а также происходит снижение толщины коры в лобных, височных и теменных долях, особенно выраженное в ипсилатеральном очагу полушарии. На функционирование и строение отделов мозга, связанных с речевой обработкой, оказывают влияние такие клинические факторы, как локализация источника эпилептиформной активности в медиальных vs. латеральных отделах височной доли, наличие/отсутствие структурных аномалий, возраст начала и длительность заболевания и индекс представленности эпилептиформной активности.

Заключение

Исследования, представленные в данном обзоре, демонстрируют трудности в понимании и порождении речи и изменения в мозговом субстрате, обеспечивающем процессы речевой обработки, у пациентов с височной эпилепсией. Некоторая противоречивость

описанных в литературе результатов может быть связана с ограниченным числом работ в этом направлении, различиями в методике проведения экспериментов и гетерогенностью клинических групп. Для более глубокого понимания того, каким образом различные клинические факторы влияют на функциональные и структурные изменения, сопоставления наблюдаемых изменений с другими когнитивными функциями и физиологическими процессами, необходимы дальнейшие исследования.

Литература

Юрченко А. Н., Арутюнян В. Г., Головтеев А. Л., Драгой О. В. Понимание речи на различных языковых уровнях у пациентов с височной эпилепсией // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: Буки Веди, ИППИП, 2019. С. 552–556. URL: <http://conf.virtualcoglab.ru/2019/Proceedings/pdf/YurchenkoetalMoscowCogSci2019.pdf>.

Balter S., Lin G., Leyden K., Paul B., McDonald C. Neuroimaging correlates of language network impairment and reorganization in temporal lobe epilepsy // *Brain and Language*. 2019. Vol. 193. P. 31–44. doi:10.1016/j.bandl.2016.06.002

Bartha L. Interictal language functions in temporal lobe epilepsy // *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2005. Vol. 76. No. 6. P. 808–814. doi:10.1136/jnnp.2004.045385

Bell B., Dow C., Watson E. R., Woodard A., Hermann B., Seidenberg M. Narrative and procedural discourse in temporal lobe epilepsy // *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2003. Vol. 9. No. 5. P. 733–739. doi:10.1017/s1355617703950065

Bonelli S. B., Powell R., Thompson P. J., Yogarajah M., Focke N. K., Stretton J., Vollmar C., Symms M. R., Price C. J., Duncan J. S., Koepp M. J. Hippocampal activation correlates with visual confrontation naming: fMRI findings in controls and patients with temporal lobe epilepsy // *Epilepsy Research*. 2011. Vol. 95. No. 3. P. 246–254. doi:10.1016/j.eplepsyres.2011.04.007

Catani M., Mesulam M. The arcuate fasciculus and the disconnection theme in language and aphasia: History and current state // *Cortex*. 2008. Vol. 44. No. 8. P. 953–961. doi:10.1016/j.cortex.2008.04.002

Chang Y.-H. A., Kemmotsu N., Leyden K. M., Kucukboyaci N. E., Iragui V. J., Tecoma E. S., Kansal L., Norman M. A., Compton R., Ehrlich T. J., Uttarwar V. S., Reyes A., Paul B. M., McDonald C. R. Multimodal imaging of language reorganization in patients with left temporal lobe epilepsy // *Brain and Language*. 2017. Vol. 170. P. 82–92. doi:10.1016/j.bandl.2017.03.012

Condret-Santi V., Barragan-Jason G., Valton L., Denuelle M., Curot J., Nespoulous J.-L., Barbeau E. J. Object and proper name retrieval in temporal lobe epilepsy: A study of difficulties and latencies // *Epilepsy Research*. 2014. Vol. 108. No. 10. P. 1825–1838. doi:10.1016/j.eplepsyres.2014.09.001

De Renzi E., Vignolo L. A. Token test: A sensitive test to detect receptive disturbances in aphasics // *Brain*. 1962. Vol. 85. No. 4. P. 665–678. doi:10.1093/brain/85.4.665

Doucet G. E., Sharan A., Pustina D., Skidmore C., Sperling M. R., Tracy J. I. Early and late age of seizure onset have a differential impact on brain resting-state organization in temporal lobe epilepsy // *Brain Topography*. 2015. Vol. 28. No. 1. P. 113–126. doi:10.1007/s10548-014-0366-6

Dutta M., Murray L., Miller W., Groves D. Effects of epilepsy on language functions: Scoping review and data mining findings // *American Journal of Speech-Language Pathology*. 2018. Vol. 27. No. 1S. P. 350–378. doi:10.1044/2017_ajslp-16-0195

Engel J. Excitation and inhibition in epilepsy // *Canadian Journal of Neurological Sciences / Journal Canadien des Sciences Neurologiques*. 1996. Vol. 23. No. 3. P. 167–174. doi:10.1017/s0317167100038464

Engel J., Wilson C., Lopez-Rodriguez F. Limbic connectivity: Anatomical substrates of behavioural disturbances in epilepsy // *The neuropsychiatry of epilepsy*. Cambridge University Press, 2002. P. 18–38. doi:10.1017/cbo9780511544354.003

Engel J. J., Williamson P. D., Wieser H.-G. Mesial temporal lobe epilepsy: A comprehensive textbook. Lippincott-Raven, 1997. Vol. 3. P. 2417–2426.

Fargo J. D., Schefft B. K., Dulay M. F., Privitera M. D., Yeh H.-S. Confrontation naming in individuals with temporal lobe epilepsy: A quantitative analysis of paraphasic error subtypes // *Neuropsychology*. 2005. Vol. 19. No. 5. P. 603–611. doi:10.1037/0894-4105.19.5.603

Field S. J., Saling M. M., Berkovic S. F. Interictal discourse production in temporal lobe epilepsy // *Brain and Language*. 2000. Vol. 74. No. 2. P. 213–222. doi:10.1006/brln.2000.2335

Forsteth K. J., Kadipasaoglu C. M., Conner C. R., Hickok G., Knight R. T., Tandon N. A lexical semantic hub for heteromodal naming in middle fusiform gyrus // *Brain*. 2018. Vol. 141. No. 7. P. 2112–2126. doi:10.1093/brain/awy120

Giovagnoli A., Erbetta A., Villani F., Avanzini G. Semantic memory in partial epilepsy: Verbal and non-verbal deficits and neuroanatomical relationships // *Neuropsychologia*. 2005. Vol. 43. No. 10. P. 1482–1492. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.010

Giovagnoli A. R. Verbal semantic memory in temporal lobe epilepsy // *Acta Neurologica Scandinavica*. 1999. Vol. 99. No. 6. P. 334–339. doi:10.1111/j.1600-0404.1999.tb07361.x

Giovagnoli A. R., Franceschetti S., Reati F., Parente A., Maccagnano C., Villani F., Spreafico R. Theory of mind in frontal and temporal lobe epilepsy: Cognitive and neural aspects // *Epilepsia*. 2011. Vol. 52. No. 11. P. 1995–2002. doi:10.1111/j.1528-1167.2011.03215.x

Giovagnoli A. R., Parente A., Didato G., Manfredi V., Deleo F., Tringali G., Villani F. The course of language functions after temporal lobe epilepsy surgery: A prospective study // *European Journal of Neurology*. 2016. Vol. 23. No. 12. P. 1713–1721. doi:10.1111/ene.13113

Hamberger M. J., Seidel W. T., McKhann G. M., Goodman R. R. Hippocampal removal affects visual but not auditory naming // *Neurology*. 2010. Vol. 74. No. 19. P. 1488–1493. doi:10.1212/wnl.0b013e3181dd40f0

Hermann B. P., Dabbs K., Becker T., Jones J. E., y Gutierrez A. M., Wendt G., Koehn M. A., Sheth R., Seidenberg M. Brain development in children with new onset epilepsy: A prospective controlled cohort investigation // *Epilepsia*. 2010. Vol. 51. No. 10. P. 2038–2046. doi:10.1111/j.1528-1167.2010.02563.x

Janszky J., Jokeit H., Heinemann D., Schulz R., Woermann F. G., Ebner A. Epileptic activity influences the speech organization in medial temporal lobe epilepsy // *Brain*. 2003. Vol. 126. No. 9. P. 2043–2051. doi:10.1093/brain/awg193

Janszky J., Mertens M., Janszky I., Ebner A., Woermann F. G. Left-sided interictal epileptic activity induces shift of language lateralization in temporal lobe epilepsy: An fMRI study // *Epilepsia*. 2006. Vol. 47. No. 5. P. 921–927. doi:10.1111/j.1528-1167.2006.00514.x

Kemmotsu N., Girard H. M., Bernhardt B. C., Bonilha L., Lin J. J., Tecoma E. S., Iragui V. J., Hagler D. J., Halgren E., McDonald C. R. MRI analysis in temporal lobe epilepsy: Cortical thinning and white matter disruptions are related to side of seizure onset // *Epilepsia*. 2011. Vol. 52. No. 12. P. 2257–2266. doi:10.1111/j.1528-1167.2011.03278.x

Kho K. H., Indefrey P., Hagoort P., van Veelen C. W. M., van Rijen P. C., Ramsey N. F. Unimpaired sentence comprehension after anterior temporal cortex resection // *Neuropsychologia*. 2008. Vol. 46. No. 4. P. 1170–1178. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.014

Labudda K., Mertens M., Janszky J., Bien C. G., Woermann F. G. Atypical language lateralisation associated with right fronto-temporal grey matter increases — a combined fMRI and VBM study in left-sided mesial temporal lobe epilepsy patients // *NeuroImage*. 2012. Vol. 59. No. 1. P. 728–737. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.07.053

Lomlomdjan C., Múnera C. P., Low D. M., Terpiluk V., Solís P., Abusamra V., Kochen S. The right hemisphere's contribu-

tion to discourse processing: A study in temporal lobe epilepsy // *Brain and Language*. 2017. Vol. 171. P. 31–41. doi:10.1016/j.bandl.2017.04.001

Lomlomdjian C., Solis P., Medel N., Kochen S. A study of word finding difficulties in Spanish speakers with temporal lobe epilepsy // *Epilepsy Research*. 2011. Vol. 97. No. 1–2. P. 37–44. doi:10.1016/j.eplepsyres.2011.06.016

McDonald C. R., Delis D. C., Kramer J. H., Tecoma E. S., Iragui V. J. A componential analysis of proverb interpretation in patients with frontal lobe epilepsy and temporal lobe epilepsy: Relationships with disease-related factors // *The Clinical Neuropsychologist*. 2008. Vol. 22. No. 3. P. 480–496. doi:10.1080/13854040701363828

McEachern J. C., Shaw C. A. The plasticity-pathology continuum: Defining a role for the LTP phenomenon // *Journal of Neuroscience Research*. 1999. Vol. 58. No. 1. P. 42–61. doi:10.1002/(sici)1097-4547(19991001)58:1<42::aid-jnr6>3.0.co;2-1

Munsell B., Wu G., Fridriksson J., Thayer K., Mofrad N., Desisto N., Shen D., Bonilha L. Relationship between neuronal network architecture and naming performance in temporal lobe epilepsy: A connectome based approach using machine learning // *Brain and Language*. 2019. Vol. 193. P. 45–57. doi:10.1016/j.bandl.2017.08.006

Powell H. W. R., Parker G. J. M., Alexander D. C., Symms M. R., Boulby P. A., Wheeler-Kingshott C. A. M., Barker G. J., Koepp M. J., Duncan J. S. Abnormalities of language networks in temporal lobe epilepsy // *NeuroImage*. 2007. Vol. 36. No. 1. P. 209–221. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.02.028

Rai V. K., Shukla G., Afsar M., Poornima S., Pandey R., Rai N., Goyal V., Srivastava A., Vibha D., Behari M. Memory, executive function and language function are similarly impaired in both temporal and extra temporal refractory epilepsy — A prospective study // *Epilepsy Research*. 2015. Vol. 109. P. 72–80. doi:10.1016/j.eplepsyres.2014.09.031

Ramirez M. J., Schefft B. K., Howe S. R., Hovanitz C., Yeh H.-s., Privitera M. D. The effects of perceived emotional distress on language performance in intractable epilepsy // *Epilepsy & Behavior*. 2010. Vol. 18. No. 1–2. P. 64–73. doi:10.1016/j.yebeh.2010.02.020

Riès S. K., Dronkers N. F., Knight R. T. Choosing words: Left hemisphere, right hemisphere, or both? Perspective on the lateralization of word retrieval // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2016. Vol. 1369. No. 1. P. 111–131. doi:10.1111/nyas.12993

Silvia O., Patricia S., Damián C., Brenda G., Walter S., Luciana D., Estela C., Patricia S., Silvia K. Mesial temporal lobe epilepsy and hippocampal sclerosis: Cognitive function assessment in Hispanic patients // *Epilepsy & Behavior*. 2003. Vol. 4. No. 6. P. 717–722. doi:10.1016/j.yebeh.2003.09.008

Trebuchon-Da Fonseca A., Guedj E., Alario F.-X., Laguiton V., Mundler O., Chauvel P., Liegeois-Chauvel C. Brain regions underlying word finding difficulties in temporal lobe epilepsy // *Brain*. 2009. Vol. 132. No. 10. P. 2772–2784. doi:10.1093/brain/awp083

Trimmel K., van Graan A. L., Caciagli L., Haag A., Koepp M. J., Thompson P. J., Duncan J. S. Left temporal lobe language network connectivity in temporal lobe epilepsy // *Brain*. 2018. Vol. 141. No. 8. P. 2406–2418. doi:10.1093/brain/awy164

Voets N. L., Adcock J. E., Flitney D. E., Behrens T. E. J., Hart Y., Stacey R., Carpenter K., Matthews P. M. Distinct right frontal lobe activation in language processing following left hemisphere injury // *Brain*. 2005. Vol. 129. No. 3. P. 754–766. doi:10.1093/brain/awh679

Wang W.-H., Liou H.-H., Chen C.-C., Chiu M.-J., Chen T.-F., Cheng T.-W., Hua M.-S. Neuropsychological performance and seizure-related risk factors in patients with temporal lobe epilepsy: A retrospective cross-sectional study // *Epilepsy & Behavior*. 2011. Vol. 22. No. 4. P. 728–734. doi:10.1016/j.yebeh.2011.08.038

Wong S. W. H., Jong L., Bandur D., Bihari F., Yen Y.-F., Takahashi A. M., Lee D. H., Steven D. A., Parrent A. G., Pigott S. E., Mirsattari S. M. Cortical reorganization following anterior temporal lobectomy in patients with temporal lobe epilepsy // *Neurology*. 2009. Vol. 73. No. 7. P. 518–525. doi:10.1212/wnl.0b013e3181b2a48e

Yurchenko A., Golovteev A., Kopachev D., Dragoy O. Comprehension and production of nouns and verbs in temporal lobe epilepsy // *Epilepsy & Behavior*. 2017. Vol. 75. P. 127–133. doi:10.1016/j.yebeh.2017.07.006

review articles

Language Processing and Reorganization in the Brain in Patients with Temporal Lobe Epilepsy

Anna Yurchenko

Center for Language and Brain, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia;
Neurological Clinic “Epilepsy Center”, Moscow, Russia

Abstract. This paper explores language comprehension and production in patients with temporal lobe epilepsy, a neurological disorder characterized by an epileptogenic focus near language areas or their homologues in the brain. Behavioral studies have shown that language processing in patients with temporal lobe epilepsy could be impaired across language domains — from single words to discourse. Neuroimaging data suggest that temporal lobe epilepsy may lead to changes in the lateralization and localization of language functions, reorganization of functional connections, and alterations in cortical structure and white matter tracts. The severity of language impairments and the degree of functional and structural reorganization in the brain correlate with clinical factors, including lateralization of the epileptogenic focus, age at seizure onset, disease duration, and frequency of epileptiform activity.

Correspondence: Anna Yurchenko, anuyurchenko@hse.ru, Staraya Basmanaya, bld. 21/4, room 510, 105066 Moscow, Russia, Center for Language and Brain, NRU HSE

Keywords: temporal lobe epilepsy, language comprehension, language production, language impairment, functional reorganization

Copyright © 2019. Anna Yurchenko. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgements. The article was prepared with the financial support of the RFBR, Project No. 18-312-00091

Received November 1, 2019, accepted December 28, 2019.

References

- Balter, S., Lin, G., Leyden, K., Paul, B., & McDonald, C. (2019). Neuroimaging correlates of language network impairment and reorganization in temporal lobe epilepsy. *Brain and Language*, 193, 31–44. [doi:10.1016/j.bandl.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.06.002)
- Bartha, L. (2005). Interictal language functions in temporal lobe epilepsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76(6), 808–814. [doi:10.1136/jnnp.2004.045385](https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.045385)
- Bell, B., Dow, C., Watson, E.R., Woodard, A., Hermann, B., & Seidenberg, M. (2003). Narrative and procedural discourse in temporal lobe epilepsy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(5), 733–739. [doi:10.1017/s1355617703950065](https://doi.org/10.1017/s1355617703950065)
- Bonelli, S.B., Powell, R., Thompson, P.J., Yogarajah, M., Focke, N.K., Stretton, J., Vollmar, C., Symms, M.R., Price, C.J., Duncan, J.S., & Koepp, M.J. (2011). Hippocampal activation correlates with visual confrontation naming: fMRI findings in controls and patients with temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 95(3), 246–254. [doi:10.1016/j.eplepsyres.2011.04.007](https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2011.04.007)
- Catani, M., & Mesulam, M. (2008). The arcuate fasciculus and the disconnection theme in language and aphasia: History and current state. *Cortex*, 44(8), 953–961. [doi:10.1016/j.cortex.2008.04.002](https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.04.002)
- Chang, Y.-H.A., Kemmotsu, N., Leyden, K.M., Kucukboyaci, N.E., Iragui, V.J., Tecoma, E.S., Kansal, L., Norman, M.A., Compton, R., Ehrlich, T.J., Uttarwar, V.S., Reyes, A., Paul, B.M., & McDonald, C.R. (2017). Multimodal imaging of language reorganization in patients with left temporal lobe epilepsy. *Brain and Language*, 170, 82–92. [doi:10.1016/j.bandl.2017.03.012](https://doi.org/10.1016/j.bandl.2017.03.012)
- Condret-Santi, V., Barragan-Jason, G., Valton, L., Denuelle, M., Curot, J., Nespoulous, J.-L., & Barbeau, E.J. (2014). Object and proper name retrieval in temporal lobe epilepsy: A study of difficulties and latencies. *Epilepsy Research*, 108(10), 1825–1838. [doi:10.1016/j.eplepsyres.2014.09.001](https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2014.09.001)

- De Renzi, E., & Vignolo, L. A. (1962). Token test: A sensitive test to detect receptive disturbances in aphasics. *Brain*, 85(4), 665–678. doi:10.1093/brain/85.4.665
- Doucet, G. E., Sharan, A., Pustina, D., Skidmore, C., Sperling, M. R., & Tracy, J. I. (2015). Early and late age of seizure onset have a differential impact on brain resting-state organization in temporal lobe epilepsy. *Brain Topography*, 28(1), 113–126. doi:10.1007/s10548-014-0366-6
- Dutta, M., Murray, L., Miller, W., & Groves, D. (2018). Effects of epilepsy on language functions: Scoping review and data mining findings. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(1S), 350–378. doi:10.1044/2017_ajslp-16-0195
- Engel, J. (1996). Excitation and inhibition in epilepsy. *Canadian Journal of Neurological Sciences / Journal Canadien des Sciences Neurologiques*, 23(3), 167–174. doi:10.1017/s0317167100038464
- Engel, J., Wilson, C., & Lopez-Rodriguez, F. (2002). Limbic connectivity: Anatomical substrates of behavioural disturbances in epilepsy. In *The neuropsychiatry of epilepsy* (pp. 18–38). Cambridge University Press. doi:10.1017/cbo9780511544354.003
- Engel, J. J., Williamson, P. D., & Wieser, H.-G. (1997). Mesial temporal lobe epilepsy. In *Epilepsy: A comprehensive textbook*, (Vol. 3, pp. 2417–2426). Lippincott-Raven.
- Fargo, J. D., Schefft, B. K., Dulay, M. E., Privitera, M. D., & Yeh, H.-S. (2005). Confrontation naming in individuals with temporal lobe epilepsy: A quantitative analysis of paraphasic error subtypes. *Neuropsychology*, 19(5), 603–611. doi:10.1037/0894-4105.19.5.603
- Field, S. J., Saling, M. M., & Berkovic, S. F. (2000). Interictal discourse production in temporal lobe epilepsy. *Brain and Language*, 74(2), 213–222. doi:10.1006/brln.2000.2335
- Forsyth, K. J., Kadipasaoglu, C. M., Conner, C. R., Hickok, G., Knight, R. T., & Tandon, N. (2018). A lexical semantic hub for heteromodal naming in middle fusiform gyrus. *Brain*, 141(7), 2112–2126. doi:10.1093/brain/awy120
- Giovagnoli, A., Erbetta, A., Villani, F., & Avanzini, G. (2005). Semantic memory in partial epilepsy: Verbal and non-verbal deficits and neuroanatomical relationships. *Neuropsychologia*, 43(10), 1482–1492. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.010
- Giovagnoli, A. R. (1999). Verbal semantic memory in temporal lobe epilepsy. *Acta Neurologica Scandinavica*, 99(6), 334–339. doi:10.1111/j.1600-0404.1999.tb07361.x
- Giovagnoli, A. R., Franceschetti, S., Reati, F., Parente, A., Macagnano, C., Villani, F., & Spreafico, R. (2011). Theory of mind in frontal and temporal lobe epilepsy: Cognitive and neural aspects. *Epilepsia*, 52(11), 1995–2002. doi:10.1111/j.1528-1167.2011.03215.x
- Giovagnoli, A. R., Parente, A., Didato, G., Manfredi, V., Deleo, F., Tringali, G., & Villani, F. (2016). The course of language functions after temporal lobe epilepsy surgery: A prospective study. *European Journal of Neurology*, 23(12), 1713–1721. doi:10.1111/ene.13113
- Hamberger, M. J., Seidel, W. T., McKhann, G. M., & Goodman, R. R. (2010). Hippocampal removal affects visual but not auditory naming. *Neurology*, 74(19), 1488–1493. doi:10.1212/wnl.0b013e3181dd40f0
- Hermann, B. P., Dabbs, K., Becker, T., Jones, J. E., y Gutierrez, A. M., Wendt, G., Koehn, M. A., Sheth, R., & Seidenberg, M. (2010). Brain development in children with new onset epilepsy: A prospective controlled cohort investigation. *Epilepsia*, 51(10), 2038–2046. doi:10.1111/j.1528-1167.2010.02563.x
- Janszky, J., Jokeit, H., Heinemann, D., Schulz, R., Woermann, F. G., & Ebner, A. (2003). Epileptic activity influences the speech organization in medial temporal lobe epilepsy. *Brain*, 126(9), 2043–2051. doi:10.1093/brain/awg193
- Janszky, J., Mertens, M., Janszky, I., Ebner, A., & Woermann, F. G. (2006). Left-sided interictal epileptic activity induces shift of language lateralization in temporal lobe epilepsy: An fMRI study. *Epilepsia*, 47(5), 921–927. doi:10.1111/j.1528-1167.2006.00514.x
- Kemmotsu, N., Girard, H. M., Bernhardt, B. C., Bonilha, L., Lin, J. J., Tecoma, E. S., Iragui, V. J., Hagler, D. J., Halgren, E., & McDonald, C. R. (2011). MRI analysis in temporal lobe epilepsy: Cortical thinning and white matter disruptions are related to side of seizure onset. *Epilepsia*, 52(12), 2257–2266. doi:10.1111/j.1528-1167.2011.03278.x
- Kho, K. H., Indefrey, P., Hagoort, P., van Veelen, C. W. M., van Rijen, P. C., & Ramsey, N. F. (2008). Unimpaired sentence comprehension after anterior temporal cortex resection. *Neuropsychologia*, 46(4), 1170–1178. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.014
- Labudde, K., Mertens, M., Janszky, J., Bien, C. G., & Woermann, F. G. (2012). Atypical language lateralisation associated with right fronto-temporal grey matter increases — a combined fMRI and VBM study in left-sided mesial temporal lobe epilepsy patients. *NeuroImage*, 59(1), 728–737. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.07.053
- Lomlomidjian, C., Múnera, C. P., Low, D. M., Terpiluk, V., Solis, P., Abusamra, V., & Kochen, S. (2017). The right hemisphere's contribution to discourse processing: A study in temporal lobe epilepsy. *Brain and Language*, 171, 31–41. doi:10.1016/j.bandl.2017.04.001
- Lomlomidjian, C., Solis, P., Medel, N., & Kochen, S. (2011). A study of word finding difficulties in Spanish speakers with temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 97(1–2), 37–44. doi:10.1016/j.eplesyres.2011.06.016
- McDonald, C. R., Delis, D. C., Kramer, J. H., Tecoma, E. S., & Iragui, V. J. (2008). A componential analysis of proverb interpretation in patients with frontal lobe epilepsy and temporal lobe epilepsy: Relationships with disease-related factors. *The Clinical Neuropsychologist*, 22(3), 480–496. doi:10.1080/13854040701363828
- McEachern, J. C., & Shaw, C. A. (1999). The plasticity-pathology continuum: Defining a role for the LTP phenomenon. *Journal of Neuroscience Research*, 58(1), 42–61. doi:10.1002/(sici)1097-4547(19991001)58:1<42::aid-jnr6>3.0.co;2-l
- Munsell, B., Wu, G., Fridriksson, J., Thayer, K., Mofrad, N., Desisto, N., Shen, D., & Bonilha, L. (2019). Relationship between neuronal network architecture and naming performance in temporal lobe epilepsy: A connectome based approach using machine learning. *Brain and Language*, 193, 45–57. doi:10.1016/j.bandl.2017.08.006
- Powell, H. W. R., Parker, G. J. M., Alexander, D. C., Symms, M. R., Boulby, P. A., Wheeler-Kingshott, C. A. M., Barker, G. J., Koeppe, M. J., & Duncan, J. S. (2007). Abnormalities of language networks in temporal lobe epilepsy. *NeuroImage*, 36(1), 209–221. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.02.028
- Rai, V. K., Shukla, G., Afsar, M., Poornima, S., Pandey, R., Rai, N., Goyal, V., Srivastava, A., Vibha, D., & Behari, M. (2015). Memory, executive function and language function are similarly impaired in both temporal and extra temporal refractory epilepsy — A prospective study. *Epilepsy Research*, 109, 72–80. doi:10.1016/j.eplesyres.2014.09.031
- Ramirez, M. J., Schefft, B. K., Howe, S. R., Hovanitz, C., Yeh, H.-s., & Privitera, M. D. (2010). The effects of perceived emotional distress on language performance in intractable epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 18(1–2), 64–73. doi:10.1016/j.yebeh.2010.02.020
- Riès, S. K., Dronkers, N. F., & Knight, R. T. (2016). Choosing words: Left hemisphere, right hemisphere, or both? Perspective on the lateralization of word retrieval. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1369(1), 111–131. doi:10.1111/nyas.12993
- Silvia, O., Patricia, S., Damián, C., Brenda, G., Walter, S., Luciana, D., Estela, C., Patricia, S., & Silvia, K. (2003). Mesial temporal lobe epilepsy and hippocampal sclerosis: Cognitive function assessment in Hispanic patients. *Epilepsy & Behavior*, 4(6), 717–722. doi:10.1016/j.yebeh.2003.09.008
- Trebuchon - Da Fonseca, A., Guedj, E., Alario, F.-X., Laguittou, V., Mundler, O., Chauvel, P., & Liegeois-Chauvel, C. (2009). Brain regions underlying word finding difficulties in temporal lobe epilepsy. *Brain*, 132(10), 2772–2784. doi:10.1093/brain/awp083

- Trimmel, K., van Graan, A. L., Caciagli, L., Haag, A., Koepp, M. J., Thompson, P. J., & Duncan, J. S. (2018). Left temporal lobe language network connectivity in temporal lobe epilepsy. *Brain*, *141*(8), 2406–2418. doi:10.1093/brain/awy164
- Voets, N. L., Adcock, J. E., Flitney, D. E., Behrens, T. E. J., Hart, Y., Stacey, R., Carpenter, K., & Matthews, P. M. (2005). Distinct right frontal lobe activation in language processing following left hemisphere injury. *Brain*, *129*(3), 754–766. doi:10.1093/brain/awh679
- Wang, W.-H., Liou, H.-H., Chen, C.-C., Chiu, M.-J., Chen, T.-F., Cheng, T.-W., & Hua, M.-S. (2011). Neuropsychological performance and seizure-related risk factors in patients with temporal lobe epilepsy: A retrospective cross-sectional study. *Epilepsy & Behavior*, *22*(4), 728–734. doi:10.1016/j.yebeh.2011.08.038
- Wong, S. W. H., Jong, L., Bandur, D., Bihari, F., Yen, Y.-F., Takahashi, A. M., Lee, D. H., Steven, D. A., Parrent, A. G., Pigott, S. E., & Mirsattari, S. M. (2009). Cortical reorganization following anterior temporal lobectomy in patients with temporal lobe epilepsy. *Neurology*, *73*(7), 518–525. doi:10.1212/WNL.0b013e3181b2a48e
- Yurchenko, A., Arutiunian, V., Golovteev, A., & Dragoy, O. (2019). Speech comprehension at different language levels in patients with temporal lobe epilepsy. In E. V. Pechenkova, & M. V. Falikman (Eds.), *Cognitive science in Moscow: New research* (pp. 552–556). Moscow: Buki Vedi. (In Russian). Retrieved from <http://conf.virtualcoglab.ru/2019/Proceedings/pdf/YurchenkoetalMoscowCogSci2019.pdf>.
- Yurchenko, A., Golovteev, A., Kopachev, D., & Dragoy, O. (2017). Comprehension and production of nouns and verbs in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, *75*, 127–133. doi:10.1016/j.yebeh.2017.07.006

research papers

Intuitive Feeling of Closeness to Solution Preceding Insight in Anagram Tasks

Alexey Medyntsev

Institute of Psychology RAS, Moscow, Russia

Olga Dyatlova

Institute of Psychology RAS, Moscow, Russia

Alena Kogan

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Svetlana Nemirova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Pavel Sabadosh

Institute of Psychology RAS, Moscow, Russia

Diana Kayutina

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. One of the main research questions related to creativity is the dilemma of specificity vs. non-specificity of the mechanisms underlying insight solutions as compared to analytical solutions of a problem. The first goal of our study was to verify insight solution specificity on solving anagram tasks. The second goal was to test a hypothesis about the existence of unconscious processing prior to insight solutions. We presented two types of stimuli to participants: anagrams and pseudowords. During the experiment, participants had to perform two successive tasks. First they had to judge whether they were being shown an anagram or a pseudoword, and then they had to solve the anagram. Anagrams and pseudowords differed in some visual features, of which the participants were not aware. It was expected that unconscious processing (if it exists) would be influenced by the implicit difference between the appearance of stimulus categories. During the solving process, participants had to rate how close they were to a solution. After a successful solution, they also had to indicate which way they found it: analytically or with insight. Our results showed that prior to an insight solution, participants felt that they were farther from the final solution than in the case of an analytical solution. These results confirm Metcalfe and Wiebe's (1987) conclusions on the difference between insight and analytical solutions. According to these data, we can propose different specific mechanisms for insight solutions and analytical solutions in anagram tasks. At the same time, the presence of visual differences between stimulus categories did not influence the anagram solving process. The current results did not show evidence for an important role of unconscious processing before insight solutions of anagrams.

Correspondence: Alexey Medyntsev, medintseff@yandex.ru, Institute of Psychology RAS, 13 Yaroslavskay str., 129366 Moscow, Russia; Alena Kogan, cohanalia@gmail.com, Pavel Sabadosh, psabadosh@yandex.ru, Olga Dyatlova, dyatlovaolga@gmail.com, Svetlana Nemirova, nemirova-sveta@yandex.ru, Diana Kayutina, dia_diaa@mail.ru

Keywords: problem solving, insight solution, analytical solution, anagrams, metacognition, warmth rating, closeness to solution

Copyright © 2019. Alexey Medyntsev, Alena Kogan, Pavel Sabadosh, Olga Dyatlova, Svetlana Nemirova, Diana Kayutina. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Note. The article is partially based on an earlier paper reporting preliminary results in the conference proceedings volume: Kogan, A. A., Medincev, A. A., Diatlova, O. V., Kaiutina, D. V., Rybchinchuk, M. A., & Nemirova, S. A. (2019). [Subjective feeling of approaching a solution in insight problem solving of anagrams]. In E. V. Pechenkova & M. V. Falikman (Eds.), *[Cognitive Science in Moscow: New Research. 2019 Conference proceedings]* (pp. 241–245). Moscow: Buki Vedi, IPPiP.

Acknowledgements. This study was funded by RFBR, according to Research Project № 18-00-01100(18-00-01029).

Received September 30, 2019, accepted December 25, 2019.

Introduction

Studies of problem solving mechanisms (especially in creative thinking) are an important direction of modern science. Insight solutions represent the most well known phenomenon in this area directly related to creative thinking. Operationally, the insight solution can be defined as an unexpected solution appearing in the solver's mind. The solver cannot provide a subjective report about how they came to the solution (Topolinski & Reber, 2010). An alternative to the insight solution is the analytical solution, which involves using a well known algorithm or the trial and error method (Bowden & Jung-Beeman, 2003).

Since Duncker's studies (1926), researchers have held the opinion that insight solutions have a specific psychological background. The insight solution is often considered to be the result of a rapid change of the mental representation of a problem (Spiridonov & Lifanova, 2013).

Later, another approach appeared in which the insight solution was considered to be the result of some gradual ongoing processes: progress monitoring (MacGregor, Omerod, & Chronicle, 2001) or a "gradual accumulation of knowledge" (Ellis, Glaholt, & Reingold, 2011, p. 768). From this perspective, an insight solution does not really differ from an analytical solution. And this idea has received some experimental support. In the research of Ellis et al. (2011), for instance, participants were asked to solve anagrams. After successfully solving them, they also had to indicate how they found the solution. Analysis of eye tracking activity prior to the solution did not reveal any difference between analytical and insightful methods (Ellis et al., 2011).

On the other hand, Knoblich, Ohlsson, Haider, and Rhenius (1999) in their study with matchstick arithmetic problems (participants had to transform an incorrect arithmetic statement expressed in Roman numerals and constructed out of matchsticks into the correct solution by moving one matchstick) showed that changing an initial representation (reflected in "relaxing of constraints" and "decomposing unhelpful perceptual chunks") lead to a successful solution (Knoblich et al., 1999, p. 1539). These data provide evidence for the specificity of insight solutions. Discussions between supporters of the two approaches are ongoing.

In 1987, Metcalfe and Wiebe showed that insight and analytical problem solving are different in the subjective feeling of closeness to a solution (warmth rating) experienced by the solvers. During analytical task solving, the warmth rating increases gradually up to the solution itself. Meanwhile, insight solutions are accompanied by a spontaneous rise of the warmth rating immediately before the solution (Metcalfe & Wiebe, 1987).

These results showed that insight solutions occur suddenly and unexpectedly to the solver, and not as the result of a gradual ongoing process. It became the argument for the so-called specific approach that advocates specific mechanisms are involved in different types of solutions. It is important to note that there were two types of tasks in the Metcalfe and Wiebe study: arithmetic and so-called insight tasks. From the authors' point of view, an arithmetic task (algebra problems) can only be solved analytically, while insight tasks (tasks with a trick) can be solved by insight.

The first goal of our study was to corroborate Metcalfe and Wiebe's conclusions on the difference between analytical and insight solutions in the subjective feeling of closeness to a solution for the same type of tasks.

As tasks for our study we chose anagrams. Anagrams are sets of letters which can be transformed into a familiar word. Notably, anagram tasks may be solved both analytically and via insight. This makes the anagram solving task ideal material for exploring the difference between insight and analytical solutions (Bowden, 1997; Ellis et al., 2011).

According to the non-specific approach (i.e., the idea that any solution is the result of gradual ongoing processes), insight solutions should be preceded by processes, the nature of which is related somehow with unconsciousness processing of input information. Bowers, Regehr, Balthazard, and Parker (1990) used word triads (three different words) similar to RAT tasks (Mednick & Mednick, 1967). One half of such triads had a solution-word associated with them, and the other half did not. Participants had to correctly categorize triads as semantically coherent or incoherent (does it have a solution-word or not). It was shown that participants can perform the task even when they are not able to name the fourth word. These data showed that before the conscious answer itself appeared, implicit processing leading to the answer had already taken place. The authors' opinion was that this processing involves the previous unconscious activation of mnemonic and semantic networks which participate in solving the task (Bowers et al., 1990).

In a study by Ellis and colleagues (2011), participants had to solve anagrams with one extra letter (a distractor which must be removed for a successful solution). Using an eye tracking technique, they showed that several seconds prior to the conscious response (insight and analytical solutions), the viewing times of the distractor consonant decreased in a gradual manner. According to the authors, these results showed the availability of partial knowledge of the solution prior to such information being accessible to subjective phenomenal awareness (Ellis et al., 2011).

The second goal of our study was to test the presence of unconscious processing prior to insight solutions. To achieve this goal we used two types of stimuli: anagrams and pseudowords (sets of letters which cannot be transformed into a familiar word). The stimuli differed in certain visual features, but participants were not aware of this. If there are any processes (the process of encoding of visual features, for example) followed by the insight solution, then implicit anagram recognition (based on visual features) may initiate them. Such preprocessing may lead to an increase of the number of insight solutions. On the other hand, the removal of an inter-stimulus difference between anagram and pseudowords may lead to a decrease in the efficiency of preprocessing which may lead to a lower number of insight solutions.

Method

Participants

Seventeen healthy, right-handed, native Russian-speaking under- and postgraduate students of Moscow universities

took part in our study (9 female; mean age 26.5 years old). All were volunteers interested in participating in the study.

Design

All participants took part in six experimental blocks. The first was a practice block and its data were not included in the final data analysis. During the practice block, participants solved 17 anagram tasks without pseudowords.

Blocks 2 to 5 were the main task blocks. During each of them, participants were shown 46 stimuli (36 anagrams and 10 pseudowords). In these blocks, anagrams and pseudowords differed in their visual features.

The sixth block was a control block. Participants were shown 36 anagrams and 10 pseudowords as in blocks 2 to 5, but in this block the anagrams and pseudowords did not differ in their visual features. All stimuli had equal anagram-like visual features.

After the last block, participants were asked the following questions:

- Did you notice any difference between the anagrams and pseudowords?
- Did you notice any difference in the pattern of uppercase and lowercase letter locations between anagrams and pseudowords?
- Did uppercase and lowercase letters in the stimuli help you in finding a solution?

Stimuli

For the present study, we took anagrams from the study of our colleagues (Lapteva, Bondarenko, & Ushakov, 2016) and selected a subgroup of Russian anagrams of approximately the same difficulty (solution frequency: 40 to 60%; average solution time: 8 seconds). Overall, 197 unique anagrams from 5 to 8 letters long were selected.

Pseudowords were generated using special software that recombined the syllables and changed letters of real words. After that, all pseudowords were tested for the possibility of transformation into words. If any recombination of letters in the stimuli led to any word, this pseudoword was excluded from the stimuli list. Overall, 50 unique pseudowords from 5 to 8 letters long were created.

Next, some letters in the stimuli were changed to uppercase. Anagrams and pseudowords differed in the location of uppercase and lowercase letters. All pseudowords began with an uppercase letter (“ZnTUDx”), and anagrams began with a lowercase letter followed by an uppercase letter (“cTOrdO” — “DOCTOR”).

This difference in the letter patterns was the visual feature manipulated in the two categories of stimuli. Participants were not informed about such a difference.

Apparatus

During the experiment, each participant sat in front of a monitor (ACER 23.8" Nitro with 1920 × 1080 resolution) at a distance of 65 cm from the screen. For the stimulus presentation and data collection, E-Prime software (Psychology Software Tools Inc., Sharpsburg, PA) was used. Stimuli and all inscriptions and words were presented on the display in large black letters (font: Arial 18) with a white background. For the registration of behavioral measures, a computer mouse was used.

Procedure

Prior to the experimental blocks, participants were told what an insight solution is: “The answer suddenly comes to mind. You are unable to give a subjective report on how you achieved the solution.” During the experimental blocks, stimuli (anagrams and pseudowords) were presented to participants in a random order. Each presentation lasted for 8 seconds. During that time, the participant had to find the solution and report it by pushing a response key; they could give up if deciding that the task had no solution.

If the participant made no response during the first four seconds, a question about the subjective feeling of closeness to a solution appeared on the screen: “How close are you to the final solution? Close, far or very far?” After answering, the participant received another four seconds for anagram solving.

If the participant reported that he or she found the solution (by pressing a response key), they had to indicate the first, second and last letter in the solution word within the set of letters presented on the screen. After that, they had to indicate which way the solution had been found: analytically or by insight.

If the participant decided to give up, he or she received feedback. In the case of anagrams, they saw the correct anagram solution on the screen; in the case of pseudowords, they saw the message “The anagram cannot be solved.”

Data Analysis

The following dependent variables were used as behavioral measures of problem solving:

Number of give up responses. This measure shows the number of pseudoword trials (not anagram trials) on which participants gave up finding a solution. Such claims were taken into account only when made within the initial eight seconds of the trial (i. e., before the offset of stimulus presentation).

Number of successful solutions. The number of solved successfully anagrams. During analysis, this number was considered for insight and analytical solutions separately.

Anagram solution time. The time interval between anagram onset and response key pressing (in the case of correct solution). During analysis, this indicator was considered for insight and analytical solutions separately. It is important to note that the time for answering the warmth question was removed from this time interval.

Warmth rating response. The proportion of three answers to the question “How close are you to the final solution? Close, far or very far?” that popped up four seconds after the stimulus onset.

Results

On average, participants solved 12% of all anagrams (Table 1); 54% of them were insight solutions.

Post-experimental interview results showed that no one noticed the difference between stimulus categories. Also, most of the participants (13 people; 76% of the sample) noticed that the presence of the uppercase and lowercase letters in the stimuli made the solution more difficult.

Table 1. Proportion of Successful Anagram Solutions

Block No.	Mean	SD	Min	Max
2	.09	.07	0	.19
3	.08	.07	0	.22
4	.16	.07	0	.25
5	.12	.08	0	.28
6	.16	.08	.03	.31
All Blocks	.12	.06	.01	.21

Note. Data for $N=17$ participants.

Table 2. Number of Give up Responses Across All Blocks

Block No.	Mean	SD	Min	Max
2	5.41	2.79	0	9
3	6.00	3.10	0	9
4	5.88	3.24	0	10
5	6.18	3.28	0	10
6	6.06	3.07	0	10

Note. Data for $N=17$ participants, 36 anagram trials per block.

Table 3. Proportions of Warmth Ratings on Give up Responses

Rating	Block No.	Mean	SD	Min	Max
Close	2	.08	.08	0	.22
	3	.09	.16	0	.50
	4	.10	.16	0	.57
	5	.08	.12	0	.30
	6	.07	.10	0	.30
	Far	2	.30	.29	0
3		.17	.27	0	.80
4		.15	.24	0	.89
5		.18	.25	0	.80
6		.21	.27	0	.90

Note. Data for $N=17$ participants.

Dynamics of Behavioral Measures on Series

Comparing the number of give up responses in Blocks 2 to 6 showed no statistical differences between the blocks (Friedman $\chi^2(4) = 2.21, p = .698$; Table 2).

For comparing the warmth ratings before give up responses, we excluded from analysis the trials in which the give up response time was less than four seconds after stimulus onset (because it happened before a question appeared).

The frequency of "Very far" responses was the highest among all questions (Table 3). That is why we compared the number of "Very far" answers across all blocks. The same analysis was not necessary for the remaining questions because their frequency was inversely proportional to the selected question frequency. Comparing the number of "Very far" answers across series did not show any significant difference (Friedman $\chi^2(4) = 1.20, p = .879$).

Analysis of the number of insight and analytical solutions presented us with two problems:

First, two participants did not understand the instruction about the difference between insight and analytical solutions. Their data were excluded from further analysis.

Second, only eight participants had insight solutions in every block of trials. Therefore, for comparing the average number of insight solutions, we used data from only these eight people (Table 4). Comparing the number of insight solutions across all series did not show significant differences (Friedman $\chi^2(4) = 8.50, p = .075$).

Table 4. Number of Insight Solutions Across All Blocks

Block No.	Mean	Median	SD	Min	Max
2	3.50	3.5	1.93	1	7
3	2.88	2.0	2.30	1	7
4	4.38	4.0	1.92	2	8
5	4.00	4.0	2.33	1	7
6	4.38	4.0	2.13	2	7

Note. Data for $n=8$ participants, 36 anagram trials per block.

Anagram Solution Times in Insight and Analytical Solutions

The distribution of median solution times differed from normal (Shapiro-Wilk test: for analytical solutions $W = 0.66, p < .001$; for insight solutions $W = 0.83, p = .009$). For comparing the two types of solutions, we used data aggregated across blocks (Table 5).

The time of insight anagram solutions was significantly less than for analytical solutions (one-sided Wilcoxon signed rank test: $T = 26, p = .028$).

Table 5. Anagram Solution Times (Insight vs Analytical), ms

Solution	Mean	SD	Min	Max
Analytical	6432	800	3925	7207
Insight	5370	1750	2734	7209

Note. Data for $n=15$ participants.

Warmth Rating on Analytical and Insight Solutions

To analyze the difference in warmth ratings on analytical and insight solutions, the data aggregated across all blocks were taken (Table 6). After that, all solutions that has been made less than four seconds after stimulus onset were excluded. The average number of “Very far” and “Far” responses on insight solutions was significantly greater than on analytical solutions (one-sided Wilcoxon signed rank test: $T=3, p < .001$).

Table 6. Proportions of Warmth Ratings on Types of Decisions

Solution	Answer	Mean	SD	Min	Max
Insight	Close	.57	.26	0	1
	Far	.12	.12	0	.33
	Very Far	.31	.26	0	1
Analytical	Close	.71	.28	.25	1
	Far	.11	.15	0	.46
	Very Far	.18	.24	0	.67

Note. Data for $n=15$ participants.

Discussion and Conclusions

The Implicit Effect of Visual Features of Stimuli on Insight Solutions

To assess the implicit learning of differences between stimulus categories, we measured the number of give up responses. In accordance with the results of some studies (Reber & Squire, 1994), we expected that the number of give up responses should increase from Block 2 to Block 5 and decrease from Block 5 to Block 6 (because there is no visual difference between stimulus categories in Block 6). Exactly this measure would be an indicator of implicit processing. However, we did not observe such dynamics. The warmth rating for pseudowords did not show significant dynamics, either. Moreover, the difference in number of insight solutions across blocks was not significant.

We cannot argue that unconscious processing prior to insight solutions does not exist, since there is no evidence that participants used (or did not use) implicit visual features of the stimulus categories. They might have not used them because of the implicit nature of differences in such features, which was irrelevant to the main goal of the activity.

Consider two examples from the literature. In Kudelkina and Agafonov (2009), research participants tried to solve anagrams presented on a computer screen. At 500 ms before the anagram onset, a prime stimulus was presented. The duration of the prime presentation was 25 ms. It was shown that if primes contained the solution to the anagram,

participants solved the following anagram faster and with greater accuracy (Kudelkina & Agafonov, 2009).

In Mendelson and Grinswold’s study (1964) participants were divided into several groups depending on their creativity potential (assessed by Mednick’s RAT test) and solved a list of anagrams. Before that, they also had to memorize a list of words and to listen to some words played on a tape recorder without any instructions. Some of these words (in the memorization list and on tape) were solutions to the anagrams. It was found that only highly creative people unconsciously used the words played on tape as cues for the anagram solutions (Mendelson & Grinswold, 1964).

The first example indicates usage of a hint which was highly relevant to the goal of the participant’s activity. Even the experimental procedure was organized in such a way that the participant had to use this hint. The situation in the second example is different. Recently heard words were not directly relevant to the anagram task. Not all words were solutions. And participants could either use or not use such hints in their solution process. Moreover, the Mendelson and Grinswold study showed that the ability to use irrelevant hints depends on a participant’s personality traits.

The superficial visual features of the stimulus categories were irrelevant to the participants in our study, since they did not contain solutions to the anagrams. Therefore we suggest that some of our participants (highly creative ones, for example) might have used this distinction, thereby improving their performance. However, most of them did not use it.

Subjective Feeling of Closeness to a Solution on Insight and Analytical Solutions

Analysis of the warmth rating indices shows that insight and analytical solutions are different. Before the insight solution, a participant more often feels that they are far or very far from solving the problem. These data partly replicate Metcalfe and Wiebe’s (1987) data.

It is necessary to point out that there was an attempt to reproduce these results for one type of task. In the study by Hedne, Norman, and Metcalfe (2016), participants had to find the solution to magic tricks. The participants also had to indicate their perceived closeness to the solution. Moreover, they also had to report how they found the solution (via insight or analytically), and their confidence level for the suggested solution (Hedne et al., 2016).

This study did not show any difference in intuitive feelings of closeness to solutions between insight and analytic solutions. In our opinion, this could be due to methodological issues.

First, in this study the confidence level of the solution was measured. Participants were free to give an answer with low confidence. As the authors point out in the discussion, that means that some participants could give responses of low quality (for time economy, perhaps; Hedne et al., 2016).

Second, in this study participants had to type the solution in an on-screen text box. After the experiment, special raters scored solutions independently on a 4-alternative scale (from completely incorrect — 1 to completely correct — 4). From our perspective, such a procedure is too complex (because of the subjective factor of raters, firstly) and could lead to a high number of mistakes.

In our study, participants solved anagrams. Each trial had only one correct solution, and a participant had to be totally sure before claiming that the solution had been found. Moreover, for the evaluation of response accuracy we did not need ratings, and the influence of researchers' subjective factors on our study was minimal. Using anagram tasks in the study generated the data, which suggest that insight solutions were not preceded by some gradual ongoing cognitive processes.

Another question that arises in connection with this interpretation is whether metacognition tells us something about underlying cognitive processes. Data from the literature give quite a clear answer. In the study by Colier and Beeman (2012), the authors investigated whether intuition would relate to improvements in problem solving. The experiment lasted two days. On the first day, participants attempted to solve tasks from the RAT test. If they failed to solve some problem, participants reported whether or not they had a subjective feeling similar to a tip-of-the-tongue experience (a feeling that "The solution is stuck on the tip of your tongue, but you cannot tell it"). On the second day, participants attempted to solve the unsolved problems from the previous day (mixed in among new problems). It was shown that participants solved more old problems for which they reported about tip-of-the-tongue experience than other old problems (Colier & Beeman 2012). These data clearly show that metacognition could be a good indicator of the dynamics of underlying cognitive processes.

Thus, we can conclude that our data are consistent with those of Metcalfe and Wiebe (1987) and, in the case of anagram tasks, insight solutions differ from analytical solutions in their underlying mechanisms.

References

- Bowden, E.M. (1997). The effect of reportable and unreportable hints on anagram solution and the Aha! experience. *Consciousness and Cognition*, 6(4), 545–573. doi:10.1006/ccog.1997.0325
- Bowden, E.M., & Jung-Beeman, M. (2003). Aha! Insight experience correlates with solution activation in the right hemisphere. *Psychonomic Bulletin and Review*, 10(3), 730–737. doi:10.3758/bf03196539
- Bowers, K.S., Regehr, G., Balthazard, C., & Parker, K. (1990). Intuition in the context of discovery. *Cognitive Psychology*, 22(1), 72–110. doi:10.1016/0010-0285(90)90004-n
- Collier, A.K., & Beeman, M. (2012). Intuitive tip of the tongue judgments predict subsequent problem solving one day later. *The Journal of Problem Solving*, 4(2), 154–168. doi:10.7771/1932-6246.1130
- Dunker, K. (1926). A qualitative (experimental and theoretical) study of productive thinking (solving of comprehensible problems). *The Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology*, 33(4), 642–708. doi:10.1080/08856559.1926.10533052
- Ellis, J.J., Glaholt, M.G., & Reingold, E.M. (2011). Eye movements reveal solution knowledge prior to insight. *Consciousness and Cognition*, 20(3), 768–776. doi:10.1016/j.concog.2010.12.007
- Hedne, M.R., Norman, E., & Metcalfe, J. (2016). Intuitive feelings of warmth and confidence in insight and noninsight problem solving of magic tricks. *Frontiers in Psychology*, 7, 1314–1–13. doi:10.3389/fpsyg.2016.01314
- Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H., & Rhenius, D. (1999). Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(6), 1534–1555. doi:10.1037/0278-7393.25.6.1534
- Kudelkina, N.S., & Agafonov, A.Y. (2009). [What is the "cognitive unconscious" capable of?] In A.Y. Agafonov, & V.V. Shpuntova (Eds.), *Psikhologicheskie issledovaniya. Sbornik nauchnykh trudov [Psychological studies. Research paper collection]* (Vol. 7, pp. 49–56). Samara. Univers-Group (In Russian). Retrieved from http://psycheya.ru/lib/ps_is_7.pdf#page=49
- Lapteva, E.M., Bondarenko, Y.A., & Ushakov, D.V. (2016). [Theories of consciousness and anagrams solution]. *Peterburgskij psihologičeskij žurnal*, 2016(17), 48–68. (In Russian).
- MacGregor, J.N., Ormerod, T.C., & Chronicle, E.P. (2001). Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(1), 176–201. doi:10.1037/0278-7393.27.1.176
- Mednick, S.A., & Mednick, M.T. (1967). *Examiner's manual: Remote Associates Test*. Boston: Houghton Mifflin.
- Mendelsohn, G.A., & Griswold, B.B. (1964). Differential use of incidental stimuli in problem solving as a function of creativity. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 68(4), 431–436. doi:10.1037/h0040166
- Metcalfe, J., & Wiebe, D. (1987). Intuition in insight and non-insight problem solving. *Memory and Cognition*, 15(3), 238–246. doi:10.3758/bf03197722
- Reber, P.J., & Squire, L.R. (1994). Parallel brain systems for learning with and without awareness. *Learning and Memory*, 1(4), 217–229. doi:10.1101/lm.1.4.217
- Spiridonov, V.F., & Lifanova, S.S. (2013). Insait i mentalnye operatory, ili možno li poshagovo reshit insaitnyuyu zadachu [Insight and mental operators: Are step-by-step solutions of insight tasks possible?] *Psychology. Journal of Higher School of Economics*, 10(3), 54–63. (In Russian).
- Topolinski, S., & Reber, R. (2010). Gaining insight into the "Aha" experience. *Current Directions in Psychological Science*, 19(6), 402–405. doi:10.1177/0963721410388803

■ экспериментальные сообщения ■

Чувство близости ответа при инсайтных решениях в задаче на разгадывание анаграмм

Алексей Алексеевич Медынцеv

Институт психологии РАН, Москва, Россия

Ольга Вадимовна Дятлова

Институт психологии РАН, Москва, Россия

Алёна Андреевна Коган

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Светлана Андреевна Немирова

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Павел Александрович Сабодош

Институт психологии РАН, Москва, Россия

Диана Владимировна Каютина

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Одним из важных вопросов, связанных с творчеством, является дилемма специфичности / неспецифичности психологических механизмов, лежащих в основе инсайтных решений задач. Главной целью настоящего исследования была проверка гипотезы о специфичности механизмов инсайтных решений в задаче на разгадывание анаграмм. Побочной целью являлось выявление роли неосознаваемых процессов, предшествующих инсайтному решению в его принятии. В ходе эксперимента участникам предъявлялись два типа стимулов: анаграммы и псевдослова. При этом участники должны были выполнить два задания: решить, является ли стимул анаграммой или псевдословом; в случае предъявления анаграммы разгадать ее. Анаграммы и псевдослова имели визуальные различия, о которых участникам не сообщалось. Ожидалось, что эти различия окажут влияние на предшествующие решению неосознаваемые процессы, что отразится и на самом решении. В ходе разгадывания анаграммы участники оценивали, насколько, с их точки зрения, они приблизились к окончательному решению. В случае если анаграмма была разгадана успешно, участники указывали тип решения: аналитический или инсайтный. Результаты исследования показали, что перед инсайтными решениями участники чувствовали большую отдаленность от окончательного решения по сравнению с аналитическими решениями. Эти результаты согласуются с данными исследования Меткалф и Вибе (Metcalfе, Wiebe, 1987). Полученные данные говорят в пользу специфического механизма инсайтных решений в задаче на разгадывание анаграмм. В то же время наличие имплицитных визуальных различий между типами стимулов не повлияло на процесс поиска решения.

Контактная информация: Алексей Алексеевич Медынцеv, medintseff@yandex.ru, 129366, Москва, ул. Ярославская, д. 13, Институт психологии РАН; Алёна Андреевна Коган, cohanalia@gmail.com, Павел Александрович Сабодош, psabadosh@yandex.ru, Ольга Вадимовна Дятлова, dyatlovaolga@gmail.com, Светлана Андреевна Немирова, nemirova-sveta@yandex.ru, Диана Владимировна Каютина, dia_diaa@mail.ru.

Ключевые слова: решение задач, анаграммы, инсайт, аналитическое решение, метакогнитивные процессы

© 2019 Алексей Алексеевич Медынцеv, Алёна Андреевна Коган, Павел Александрович Сабодош, Ольга Вадимовна Дятлова, Светлана Андреевна Немирова, Диана Владимировна Каютина. Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0. всемирная, согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья частично основана на материалах более ранней публикации предварительных результатов в сборнике конференции: Коган А. А., Медынцева А. А., Дятлова О. В., Каютина Д. В., Рыбинчук М. А., Немирова С. А. Ощущение близости решения при решении анаграмм с помощью инсайта // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: Буки Веди, ИППИП. С. 241–245.

Благодарности. Исследование поддержано РФФИ, исследовательский проект № 18-00-01100(18-00-01029).

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2019 г. Принята в печать 25 декабря 2019 г.

Литература

Куделькина Н. С., Агафонов А. Ю. На что способно «когнитивное бессознательное»? // Психологические исследования. Сборник научных трудов. Выпуск 7 / Под ред. А. Ю. Агафопова, В. В. Шпунтовой. Самара: Универс-Групп, 2009. С. 49–56. URL: http://psycheya.ru/lib/ps_is_7.pdf#page=49.

Лаптева Е. М., Бондаренко Я. А., Ушаков Д. В. Теории сознания и решение анаграмм // Петербургский психологический журнал. 2016. № 17. С. 48–68.

Спирidonov В. Ф., Лифанова С. С. Инсайт и ментальные операторы, или Можно ли пошагово решить инсайтную задачу // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2013. Т. 10. № 3. С. 54–63.

Bowden E. M. The effect of reportable and unreportable hints on anagram solution and the Aha! experience // *Consciousness and Cognition*. 1997. Vol. 6. No. 4. P. 545–573. doi:10.1006/ccog.1997.0325

Bowden E. M., Jung-Beeman M. Aha! Insight experience correlates with solution activation in the right hemisphere // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2003. Vol. 10. No. 3. P. 730–737. doi:10.3758/bf03196539

Bowers K. S., Regehr G., Balthazard C., Parker K. Intuition in the context of discovery // *Cognitive Psychology*. 1990. Vol. 22. No. 1. P. 72–110. doi:10.1016/0010-0285(90)90004-n

Collier A. K., Beeman M. Intuitive tip of the tongue judgments predict subsequent problem solving one day later // *The Journal of Problem Solving*. 2012. Vol. 4. No. 2. P. 154–168. doi:10.7771/1932-6246.1130

Duncker K. A qualitative (experimental and theoretical) study of productive thinking (solving of comprehensible problems) // *The Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology*. 1926. Vol. 33. No. 4. P. 642–708. doi:10.1080/08856559.1926.10533052

Ellis J. J., Glaholt M. G., Reingold E. M. Eye movements reveal solution knowledge prior to insight // *Consciousness and Cognition*. 2011. Vol. 20. No. 3. P. 768–776. doi:10.1016/j.concog.2010.12.007

Hedne M. R., Norman E., Metcalfe J. Intuitive feelings of warmth and confidence in insight and noninsight problem solving of magic tricks // *Frontiers in Psychology*. 2016. Vol. 7. P. 1314:1–13. doi:10.3389/fpsyg.2016.01314

Knoblich G., Ohlsson S., Haider H., Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1999. Vol. 25. No. 6. P. 1534–1555. doi:10.1037/0278-7393.25.6.1534

MacGregor J. N., Ormerod T. C., Chronicle E. P. Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. No. 1. P. 176–201. doi:10.1037/0278-7393.27.1.176

Mednick S. A., Mednick M. T. *Examiner's manual: Remote Associates Test*. Boston: Houghton Mifflin, 1967.

Mendelsohn G. A., Griswold B. B. Differential use of incidental stimuli in problem solving as a function of creativity // *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1964. Vol. 68. No. 4. P. 431–436. doi:10.1037/h0040166

Metcalfe J., Wiebe D. Intuition in insight and noninsight problem solving // *Memory and Cognition*. 1987. Vol. 15. No. 3. P. 238–246. doi:10.3758/bf03197722

Reber P. J., Squire L. R. Parallel brain systems for learning with and without awareness // *Learning and Memory*. 1994. Vol. 1. No. 4. P. 217–229. doi:10.1101/lm.1.4.217

Topolinski S., Reber R. Gaining insight into the “Aha” experience // *Current Directions in Psychological Science*. 2010. Vol. 19. No. 6. P. 402–405. doi:10.1177/0963721410388803

research papers

Semantic Conflict and Response Conflict in the Stroop Task

Alexey Starodubtsev

Department of Psychology, St. Petersburg State University, Russia

Mikhail Allakhverdov

Faculty of Liberal Arts and Sciences, St. Petersburg State University, Russia

Abstract. The most common ways researchers explain the Stroop effect are either through semantic or through response conflict. According to the literature, there are several methods capable of disentangling these conflicts: to use words outside of the response set, to use associatively related colors and words, or to use a “2:1” paradigm (requiring the same response for two types of stimuli). However, we believe that these methods cannot entirely differentiate semantic and response conflicts. We propose the following alternative method: when naming the color of a printed word (e.g., red, yellow, etc.) in the Stroop test, participants were asked to use different color names for some colors. For example, the red-colored stimuli had to be named by the word “yellow”. This approach allowed us to create semantically congruent stimuli, but with the conflict at the response level (the word red appears in red, but the participants have to say “yellow” because of the rule). Some stimuli remain congruent at the response level, but with the conflict at the semantic level (the word yellow appears in red, and the participants have to say “yellow” because of the rule). The results showed that semantically congruent stimuli do not produce the Stroop effect even if the meaning of the word corresponds to an incorrect response. In turn, congruence at the response level reduces the interference effect, but interference remains significant. Thus, the response conflict affects the magnitude of the Stroop effect only when there is a semantic conflict. Our data do not correspond to models that assume direct activation of responses corresponding to word meaning.

Correspondence: Alexey Starodubtsev, flksbr@yandex.ru, St. Petersburg University, 7/9 Universitetskaya nab., 199034 St. Petersburg, Russia; Mikhail Allakhverdov, m.allakhverdov@smolny.org.

Keywords: Stroop test, interference, semantic conflict, response conflict, automaticity, attention

Copyright © 2019. Alexey Starodubtsev, Mikhail Allakhverdov. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Note. The article is partially based on an earlier paper reporting preliminary results in the conference proceedings volume: Starodubtsev, A. (2019). [The role of the semantic and response conflicts in the occurrence of the Stroop effect]. In E. V. Pechenkova & M. V. Falikman (Eds.), *[Cognitive Science in Moscow: New Research. 2019 Conference proceedings]* (pp. 490–495). Moscow: Buki Vedi, IPPiP.

Acknowledgements. The research was supported by RFBR (Project number 18-013-01212).

Received September 30, 2019, accepted December 27, 2019.

Introduction

The classic Stroop effect (interference) is the delay in reporting the color of ink in which the name of a color is printed, when the meaning of the word and the ink color are different (Stroop, 1935). Such stimuli are called ‘incongruent’ (e.g., the word *red* in blue ink). In most cases, researchers consider a time delay relative to the time of naming the color of an unreadable string of characters (e.g., XXXXXX).

Kinoshita, with colleagues, noticed: “It is widely agreed that the Stroop effect reflects a conflict between the color and the to-be-ignored word, but much is still not known about the nature of that conflict” (Kinoshita, de Wit, Aji, & Norris, 2017, p. 824). Words are characterized by multiple parameters, each of which can influence the effect of interference: the fact of the presence of a word as such, the belonging of the word to the category of “color,” the associative relation between the meaning of the word and its color, the overlap

of the meaning of the word in a given trial with the correct response to previous test trials (Sharma & McKenna, 1998).

The conflict between the font color of a word and its meaning may occur at different stages of information processing. In the early processing stages, the physical features of the stimulus are analyzed; then the stimulus is semantically processed; and the response to the stimulus is prepared in the latest stages. Accordingly, three types of conflict situations are identified in the literature, which affect the speed and accuracy of task performance: task conflict, semantic conflict, and response conflict, respectively. Task conflict reflects the influence of the process of reading the word. Because the reading process is not relevant to the task, it conflicts with the task of naming the ink color. However, the task conflict factor is weaker in terms of response speed compared to semantic conflict or response conflict (Lupker & Katz, 1981). It is believed that the influence of task conflict can be found only in specific conditions. Kalanthroff and co-authors conclude that in conditions where there is only a small number of control stimuli (in most experiments, less than half), the “task conflict does not arise (or is resolved very quickly)” (Kalanthroff, Davelaar, Henik, Goldfarb, & Usher, 2017, p. 1).

Semantic conflict reflects the impact of conflicting representations of a word’s meaning and color. At this stage of information processing, the recognition of the color of the word and its meaning has already been completed, but the corresponding responses have yet to be formed. The conflict at this stage of processing is denoted in a different way depending on the researchers’ understanding of interference mechanisms. For example, if interference is described in connection with word processing, the conflict is called “lexical” (the earlier stage, in this case, is called “pre-lexical” and the later stage is called “post-lexical”; see, for example, Brown, Roos-Gilbert, & Carr, 1995). If the researchers assume that a decision is made to “translate” characteristics of the stimuli into the corresponding response, the stage is called “conflict at the decision level” (Sharma & McKenna, 1998), or simply by the word “decision” in quotation marks (Stafford & Gurney, 2011). Similar concepts lie behind the terms “perceptual conflict” (Bekci & Karakas, 1985; Doehrmann, Landau, & O’Connell, 1978) or “stimuli-stimuli conflict” (Wendelken, Ditterich, Bunge, & Carter, 2009). The authors may have different interpretations of information processing at this stage and sometimes do not distinguish between semantic and task conflicts (e.g., Steinhäuser & Hubner, 2009). However, semantic conflict and response conflict get distinguished more often.

Response conflict has been traditionally believed to be a significant factor of interference (Dyer & Severance, 1973; Lupker & Katz, 1981). The main assumptions of the response conflict hypothesis are: a person cannot simultaneously name both the ink color and the meaning of a word, the meaning of a word has priority in processing in comparison with its ink color (because the meaning of the word is processed more quickly or because reading is an automatic process, unlike the processing of a word’s font color). There are also modern models which explain interference by the time-consuming suppression of an irrelevant answer (see Janssen, Schirm, Mahon, & Caramazza, 2008).

Nevertheless, there are also hypotheses of semantic conflict as the main cause for interference (Luo, 1999).

The majority of scientists accept the presence of both semantic conflict and response conflict. In many ways, such a difference in positions is due to different methods of separating the semantic conflict from the response conflict. Let us look more closely at the methods that allow us to disentangle the influence of the response conflict and the semantic conflict in experiments.

Methods that Differentiate Semantic and Response Conflicts

Methods that induce only the semantic conflict without any response conflict use different approaches to prevent participants from making an erroneous response that matches to the meaning of the word. Researchers have widely accepted the list of procedures laid out by Parris and colleagues (Parris, Wadsley, Hasshim, Benattayallah, Augustinova, & Ferrand, 2019) that describe essential steps for disentangling semantic and response conflicts: to use words outside of the response set, to use semantically related words and colors, and to use the button that matches either to the color or to the meaning of the incongruent stimulus.

The first method is to use words which are not part of the response set. For example, if the colors of the stimuli can only be red or blue, then the response set for the color-naming task consists of the elements *red* and *blue*. However, the meanings of words outside of the response set (e.g., the word *green* appearing in blue for the case described above) still produce an interference effect, although the effect is significantly reduced compared to trials that use words within the response set (e.g., the word *red* in blue) (e.g., Sharma & McKenna, 1998; Wadsley, 2019).

The second way to differentiate the influence of semantic conflict and response conflict in an experiment is to use words associatively connected with correct responses. For example, a participant is slower to name the ink color of the word *water* printed in red, than the word *water* printed in blue. Since the relation between the meaning of the word *water* and the ink color of its font do not correspond directly to the responses, the interference in case of the word *water* printed in red suggests only a semantic conflict (e.g., Augustinova, Parris, & Ferrand, 2019; Harrison & Boese, 1976).

Finally, the third way to induce a semantic conflict without a response conflict is to use tasks in which two different types of stimuli require the same response (2:1 paradigm). The instruction for participants is to give one response (for example, to press a button) if the stimulus is either red or blue. In this case, the word *red* in blue color will be semantically conflicting. Still, both the color and meaning correspond to the same response, and therefore this stimulus will be congruent at the response level (e.g., Hasshim & Parris, 2015; Schmidt, Hartsuiker, & De Houwer, 2018; Shichel & Tzelgov, 2017; Steinhäuser & Hubner, 2009).

Criticism of Traditional Approaches Utilized to Differentiate Semantic and Response Conflicts

The methods of disentangling different types of conflicts are based on assumptions that may seem flawed. For example, are the meanings of words outside of the response set

not processed at the response level? It seems plausible that a response conflict in words outside of the response set is attenuated, but not absent. Nonetheless, some authors use response conflict to explain the results of experiments in which they used only words outside of the response set (for example, see Janssen et al., 2008). Another line of criticism is that the response set draws participants' attention to certain physical features of the stimuli. If the participants' responses can only be "red" or "blue", then they will pay attention to the words which are similar to these responses. The response set can also influence the semantic processing of the stimulus. It is known, for example, that expecting a certain stimulus affects the effectiveness of its subsequent recognition (effect of the perceptual set). By analogy, a response set may also affect the semantic processing of word meanings.

The effect of an associative connection between the color of a word's appearance and its meaning may also carry a conflict at the response level. For example, presenting the word *grass* will speed up the subsequent response "green." Similarly, the word *water* may pave the way for the response "blue". Therefore, presenting the word *water* in red may cause a conflict of the responses "red" and "blue," i.e., a reduced response conflict. Schmidt, Cheesman, and Besner (2013) showed that the effect of an "associative conflict" (the word *grass* in red) only occurs when the word "green" belongs to the response set. In the authors' opinion, it is the response "green" that competes with the word "red" if the word *grass* is presented in red, but there is no semantic conflict between the word *grass* and the response word "red." Indeed, Schmidt and colleagues showed that in tasks other than the Stroop test (the task of reading words, lexical decision task), the word "red" speeds up the subsequent processing of the word *grass*.

For this reason, we cannot exclude the influence of the response conflict in the case of the semantic relation of a word's meaning and its color. In Riley's work with co-authors (Riley, McMahon, & de Zubicaray, 2015) in the picture-word paradigm¹, the data suggest that the "semantic conflict" may vary if participants familiarized themselves with the permitted responses before the experiment. This further complicates the possible ways to disentangle semantic and response conflicts.

Using the "2:1" paradigm seems to be the most reliable way to trigger a semantic conflict without a conflict of responses. However, in the experiments known to us, the 2:1 paradigm was used only in the motor versions of the Stroop task (manual or oculomotor). In such a procedure, participants are asked not to name the ink color aloud but to make a particular movement with their hand or eye, which has been assigned as corresponding to a specific color before the experiment. In the study of Hasshim and Parris (2015), participants responded by moving their eyes. For instance, if the stimulus was blue or green, it was required to look at one of the squares displayed on a screen, while if it was red or yellow, then they were expected to look at another square. In a study by van Veen and Carter (2005), participants had to press buttons. For example, participants should press one button if the stimulus was green or blue, and another button if the stimulus was red or yellow. In this

task, the word *green* appearing in blue was semantically conflicting but congruent at the response level (the meaning of the word and its color corresponded to the same response). The congruence at the response level was sufficient to significantly reduce or eliminate the Stroop effect.

Nevertheless, the motor Stroop task is considerably different from the task of overt naming of ink color. In color naming, a processing priority for word meaning has been revealed. Word meanings affect the speed of color naming, while ink color does not influence reading speed (Stroop effect asymmetry; Glaser & Glaser, 1982). This is not the case for the motor Stroop task. When using keyboard presses or mouse clicks to respond to word meaning, participants react slower when the word meaning is incongruent to the ink color (reverse Stroop effect; Durgin, 2000).

It is well-known that participants more quickly compare the color of a filled rectangle with the font color of the word rather than with the word's meaning (e.g., Luo, 1999). This fact often contributes to the critique of the conflict response hypothesis. After all, if the word gets priority in processing, then participants should match the meaning of a word with the color of a rectangle faster than matching the color of a word with the color of a rectangle. Such criticism may seem weak because, in this case, the task considerably differs from the classical Stroop task. In our opinion, the use of non-classical methods should be justified either logically or by the results of experiments. However, even the motor (manual) Stroop task does not comply with this requirement. For example, in the oral version of the Stroop test, there is a negative priming effect: participants are slower to name the ink color of a word if the color matches the meaning of the previous word. This effect can be interpreted via the response conflict hypothesis: the suppression of a response that corresponds to the meaning of a word extends to the processing of the next stimulus, in which this response is already the correct response to the task. However, no negative priming effect was found in the manual Stroop test (Mills, Kinoshita, & Norris, 2019).

Moreover, the difference between the manual and oral versions of the Stroop test is indicated in the study of Sharma and Makenna (Sharma & McKenna, 1988). In their experiment, different stimuli featured one or several components of interference: lexical, semantic relatedness, semantic relevance, and response set membership. A colored set of "X" characters (XXXXXX) does not contain any of these components; neutral words (*table, nail*) include only the lexical factor; words related to color (*sea, grass*) contain the semantic relatedness component; colored words outside of the response set (*orange, white*) contain elements of semantic relevance; and classical Stroop stimuli include all described components. Each of the components increased interference in the oral Stroop test. Still, only response set membership influenced the interference level in the manual version of the Stroop test. This suggests that the oral and manual versions of the Stroop test cannot be used as interchangeable methods, at least not when studying the roles of semantic and response conflicts.

Study Rationale

Thus, most often, semantic and response conflicts get separated either by varying the response set, by associative connection, or by using the "2:1" paradigm. Variation of the response set and associative connection allow for

¹ In this paradigm, the participants name the images and ignore the words placed over them. The picture-word paradigm is one of the closest analogs to the classical Stroop test (see Starreveld & La Heij, 2017).

interpretation with conflicts at the response level only. The “2:1” paradigm has so far been used only in the motor versions of the Stroop task. For these reasons, our first goal was to reproduce the “2:1” paradigm in the oral Stroop test.

Another motivation for our research is that the description of different types of conflicts in modern works on Stroop interference could be simplified. We believe that the co-presence of many types of conflicts (and many types of “control” over these conflicts) is logically redundant. For example, if there is a semantic conflict that should be resolved to accomplish the task correctly, there should be no response conflict. If the meaning of the word is suppressed at the response level, then there is no need to suppress it at the semantic level as well.

Study Design

In our study, we planned to evoke a “pure” conflict at either the response level or the semantic level in the oral Stroop task. In the oral Stroop test, two colors were to be renamed with other color labels (the idea for this method was suggested in a theoretical paper by Arbekova and Gusev, 2017). For example, participants should say “yellow” in response to red stimuli. Let us consider the experimental conditions that can be implemented with such an approach. In this case, the word *red* appearing in red is presented when the participants should call the red stimuli by the word “yellow.” On the one hand, the meaning of the word does not activate the correct response for the task. On the other hand, there are more sources of information related to the representation of “red” on the semantic level. In some cases, redundant information speeds up the responses (Utochkin & Bolshakova, 2010).

Another condition that is important for us is matching the meaning of a word with the correct response in the case of a semantic conflict. For example, the participant has to say “red” in response to the yellow stimulus, and the stimulus is the word *red* in yellow ink. The color is not the same as the meaning (semantic conflict), but the meaning of the word is the same as the participant’s response. We expect that this design will allow us to distinguish between a conflict at the response level and a semantic conflict.

The proposed experiment implements not only the “semantic conflict without response conflict” con-

dition but also the “response conflict without semantic conflict” condition. Thus, the main aim of the research is to find out whether the factors of “the response conflict” and “the semantic conflict” are independent of each other. Examples of the stimuli that are implemented with our method are given in Table 1.

Experiment

Method

Participants. Twenty-four individuals participated in the study. They were from 18 to 40 years old ($M=24.4$; $SD=5.8$) (7 men and 17 women). Participation in the experiment was part of the “Experiment Week” event. Respondents received no compensation for participating in the study.

Equipment. Stimuli were presented on the LCD of a desktop computer with a noise-suppressing microphone; the distance from the participant’s eyes to the display screen was 50–60 cm. LCD monitor characteristics: diagonal 24" (61 cm); display width: 53 cm; display height: 29.5 cm; resolution: 1920×1080 px (16:9); refresh rate: 60 Hz (with maximum of 144 Hz). The presentation of stimuli and recording of responses was performed with the help of PsychoPy2 software. The time interval between the appearance of a stimulus and the beginning of the response, as well as the correctness of the vocalization, were calculated manually in the Praat program.

Stimuli. Neutral stimuli: “XXXXXX” characters displayed in blue, green, red, or yellow. Congruent stimuli: The words *red*, *blue*, *yellow*, and *green* displayed in the color that matches their meaning. Incongruent stimuli: words written in colors that do not match their meaning; that is, the words *red*, *blue*, *yellow* and *green* printed in one of the other three colors. All color-meaning combinations for the condition “incongruent stimuli” appeared an equal number of times during the experiment.

There were 12 rules for color naming. For example, one of the rules was to call red stimuli “blue” and to say “green” in response to the yellow stimulus. Each participant was assigned one of the 12 rules.

Procedure. Before the experiment, we assigned each participant a rule of color naming using the Latin

Table 1. Example of Experimental Conditions for the Rule “Blue Stimuli Should be Called ‘Red’; Red and Green Colors Should be Called the Usual Way”

Example of Stimuli	Correct Response	Formal Stimulus Attribute		Matching the Meaning of the Word and its Color	Matching the Meaning of the Word and the Correct Response
		Congruency	Type of Naming		
RED	«red»	congruent	same color	Yes	Yes
BLUE	«red»	congruent	another color	Yes	No
XXXX	«red»	neutral	same color	–	–
XXXX	«red»	neutral	another color	–	–
BLUE	«green»	incongruent	same color	No	No
YELLOW	«red»	incongruent	another color	No	No
RED	«red»	incongruent	another color	No	Yes

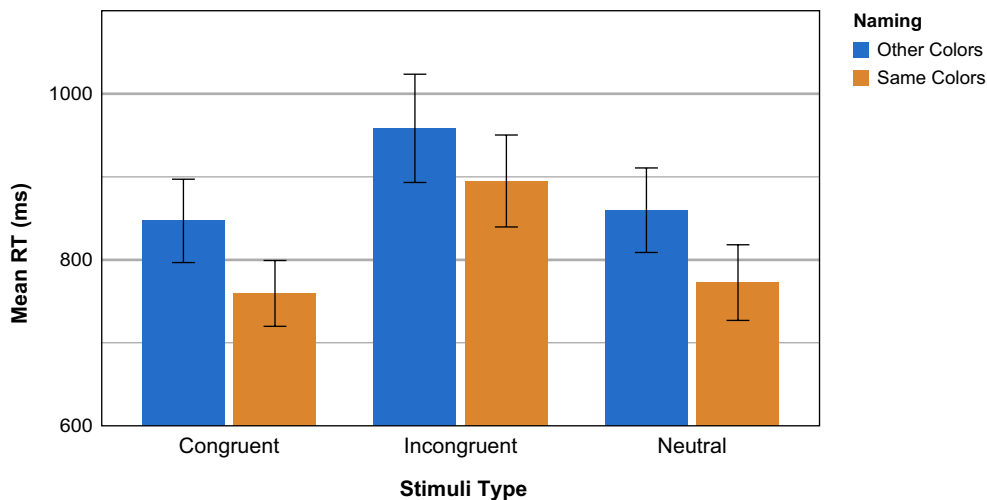


Figure 1. Average response time, depending on stimulus type and color naming type. Error bars represent the 95 % confidential interval

square method. They had to name two of the used colors in the usual way and use specific different names for the two other colors (e.g., “blue” instead of “green”, and “yellow” instead of “red”). During the practice stage, participants received the instruction to answer as accurately as possible without worrying about the time. In the experimental stage, the task was to respond as quickly as possible. We also informed participants that any extraneous sounds (“aaa,” “mmm,” etc.) and word stretching and drawing (“bluuue”) would count as errors.

In the two first stages of the procedure, participants were practicing the unfamiliar naming. In the first stage, they pronounced the colors of 60 neutral stimuli (4 color variants). In the second stage, they named 36 stimuli that could be neutral, incongruent, or congruent. The stimuli appeared one by one on a grey background, written in Arial upper case (on average 8 cm wide and 1 cm high).

In the first two stages, the participants had to press the space bar to start the next trial. The experimenter sat next to them and, if necessary, reminded them of the rule or called their attention to their errors. In the third stage, the participants had to perform the test on their own. The sequence of presentation within a trial was as follows: an empty screen — 1000 ms; a fixation cross — 300 ms; a blank screen — 400 ms; and the Stroop stimulus — 1700 ms. After this time passed, the next stimulus appeared no matter how the participants answered or whether they responded at all. There were 144 stimuli in total, a third of which were congruent, a third were incongruent, and the remaining stimuli were neutral (factor: type of stimuli); half of the trials presented a stimulus that was to be named in the regular way, and the other half required the rule-modified naming (factor: type of naming). The stimuli presentation order was random, but there were no repetitions of color, meaning, or congruence more than three times in a row; repetition in terms of naming type was restricted to no more than five times in a row.

Results

We counted partially or fully wrong answers and external vocalizations as errors. We removed them from further analysis: 3.5% for congruent stimuli, 8% for non-congruent stimuli, and 3.1% for neutral stimuli in the case

of regular color names; 1.9%, 6.4%, and 2.8%, respectively, in the case of color names modified by the rule. Only the correct response times were further analyzed. Figure 1 shows the average time for correct responses as a function of “naming type” and “stimulus type” factors.

In the analysis of the factor “type of stimulus”, Mauchly’s test found significant deviations from sphericity ($W = .408$, $p < .001$), and therefore we performed repeated-measures ANOVA (with factors “stimulus type” and “type of naming”, and “participant number” as a grouping variable) with Greenhouse-Heisser correction. The influence of the factors “type of stimulus” (congruent, neutral, and incongruent) and “type of naming” (the same colors, the other colors) was statistically significant: $F(2,46) = 69$, $\eta^2_p = .65$, $p < .001$ and $F(1,23) = 46$, $\eta^2_p = .70$, $p < .001$. The interaction of factors was not statistically significant ($F(2,46) = 1.25$; $\eta^2_p = .05$, $p = .29$) (Figure 1). Post hoc power analysis revealed high power for all observed effects (*Observed Power* = 1).

Post hoc analysis of the “stimulus type” factor with Bonferroni correction revealed a slower response to incongruent stimuli ($M = 927$ ms; $SD = 27$ ms) compared with the speed of responses to neutral ($M = 816$ ms; $SD = 23$ ms) and congruent stimuli ($M = 803$ ms; $SD = 22$ ms). Both differences were statistically significant ($MD = 123$ ms; $SE = 13$; $p < .001$ and $MD = 110$ ms; $SE = 17$; $p < .001$). Participants were significantly slower in responding if it was necessary to use another label for the color of the stimuli ($MD = 79$ ms; $SE = 12$). All averages are shown in Figure 1.

In the reported analysis, we did not account for the semantically conflicting stimuli that were congruent at the response level (e.g., it is the word *red* in yellow color when the instruction is to name yellow stimuli with the word “red”). Each participant faced eight such “response-congruent” stimuli. In our experiment, we made equal proportions of stimuli of each type, color, and meaning because otherwise, we would face artifacts of associative learning or expectancy effects. Therefore, there were not many “response-congruent” stimuli. However, we reused part of our data to analyze response times specifically for the “response-congruent” stimuli. Response times to “response-congruent” stimuli were compared with response times to congruent stimuli (another color

naming condition) and other incongruent stimuli (another color naming condition, but not response-congruent). Response time to response-congruent stimuli was on average smaller than response time to other incongruent stimuli ($M=908$ ms, $SD=44$ ms vs. $M=958$ ms, $SD=32$ ms), but longer than response time to congruent stimuli ($M=908$ ms, $SD=44$ ms vs. $M=848$ ms, $SD=24$ ms). Both differences were statistically significant: $t(1,23)=-2.3$, $p=.032$ and $t(1,23)=2.1$, $p=.046$). In both cases, the effect size was average: d -Cohen = .43 and d -Cohen = .46, respectively. This result is interesting and requires independent verification since we used the same data set for two different types of statistical analysis.

Discussion

The main result of our work is that matching the color and meaning of the word causes a decrease in response time, even if the response does not match the meaning of the word. Thus, a response conflict does not occur without a semantic conflict. It can be thought of as if the color and meaning of a word are combined into one representation, and then this representation is “translated” into another one according to the rules of response production. However, combining the representation of color and meaning is possible only after processing both the font color and meaning of the word. But if the color of a word is already identified, then the meaning of a word is no longer necessary for effective task performance. Moreover, in this case, the word meaning does not match the correct response, and its “translation” into the correct response takes time. For this reason, congruence at the semantic level in itself should not speed up the response time.

To explain the obtained results, let us consider the mechanisms that allow a correct response to the Stroop task despite conflicts. Those mechanisms usually are related to cognitive control (Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001; see also Schmidt, 2019 for a critical review). The general belief is that control weakens the tendency to respond to the meaning of the word and increases the tendency to respond to the font color. However, a question remains how cognitive control “knows” which one of the response trends it should support. In the model proposed by Verguts and Notebaert (2008, 2009), conflict detection occurs before the response is ready. Moreover, conflict detection does not contain an indication of which of the processes is “erroneous,” but signals the conflict “in general.” In other words, conflict detection occurs at the semantic level.

To summarize, there is a monitoring mechanism that is triggered when it detects a semantic conflict. There is also a response control mechanism that works with prepared responses. If a conflict is detected on the semantic level, the prepared responses are controlled, which requires more time. After activation of the response control mechanism, task performance slows down, and the more reasons there are to reject a particular response, the sooner the final response is given. We hypothesize that this is why, in our study, when the color of a word matches its meaning, the detection mechanism was not triggered. Responses were given faster despite the incongruence at the response

level. In turn, a conflict is detected when the color and meaning do not match, even if the word matches the correct response. Indeed, the conflict detection mechanism only takes the meanings of words and does not determine whether a word’s meaning will match the right response. After a semantic conflict is detected, the response control is triggered. If, in reality, there is no conflict of response (e.g., “response-congruent” stimulus), the time of this control is reduced.

It should be noted that such an interpretation does not directly imply any conclusions about how exactly the responses are controlled. For now, we can only suggest that more time is spent on answering when there is a detected conflict. According to Vergats and Notebaert (2008, 2009) the activation of all representations in the mind increases, including the representations of the color and the meaning of the word. Nevertheless, alternative explanations can be offered: after a conflict is detected, the requirements for accuracy of the answer increase, and impulsive responses are suppressed, etc. (similar mechanisms for the Stroop task were discussed in the works of Servant, Montagnini, & Burle, 2014 and Dhooge & Hartsuiker, 2011).

Our results allow us to offer a solution for one of the contradictions in the study of interference. On the one hand, word meaning processing is referred to as ballistic processes. Once these mental processes are started, there is no possibility to interrupt or attenuate them (including by cognitive control mechanisms) (see Tzelgov, 1997). On the other hand, the amount of interference may decrease when the context changes (e.g., when the number of incongruent stimuli increases compared to neutral stimuli), which is cited as evidence of non-ballistic word processing (e.g., Besner 2001). The results of our research suggest that word processing on a semantic level is “ballistic,” but semantic processing in its turn can trigger response control mechanisms.

Conclusion

Our research shows that semantic conflict and response conflict are not independent of each other in the Stroop test. We believe that the semantic conflict triggers control processes, but this control itself works with the responses, suppressing irrelevant answers if necessary.

References

- Arbekova, O. A., & Gusev, A. N. (2017). [About matching concepts of meaningful set, task set, and operation set with modern English-language terms]. *Russian Journal of Cognitive Science*, 4(1), 5–25. (In Russian). Retrieved from <http://www.cogjournal.ru/4/1/pdf/ArbekovaGusevRJCS2017.pdf>.
- Augustinova, M., Parris, B. A., & Ferrand, L. (2019). The loci of Stroop interference and facilitation effects with manual and vocal responses. *Frontiers in Psychology*, 10, 1786:1–14. doi:10.3389/fpsyg.2019.01786
- Bekçi, B., & Karakaş, S. (2009). Perceptual conflict and response competition: Event-related potentials of the Stroop effect. *Türk Psikiyatri Dergisi*, 20(2), 127–137. (In Turkish). Retrieved from <http://www.turkpsikiyatri.com/PDF/C20S2/127-137.pdf>.

- Besner, D. (2001). The myth of ballistic processing: Evidence from Stroop's paradigm. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8(2), 324–330. doi:10.3758/bf03196168
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. doi:10.1037/0033-295x.108.3.624
- Brown, T. L., Roos-Gilbert, L., & Carr, T. H. (1995). Automaticity and word perception: Evidence from Stroop and Stroop dilution effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(6), 1395–1411. doi:10.1037/0278-7393.21.6.1395
- Dhooge, E., & Hartsuiker, R. J. (2011). How do speakers resist distraction? *Psychological Science*, 22(7), 855–859. doi:10.1177/0956797611410984
- Doehrmann, S., Landau, R., & O'Connell, D. (1978). The Stroop phenomenon: Perceptual conflict or response competition? *Perceptual and Motor Skills*, 47(3 suppl), 1127–1131. doi:10.2466/pms.1978.47.3f.1127
- Durgin, F. H. (2000). The reverse Stroop effect. *Psychonomic Bulletin and Review*, 7(1), 121–125. doi:10.3758/bf03210730
- Dyer, F. N., & Severance, L. J. (1973). Stroop interference with successive presentations of separate incongruent words and colors. *Journal of Experimental Psychology*, 98(2), 438–439. doi:10.1037/h0034353
- Glaser, M. O., & Glaser, W. R. (1982). Time course analysis of the Stroop phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(6), 875–894. doi:10.1037/0096-1523.8.6.875
- Harrison, N. S., & Boese, E. (1976). The locus of semantic interference in the "Stroop" color-naming task. *Perception and Psychophysics*, 20(5), 408–412. doi:10.3758/bf03199423
- Hasshim, N., & Parris, B. A. (2015). Assessing stimulus-stimulus (semantic) conflict in the Stroop task using saccadic two-to-one color response mapping and preresponse pupillary measures. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(8), 2601–2610. doi:10.3758/s13414-015-0971-9
- Janssen, N., Schirm, W., Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). Semantic interference in a delayed naming task: Evidence for the response exclusion hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(1), 249–256. doi:10.1037/0278-7393.34.1.249
- Kalanthroff, E., Davelaar, E. J., Henik, A., Goldfarb, L., & Usher, M. (2018). Task conflict and proactive control: A computational theory of the Stroop task. *Psychological Review*, 125(1), 59–82. doi:10.1037/rev0000083
- Kinoshita, S., de Wit, B., Aji, M., & Norris, D. (2017). Evidence accumulation in the integrated and primed Stroop tasks. *Memory and Cognition*, 45(5), 824–836. doi:10.3758/s13421-017-0701-8
- Luo, C. R. (1999). Semantic competition as the basis of Stroop interference: Evidence from color-word matching tasks. *Psychological Science*, 10(1), 35–40. doi:10.1111/1467-9280.00103
- Lupker, S. J., & Katz, A. N. (1981). Input, decision, and response factors in picture-word interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7(4), 269–282. doi:10.1037/0278-7393.7.4.269
- Mills, L., Kinoshita, S., & Norris, D. (2019). No negative priming effect in the manual Stroop task. *Frontiers in Psychology*, 10, 1764:1–9. doi:10.3389/fpsyg.2019.01764
- Parris, B. A. (2014). Task conflict in the Stroop task: When Stroop interference decreases as Stroop facilitation increases in a low task conflict context. *Frontiers in Psychology*, 5, 1182:1–9. doi:10.3389/fpsyg.2014.01182
- Parris, B. A., Wadley, M. G., Hasshim, N., Benattayallah, A., Augustinova, M., & Ferrand, L. (2019). An fMRI study of response and semantic conflict in the Stroop task. *Frontiers in Psychology*, 10, 2426:1–12. doi:10.3389/fpsyg.2019.02426
- Riley, E., McMahan, K. L., & de Zubicaray, G. (2015). Long-lasting semantic interference effects in object naming are not necessarily conceptually mediated. *Frontiers in Psychology*, 6, 578:1–14. doi:10.3389/fpsyg.2015.00578
- Schmidt, J. R. (2018). Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 26(3), 753–771. doi:10.3758/s13423-018-1520-z
- Schmidt, J. R., Cheesman, J., & Besner, D. (2013). You can't Stroop a lexical decision: Is semantic processing fundamentally facilitative? *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 67(2), 130–139. doi:10.1037/a0030355
- Schmidt, J. R., Hartsuiker, R. J., & Houwer, J. D. (2018). Interference in Dutch-French bilinguals. *Experimental Psychology*, 65(1), 13–22. doi:10.1027/1618-3169/a000384
- Servant, M., Montagnini, A., & Burle, B. (2014). Conflict tasks and the diffusion framework: Insight in model constraints based on psychological laws. *Cognitive Psychology*, 72, 162–195. doi:10.1016/j.cogpsych.2014.03.002
- Sharma, D., & McKenna, F. P. (1998). Differential components of the manual and vocal Stroop tasks. *Memory and Cognition*, 26(5), 1033–1040. doi:10.3758/bf03201181
- Shichel, I., & Tzelgov, J. (2018). Modulation of conflicts in the Stroop effect. *Acta Psychologica*, 189, 93–102. doi:10.1016/j.actpsy.2017.10.007
- Stafford, T., & Gurney, K. N. (2011). Additive factors do not imply discrete processing stages: A worked example using models of the Stroop task. *Frontiers in Psychology*, 2, 287:1–9. doi:10.3389/fpsyg.2011.00287
- Starreveld, P. A., & Heij, W. L. (2016). Picture-word interference is a Stroop effect: A theoretical analysis and new empirical findings. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(3), 721–733. doi:10.3758/s13423-016-1167-6
- Steinhauser, M., & Hübner, R. (2009). Distinguishing response conflict and task conflict in the Stroop task: Evidence from ex-Gaussian distribution analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(5), 1398–1412. doi:10.1037/a0016467
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. doi:10.1037/h0054651
- Tzelgov, J. (1997). Automatic but conscious: That is how we act most of the time. In R. S. Wyer, & T. K. Srull (Eds.), *The Automaticity of Everyday Life. Advances in social cognition*, (vol. 10. pp. 217–230). Urbana-Champaign: University of Illinois.
- Utochkin, I. S., & Bolshakova, K. G. (2010). Strengthening and reduce of the Stroop effect in probabilistic learning. *Psychology. Journal of Higher School of Economics*, 7(3), 139–149. (In Russian).
- van Veen, V., & Carter, C. S. (2005). Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: A functional MRI study. *NeuroImage*, 27(3), 497–504. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.04.042
- Verguts T., & Notebaert, W. (2008). Hebbian learning of cognitive control: Dealing with specific and nonspecific adaptation. *Psychological Review*, 115(2), 518–525. doi:10.1037/0033-295X.115.2.518
- Verguts, T., & Notebaert, W. (2009). Adaptation by binding: a learning account of cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(6), 252–257. doi:10.1016/j.tics.2009.02.007
- Wadley, M. (2019). An fMRI and TMS investigation of response, semantic, and task conflict in the Stroop task. Unpublished doctoral dissertation, Bournemouth University. Retrieved from http://eprints.bournemouth.ac.uk/31760/1/WADLEY%2C%20Michael_M.Res.2018.pdf.
- Wendelken, C., Ditterich, J., Bunge, S. A., & Carter, C. S. (2009). Stimulus and response conflict processing during perceptual decision making. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 9(4), 434–447. doi:10.3758/cabn.9.4.434

■ экспериментальные сообщения ■

Роль конфликта ответов и семантического конфликта в возникновении эффекта Струпа

Алексей Сергеевич Стародубцев

Факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Михаил Викторович Аллахвердов

Факультет свободных искусств и наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Эффект Струпа чаще всего объясняют семантическим конфликтом или конфликтом ответов. В литературе описано несколько способов разграничить эти конфликты: использовать слова не из набора ответов, использовать методический прием 2:1 (один ответ на два типа стимулов), использовать ассоциативно связанные цвета и слова. Однако мы считаем, что эти способы не могут полностью разграничить семантический конфликт и конфликт ответов. Мы попробовали разграничить эти конфликты при помощи другой методики. При выполнении теста Струпа (задача: называть цвета окрашенных слов — например, красный, желтый и т. д.) вместо названий некоторых из цветов испытуемые должны были называть другие цвета (например, стимулы красного цвета требовалось называть словом «желтый»). Этот метод позволил создать семантически конгруэнтные стимулы, но конфликтные относительно ответов (слово «красный» написано красным шрифтом, но испытуемые должны сказать «желтый»). Также были созданы конгруэнтные относительно ответов, но семантически конфликтные стимулы (слово «желтый» написано красным цветом, и испытуемые должны сказать «желтый» из-за указанного правила). Было обнаружено, что эффект Струпа не возникает при семантической конгруэнтности, даже если значение слова является неправильным ответом. В свою очередь, конгруэнтность относительно ответов снижает интерференционный эффект, но все равно оставляет его значимым. Таким образом, конфликт ответов влияет на величину эффекта Струпа только при наличии семантического конфликта. Полученные данные не соответствуют моделям, предполагающим прямую активацию ответов, соответствующих значениям слов.

Контактная информация: Алексей Сергеевич Стародубцев, fleksbr@yandex.ru, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, СПбГУ; Михаил Викторович Аллахвердов, m.allakhverdov@smolny.org.

Ключевые слова: тест Струпа, интерференция, семантический конфликт, конфликт ответов, внимание

© 2019 Алексей Сергеевич Стародубцев, Михаил Викторович Аллахвердов. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке РФФИ (номер проекта 18-013-01212).

Статья частично основана на материалах более ранней публикации в сборнике конференции: *Стародубцев А.С. Роль конфликта ответов и семантического конфликта в возникновении эффекта Струпа // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: Буки Веди, ИППиП. С. 490–495.*

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2019 г. Принята в печать 27 декабря 2019 г.

Введение

Классический эффект Струпа (интерференция) заключается в задержке называния цвета слова, которое обозначает другой цвет (цвет слова не совпадает со значением; Stroop, 1935). Такие стимулы называются неконгруэнтными (слово «красный», написанное синим цветом). Временную задержку считают относительно времени называния цвета нечитаемых знаков (например, XXXXXX). Киношита с соавторами заметили: «Все согласны, что между словом и значением происходит конфликт, но непонятно, какова природа этого конфликта»¹ (Kinoshita et al., 2017, p. 824). Слово характеризуется множеством параметров, каждый из которых может влиять на эффект интерференции: сам факт наличия слова, принадлежность слова к категории «цвета», ассоциативная связь значения слова и его цвета, совпадение значения слова с правильным ответом предыдущих проб и т. д. (Sharma, McKenna, 1998).

Конфликт между цветом слова и его значением может происходить на разных стадиях обработки информации. На ранних стадиях обработки информации анализируются физические признаки стимула, затем происходит его семантическая обработка, и на самых поздних стадиях готовится ответ на стимул. Соответственно, выделяются три вида конфликтных ситуаций, которые влияют на скорость и точность выполнения задания: конфликт задач, семантический конфликт, конфликт ответов. Конфликт задач (task conflict) отражает влияние самого факта прочтения слова. Так как операция чтения не относится к задаче, ее выполнение вступает в конфликт с задачей называния цвета. Тем не менее фактор конфликта задач слабее влияет на скорость ответов по сравнению с семантическим конфликтом или конфликтом ответов (Lupker, Katz, 1981). Считается, что влияние конфликта задач можно обнаружить только в специфических условиях (см. Parris, 2014). Калантрофф с соавторами заключают, что в условиях, когда контрольных стимулов не слишком много (меньше половины — то есть в большинстве экспериментов), конфликт задач «не происходит или быстро разрешается» (Kalanthroff et al., 2018, p. 1).

Семантический конфликт отражает влияние конфликта между образами, которые соответствуют значению слова и его цвету. На этом этапе обработки информации уже завершилось распознавание цвета слова и его значения, но еще не сформировались соответствующие ответы. Конфликт на этом этапе обработки информации обозначается тем или иным образом в зависимости от понимания исследователями механизмов интерференции. Например, если интерференцию рассматривают в связи с обработкой слова, то конфликт называют «лексическим» (более ранний этап в этом случае именуется «долексическим», а более поздний — «постлексическим»; см., например, Brown et al., 1995). Если предполагается, что принимается решение о «переводе» характеристик стимулов в соответствующие реакции, то этап называется «конфликтом на

уровне принятия решения» (Sharma, McKenna, 1998), или просто словом «решение» в кавычках (Stafford, Gurney, 2011). Похожие представления подразумеваются также при использовании терминов «перцептивный конфликт» (Bekci, Karakas, 2009; Doehrmann et al., 1978) или «конфликт стимулов» (Wendelken et al., 2009). Авторы могут по-разному понимать обработку информации на этом этапе и порой не разграничивают семантический конфликт и конфликт задач (например, Steinhäuser, Hubner, 2009). Однако семантический конфликт и конфликт ответов обычно разграничивают.

Конфликт ответов традиционно рассматривался как главный фактор интерференции (Lupker, Katz, 1981; Dyer, Severance, 1973). Основные допущения гипотезы конфликта ответов таковы: человек не может одновременно назвать и цвет и значение слова, у значения слова есть приоритет в обработке по сравнению с обработкой его цвета (так как значение слова быстрее читается или автоматически обрабатывается, в отличие от цвета слова). Существуют и современные модели, в которых интерференцию объясняют тем, что подавление нерелевантного ответа требует времени (см. Janssen et al., 2008).

Тем не менее существуют и гипотезы о семантическом конфликте как основной причине интерференции (Luo, 1999). Подавляющее большинство ученых признают существование и семантического конфликта, и конфликта ответов. Во многом такая разница в позициях обусловлена разными методами разделения семантического конфликта и конфликта ответов. Рассмотрим способы, при помощи которых в экспериментах разграничивают влияние конфликта ответов и семантического конфликта.

Способы разграничения семантического конфликта и конфликта ответов

Методики, при помощи которых вызывают только семантический конфликт без конфликта ответов, используют различные способы, не дающие испытуемому совершить ошибочный ответ в соответствии со значением слова. Паррис с соавторами (Parris et al., 2019) описали основные способы разграничить влияние этих конфликтов в эксперименте, которые принимаются большинством современных авторов: использовать слова не из набора ответов, использовать семантически связанные слова и цвета, использовать кнопку ответа, которая соответствует и цвету неконгруэнтного слова, и его значению.

Первый способ — использовать слова, не входящие в набор ответов. Например, если стимулы могут быть только красного и синего цветов, то набор ответов для задачи называния цвета состоит из элементов «красный» и «синий». Показано, что значения слов не из набора ответов (в описанном выше случае: «зеленый» в синем цвете) всё равно вызывают интерференционный эффект, хотя и значительно меньший по сравнению со словами из набора ответов («красный» в синем цвете; например, Wadsley, 2019; Sharma, McKenna, 1998).

Второй способ разграничить в эксперименте влияние семантического конфликта и конфликта ответов — использовать слова, ассоциативно связанные с правильными ответами. Например, человек медленнее

¹ Англ.: "It is widely agreed that the Stroop effect reflects conflict between the colour and the to-be-ignored word, but much is still not known about the nature of that conflict" (Kinoshita et al., 2017, p. 284).

называет цвет слова «вода», окрашенного в красный цвет, чем слова «вода», окрашенного в синий цвет. Так как связь значения слова «вода» и цвета его шрифта не имеет прямого отношения к ответам, то в случае предъявления слова «вода» в красном цвете предполагается только семантический конфликт (например, Augustinova et al., 2019; Harrison, Boese, 1976).

Наконец, третий способ вызвать семантический конфликт без конфликта ответов — использовать задачи, в которых надо отвечать одинаковым образом на два разных типа стимулов (методический прием 2:1). Испытуемых могут просить дать один ответ (например, нажать кнопку), если стимул будет или красным или синим. В этом случае слово «красный» в синем цвете будет семантически конфликтным, но и цвет и значение соответствуют одному ответу, и поэтому этот стимул будет конгруэнтным на уровне ответов (например, Schmidt et al., 2018; Shichel, Tzelgov, 2018; Hasshim, Parris, 2015; Steinhauer, Hubner, 2009).

Критика традиционных способов разделить влияние конфликта ответов и семантического конфликта

Описанные способы разграничить разные виды конфликтов основываются на допущениях, которые могут быть ложными. Например, действительно ли значения слов, не входящих в набор ответов, не обрабатываются на уровне ответов? Возможна и интерпретация, согласно которой конфликт ответов у значений слов не из набора ответов просто «слабее», но не на нулевом уровне. Во всяком случае, существует традиция объяснять конфликтом ответов и результаты экспериментов, в которых используются только слова не из набора ответов (например, Janssen et al., 2008). Возможна и другая линия критики: набор ответов задает физические признаки стимулов, на которые человек обращает внимание. Если человек отвечает только «красный» или «синий», то он будет обращать внимание на слова, похожие на ответы. Набор ответов может задавать в том числе и семантическую обработку стимула. Известно, например, что ожидание стимула влияет на эффективность его последующего распознавания (эффект перцептивной установки). По аналогии, набор ответов может влиять и на семантическую обработку значений слов.

Эффект ассоциативной связи между цветом слова и его значением также может включать в себя и конфликт на уровне ответов. Например, предъявление слова «трава» ускорит последующий ответ «зеленый». Соответственно, слово «вода» может подготавливать ответ «синий». Поэтому при предъявлении слова «вода» в красном цвете возможен конфликт ответов между ответами «красный» и «синий», то есть ослабленный конфликт ответов. Шмидт и коллеги (Schmidt et al., 2013) показали, что эффект «ассоциативного конфликта» (слово «трава» в красном цвете) наблюдается только тогда, когда слово «зеленый» входит в набор ответов. По мысли авторов, именно ответ «зеленый» конкурирует со словом «красный» в случае предъявления слова «трава» в красном цвете, но не происходит семантического конфликта между словом «трава» и словом «красный». В самом деле, Шмидт и коллеги показа-

ли, что в отличных от задачи Струпа методиках (задачи чтения слов, лексического решения) слово «красный» ускоряет последующую обработку слова «трава». По этой причине нельзя исключать и влияние конфликта ответов в случае семантической связи значения слова и его цвета. В работе Рилей с соавторами (Riley et al., 2015) в методике «рисунок-слово»² было показано, что ознакомление в эксперименте с возможными ответами влияет на эффект «семантической интерференции». Это еще больше усложняет возможные методы разграничения семантического конфликта и конфликта ответов.

Использование методического приема 2:1 выглядит самым надежным способом вызвать семантический конфликт без конфликта ответов. Однако в известных нам экспериментах прием 2:1 использовали только в двигательных (моторных) вариантах задачи Струпа. В них испытуемые должны были не называть вслух цвета, а сделать определенное движение рукой или глазом, которое перед экспериментом было обозначено как «соответствующее некоторому цвету». В исследовании Хашшима и Парриса (Hasshim, Parris, 2015) испытуемые давали ответ при помощи перевода взгляда: к примеру, если стимул был синий или зеленый, то требовалось посмотреть на один квадрат, если красный или желтый — то на другой. В исследовании ван Вина и Картера (van Veen, Carter, 2005) испытуемые должны были нажимать на кнопки: например, на одну кнопку, если стимул был зеленым или синим, и на другую — если стимул был красным или желтым. В этой задаче слово «зеленый» в синем цвете являлось семантически конфликтным, но конгруэнтным на уровне ответов (значение слова и его цвет соответствуют одному ответу). Конгруэнтности на уровне ответов оказалось достаточно для значимого снижения или нивелирования эффекта Струпа.

Тем не менее моторный вариант задачи Струпа значительно отличается от задачи называть цвет слова вслух. В задаче называния вслух обнаружен приоритет в обработке значения слов. Значения слов влияют на скорость называния цвета, а цвет слов не оказывает влияния на скорость чтения (асимметричность эффекта Струпа; Glaser, Glaser, 1982). Однако это не так в моторных вариантах задачи Струпа. Испытуемые медленнее отвечают на значение слова, когда оно не совпадает с цветом его шрифта, если для ответа используются клавиши или компьютерная мышь (обратный эффект Струпа; Durgin, 2000).

Известный факт — испытуемые быстрее сопоставляют цвет окрашенного прямоугольника с цветом слова, а не с его значением (например, Luo, 1999). Подобные факты часто служат для критики гипотезы о конфликте ответов. Ведь если слово действительно получает приоритет в обработке, то испытуемые должны быстрее сличать значение слова с цветом прямоугольника, а не цвет слова с цветом прямоугольника. Подобная критика может вызвать удивление, так как в данном случае используется задача, которая

² В этой методике испытуемые на скорость называют изображения и игнорируют наложенные поверх них слова. Методика рисунок-слово считается одним из самых близких аналогов классической методики Струпа (см. Starreveld, La Heij, 2017).

значительно отличается от классической задачи Струпа. На наш взгляд, использование неклассических методов должно быть обосновано или логически, или результатами экспериментов. Однако даже использование моторного варианта задачи Струпа не удовлетворяет этому требованию. Например, при прохождении голосовой версии теста Струпа возникает эффект негативного прайминга: испытуемые медленнее называют цвет слова, если он совпадает со значением предыдущего слова. Этот феномен может быть интерпретирован через гипотезу о конфликте ответов: подавление ответа, соответствующего значению слова, распространяется и на обработку следующего стимула, в котором этот ответ уже является правильным решением задачи. Однако в моторном варианте теста Струпа эффекта негативного прайминга не обнаружено (Mills et al., 2019). Более того, на разницу между моторным и голосовым вариантами задачи Струпа указывает исследование Шармы и Макенны (Sharma, McKenna, 1998). В этой работе предъявлялись различные стимулы, которые содержали несколько факторов интерференции: лексический фактор, фактор семантической связи, фактор лексической связи, фактор принадлежности к набору ответов. Окрашенный набор букв не содержит ни одного из этих факторов; слова, не имеющие прямого отношения к цветам (стол, гвоздь), содержат только лексический фактор; слова, связанные с цветом (море, трава), содержат фактор лексической связи; цветные слова не из набора ответов (оранжевый, белый) содержат фактор лексической релевантности; а классические неконгруэнтные слова содержат все описанные факторы. Каждый из факторов увеличивал интерференцию в голосовом варианте задачи Струпа, но на величину интерференции в моторном варианте методики Струпа значимо влиял только фактор принадлежности к набору ответов. Это говорит о том, что голосовой и моторный варианты теста Струпа нельзя использовать как взаимозаменяемые методики, по крайней мере при изучении роли семантического конфликта и конфликта ответов.

Обоснование исследования

Таким образом, чаще всего семантический конфликт и конфликт ответов разграничивали либо при помощи варьирования набора ответов или ассоциативной связи, либо — методического приема 2:1. Варьирование набора ответов и ассоциативной связи допускает интерпретацию и конфликта на уровне ответов, а методический прием 2:1 использовался только в моторных вариантах задачи Струпа. По этим причинам наша первая цель — воспроизвести методический прием 2:1 на материале голосовой задачи Струпа.

Другая причина проведения исследований касается слишком громоздкого описания разных видов конфликтов в современных работах по интерференции в задачи Струпа. Мы считаем, что существование многих видов конфликтов (и многих видов «контролей» этих конфликтов) избыточно с логической точки зрения. Например, если для правильного выполнения задания требуется разрешить семантический конфликт, то конфликта ответов уже быть не должно. Если же значение слова подавляется на уровне ответов,

то нет необходимости подавлять его и на семантическом уровне.

План исследования

В нашем исследовании мы планировали «в чистом виде» вызвать конфликт на уровне ответов или на семантическом уровне с использованием голосовой задачи Струпа. Испытуемые проходили голосовой вариант задачи Струпа, но два цвета они должны были называть другими словами, обозначающими цвета (идея этой методики была высказана в статье Арбековой и Гусева, 2017). Например, в ответ на стимулы красного цвета следовало говорить «желтый». Рассмотрим интересующие нас экспериментальные условия, которые были реализованы в описанной методике. Допустим, предъявляется слово «красный» в красном цвете, когда испытуемые должны называть красные по цвету стимулы словом «желтый». С одной стороны, значение слова не активизирует правильный для задачи ответ. С другой стороны, на семантическом уровне существует больше источников информации, связанных с образом «красный». Избыточность информации иногда позволяет отвечать быстрее (Уточкин, Большакова, 2010).

Другое интересующее нас условие — совпадение значения слова с правильным ответом при семантическом конфликте. Например, предъявлено слово «красный» в желтом цвете, когда испытуемому дана инструкция отвечать «красный» в ответ на стимулы желтого цвета. Цвет не совпадает со значением (семантический конфликт), однако значение слова совпадает с ответом, который испытуемые должны дать. Мы предполагаем, что такой дизайн позволит разграничить конфликт на уровне ответов и семантический конфликт.

Предложенный эксперимент предполагает не только условие «семантический конфликт без конфликта ответов», но и условие «конфликт ответов без семантического конфликта». Таким образом, основная задача исследования — выяснить, являются ли факторы «конфликта ответов» и «семантического конфликта» независимыми друг от друга. Примеры стимулов, которые реализуются в методике, представлены в таблице 1.

Эксперимент

Методы

Выборка. В исследовании приняло участие 24 человека в возрасте от 18 до 40 лет — $M = 24.4$; $SD = 5.8$ (7 мужчин и 17 женщин). Испытуемые участвовали в эксперименте в рамках мероприятия «Неделя экспериментов». Респонденты не получали вознаграждения за участие в исследовании.

Оборудование и программное обеспечение. Стимулы предъявлялись на LCD-дисплее стационарного компьютера с шумоподавляющим микрофоном, расстояние от глаз испытуемого до экрана дисплея составляло 50–60 см. Характеристики монитора: диагональ 24 (61 см); ширина экрана: 53 см; высота экрана: 29.5 см; разрешение: 1920×1080 (16:9); частота обновления экрана: 60 Гц (максимум 144 Гц). Предъявление

Таблица 1. Пример экспериментальных условий для правила «стимулы синего цвета надо назвать словом „красный“, стимулы красного и зеленого цвета надо называть привычным образом»

Пример стимула	Правильный ответ	Формальные характеристики стимула		Совпадение цвета слова и значения	Совпадение значения слова и правильного ответа
		Конгруэнтность	Тип наименования		
КРАСНЫЙ	«красный»	конгруэнтный	тот же цвет	ДА	ДА
СИНИЙ	«красный»	конгруэнтный	иной цвет	ДА	НЕТ
XXXXXX	«красный»	нейтральный	тот же цвет	–	–
XXXXXX	«красный»	нейтральный	иной цвет	–	–
СИНИЙ	«зеленый»	неконгруэнтный	тот же цвет	НЕТ	НЕТ
ЖЕЛТЫЙ	«красный»	неконгруэнтный	иной цвет	НЕТ	НЕТ
КРАСНЫЙ	«красный»	неконгруэнтный	иной цвет	НЕТ	ДА

стимулов и запись ответов осуществлялись при помощи программы *PsychoPy2*. Временной промежуток между появлением стимула и началом ответа, а также правильность вокализации считались вручную в программе *Praat*.

Стимулы. Нейтральные стимулы: знаки «XXXXXX», окрашенные в синий, зеленый, красный или желтый цвета. Конгруэнтные стимулы: слова «красный», «синий», «желтый» и «зеленый», напечатанные цветом, совпадающим с их значением. Неконгруэнтные стимулы: слова, цвет которых не совпадает с их значением; использовались слова «красный», «синий», «желтый» и «зеленый» и соответствующие цвета. Каждое сочетание цвет-значение для условия «неконгруэнтные стимулы» повторялось равное число раз.

Существовало 12 правил названия цветов. Например, одно из правил: в ответ на стимулы красного цвета называть слово «синий», в ответ на стимулы желтого называть слово «зеленый». Каждый испытуемый получал одно из 12 правил.

Процедура. Перед экспериментом при помощи метода латинского квадрата каждому испытуемому назначалось правило произнесения цветов слов. Два цвета испытуемые должны были произносить привычным образом, а два других — другими цветами (например, вместо «зеленый» говорить «синий», а вместо «красный» — «желтый»). На тренировочных этапах испытуемых инструктировали отвечать как можно точнее, не обращая внимания на скорость. На экспериментальном этапе уже ставилась задача отвечать как можно быстрее. Однако испытуемых предупреждали, что любые запинки, посторонние звуки («ааа», «mmm» и т. д.) и растягивания слов («сссиний») будут расцениваться как ошибки.

Два начальных этапа предназначались для тренировки непривычного названия. На первом этапе испытуемые произносили цвета 60 нейтральных стимулов (четыре варианта цветов). На втором тренировочном этапе было 36 стимулов, которые уже могли быть нейтральными, неконгруэнтными или конгруэнтными. Стимулы предъявлялись по одному на сером фоне; стимулы были написаны шрифтом Arial в верхнем регистре (в среднем — 8 см в ширину и 1 см в высоту).

На первых двух этапах для запуска следующей пробы испытуемые должны были нажать пробел, экспериментатор сидел рядом и при необходимости напоминал правило или обращал внимание испытуемых на их ошибки. На третьем этапе испытуемые уже должны были выполнять работу самостоятельно: на 1000 мс предъявлялся пустой экран, затем на 300 мс — фиксационный крест, затем на 400 мс — пустой экран и, наконец, на 1700 мс — Струп-стимул. После отведенного времени начиналась следующая проба вне зависимости от того, успел испытуемый дать ответ или нет. Всего было 144 стимула, треть из которых были конгруэнтными, треть — неконгруэнтными и оставшиеся — нейтральными (фактор: *тип стимулов*); в половине случаев от испытуемых требовалось называть цвета слов, в половине — в ответ на определенные цвета называть другие цвета (фактор: *тип наименования*). Порядок предъявления стимулов был случайным, но не допускалось повторения цвета, значения, фактора конгруэнтности более трех раз подряд, фактора типа названия — более пяти раз подряд.

Результаты

В случае полного или частичного названия неверного ответа или наличия посторонних вокализаций («м-м-м», «э-э-э» и т. д.) ответ считался ошибочным. Все ошибочные ответы были удалены из анализа: 3.5 % для конгруэнтных стимулов, 8 % для неконгруэнтных и 3.1 % для нейтральных в случае названия тех же цветов и 1.9, 6.4 и 2.8 % для тех же параметров в случае названия других цветов. Впоследствии анализировалось лишь время правильных ответов.

На рисунке 1 представлено среднее время правильных ответов в зависимости от факторов *тип наименования* и *тип стимулов*.

При анализе фактора *тип стимулов* тест сферичности Моучли выявил нарушения ($W = .408, p < .001$), поэтому в дисперсионном анализе с повторными измерениями (факторы: *тип стимулов* и *тип наименования*; номер испытуемого — группирующий фактор) использовалась поправка Гринхауса – Гейсера. Влияние факторов *тип стимулов* (конгруэнтные, нейтральные и неконгруэнтные) и *тип наименования* (привычные названия, непривычные названия) оказалось

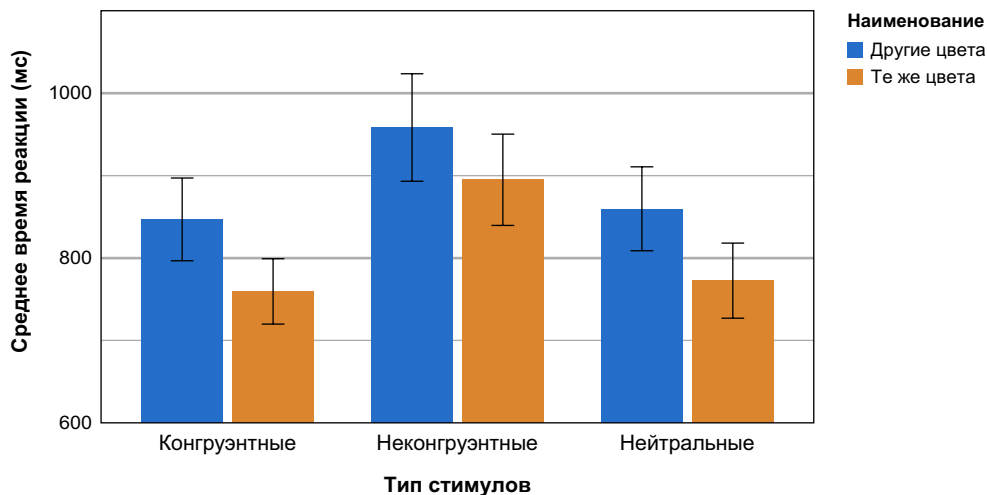


Рисунок 1. Среднее время ответов в зависимости от типа стимулов и типа наименования. Приведен 95 %-ный доверительный интервал

статистически значимым: $F(2, 46) = 69$, $\eta^2_p = .65$, $p < .001$ и $F(1, 23) = 46$, $\eta^2_p = .70$, $p < .001$. Взаимодействие факторов статистически незначимо ($F(2, 46) = 1.25$; $\eta^2_p = .05$, $p = .29$) (рисунок 1). *Post-hoc*-анализ мощности выявил, что все наблюдаемые эффекты обладают высокой мощностью (*Observed Power* = 1).

Испытуемые значимо медленнее давали ответы, если требовалось обозначать цвет стимулов другими названиями цветов ($MD = 79$ мс, $SE = 12$). *Post-hoc*-анализ фактора *тип стимулов* с поправками Бонферрони выявил более медленную реакцию на неконгруэнтные стимулы ($M = 927$ мс; $SD = 27$) по сравнению со скоростью ответов на нейтральные ($M = 816$ мс; $SD = 23$) и конгруэнтные стимулы ($M = 803$ мс, $SD = 22$). Оба отличия статистически значимы ($MD = 123$; $SE = 13$; $p < .001$ и $MD = 110$; $SE = 17$; $p < .001$).

В предыдущем анализе не учитывались семантически конфликтные стимулы, которые были неконгруэнтными, но были конгруэнтны относительно ответов (например, слово «красный» в желтом цвете при инструкции называть желтые объекты словом «красный»). У каждого испытуемого было по восемь таких «моторноконгруэнтных» стимулов. В нашем эксперименте мы сделали равную пропорцию стимулов каждого типа, каждого цвета и значения, так как иначе мы столкнулись бы с артефактами в виде ассоциативного научения или эффектов ожидания. Поэтому было не так много «моторноконгруэнтных» стимулов. Тем не менее мы повторно использовали часть наших данных для анализа времени ответов именно на «моторноконгруэнтные» стимулы. Время ответов на «моторноконгруэнтные» стимулы сравнивалось со временем ответов на конгруэнтные стимулы (непривычные названия) и остальные неконгруэнтные стимулы (непривычные названия, но не моторноконгруэнтные). Время ответов на «моторноконгруэнтные» стимулы в среднем меньше времени ответов на неконгруэнтные стимулы ($M = 908$ мс, $SD = 44$ против $SD = 958$ мс, $SD = 32$), но больше времени ответов на конгруэнтные стимулы ($M = 908$ мс, $SD = 44$ против $M = 848$ мс, $SD = 24$). Оба отличия статистически значимы: $t(1, 23) = -2.3$, $p = .032$ и $t(1, 23) = 2.1$, $p = 0.046$. В обоих случаях обнаружена средняя величина эффекта: d -Коэна = .43

и d -Коэна = .46 соответственно. Этот результат любопытен и требует независимой проверки, так как мы использовали один набор данных для двух разных видов статистического анализа.

Обсуждение

Ключевой результат нашей работы — совпадение цвета и значения слова вызывает уменьшение времени ответов, даже если ответ не совпадает со значением слова. Таким образом, конфликт ответов не работает без семантического конфликта. Это можно представить, как будто цвет и значение объединяются в один образ и потом этот образ «переводится» в другой в соответствии с правилами ответов. Однако объединение образов цвета и значения возможно только после обработки и образа цвета слова, и образа значения слова. Но если уже определен цвет слова, то значение слова уже не нужно для эффективного выполнения задачи. Более того, в этом случае значение слова не совпадает с правильным ответом, а его «перевод» в правильный ответ требует времени. По этой причине конгруэнтность на семантическом уровне как будто не должна ускорять время ответов.

Для объяснения полученных результатов требуется рассмотреть механизмы, позволяющие правильно отвечать при выполнении задачи Струпа, несмотря на конфликты. Часто их связывают с когнитивным контролем (Botvinick et al., 2001, см. также критический разбор Schmidt, 2018). Считается, что контроль ослабляет тенденцию к ответу на значение слова и усиливает тенденцию к ответу на цвет слова. Однако в этом случае требуется ответить на вопрос, откуда когнитивный контроль «знает», какую именно из тенденций к реагированию надо поддержать. В модели, предложенной Вергатсом и Ноутбаертом (Verguts, Notebaert, 2008, 2009), обнаружение конфликта происходит еще до формирования ответов. Причем обнаружение конфликта не содержит указания на то, какой именно из процессов «ошибочный», а сигнализирует о конфликтности «вообще». Другими словами, обнаружение конфликта происходит еще на семантическом уровне.

Подытожим: существует механизм мониторинга, который срабатывает при обнаружении семантического конфликта, и механизм контроля ответов, который работает с подготовленными ответами. Если обнаружен конфликт на семантическом уровне, то подготовленные ответы контролируются, и на это тратится время. После включения механизма контроля ответов задача будет выполнена несколько медленнее, причем чем больше оснований отказаться от определенного ответа, тем быстрее будет дан итоговый ответ. Мы предполагаем, что именно поэтому в нашем исследовании при совпадении цвета слова и его значения механизм обнаружения неконгруэнтности не был задействован и ответы давались быстрее, несмотря на «неконгруэнтность» относительно ответов. В свою очередь, конфликт обнаруживается при несовпадении цвета и значения, даже если слово соответствует правильному ответу. В самом деле, механизм обнаружения конфликта определяет только значения слов и не определяет, будет ли значение слова соответствовать правильному ответу. После обнаружения семантического конфликта запускается контроль ответов. Если в действительности конфликта ответов не происходит (например, предъявлены «моторноконгруэнтные» стимулы), то длительность этого контроля снижается. Заметим, что из такой интерпретации прямо не следует выводов о том, как именно контролируются ответы, — ясно только, что при обнаружении конфликта тратится большее время на ответ. По мнению Вергатса и Ноутбаерта (Verguts, Notebaert, 2008, 2009), после обнаружения конфликта увеличивается активация всех образов, которые содержатся в психике, включая образ цвета слова и образ значения слова. Тем не менее можно предложить и альтернативные объяснения: после обнаружения конфликта повышаются требования к точности ответа, подавляются импульсивные ответы и т. д. (схожие механизмы применительно к Струп-интерференции обсуждались в работах Servant et al., 2014, и Dhooge, Hartsuiker, 2011).

Наши результаты позволяют предложить решение для одного из противоречий в исследовании интерференции. С одной стороны, обработку значения слов относят к баллистическим процессам (ballistic processing) — после запуска этих психических процессов нет возможности их прервать или ослабить (в том числе и со стороны механизмов когнитивного контроля) (см. Tzelgov, 1997). С другой стороны, величина интерференции может снижаться при изменении контекста (к примеру, при увеличении числа неконгруэнтных стимулов по отношению к нейтральным), что приводится как доказательство небаллистичности обработки значения слова (например, Besner, 2001). Результаты нашего исследования позволяют предположить, что обработка слова на семантическом уровне происходит «баллистично», но сама семантическая обработка может запустить механизмы контроля ответов.

Вывод

Наше исследование показывает, что семантический конфликт и конфликт ответов не являются независимыми друг от друга в тесте Струпа. Мы считаем, что се-

мантический конфликт запускает процессы контроля, но сам этот контроль работает уже с ответами, при необходимости подавляя нерелевантные ответы.

Литература

- Арбекова О. А., Гусев А. Н. О соотношении понятий операциональной, целевой и смысловой установки с современными англоязычными терминами // Российский журнал когнитивной науки. 2017. Т. 4. № 1. С. 5–25. URL: <http://www.cogjournal.ru/4/1/pdf/ArbekovaGusevRJCS2017.pdf>.
- Уточкин И. С., Большакова К. Г. Усиление и ослабление эффекта Струпа при вероятностном обучении // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2010. Т. 7. № 3. С. 139–149.
- Augustinova M., Parris B. A., Ferrand L. The loci of Stroop interference and facilitation effects with manual and vocal responses // *Frontiers in Psychology*. 2019. Vol. 10. P. 1786:1–14. doi:10.3389/fpsyg.2019.01786
- Beğçi B., Karakaş S. Perceptual conflict and response competition: Event-related potentials of the Stroop effect // *Türk Psikiyatri Dergisi*. 2009. Vol. 20. No. 2. P. 127–137. URL: <http://www.turkpsikiyatri.com/PDF/C20S2/127-137.pdf>.
- Besner D. The myth of ballistic processing: Evidence from Stroop's paradigm // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2001. Vol. 8. No. 2. P. 324–330. doi:10.3758/bf03196168
- Botvinick M. M., Braver T. S., Barch D. M., Carter C. S., Cohen J. D. Conflict monitoring and cognitive control // *Psychological Review*. 2001. Vol. 108. No. 3. P. 624–652. doi:10.1037/0033-295x.108.3.624
- Brown T. L., Roos-Gilbert L., Carr T. H. Automaticity and word perception: Evidence from Stroop and Stroop dilution effects // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1995. Vol. 21. No. 6. P. 1395–1411. doi:10.1037/0278-7393.21.6.1395
- Dhooge E., Hartsuiker R. J. How do speakers resist distraction? // *Psychological Science*. 2011. Vol. 22. No. 7. P. 855–859. doi:10.1177/0956797611410984
- Doehrmann S., Landau R., O'Connell D. The Stroop phenomenon: Perceptual conflict or response competition? // *Perceptual and Motor Skills*. 1978. Vol. 47. No. 3 suppl. P. 1127–1131. doi:10.2466/pms.1978.47.3f.1127
- Durgin F. H. The reverse Stroop effect // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2000. Vol. 7. No. 1. P. 121–125. doi:10.3758/bf03210730
- Dyer F. N., Severance L. J. Stroop interference with successive presentations of separate incongruent words and colors // *Journal of Experimental Psychology*. 1973. Vol. 98. No. 2. P. 438–439. doi:10.1037/h0034353
- Glaser M. O., Glaser W. R. Time course analysis of the Stroop phenomenon // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1982. Vol. 8. No. 6. P. 875–894. doi:10.1037/0096-1523.8.6.875
- Harrison N. S., Boese E. The locus of semantic interference in the “Stroop” color-naming task // *Perception and Psychophysics*. 1976. Vol. 20. No. 5. P. 408–412. doi:10.3758/bf03199423
- Hasshim N., Parris B. A. Assessing stimulus-stimulus (semantic) conflict in the Stroop task using saccadic two-to-one color response mapping and preresponse pupillary measures // *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2015. Vol. 77. No. 8. P. 2601–2610. doi:10.3758/s13414-015-0971-9
- Janssen N., Schirm W., Mahon B. Z., Caramazza A. Semantic interference in a delayed naming task: Evidence for the response exclusion hypothesis // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2008. Vol. 34. No. 1. P. 249–256. doi:10.1037/0278-7393.34.1.249
- Kalanthroff E., Davelaar E. J., Henik A., Goldfarb L., Usher M. Task conflict and proactive control: A computational theory of the Stroop task // *Psychological Review*. 2018. Vol. 125. No. 1. P. 59–82. doi:10.1037/rev0000083
- Kinoshita S., de Wit B., Aji M., Norris D. Evidence accumulation in the integrated and primed Stroop tasks // *Memory and Cognition*. 2017. Vol. 45. No. 5. P. 824–836. doi:10.3758/s13421-017-0701-8

Luo C.R. Semantic competition as the basis of Stroop interference: Evidence from color-word matching tasks // *Psychological Science*. 1999. Vol.10. No.1. P.35–40. [doi:10.1111/1467-9280.00103](https://doi.org/10.1111/1467-9280.00103)

Lupker S.J., Katz A.N. Input, decision, and response factors in picture-word interference // *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 1981. Vol.7. No.4. P.269–282. [doi:10.1037/0278-7393.7.4.269](https://doi.org/10.1037/0278-7393.7.4.269)

Mills L., Kinoshita S., Norris D. No negative priming effect in the manual Stroop task // *Frontiers in Psychology*. 2019. Vol.10. P.1764:1–9. [doi:10.3389/fpsyg.2019.01184](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01184)

Parris B.A. Task conflict in the Stroop task: When Stroop interference decreases as Stroop facilitation increases in a low task conflict context // *Frontiers in Psychology*. 2014. Vol.5. P.1182:1–9. [doi:10.3389/fpsyg.2014.01182](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01182)

Parris B.A., Wadsley M.G., Hasshim N., Benattayallah A., Augustinova M., Ferrand L. An fMRI study of response and semantic conflict in the Stroop task // *Frontiers in Psychology*. 2019. Vol.10. P.2426:1–12. [doi:10.3389/fpsyg.2019.02426](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02426)

Riley E., McMahan K.L., de Zubicaray G. Long-lasting semantic interference effects in object naming are not necessarily conceptually mediated // *Frontiers in Psychology*. 2015. Vol.6. P.578:1–14. [doi:10.3389/fpsyg.2015.00578](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00578)

Schmidt J.R. Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2018. Vol.26. No.3. P.753–771. [doi:10.3758/s13423-018-1520-z](https://doi.org/10.3758/s13423-018-1520-z)

Schmidt J.R., Cheesman J., Besner D. You can't Stroop a lexical decision: Is semantic processing fundamentally facilitative? // *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*. 2013. Vol.67. No.2. P.130–139. [doi:10.1037/a0030355](https://doi.org/10.1037/a0030355)

Schmidt J.R., Hartsuiker R.J., Houwer J.D. Interference in Dutch-French Bilinguals // *Experimental Psychology*. 2018. Vol.65. No.1. P.13–22. [doi:10.1027/1618-3169/a000384](https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000384)

Servant M., Montagnini A., Burle B. Conflict tasks and the diffusion framework: Insight in model constraints based on psychological laws // *Cognitive Psychology*. 2014. Vol.72. P.162–195. [doi:10.1016/j.cogpsych.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2014.03.002)

Sharma D., McKenna F.P. Differential components of the manual and vocal Stroop tasks // *Memory and Cognition*. 1998. Vol.26. No.5. P.1033–1040. [doi:10.3758/bf03201181](https://doi.org/10.3758/bf03201181)

Shichel I., Tzelgov J. Modulation of conflicts in the Stroop effect // *Acta Psychologica*. 2018. Vol.189. P.93–102. [doi:10.1016/j.actpsy.2017.10.007](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.10.007)

Stafford T., Gurney K.N. Additive factors do not imply discrete processing stages: A worked example using models of the Stroop task // *Frontiers in Psychology*. 2011. Vol.2. P.287: 1–9. [doi:10.3389/fpsyg.2011.00287](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00287)

Starreveld P.A., Heij W.L. Picture-word interference is a Stroop effect: A theoretical analysis and new empirical findings // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2016. Vol.24. No.3. P.721–733. [doi:10.3758/s13423-016-1167-6](https://doi.org/10.3758/s13423-016-1167-6)

Steinhauser M., Hübner R. Distinguishing response conflict and task conflict in the Stroop task: Evidence from ex-Gaussian distribution analysis // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2009. Vol.35. No.5. P.1398–1412. [doi:10.1037/a0016467](https://doi.org/10.1037/a0016467)

Stroop J.R. Studies of interference in serial verbal reactions // *Journal of Experimental Psychology*. 1935. Vol.18. No.6. P.643–662. [doi:10.1037/h0054651](https://doi.org/10.1037/h0054651)

Tzelgov J. Automatic but conscious: That is how we act most of the time // *The Automaticity of Everyday Life. Advances in social cognition* / R.S. Wyer, T.K. Srull (Eds.). Urbana-Champaign: University of Illinois, 1997. Vol.10. P.217–230.

van Veen V., Carter C.S. Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: A functional MRI study // *NeuroImage*. 2005. Vol.27. No.3. P.497–504. [doi:10.1016/j.neuroimage.2005.04.042](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.04.042)

Verguts T., Notebaert W. Hebbian learning of cognitive control: Dealing with specific and nonspecific adaptation // *Psychological Review*. 2008. Vol.115. No.2. P.518–525. [doi:10.1037/0033-295X.115.2.518](https://doi.org/10.1037/0033-295X.115.2.518)

Verguts T., Notebaert W. Adaptation by binding: a learning account of cognitive control // *Trends in Cognitive Sciences*. 2009. Vol.13. No.6. P.252–257. [doi:10.1016/j.tics.2009.02.007](https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.02.007)

Wadsley M. An fMRI and TMS investigation of response, semantic, and task conflict in the Stroop task. PhD dissertation. Bournemouth University, 2019. URL: http://eprints.bournemouth.ac.uk/31760/1/WADSLEY%2C%20Michael_M.Res_2018.pdf.

Wendelken C., Ditterich J., Bunge S.A., Carter C.S. Stimulus and response conflict processing during perceptual decision making // *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*. 2009. Vol.9. No.4. P.434–447. [doi:10.3758/cabn.9.4.434](https://doi.org/10.3758/cabn.9.4.434)

research papers

Is It Possible to Read Other People's Confidence While Testing Their Implicit Learning?

Alina Savina

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Nadezhda Moroshkina

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. Recent studies have shown that observers can accurately read a partner's confidence in their decision without verbal information exchange. The main question of the present study concerns the possibility of an accurate reading of the metacognitive experiences of others if they make decisions based on implicit knowledge. The second question addressed the predictors of such mindreadings if they are possible. The experiment was conducted using an artificial grammar learning paradigm. Participants worked in dyads: the Learner implicitly learned to classify stimuli as grammatical and non-grammatical, and the Observer observed the classification process while having no access to the stimuli, and not communicating with the partner. The Observer's judgment of the Learner's confidence, as well as the Learner's judgment of his/her confidence, were recorded. The results demonstrate that the Learner's confidence judgments correlate with the Observer's judgments of his/her confidence. Moreover, only the confidence judgments of the Learner correlate with the classification accuracy. It is concluded that intrapersonal confidence judgments and interpersonal confidence judgments are partially guided by the same criteria (in particular, response time), however, the Learners' judgments of their own confidence in the decisions are more sensitive to the implicit knowledge.

Correspondence: Alina Savina, alinasavn@gmail.ru, St. Petersburg University, 7/9 Universitetskaya nab., 199034 St. Petersburg, Russia; Nadezhda Moroshkina, moroshkina.n@gmail.com.

Keywords: metacognition, mindreading, metacognitive sensitivity, implicit knowledge, interpersonal and intrapersonal confidence judgment, artificial grammar learning

Copyright © 2019. Alina Savina, Nadezhda Moroshkina. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Note. The article is partially based on an earlier paper reporting preliminary results in the conference proceedings volume: Savina, A. I. & Moroshkina, N. V. (2019). [Assessment of a partner's confidence during intuitive decisions]. In E. V. Pechenkova & M. V. Falikman (Eds.), *[Cognitive Science in Moscow: New Research. 2019 Conference proceedings]* (pp. 456–461). Moscow: Buki Vedi, IPPiP.

Acknowledgements. The reported study was funded by RFBR, project number 17-06-00473a. The authors thank Ivan Ivanchei for providing stimulus material.

Received September 30, 2019, accepted December 26, 2019.

Introduction

The present study focuses on the interrelation between metacognition (cognition about one's own cognition) and mind reading (understanding the minds of others). For many years, metacognition and mind reading research developed as two parallel and non-intersecting fields, but a more recent research trend aims at comparing these two processes (Carruthers, 2009; Koriat & Ackerman, 2010; Vuillaume et al., 2019). Metacognition usually refers to the ability to monitor and control one's own cognitive processes (Flavell, 1979). This ability is most often studied using retrospective confidence judgments, which are understood as a self-evaluation of certainty in a given response. Two measures can be distinguished that relate to two different aspects of metacognition: metacognitive bias and metacognitive sensitivity. Metacognitive bias is understood as the overall judgment; for example, a participant may tend to report high confidence or low confidence regardless of his/her performance. Meanwhile, metacognitive sensitivity refers to a participant's ability to distinguish between different levels of their own performance, such as distinguishing between correct and incorrect answers in each task (Fleming & Lau, 2014).

Studies of metacognitive sensitivity in various types of tasks indicate that participants often notice their mistakes even in the absence of feedback, and are able to report levels of confidence in their choices that correlate with objective performance (Fleming & Daw, 2017). Moreover, people are able to demonstrate metacognitive sensitivity above the level of chance even in the case of applying implicit knowledge, when they cannot verbally substantiate their decision. This situation can be described through the dissociation of two types of knowledge, when we know *that* we know but do not know *what* we know (for more details see: Dienes & Scott, 2005; Ivanchei, 2014). There is an assumption that the reported level of confidence in a situation of applying knowledge obtained implicitly is based on intuitive feelings (Price & Norman, 2008). Furthermore, intuitive feelings may stem from processing fluency. Processing fluency is defined as the ease with which information is processed in a cognitive system (Topolinski, 2009; Reber et al., 2004). Studies have shown that increasing processing fluency leads to positive emotions, which can be recognized by others as a corresponding facial expression (Topolinski et al., 2009).

The ability to evaluate one's own confidence in an answer is important, but the ability to read another person's confidence is just as important, as it helps to more accurately predict the decisions made by others and their behavior. As for a person's ability to read another's person's confidence, there are very few studies of this kind, unlike the many studies on the theory of mind and the ability to read the emotions of others (e.g., Zhou, Majka, & Epley, 2017). However, Fleming and Daw (2017) proposed that intrapersonal confidence judgments are generated in a way similar to evaluating others' confidence in their own performance (interpersonal confidence judgments). This idea echoes the approach of Carruthers (2009), which suggests that the ability to understand one's own confidence is the result of applying to oneself a mechanism for understanding the confidence of others. Carruthers speculates that the assessment of one's own experience involves an anticipatory or imaginative communicative

framing. If so, then we can expect a correlation between intrapersonal confidence judgments and interpersonal confidence judgments. We can also expect that by reading another person's confidence one can indirectly predict the mistakes of others, and the accuracy of such forecasts may not be inferior to the judgments of oneself.

As already mentioned, until recently researchers paid little attention to the study of people's ability to read other people's confidence. Even fewer works are devoted to comparing intra- and interpersonal confidence judgments. The results of recent studies (Vuillaume et al., 2019; Patel et al., 2012) showed that one is able to read the confidence of others in the absence of verbal communication. Moreover, the accuracy of judging one's own confidence does not differ from the accuracy of reading the confidence of others (Vuillaume et al., 2019). This suggests that self-observation has no advantages over observing others. The study of Fitzgerald et al. (2017) proposed a comparison of metacognition measures obtained in laboratory conditions and data on the performance of participants in daily conditions obtained from their significant others. It was found that it is information from the reports of others, and not self-reports, that allows a person to predict metacognition accuracy. All of the above results were obtained on the basis of perceptual tasks.

However, the ability to read another person's confidence in a situation where decisions are based on implicit learning remains unclear. To investigate this, we conducted an experiment using artificial grammar learning (AGL), a classical paradigm proposed by Reber (1967). Usually, the AGL experiment consists of two stages. First, the participants memorize a set of strings of letters, and after that they learn that the strings have been constructed under the rules of some artificial grammar. In the second stage, they classify newly presented strings as corresponding or not corresponding to the grammar. As Reber noted (Reber, 1989, p. 233), when subjects classify new strings they often rely on an intuitive feeling, not being able to verbalize the rules of the grammar by themselves. As later studies have shown, this intuitive feeling can be caused by the familiarity of the string or its structure, as a result of which the string is easier to process (structural mere exposure effect; Manza et al., 1998; Newell & Bright, 2001). According to the theory of processing fluency, intuitive feelings can be used by subjects as certain keys, both for assessing the grammar of a string and for assessing their own confidence in an answer (Reber et al., 2004).

Since intuitive feelings can be recognized through facial expression (Topolinski et al., 2009), we can assume that they are readable by an observer and can be used for interpersonal confidence judgments. Another significant cue for judging someone else's confidence in an answer can be the response time (Vuillaume et al., 2019). At the same time, if the presented string of letters is very similar or very dissimilar to the strings that were previously learned, the subject will be able to quickly make a decision on classification, and this decision will most likely be correct (e.g., Dewhurst et al., 2006; Mealor & Dienes, 2012, 2013). Thus, it is logical to assume that the response time can be considered by the observer as a cue to the learner's confidence in the answer. Thus it can be expected that interpersonal confidence judgments will correlate with the accuracy of grammatical judgments.

Based on these assumptions, we have developed a method by which it is possible to study both intra- and interpersonal confidence judgments at the same time. Participants are grouped in dyads. The first participant (the Learner) performs classical artificial grammar learning tasks (AGL tasks) and after each classification judgment makes a judgment about their confidence in the answer. The second participant (the Observer) oversees the decision-making process and makes a judgment on the confidence of the Learner. In order for the Observer to concentrate on observing the actions of the Learner and not to make any explicit guesses about task difficulty, we did not show the Observer the tasks or the answers of the Learner. However, so that the Observer could concentrate on the manifestations of the Learner's confidence and perceive his/her task as reasonable, we decided to use two types of feedback. In the first type, the Observer after each response was informed whether his/her answer coincided with a self-assessment of confidence by the Learner. In the second type, the Observer was informed whether his/her answer coincided with the accuracy of the classification of the Learner.

In a previous study (Savina & Moroshkina, 2018), it was shown that intrapersonal confidence judgments most often coincide with evaluating the other's confidence in their own performance. Observers were able to read the confidence of their partners performing the artificial grammar learning task. However, the level of classification accuracy was low, presumably due to being distracted by a partner who was present during the learning phase. It remains unclear if the Observers' readings of confidence were related to the expression of the Learners' implicit knowledge, as the learning level was too low. This study is intended to replicate an earlier experiment with some modifications.

According to previous studies, we expect the Learners to demonstrate the effect of implicit learning; that is, the accuracy of their classification judgments will be significantly higher than the chance level. In this case, we also expect that the confidence judgments of participants performing the artificial grammar learning task will correlate with classification accuracy — that they will show metacognitive sensitivity.

For the participants who observe the process of stimuli classification, but do not participate in this process and do not have access to stimuli (the Observers), we expect that they will be able to read the Learners' confidence. Based on the assumption that Learners' confidence judgments and classification accuracy can manifest themselves through response time (among other ways mentioned above), response time was also recorded in the study. We considered Learners' confidence judgments, classification accuracy, and response time as potential predictors of Observers' judgments about Learners' confidence. It was also expected that the type of feedback could affect the contribution of each of the predictors.

Method

Participants

Sixty-four dyads (128 volunteers) took part in the experiment (87 women, 41 men; mean age = 24.8 years, $SD = 4.7$). Each dyad was composed of people who were familiar with

each other for a year or more. Before starting the experiment, the participants drew lots: one of the participants in the dyad performed in the experiment as an Observer, and the other one as a Learner.

Materials and Equipment

The experiment was run on a laptop (macOS) using PsychoPy 1.85.4 software (Peirce et al., 2019) to present stimuli and record responses. The following cognitive tasks were selected: 1) an artificial grammar learning task based on a combination of geometric forms (Grammar 1; Ivanchei & Asvarisch, 2018) and 2) an artificial grammar learning task, involving a set of letter strings (Grammar 2). The rules for combining the stimuli of the first and second grammars were identical to each other. Strings and combinations of geometrical shapes were generated in such a way that the order of the letters/shapes was governed by Reber's (1967) artificial grammar. Eighteen stimuli consistent with this grammar were used in the learning phase. In the test phase, 18 new consistent (grammatical) stimuli and 18 new inconsistent (ungrammatical) stimuli were used. The Learners were seated so that the viewing distance from the eye to the screen was approximately 60 cm. An additional keyboard was used to record the responses of the Observer, and headphones (JBL Tune 600BTNC, noise-cancelling) were used to provide feedback to the Observer in the audio format.

Design and Procedure

The participants were told that they were taking part in a study of intuition. The experiment consisted of learning and test phases. In the learning phase, one of the participants (the Learner) was told that he/she would be presented with letter strings or combinations of shapes, and his/her task was to memorize the presented stimuli. A learning list was presented twice in a random order, resulting in 36 presentations in total. During the learning phase, the stimuli appeared in the center of the screen in white text on a black background for 3000 ms; this was followed by a blank screen for 2000 ms. Meanwhile, the second participant (the Observer) waited for the end of the learning phase, out of sight of the Learner.

After the learning phase, the Learner was informed that the stimuli obeyed a complex set of rules that governed the order of letters/figures, and he/she was asked to classify 36 novel strings according to the stimuli's grammaticality. During the test phase, each stimulus was presented for 7000 ms and then disappeared. The time for a response by a key press was not restricted. After the classification of each stimulus, the Learner was asked to assess his/her decision confidence on a dichotomous scale (sure / not sure). Before the start of the test phase, the Observer returned to the field of view of the Learner. During the test phase, the Observer sat in front of the Learner so that he/she could see the partner's face, but was not able to observe the stimuli presented to the Learner and the given answers. The Observer was asked to assess their partner's confidence on a dichotomous scale (sure / not sure) using a separate keyboard. After each answer of the Learner, the Observer received a sound signal that informed him/her that the partner had just completed the task (see Figure 1). Then the Observer entered his/her response and received a sound feedback signal, which informed him/her about

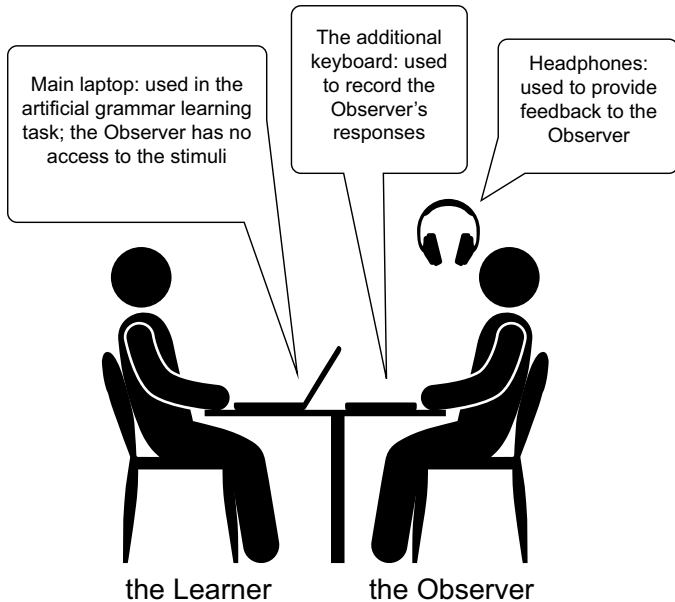


Figure 1. The experimental procedure: the test phase.

the conformity of his/her confidence judgments and the judgments of the Learner.

All dyads were randomly assigned to one of three groups (group 1 had 22 dyads; groups 2 and 3 each had 21 dyads). The groups differed in the order of the Learner's and Observer's responses, as well as in the type of feedback to the Observer (see Table 1). In group 1, the Learner's judgments of confidence preceded the response of the Observer. First, the Learner assessed his/her confidence, and then the Observer partner received a sound signal and gave his/her answer. In group 2 and group 3, the Learner assessed his/her confidence after the Observer gave his/her judgment. The Observer received a signal after the Learner classified the stimulus. In group 1 and group 3, the sound feedback reported on the compliance of the ratings of confidence of the Observer and the Learner. In group 2, feedback reported on the compliance of the Observer's confidence ratings and the classification of stimuli by the Learner.

After completion of the first part of the experiment, the Learner and the Observer changed roles and the procedure was repeated using different stimulus material (Grammar 1 was replaced by Grammar 2). After the experiment, a post-experimental interview was conducted in which participants reported on the strategy that they used while reading their partner's confidence.

Results

All statistical analyses were performed using *R* (R Core Team, 2019) and *lme4* 1.1-10 (Bates et al., 2015). In the first stage, descriptive statistics were calculated for all dependent variables (the accuracy of the Learners' classification judgment, the Learners' response time, the Learners' confidence judgments, the Observers' judgments about the Learners' confidence). Then the learning level in the three groups was analyzed (preliminary data were aggregated for the subjects), since we were interested in testing the association of the Observers' ability to read the Learners' confidence and the expression of implicit knowledge. The dyads in which the Learners did not demonstrate implicit learning were removed from the following analysis (see the next paragraph for more details). After that, using mixed-effect regression models, we analyzed the relationship between the accuracy of classification judgments and the classification response time of the Learners. Both of these parameters were included as predictors of judgments of confidence.

At the second stage, to test the main hypotheses, we analyzed the predictors of the Learners' confidence judgments and the Observers' judgments using mixed-effect regression models.

A General Analysis of the Effect of Implicit Learning and Confidence in the Three Groups

The analysis was performed on the combined data of both grammars since no significant differences were found between the level of implicit learning for the two grammars ($F(1, 127) = 0.96$; $p = .800$; $\eta_p^2 = .001$). Participants in all three groups demonstrated a learning effect by showing significant differences from chance level (50%) in the classification performance in the test phase: group 1 — 66.91% ($SD = 10$) correct classification $t(43) = 11.14$, $p < .001$; group 2 — 65.18% ($SD = 12$); $t(41) = 8.01$, $p < .001$ and group 3 — 65.21% ($SD = 14$); $t(41) = 6.94$, $p < .001$. The learning level turned out to be higher than that which we obtained in a similar experiment earlier (Savina & Moroshkina, 2018). According to the one-way ANOVA, there are no significant differences in implicit learning between the groups ($F(2, 126) = 0.288$; $p = .070$, $\eta_p^2 = .050$). As expected, the study showed no differences in implicit learning levels across groups with different types of feedback.

Before further analysis, the data of 16 participants were excluded, since they did not demonstrate implicit learning:

Table 1. Test Phase in Three Groups

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
Group 1	Learner's classification judgment	Learner's confidence judgment	Observer's judgment of Learner's confidence	feedback: Learner's confidence vs Observer's judgment
Group 2	Learner's classification judgment	Observer's judgment of Learner's confidence	Learner's confidence judgment	feedback: Learner's classification vs Observer's judgment
Group 3	Learner's classification judgment	Observer's judgment of Learner's confidence	Learner's confidence judgment	feedback: Learner's confidence vs Observer's judgment

the percentage of correct classification judgments was 50% or lower. Also, the data from two participants were excluded from subsequent analysis because they did not use one of the two response categories in judgments of confidence. The first participant judged all answers as confident, and the other judged all answers as non-confident. This might reflect low motivation or a wrong idea regarding the purpose of the study. After the exclusions, the number of participants per group was 41, 34, and 35 in groups 1, 2, and 3, respectively. Finally, trials in which the response time exceeded the 3-sigma threshold were also excluded per participant (0.2% of trials).

The average classification response time of the Learners in the three groups was: in group 1, $M=4.09$ seconds, $SD=2.40$; in group 2, $M=3.92$ seconds, $SD=2.42$; in group 3, $M=4.05$ seconds, $SD=2.20$. To analyze the response times of the Learners, a mixed-effect regression model was fitted. The model included the group as a fixed effect and the accuracy of classification judgment and intercept for participants as random effects. The interaction between the accuracy of classification judgment and the group was also included ($AIC=17123.44$, $Pseudo-R^2=.28$). P -values were obtained by likelihood ratio tests of the full model with the effect in question against the model without the effect in question. It was found that the accuracy of classification judgment had a significant effect on the response time of the classification judgment: correct answers were faster than incorrect ones ($\beta=-0.621$, $SE=0.112$, $t(3988)=-5.533$, $p<.0001$). Also, a significant interaction of the group factor and the accuracy of classification judgment factor was found in group 2: differences in response times between the correct and incorrect answers were less apparent than in the other two groups ($\beta=0.488$, $SE=0.168$, $t(3988)=2.910$, $p=.004$).

Consistent with the previous study (Savina & Moroshkina, 2018), the Learners in all three groups showed a high confidence level (percentage of responses "sure"): group 1 — 73.3%, $SD=13$; group 2 — 69%, $SD=14$; group 3 — 70.1%, $SD=13$. The Observers judged the confidence of the Learners on average lower than the Learners judged their own confidence: group 1 — 64.14% ($SD=13$); $t(40)=5.34$,

$p<.001$; group 2 — 61.59% ($SD=12$); $t(33)=3.43$, $p=.001$; group 3 — 62.83% ($SD=10$); $t(34)=4.31$, $p<.001$.

The Analysis of Predictors of the Learners' Confidence Judgments

Next, we fitted a logistic mixed-effect model for the confidence of the Learner using non-aggregated data. Since the analysis described above revealed a relationship between the accuracy of classification judgment and response time, a collinearity analysis was performed, which did not reveal significant evidence for the predictors' collinearity (c -number (κ) = 5.1; $r=-.09$, see Table 3 for predictor correlations). The groups differed in types of feedback: in group 1, the Learners judged their confidence in the answer immediately after a classification decision, and in groups 2 and 3 they waited for the Observers to make their judgments. Thus, it can be expected that the delay could affect the Learner's judgment of confidence. Thus, the model included response delay (as a factor) as a fixed effect and the Learner's response time, accuracy of classification judgment, and intercept for participants as random effects. The interaction between the accuracy of classification judgment and response delay, as well as the interaction between the response time and response delay were included. The results confirm that only two factors — the accuracy of classification judgment and the response time of the classification judgment — serve as significant predictors of the Learners' confidence judgments. The reduced model that is shown in Table 2 ($AIC=4275.62$) was obtained by alternately eliminating insignificant factors from the full model ($AIC=4278.61$; $X^2(3)=3.008$, $p=.390$; see full model in Appendix A).

The Analysis of Predictors of the Observers' Confidence Judgments

A logistic mixed-effect model was fitted for the Observers' confidence judgments using non-aggregated data with the group as a fixed effect and the accuracy of the Learner's classification judgment, the Learner's confidence judgment, response time, and intercept for participants as random effects. We also included the inter-

Table 2. Regression Coefficients for the Logistic Mixed-Effects Model of the Confidence of the Learner (Reduced Model)

	Estimate (β)	SE	Z	p
Participant (intercept)	2.184	0.129	16.939	<.0001
Accuracy of classification judgment	0.380	0.082	4.647	<.0001
Response time	-0.338	0.020	-17.215	<.0001

Notes. Number of participants: 110
 Number of observations: 3988
 $AIC=4275.62$, $BIC=4300.78$
 $Pseudo-R^2$ (fixed effects) = .15
 $Pseudo-R^2$ (total) = .26

action between the accuracy of classification judgment and the group, the interaction between the accuracy of classification judgment and response delay, and the same interactions for the Learner's confidence judgment into the model. As expected, mild collinearity was observed between the Learner's confidence judgment and response time (c -number (κ) = 6.9; $r = -.30$); there was no correlations between all other factors (c -number (κ) < 5; $r < .1$), see Table 3. To reduce the collinearity of those predictors, the Learner's confidence judgment was regressed against the response time.

P -values were obtained by likelihood ratio tests of the full model (AIC = 5112.96; see full model in Appendix B) against the reduced model without insignificant effects (AIC = 5103.27; $\chi^2(7) = 4.316$, $p = .743$; see Table 4). The model shows that the relation between the Observer's confidence judgments and accuracy of classification judgment is not statistically significant, while the relation between the Observer's confidence judgments and the Learner's confidence judgments is statistically significant, indicating that the Observer can track the confidence of the Learner. It is shown that the response time during classification judgment is a significant predictor of the Observer's confidence. Since the Learner's confidence judgment was regressed against the response time, these two variables' contribution to the Observer's judgment of confidence can be considered independent. The model showed no significant interactions of the factor of the group with other predictors. Thus, we can conclude that

the type of feedback in the different groups did not have a significant impact on the studied effects.

Discussion

As in the previous study (Savina & Moroshkina, 2018), the Learners showed a high confidence level in all three groups for both grammars. Unlike the previous experiment, however, the Learners demonstrated metacognitive sensitivity to their classification accuracy: they judged correct answers as confident, and incorrect answers as non-confident, with greater frequency. Moreover, response times during the classification significantly varied depending on the accuracy of the classification judgments: the correct answers were faster than the incorrect ones (in groups 1 and 3). Interestingly, both variables — accuracy and the response time of the classification judgments — were independent significant predictors of judgments of the Learner's confidence in all three groups (see the analysis above).

Our hypothesis that the Observers can read the confidence of the Learners has been confirmed: it was found that a significant amount of the Observers' confidence judgments are consistent with the Learners' confidence judgments. However, the relation between the confidence judgments of the Observers and the accuracy of classification judgments of the Learners was not shown to be statistically significant. Both of these results apply to all three groups, regardless of the type of feedback. Additionally, it

Table 3. Correlations of Predictors

	Response Time	Learner's Confidence Judgment	Group
Accuracy of classification judgment	-.092	.096	.007
Response time		-.298*	-.021
Learner's confidence judgment			-.029

Note. * $p < .05$

Table 4. Regression Coefficients for the Linear Mixed-Effects Model of the Confidence of the Observer (Reduced Model)

	Estimate (β)	SE	Z	p
Participant (intercept)	1.200	0.085	14.159	<.0001
Learner's confidence judgment	0.297	0.079	3.761	<.0001
Response time	-0.160	0.016	-9.943	<.0001

Notes. Number of participants: 110
 Number of observations: 3988
 AIC = 5103.27, BIC = 5128.44
 Pseudo- R^2 (fixed effects) = .05
 Pseudo- R^2 (total) = .1

was found that response time was a statistically significant predictor for the Observer's confidence judgments. This is in line with previous results (Vuillaume et al., 2019), which showed that in conditions where the Observer does not have information about the problem being solved, the time of the Learner's response becomes the main predictor for reading their confidence. Although response time is a predictor of the Learner's confidence, we can claim that both variables — the Learner's response time and the Learner's confidence — were independent predictors of the Observer's confidence judgments. The result obtained indicate that there may be some additional criteria, besides response time, that contribute to both the confidence of the Learner and the confidence judgments of the Observer.

Based on our results, it can be suggested that two components informed the Learners' confidence judgments. The first component is available for external reading, but it is not associated with the accuracy of classification based on implicit knowledge. The second component is associated with the accuracy of classification, but it is less susceptible to external observation. In all three groups in our experiment, the Learners performed not only the main task of classifying stimuli, but also the additional task of judging their own confidence in the answer. Thus, it is not known whether the results would be the same if the Learners performed only the main task. It was previously shown that the need to make metacognitive judgments could affect implicit learning (Ivanchei & Moroshkina, 2018; Moroshkina et al., 2019). Perhaps it was the task to judge their own confidence that led the Learners to form conscious criteria for confidence judgments, which, in turn, were shown and then read by the Observers.

In our study, only one signal directly detected by Observers was recorded: the response time of the Learners during the classification of stimuli. A post-experimental interview suggests that some other factors can influence the reading of confidence. Participants reported that when reading their partner's confidence, they rely on facial expressions (91 participants), gestures (31 participants), and response time (19 participants). We assume that, while reading the confidence of the partner, the Observers were guided by the partner's response time. Moreover, in a situation where the Observers have no access to the stimuli, they could interpret any delay in time as a sign of uncertainty. However, various factors could be the reasons for the delay. For example, the size of the stimulus (number of letters per line / number of geometrical shapes) is one possible factor. Such factors could reduce the accuracy of the Observers' judgments in comparison with the Learners' judgments. To test this hypothesis, additional measurements and more detailed data processing are required.

In contrast to the previous study, no relation was found between the judgments of the Observers and the Learner's accuracy of the classification judgments, despite the fact that in groups 1 and 3 a relation of response time with classification accuracy was found. Presumably, feedback to the Observers could act as an interfering factor: it could change their initially chosen strategy. More research is needed to verify this hypothesis (including a non-feedback control group). Further work should be aimed at identifying possible factors that may impede or improve reading other people's confidence during implicit learning.

References

- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01
- Carruthers, P. (2009). How we know our own minds: The relationship between mindreading and metacognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 32(2), 121–138. doi:10.1017/s0140525x09000545
- Dewhurst, S. A., Holmes, S. J., Brandt, K. R., & Dean, G. M. (2006). Measuring the speed of the conscious components of recognition memory: Remembering is faster than knowing. *Consciousness and Cognition*, 15(1), 147–162. doi:10.1016/j.concog.2005.05.002
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research / Psychologische Forschung*, 69(5–6), 338–351. doi:10.1007/s00426-004-0208-3
- Fitzgerald, L. M., Arvaneh, M., & Dockree, P. M. (2017). Domain-specific and domain-general processes underlying metacognitive judgments. *Consciousness and Cognition*, 49, 264–277. doi:10.1016/j.concog.2017.01.011
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. doi:10.1037/0003-066x.34.10.906
- Fleming, S. M., & Daw, N. D. (2017). Self-evaluation of decision-making: A general Bayesian framework for metacognitive computation. *Psychological Review*, 124(1), 91–114. doi:10.1037/rev0000045
- Fleming, S. M., & Lau, H. C. (2014). How to measure metacognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 443:1–9. doi:10.3389/fnhum.2014.00443
- Ivanchei, I. (2014). Knowing “how” without knowing “why”: The role of metacognitive sensitivity in artificial grammar learning. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 16: Psychology. Pedagogy*, 16(4), 109–123. (In Russian).
- Ivanchei, I., & Asvarisch, A. (2018). The nature of affect in the structural mere exposure effect. *Higher School of Economics Research Paper*, WP BRP 99/PSY/2018. doi:10.2139/ssrn.3275988
- Ivanchei, I. I., & Moroshkina, N. V. (2018). The effect of subjective awareness measures on performance in artificial grammar learning task. *Consciousness and Cognition*, 57, 116–133. doi:10.1016/j.concog.2017.11.010
- Koriat, A., & Ackerman, R. (2010). Metacognition and mindreading: Judgments of learning for Self and Other during self-paced study. *Consciousness and Cognition*, 19(1), 251–264. doi:10.1016/j.concog.2009.12.010
- Manza, L., Zizak, D., & Reber, A. S. (1998). Artificial grammar learning and the mere exposure effect: Emotional preference tasks and the implicit learning process. In M. A. Stadler, & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (pp. 201–222). Thousand Oaks: Sage.
- Mealor, A., & Dienes, Z. (2012). No-loss gambling shows the speed of the unconscious. *Consciousness and Cognition*, 21(1), 228–237. doi:10.1016/j.concog.2011.12.001
- Mealor, A. D., & Dienes, Z. (2013). The speed of metacognition: Taking time to get to know one's structural knowledge. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 123–136. doi:10.1016/j.concog.2012.11.009
- Moroshkina, N. V., Ivanchei, I. I., Karpov, A. D., & Ovchinnikova, I. (2019). The verbalization effect on implicit learning. In A. Cleeremans, V. Allakhverdov, & M. Kuvaldina (Eds.), *Implicit learning: 50 years on* (pp. 189–207). New York, NY: Routledge. doi:10.4324/9781315628905-9
- Newell, B. R., & Bright, J. E. H. (2001). The relationship between the structural mere exposure effect and the implicit learning process. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 54(4), 1087–1104. doi:10.1080/713756009
- Patel, D., Fleming, S. M., & Kilner, J. M. (2012). Inferring subjective states through the observation of actions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1748), 4853–4860. doi:10.1098/rspb.2012.1847

- Peirce, J., Gray, J.R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindelov, J.K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195–203. doi:10.3758/s13428-018-01193-y
- Price, M., & Norman, E. (2008). Intuitive decisions on the fringes of consciousness: Are they conscious and does it matter? *Judgment and Decision Making*, 3, 28–41.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org>.
- Reber, A.S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6(6), 855–863. doi:10.1016/s0022-5371(67)80149-x
- Reber, A.S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(3), 219–235. doi:10.1037/0096-3445.118.3.219
- Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience? *Personality and Social Psychology Review*, 8(4), 364–382. doi:10.1207/s15327957pspr0804_3
- Savina, A.I., & Moroshkina, N.V. (2019). Reading the metacognitive state of a partner in the process of dyadic interaction. In I.Y. Vladimirov, & S.Y. Korovkin (Eds.), *Materials of the All-Russian Conference "Problems of metacognition in cognitive science"*, December 7–9, 2018 (pp. 180–189). Yaroslavl: YARO RPO. (In Russian).
- Topolinski, S. (2009). A fluency-affect intuition model. Unpublished doctoral dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Topolinski, S., Likowski, K.U., Weyers, P., & Strack, F. (2009). The face of fluency: Semantic coherence automatically elicits a specific pattern of facial muscle reactions. *Cognition & Emotion*, 23(2), 260–271. doi:10.1080/02699930801994112
- Vuillaume, L., Martin, J.-R., Sackur, J., & Cleeremans, A. (2019). Comparing self- and hetero-metacognition in the absence of verbal communication. *BioRxiv*, (585240) (PrePrint at bioRxiv). doi:10.1101/585240
- Zhou, H., Majka, E.A., & Epley, N. (2017). Inferring perspective versus getting perspective: Underestimating the value of being in another person's shoes. *Psychological Science*, 28(4), 482–493. doi:10.1177/0956797616687124

Appendix A

Table A1. Regression Coefficients for the Logistic Mixed-Effects Model of the Confidence of the Learner (Full Model)

	Estimate (β)	SE	Z	p
Participant (intercept)	2.381	0.445	5.351	<.0001
Accuracy of classification judgment	0.660	0.288	2.299	.022
Response time	-0.344	0.066	-5.196	<.0001
Response delay	-0.122	0.260	-0.469	.639
Accuracy of classification judgment \times Response delay	-0.173	0.169	-1.018	.309
Response time \times Response delay	0.004	0.039	0.101	.920

Notes. Number of participants: 110
 Number of observations: 3988
 AIC=4278.61, BIC=4322.65
 Pseudo- R^2 (fixed effects)=.16
 Pseudo- R^2 (total)=.26

Appendix B

Table B1. Regression Coefficients for the Linear Mixed-Effects Model of the Confidence of the Observer (Full Model)

	Estimate (β)	SE	Z	p
Participant (intercept)	1.168	0.138	8.435	<.0001
Learner's confidence judgment	0.368	0.131	2.811	.005
Response time	-0.161	0.016	-9.921	<.0001
Accuracy of classification judgment	0.094	0.120	0.784	.433
Group 2	-0.045	0.174	-0.259	.795
Group 3	0.191	0.176	1.088	.277
Accuracy of classification judgment \times Group 2	-0.083	0.178	-0.466	.641
Accuracy of classification judgment \times Group 3	-0.272	0.180	-1.512	.131
Learner's confidence judgment \times Group 2	-0.192	0.192	-0.999	.318
Learner's confidence judgment \times Group 3	-0.030	0.191	-0.157	.876

Notes. Number of participants: 110
 Number of observations: 3988
 AIC=5112.96, BIC=5182.16
 Pseudo- R^2 (fixed effects)=.04
 Pseudo- R^2 (total)=.09

■ экспериментальные сообщения ■

Доступна ли внешней оценке уверенность человека в процессе применения им имплицитных знаний?

Алина Савина

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

Надежда Морошкина

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Известно, что наблюдатели способны довольно точно оценивать уверенность другого человека в принятом им решении, не обмениваясь при этом с ним вербальной информацией. Основным вопросом настоящего исследования заключался в том, возможна ли адекватная оценка метакогнитивных переживаний других, если те, кого оценивают, принимают решения на основе имплицитных знаний. Если такая оценка возможна, то каковы предикторы оценки. Эксперимент проводился по методике усвоения искусственной грамматики. Участники работали в парах: Решатель имплицитно научался классифицировать стимулы на грамматические и неграмматические, а Наблюдатель наблюдал за процессом классификации, не имея доступа к стимулам и не общаясь вербально с напарником. Фиксировалась оценка Наблюдателем уверенности напарника в принятом решении, а также самооценка уверенности Решателем. Результаты исследования продемонстрировали, что самооценка уверенности Решателями коррелирует с оценками их уверенности Наблюдателями. При этом только самооценка уверенности Решателем коррелирует с точностью классификации стимулов. Делается вывод о том, что при оценке уверенности других и оценке собственной уверенности испытуемые частично ориентируются на общие критерии (в частности, время ответа), однако самооценки уверенности в процессе решения более чувствительны к наличию имплицитного знания.

Контактная информация: Алина Савина, alinasavn@gmail.ru, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, СПбГУ; Надежда Морошкина, moroshkina.n@gmail.com.

Ключевые слова: метакогниции, метакогнитивная чувствительность, имплицитное научение, самооценка уверенности, внешняя оценка уверенности, искусственная грамматика

© 2019 Алина Савина, Надежда Морошкина. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья частично основана на материалах более ранней публикации в сборнике конференции: Савина, А. И., Морошкина, Н. В. Оценка уверенности партнера при принятии им интуитивных решений // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: Буки Веди, ИПШП. С. 456–461.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке РФФИ (номер проекта 17-06-00473а). Авторы признательны Ивану Иванчю, предоставившему стимульные материалы.

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2019 г. Принята в печать 26 декабря 2019 г.

Литература

- Иванчей И. И. Знание «как» без знания «почему»: роль метакогнитивной чувствительности в научении искусственной грамматики // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 16: Психология. Педагогика. 2014. Т. 16. № 4. С. 109–123.
- Савина А. И., Морошкина Н. В. Понимание метакогнитивных состояний партнера в процессе диадного взаимодействия // Материалы Всероссийской научной конференции «Проблема метапознания в когнитивной науке», Ярославль, 7–9 декабря 2018 г. / Под ред. И. Ю. Владимирова, С. Ю. Коровкина. Ярославль: ЯРО РПО, 2019. С. 180–189.
- Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S. Fitting linear mixed-effects models using lme4 // Journal of Statistical Software. 2015. Vol. 67. No. 1. P. 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01
- Carruthers P. How we know our own minds: The relationship between mindreading and metacognition // Behavioral and Brain Sciences. 2009. Vol. 32. No. 2. P. 121–138. doi:10.1017/s0140525x09000545
- Dewhurst S. A., Holmes S. J., Brandt K. R., Dean G. M. Measuring the speed of the conscious components of recognition memory: Remembering is faster than knowing // Consciousness and Cognition. 2006. Vol. 15. No. 1. P. 147–162. doi:10.1016/j.concog.2005.05.002
- Dienes Z., Scott R. Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge // Psychological Research Psychologische Forschung. 2005. Vol. 69. No. 5–6. P. 338–351. doi:10.1007/s00426-004-0208-3
- Fitzgerald L. M., Arvaneh M., Dockree P. M. Domain-specific and domain-general processes underlying metacognitive judgments // Consciousness and Cognition. 2017. Vol. 49. P. 264–277. doi:10.1016/j.concog.2017.01.011
- Flavell J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry // American Psychologist. 1979. Vol. 34. No. 10. P. 906–911. doi:10.1037/0003-066x.34.10.906
- Fleming S. M., Daw N. D. Self-evaluation of decision-making: A general Bayesian framework for metacognitive computation // Psychological Review. 2017. Vol. 124. No. 1. P. 91–114. doi:10.1037/rev0000045
- Fleming S. M., Lau H. C. How to measure metacognition // Frontiers in Human Neuroscience. 2014. Vol. 8. P. 443:1–9. doi:10.3389/fnhum.2014.00443
- Ivanchei I., Asvarisch A. The nature of affect in the structural mere exposure effect // Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP 99/PSY/2018. 2018. doi:10.2139/ssrn.3275988
- Ivanchei I. I., Moroshkina N. V. The effect of subjective awareness measures on performance in artificial grammar learning task // Consciousness and Cognition. 2018. Vol. 57. P. 116–133. doi:10.1016/j.concog.2017.11.010
- Koriat A., Ackerman R. Metacognition and mindreading: Judgments of learning for Self and Other during self-paced study // Consciousness and Cognition. 2010. Vol. 19. No. 1. P. 251–264. doi:10.1016/j.concog.2009.12.010
- Manza L., Zizak D., Reber A. S. Artificial grammar learning and the mere exposure effect: Emotional preference tasks and the implicit learning process // Handbook of implicit learning / M. A. Stadler, P. A. Frensch (Eds.). Thousand Oaks: Sage, 1998. P. 201–222.
- Mealor A., Dienes Z. No-loss gambling shows the speed of the unconscious // Consciousness and Cognition. 2012. Vol. 21. No. 1. P. 228–237. doi:10.1016/j.concog.2011.12.001
- Mealor A. D., Dienes Z. The speed of metacognition: Taking time to get to know one's structural knowledge // Consciousness and Cognition. 2013. Vol. 22. No. 1. P. 123–136. doi:10.1016/j.concog.2012.11.009
- Moroshkina N. V., Ivanchei I. I., Karpov A. D., Ovchinnikova I. The verbalization effect on implicit learning // Implicit learning: 50 years on / A. Cleeremans, V. Allakhverdov, M. Kuvaldina (Eds.). New York, NY: Routledge, 2019. P. 189–207. doi:10.4324/9781315628905-9
- Newell B. R., Bright J. E. H. The relationship between the structural mere exposure effect and the implicit learning process // The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A. 2001. Vol. 54. No. 4. P. 1087–1104. doi:10.1080/713756009
- Patel D., Fleming S. M., Kilner J. M. Inferring subjective states through the observation of actions // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2012. Vol. 279. No. 1748. P. 4853–4860. doi:10.1098/rspb.2012.1847
- Peirce J., Gray J. R., Simpson S., MacAskill M., Höchenberger R., Sogo H., Kastman E., Lindelov J. K. PsychoPy2: Experiments in behavior made easy // Behavior Research Methods. 2019. Vol. 51. No. 1. P. 195–203. doi:10.3758/s13428-018-01193-y
- Price M., Norman E. Intuitive decisions on the fringes of consciousness: Are they conscious and does it matter? // Judgment and Decision Making. 2008. Vol. 3. P. 28–41.
- R Core Team R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019. URL: <https://www.R-project.org>.
- Reber A. S. Implicit learning of artificial grammars // Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 1967. Vol. 6. No. 6. P. 855–863. doi:10.1016/s0022-5371(67)80149-x
- Reber A. S. Implicit learning and tacit knowledge // Journal of Experimental Psychology: General. 1989. Vol. 118. No. 3. P. 219–235. doi:10.1037/0096-3445.118.3.219
- Reber R., Schwarz N., Winkielman P. Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience? // Personality and Social Psychology Review. 2004. Vol. 8. No. 4. P. 364–382. doi:10.1207/s15327957pspr0804_3
- Topolinski S. A fluency-affect intuition model. PhD dissertation. Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 2009.
- Topolinski S., Likowski K. U., Weyers P., Strack F. The face of fluency: Semantic coherence automatically elicits a specific pattern of facial muscle reactions // Cognition & Emotion. 2009. Vol. 23. No. 2. P. 260–271. doi:10.1080/02699930801994112
- Vuillaume L., Martin J.-R., Sackur J., Cleeremans A. Comparing self- and hetero-metacognition in the absence of verbal communication // BioRxiv. 2019. No. 585240. doi:10.1101/585240
- Zhou H., Majka E. A., Epley N. Inferring perspective versus getting perspective: Underestimating the value of being in another person's shoes // Psychological Science. 2017. Vol. 28. No. 4. P. 482–493. doi:10.1177/0956797616687124

discussion

The Two Eyes of the Blind Mind: Object vs. Spatial Aphantasia?

Olesya Blazhenkova

Faculty of Arts and Social Sciences, Sabancı University, Istanbul, Turkey

Ekaterina Pechenkova

Laboratory for Cognitive Research, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Abstract. Individual variability in imagery experiences has long attracted the interest of philosophers, educators, and psychologists. Since Aristotle's time, it was assumed that imagery is a universal ability, so everyone possesses it. Galton first measured the vividness of subjective imagery experiences, and discovered that some individuals reported zero imagination. Recent research has coined the term “aphantasia” — an inability to form mental imagery, or having a “blind mind's eye” (Zeman, Dewar, & Della Sala, 2015). We argue that there may be more than one type of aphantasia. Substantial behavioral and neuropsychological evidence has demonstrated a distinction between visual-object imagery (mental visualization of pictorial properties such as color, shape, brightness, and texture) and visual-spatial imagery (mental visualization of spatial locations, relations, and transformations). Notably, visual imagery is not a unitary ability, so individuals who excel in object imagery do not necessarily excel in spatial imagery, and vice versa. Here we argue that the commonly described “aphantasia” is not a general imagery deficit but rather a visual-object deficit of imagery (as aphantasic people are often identified by low scores on the Vividness of Visual Imagery Questionnaire, which assesses object imagery only). We hypothesize that “spatial aphantasia” (the inability to imagine spatial properties and relationships) can be a separate type of imagery deficit. Individuals with spatial aphantasia may not necessarily have a deficit in object imagery. We discuss future research directions examining how spatial aphantasia may manifest behaviorally and neurologically, and how object and spatial aphantasia may be related.

Correspondence: Olesya Blazhenkova, olesya@sabanciuniv.edu, Faculty of Arts and Social Sciences, Sabancı University, Orta Mahalle, Üniversite Caddesi No: 27 Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey; Ekaterina Pechenkova, evp@virtualcoglab.org.

Keywords: aphantasia, hyperphantasia, extreme imagination, individual differences in imagery, object imagery, spatial imagery, visualization abilities

Copyright © 2019. Olesya Blazhenkova, Ekaterina Pechenkova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Received November 6, 2019, accepted December 28, 2019.

Is Aphantasia a Unitary Deficit?

Recent research has coined the term “*aphantasia*” to refer to an inability to form mental imagery or having a “blind mind's eye” (Zeman, Dewar, & Della Sala, 2015). People with aphantasia comprise roughly 2–3% of the population (Faw, 2009; Zeman et al., 2015). The identification of an “aphantasia condition” has attracted global media coverage and raised renewed scientific and public interest in individual differences in imagery. Cutting-edge research examining differences between people with aphantasia and those with hyperphantasia (individuals with extremely vivid imagery, Cossins, 2019; Zeman, MacKisack, & Onians, 2018) was initiated by Adam Zeman's lab in the UK and Joel Pearson's lab in Australia. In April 2019, the world's first con-

ference for people with “extreme imagination” took place at the UK (Extreme Imagination Conference, 2019). Since 2015, aphantasia has become a popular topic discussed in newspapers, TV, blogs, podcasts, as well as in online aphantasia awareness and support groups. Still, scientific exploration of this new topic is only taking its first steps. According to Google Scholar, there were only about twenty publications with “aphantasia” in the title between 2015–2019 (and none before), while there were about fifteen thousand publications with “imagery” in title in the same period.

In this opinion paper, we argue that there may be more than one type of aphantasia and that previous aphantasia research considered only one facet of imagery deficits while neglecting the other. Our “two eyes of the blind mind” hypothesis is based on the established distinction be-

tween visual-object and visual-spatial processing. Contrary to the widespread assumption that imagery is a unitary mental faculty, a substantial body of evidence has demonstrated a distinction between *visual-object* imagery (mental visualization of pictorial properties such as color, shape, brightness, and texture) and *visual-spatial* imagery (mental visualization of spatial locations, relations, and transformations). Evidence from neuroscience and neuropsychology has demonstrated that, in terms of neural substrate, this distinction is based on the dorsal and ventral visual cortical pathways (Farah, 1988; Farah, Hammond, Levine, & Calvanio, 1988; Kosslyn & Koenig, 1992; Mazard, Tzourio-Mazoyer, Crivello, Mazoyer, & Mellet, 2004) while individual differences research described these two aspects of visual imagery as two dissociable abilities: individuals who excel in object imagery were found to not necessarily excel in spatial imagery and vice versa (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2010; Kozhevnikov, Hegarty, & Mayer, 2002; Kozhevnikov, Kosslyn, & Shepard, 2005).

While aphantasia is typically characterized as a general inability to conjure a mental image, it is operationally defined as an inability to produce vivid pictorial mental representations assessed by vividness questionnaires. Individuals with aphantasia report extremely low imagery vividness (Zeman et al., 2010; Zeman et al., 2015), and they are commonly identified as those who report no (and sometimes weak and vague) imagination on the Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ; Marks, 1973) or similar self-report assessments. The VVIQ instrument assesses the ability to mentally picture objects and scenes in color and detail (face of a friend, interior of a shop, beautiful landscape) on the basis of verbal descriptions such as “The sun is rising above the horizon into a hazy sky”. For each item, participants rate the vividness of their images on a 5-point scale from “perfectly clear and as vivid as normal vision” to “no image at all, you only ‘know’ that you are thinking of the object”. So, the common operational definition of aphantasia poses a limitation since the VVIQ only measures the object facet of visual imagery (Blazhenkova, 2016). Remarkably, people with aphantasia, identified by the VVIQ, do not necessarily report a deficit in spatial imagery (Keogh & Pearson, 2018). The renowned case described by Zeman and colleagues (2010), patient MX, who lost the imagery ability, was still able to perform well on a visuo-spatial task (mental rotation of 3D geometric shapes).

Therefore, research on aphantasia implies that aphantasic individuals, while being critically low in object visualization power, may preserve intact spatial imagery or even excel in spatial mental visualization. However, no studies have examined the possibility of the opposite case: the complete absence of spatial imagery. Here we argue that “spatial aphantasia” (the inability to mentally visualize spatial relationships and spatial properties) can be separate from the commonly described “aphantasia” type of imagery deficit. Individuals with spatial aphantasia may not necessarily have a deficit in object imagery or may even have object hyperphantasia (extreme vividness of object imagery). In the further sections of the paper, we review the existing psychometric and neuropsychological evidence for imagery abilities and imagery deficits in light of the possibility of spatial aphantasia. We discuss future research directions examining how spatial aphantasia may manifest behavior-

ally and neurologically, and how object and spatial aphantasia may be related.

Individual Differences in Imagery: A Psychometric Approach

Imagery experiences and their role in cognitive performance have long attracted the interest of scholars. The idea that imagery is a universal ability which everyone possesses and which is crucial for thought was present in the works of early philosophers such as Aristotle, who claimed that “the soul never thinks without a phantasma” (Aristotle, ca. 350 B.C.E./1968; see more in Faw, 2009). The inability to create mental images was first described in empirical research during the 19th century. In 1880, Galton developed a self-report questionnaire to measure the vividness of subjective experience of mental images and discovered a great variability in responses (the contemporary VVIQ questionnaire was developed on the basis of Galton’s original instrument). Surprisingly, Galton found that while most people reported somewhat vivid imagery experiences, some individuals had “zero” powers of imagination. Scientists, in particular, reported extremely low imagery vividness or even the denial of having imagery experiences. Galton concluded that the ability to form vivid mental images is antagonistic to abstract thinking.

Subsequently, in a psychometric approach, individual differences in visualization have been commonly assessed with tools based on a visual-verbal conceptual distinction, popular in psychology and education. This distinction between visual and verbal processing systems underlies a commonly acknowledged (Pashler, McDaniel, Rohrer, & Bjork, 2009) visual-verbal model of cognitive style (e.g., Paivio, 1971; Richardson, 1977; Mayer & Massa, 2003) that portrays a preference to verbal vs. visual ways of information processing as two contrasting poles. According to this model, individuals can be classified as either visualizers, who rely primarily on visual thinking, or verbalizers, who rely primarily on verbal-analytical thinking. In this bipolar approach, the capacity for visual imagery has been considered as a unitary construct, so individuals were categorized as either “good” or “bad” visualizers, also called “high” vs. “low” imagers (e.g., Hollenberg, 1970; Paivio, 1983). The distinction between visual and verbal abilities is also reflected in theories of intelligence (Carroll, 1993; Cattell, 1971; Thurstone, 1938). Spatial visualization has been assessed as a separate nonverbal dimension of intelligence (Smith, 1964; Eliot & Smith, 1983; Wechsler, 1955). However, a psychological measurement of visual-spatial abilities, using factor analyses of visual ability tests, did not reveal a single spatial dimension; instead, it points to both spatial factors (such as spatial visualization and speeded rotation) and also non-spatial factors (such as speed of closure or flexibility of closure) (e.g., Carroll, 1993). Such findings challenged the idea of visualization as a unitary general ability. Blazhenkova and Kozhevnikov (2010) subsequently demonstrated that not only visual-spatial ability, but also object visualization, can be considered as a separate facet of visual intelligence.

Furthermore, a number of instruments developed to measure visualizer-verbalizer cognitive style (e.g.,

the most common self-report assessments of experiences, learning preferences, and problem solving strategies; but also some accuracy or response times on verbal vs. visual performance tasks) failed to establish good psychometric properties. Self-report questionnaires that asked participants to rate their preferences in the use of imagery versus verbal thinking (e.g., “I often use mental pictures to solve the problem”) were criticized for their relatively low internal reliability (Antonietti & Giorgetti, 1998; Boswell & Pickett, 1991; Sullivan & Macklin, 1986) and poor construct validity (e.g., Alesandrini, 1981; Green & Schroeder, 1990). Factor analyses failed to show a clear factor structure with visual items forming a homogenous scale (e.g., Green & Schroeder, 1990; Boswell & Pickett, 1991), which was not acceptable for measuring a unitary visualization construct. Moreover, visual cognitive style self-reports did not correlate with visual-spatial ability measures (e.g., Alesandrini, 1981; Edwards & Wilkins, 1981; Green & Schroeder, 1990; Parrott, 1986; Mayer & Massa, 2003). Numerous correlational studies on imagery vividness, mostly based on VVIQ or similar measures, also showed that self-report imagery vividness assessments often failed to correlate with imagery performance measures (McKelvie, 1995), such as spatial visualization. Such results cast doubt on the validity of self-report assessments of imagery (Lohman, 1979; Richardson, 1980). In addition, objective measures of visual cognitive style did not show a clear relationship with performance on spatial ability tests, and thus their validity has been questioned as well (Peterson, Deary, & Austin, 2005; Lean & Clements, 1981; Massa & Mayer, 2005). Overall, such evidence questioned the usefulness of a visual-verbal model of cognitive style.

Kozhevnikov and colleagues (2005) challenged the assumption underlying the traditional two-dimensional visual-verbal model of cognitive style: that visual imagery is a unitary and undifferentiated construct. Instead, based on behavioral and neuropsychological evidence that distinguish between object and spatial visual processing, they proposed a new object-spatial-verbal model of cognitive style, which in addition to the verbal considered two separate dimensions of visual style. Subsequently, this model was empirically validated by Blazhenkova and Kozhevnikov (2009), who used a confirmatory factor analysis and demonstrated that the overall fit to the data of the new three-dimensional model of cognitive style was significantly better than that of the traditional model. Furthermore, the approach discriminating between object and spatial visual imagery provided a theoretically guided background for the development of valid and reliable self-report imagery instruments. Based on this approach, Blazhenkova, Kozhevnikov, and Motes (2006) developed the Object-Spatial Imagery Questionnaire (OSIQ), which consisted of two independent scales separately assessing object (e.g., “My images are very colorful and bright”) and spatial (e.g., “My images are more like schematic representations of things and events”) imagery abilities, experiences, and preferences. Unlike many previous imagery questionnaires that lacked criterion validity, the object imagery scale of the OSIQ significantly correlated with performance on object imagery tasks and predicted interest and membership in artistic specializations, while the spatial imagery scale significantly correlated with performance on spatial imagery tasks and predict-

ed interest and membership in STEM (science, technology, engineering, and math) specializations.

In the same vein, Dean and Morris (2003) asked participants to rate the vividness of schematic “spatial” stimuli, similar to those used in standard mental rotation tasks that require to mentally rotate 3D geometric shapes composed of cubes in order to identify whether the figures are the same or different (Vandenberg & Kuse, 1978). Vividness ratings for these shapes correlated with performance on the mental rotation tests (Dean & Morris, 2003).

Continuing this line of research, Blazhenkova (2016) created the Vividness of Object and Spatial Imagery (VOSI) questionnaire, separately assessing vividness ratings of the evoked mental images ratings on an object scale (e.g., “Fine details of a zebra’s skin”) and a spatial scale (e.g., “Mechanism of a door handle”). It was found that vividness that refers to the imagery of spatial properties (locations, spatial structure, and relationships) versus pictorial object properties (color, texture, and shape) constitute different — spatial and object — vividness dimensions, and discriminatively correlate with object (e.g., identifying hidden or fragmented objects) vs. spatial imagery (e.g., paper folding or mental rotation) performance measures. Overall, this research demonstrated that imagery self-reports, per se, do not appear to be poor instruments unrelated to objective measures; instead, subjective reports may be correlated with performance tests when a specific dimension of imagery is associated with the corresponding type of imagery assessed by a performance measure (for a review, see McAvinue & Robertson, 2007). Such tools that differentiate object vs. spatial image quality may become important instruments in the identification and in-depth study of spatial aphantasia, as well as in comparisons between spatial and object aphantasia and hyperphantasia.

Extreme Imagination Cognitive Correlates

Previous research on variability in imagery was more focused on the object imagery dimension, and mostly on the high end of the distribution. More recent aphantasia research is focused on the low end — individuals with critically low or absent imagery phenomenological experience.

Extremely *high object imagery*, recently labeled *hyperphantasia* and commonly assessed by self-reports measuring phenomenological experiences of vivid pictorial imagery, were found to be associated with various cognitive correlates. Research has established the association between high vividness of pictorial imagery experiences and some cognitive measures (see McKelvie, 1995 for a review), such as the ability to identify incomplete, distorted, or hard-to-see objects (Vannucci, Mazzoni, Chiorri, & Cioli, 2008; Wallace 1990); memory for picture details (Marks, 1983); retrieval of sensory traces from long-term memory (D’Angiulli et al. 2013); detecting salient changes (Rodway, Gillies, & Schepman, 2006); synaesthesia (Barnett & Newell, 2008); high object imagery scores of the OSIQ (Blazhenkova, 2016); and art expertise (Morrison & Wallace, 2001; Blazhenkova & Kozhevnikov, 2010).

In contrast, aphantasia research has demonstrated that *low (object) vividness* is associated with a syndrome of Severely Deficient Autobiographical memory (Palombo, Alain, Soderlund, Khuu, & Levine, 2015), prosopag-

nosia (Grüter, Grüter, & Carbon, 2009), loss of the usual priming effect of imagery in binocular rivalry (Keogh & Pearson, 2018), reduction in the precision of visual working memory (Jacobs, Schwarzkopf, & Silvanto, 2018), an absence of the usual autonomic response to stories that normally excite emotive imagery (Wicken, Keogh, & Pearson, 2019), and lower object imagery scores on the OSIQ (Jacobs et al., 2018; Keogh & Pearson, 2017). According to Kendle (2017; cited by Tween, 2018), people with aphantasia differ in their imagery abilities in other modalities: some report similar difficulties across modalities while others report having “mind’s ear” or tactile imagery.

Extremely *high spatial imagery* is typically measured by mental spatial rotation, transformation, and spatial relations performance tasks such as the Paper Folding Test (requiring participants to identify how a folded and hole-punched paper would look like when fully opened) by Ekstrom, French, Harman, and Dermen (1976), and the Mental Rotations Test by Vandenberg and Kuse (1978). High performance on such spatial visualization tests are correlated with successful occupational and academic performance in various domains, including physics, organic chemistry, geology, and mathematics (Casey, Nuttall, & Pezaris, 1997; Coleman & Gotch, 1998; Ferguson, 1977; Keehner et al., 2004; Kozhevnikov, Motes, & Hegarty, 2007; Orion, Ben-Chaim, & Kali, 1997; McGee, 1979; Paterson, Elliott, Anderson, Toops & Heidbreder, 1930; Presmeg, 1986; Smith, 1964; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009) as well as surgery, architecture, and mechanical reasoning (Hegarty & Waller, 2005). Spatial transformation ability tests also showed positive correlations with tests of general fluid ability (Lohman, 1996). Spatial intelligence tests use similar measures such as mental rotation, mental transformation, and spatial relationships. High spatial ability was associated with high spatial working memory, and spatial executive control (Colom et al., 2009; Salthouse, Babcock, Mitchell, Palmon, & Skovronek, 1990; Shah & Miyake, 1996).

Vice versa, *low spatial imagery* was associated with inferior performance in STEM domains, such as mathematics learning disabilities (Passolunghi & Mammarella, 2012), and in spatial working memory tasks (but not visual-object imagery tasks), poor spatial orientation and navigational skills (Hegarty & Waller, 2005), and motor coordination difficulties (Voyer & Jansen, 2017).

Extreme imagery cognitive profiles may also include different strategies. Individuals with low spatial imagery were found to use different strategies from those with high spatial imagery when solving spatial tasks, and to interpret spatial visualizations as picture-like representations (Kozhevnikov et al., 2007). Different strategies were also used by high vs. low object imagers when solving object tasks. Marks (1973) found that individuals with low imagery vividness had a higher eye movement rate during picture recall than those with high vividness. Johansson et al. (2011) detected specific characteristics of eye movements (i. e., spatial dispersion) during mental visualization in relation to individual differences in spatial but not object imagery ability.

Therefore, both low and high poles of both object and spatial visual imagery abilities seem to be associated with a distinct profile of cognitive abilities and styles. We expect that individuals with spatial aphantasia may be discovered

as extreme cases among the population of neurologically unimpaired individuals with low spatial imagery abilities and may demonstrate cognitive profiles similar to this low spatial imagery group.

Object vs. Spatial Imagery Variability in Professional Fields

Spatial imagery has long been considered an important predictor of real-life task performance such as professional success, while object imagery only recently gained attention as a dimension relevant for professional fields (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2010). As discussed above, different object vs. spatial imagery ability profiles are associated with occupational preferences and success in such professional fields as STEM and the arts. These findings shed light on Galton’s puzzling findings that scientists have deficient mental imagery (1880). Galton’s conclusions led to subsequent doubts about the functional role of imagery in cognition, contested in a renowned “imagery debate” about pictorial (Kosslyn, 1980, 2005; Pearson & Kosslyn, 2015) vs. propositional (Pylyshyn, 1981, 2003) formats of imagery representations. Blajenkova, Kozhevnikov, and Motes (2006) first proposed an explanation of Galton’s results in light of the distinction between object and spatial visual imagery abilities. It was shown that scientists are not generally deficient in mental imagery; they may lack object (but not spatial) imagery. As known from other studies, successful performance in the visual art domain requires the ability to depict objects’ pictorial appearances in terms of vivid color, texture, and shape (Lindauer, 1983; Patrick, 1937; Roe, 1975; Rosenberg, 1987), whereas successful performance in STEM domains requires profound spatial imagery ability such as imagining schematic structures or performing mental spatial transformations (Ferguson, 1977; Kozhevnikov et al., 2007; McGee, 1979; Paterson et al., 1930; Presmeg, 1986; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009).

Furthermore, research on individual differences in imagery has demonstrated that natural scientists and engineers tend to be spatial imagers while visual artists tend to be object imagers (Blajenkova et al., 2006; Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009, 2010; Kozhevnikov et al., 2005; Kozhevnikov, Blazhenkova, & Becker, 2010). Such studies showed that visual artists not only *report* imagery experiences mostly representing pictorial properties of objects and scenes, but also *perform* better on tasks that require object visualization (e.g., creating vivid representation of textures and colors, recognizing degraded objects); spatial visualizers *report* a use of imagery predominantly for representing spatial relations and transformations and *perform* better in tasks that require spatial visualization (e.g., mental rotation, finding locations). Besides this, Kozhevnikov, Kozhevnikov, Chen, and Blazhenkova (2013) found that object vs. spatial visualization imagery assessments were discriminatively associated with artistic vs. scientific creativity assessments, correspondingly. Moreover, Kozhevnikov, Blazhenkova, & Becker (2010) showed across five different age groups and four different specialization groups that visual artists had above-average object visualization abilities but below-average spatial visualization abilities, whereas scientists showed the inverse pattern. None of the professional groups (art-

ists, scientists, architects, or humanities specialists) demonstrated both above-average object and above-average spatial visualization abilities, and it was proposed that there can be a trade-off between object and spatial visualization abilities. Consistently, later aphantasia research found that while hyperphantasic individuals with extremely vivid and bright imagery were more likely to specialize in the arts, individuals with aphantasia were more likely to specialize in STEM domains (Crowder, 2018). These findings on aphantasic individuals are in accordance with previous research on individual differences in object and spatial imagery in artistic and scientific specializations.

Overall, the above reviewed research on imagery variability in different professional fields support the claim that aphantasia in object imagery experiences reported by scientists may not involve a loss of spatial imagery. Furthermore, based on these findings, we expect that there might be a separate condition of spatial aphantasia which may not be accompanied by a loss of object imagery. It is also possible that individuals with spatial aphantasia are less likely to specialize in STEM domains but may succeed in the arts.

Neuropsychological Studies: Imagery Loss due to Brain Lesion

Neuropsychological research has documented cases of imagery loss due to brain damage (see Zago et al., 2011 for a comprehensive list of patients and symptoms). Most of these cases show close resemblance between perceptual and imagery deficits, advocating for shared neural substrates of imagery and perception (Farah, 1988; Dijkstra, Bosch, & Gerven, 2019). Nonetheless, in some cases imagery might be intact while perception is impaired and vice versa, demonstrating a possible dissociation of visual perception and imagery. Collectively, such evidence implies that the functional neuroanatomy underlying visual perception and imagery is overlapping but not identical (Behrmann, Moscovitch, & Winocur, 1994; Bartolomeo, 2002; Dijkstra et al., 2019).

On the basis of the then-new but nowadays common distinction between the ventral and dorsal pathways in the visual system (Ungerleider & Mishkin, 1982), and taking into account the overlap of the neural substrates of visual perception and visual imagery (Farah, 1988), Farah and colleagues (Levine et al., 1985; Farah et al., 1988) suggested that the two aspects of visual imagery — object and spatial — are also likely to be implemented along the ventral (“what”) and dorsal (“where”) visual pathways in the same way as their corresponding aspects of perception. Brain damage to the ventral pathway impairs *imagery* performance that involves the visualization of an object’s colorful, pictorial appearances and object identity, such as faces. In contrast, dorsal (parietal) damage may lead to impairments in spatial *imagery* performance, such as mental rotation or drawing a map (Farah, 1988). Levine, Warach, and Farah (1985) reported a pair of patients who provided evidence for a possible double dissociation of object and spatial imagery. One patient suffered from a left-sided occipito-temporal and right-sided fronto-temporal lesions, and the other had a bilateral occipito-parietal lesion. The first patient demonstrated pronounced object identification difficul-

ties and was unable to describe or to draw the appearance of objects, faces, or animals from memory, whereas drawing a map or describing landmark locations remained intact. For the second patient, the pattern was inverse. At least two more distinctive cases of selectively impaired spatial but not object imagery after a parietal lesion were reported in the subsequent literature: patient RT (Farah & Hammond, 1988) and patient MG (Morton & Morris, 1995), who both showed difficulties in mental rotation but performed well when imagining color and shape (Bartolomeo, 2002).

Notably, a right parietal lobe lesion often leads to unilateral neglect, as was also the case for patient RT (Farah & Hammond, 1988). The unilateral neglect may manifest not only in the perceptual domain but also be imaginal, or representational (Bartolomeo, 2002), as in 15 patients who were studied by Bisiach, Capitani, Luzzatti, and Perani (1981) and were inclined to imagine mostly those details of a familiar city location (Piazza del Duomo in Milan) that were on their right but not left side, given a specific imaginary viewpoint. One may suppose that hemi-neglect may be accompanied by more profound spatial imagery deficits. Such deficits would be selective (i. e., not accompanied by object imagery difficulties) when no additional temporal lesion is engaged. Indeed, Palermo, Piccardi, Nori, Giusberti, and Guariglia (2010) showed that patients with right-hemisphere damage and perceptual as well as representational neglect had difficulties with the mental paper folding task and imagery navigation tasks while performing reasonably well on a vividness task which requires imagining an everyday object.

Remarkably, while evidence for spatial imagery deficit in patients with unilateral neglect is clear, Palermo et al. (2010) mentioned that, of their patients, “none spontaneously reported a deficit in mental imagery” (p. 121). This remark demonstrates the paradox that spatial imagery deficits may not be labeled and discussed as mental imagery deficits in the visual imagery literature. This is likely due to a commonly used assessment of spatial imagery by tasks that measure spatial performance but not spatial vividness, and the assessment tapping into only object imagery vividness which may remain within a normal range in patients with impaired spatial imagery. This problem in the imagery literature may also be illustrated by the fact that the list of imagery loss cases by Zago et al. (2011) includes only one patient with a purely spatial deficit explicitly recognized as an imagery deficit in the original paper (the second case described in Levine et al., 1985). But spatial imagery deficits are not rare, as may be seen from the literature cited above. It rather seems that spatial imagery deficits are neglected by imagery researchers because object imagery deficits are more obvious and “vivid” in subjective experience, and supposedly are more likely to be reported by patients and by researchers, even when both imagery subsystems are affected. The description by Brain (1954) of a patient who mainly complained about the loss of pictorial (object) imagery while having both spatial and object imagery impaired provides an example:

When seen for the first time five years after the accident, the patient complained that what he called his “picture memory” was gone. He could no longer form a visual image of his first wife nor of his second wife,

nor, indeed, of anyone he knew. ... As a builder's manager he found it a handicap as he could not visualize a plan or an elevation, in consequence of which he had to keep referring to the specifications when dealing with a house. ... Similarly if he was going on a journey by car, although he had travelled on the same route before, he would have to look it up afresh on maps and retrace it because he could no longer picture the route... (p. 288).

Neuropsychological data on acquired aphantasia mostly are represented by a thorough assessment of the renowned aphantasic individual, MX, who complained about the loss of his ability to visualize the faces of family and friends as well as buildings, and about losing visually rich dreams (Zeman et al., 2010). At the same time, MX performed normally in comparison with control participants on a variety of *object* imagery performance tasks (e.g., requiring judgements about colors or visual details of animals' tails, letter shapes, and the features and emotional expressions of faces), although his brain activation during these tasks measured as with fMRI deviated from a pattern typical for controls. His spatial imagery accuracy (assessed with mental rotation and Brooks tasks) was in the normal range. Yet, the response time was considerably greater than typical, and the pattern of reaction time vs. rotation angle dependence was somewhat different from the typically found linear function (which is a robust finding in mental rotation experiments, interpreted as evidence for the analogous format of mental imagery preserving spatial information; Shepard & Metzler, 1971). MX's task performance was also impaired during articulation suppression. Overall, this evidence indicates strategic changes such as relying on verbal rather than visual processing (Zeman et al., 2010). Similar inferences were made about a congenitally aphantasic individual, AI, who performed as well as controls but qualitatively differently from them in working memory and imagery tests (Jacobs et al., 2018).

Thus, aphantasia research has demonstrated that subjective imagery deficits may not be accompanied by obvious changes in perceptual imagery, visual imagery, or visual memory task performance. This led to a conclusion about the possible dissociation between phenomenological experience of visual imagery and successful performance on imagery tasks which may be rooted in either the possibility of visual imagery tasks to be solved by alternative non-imagery strategies or the possibility of non-conscious visual imagery work (Zeman et al., 2010). Given the proposed function of the ventral vs. dorsal processing stream as "vision for perception" vs. "vision for action" (Goodale & Milner, 1992), and that the latter operates predominantly without conscious awareness (Norman, 2002), it is no surprise that people may be more sensitive to alterations in object rather than spatial imagery subjective experience. To date, it is unknown whether the hypothetical loss of conscious access to image representations may occur selectively for the object and spatial visual imagery subsystems.

Interestingly, MX's altered subjective experience was paralleled by his altered fMRI data, thus providing hints that the phenomenological dimension of imagery may be associated with its own neural correlates that are potentially separate from those of imagery task performance.

The question of neural correlates of imagery vividness has been addressed in the neurotypical population in several studies using VVIQ and object-based tasks (Amedi, Malach, & Pascual-Leone, 2005; Cui, Jeter, Yang, Montague, & Eagleman, 2007; de Araujo et al., 2012; Rumshiskaya, Vlasova, Pechenkova, & Mershina, 2013; Fulford et al., 2018). This body of research demonstrated that VVIQ score positively correlates with greater activation in the occipital lobes (primary and extrastriate visual cortices), medial temporal lobe, and precuneus, but negatively correlates with activation in the superior temporal gyrus and frontal areas (see Fulford et al., 2018, for a review). In light of the spatial aphantasia hypothesis, the search for neural correlates of spatial imagery vividness (e.g., measured by OSVIQ or VOSI tools) seems to be a promising direction of future research.

Spatial vs. Object Aphantasia: Research Questions and Future Directions

The reviewed evidence from psychometric correlational studies and neuropsychological evidence supports the claim that spatial aphantasia may be a behaviorally and neurologically separate type of imagery loss. Neuropsychological studies have shown that spatial imagery can be selectively impaired, independent of object imagery. The psychometric literature describes individual variability in spatial imagery, and indicates that critically low spatial imagery (often associated with learning difficulties in STEM domains) is not necessarily associated with low object imagery (and difficulties in art domains).

Even though the existing evidence implies the possibility of separate types of mind blindness (object and spatial aphantasia), measurement tools and theoretical conceptualization in this research area remains rather limited. A serious challenge for research on object and spatial aphantasia is posed by the dissimilarity of their nature and traditions in assessment approaches (subjective for object vs. performance for spatial imagery), so that it is hard to find comparable instruments and methods to examine them simultaneously.

Research has indicated that variability in object and spatial imagery does not follow the same pattern, which further supports their distinction. In particular, the distribution of object and spatial scores on OSIQ is different: people tend to rate themselves higher on object imagery than on spatial imagery (Blajenkova et al., 2006; Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009; Chabris et al., 2006) and high object vividness is more frequent than high spatial vividness (Blazhenkova, 2016). This is consistent with other reports (e.g., Betts, 1909; for more see Faw, 2009) showing that the mean of (object) imagery abilities on a low-high continuum is much closer to the high, so that up to 30% of individuals reported strong imagery, while only about 2% reported weak or absent imagery. There are no published data of such a distribution for spatial vividness dimension. Besides, multiple qualitative differences have been proposed between object vs. spatial imagery across various dimensions: perceptual vs. amodal, conscious vs. unconscious (Norman, 2002; Palmiero et al., 2019); holistic

vs. sequential, emotionally-bounded vs. emotionally-neutral (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2010).

This problem of measurement is complicated by the non-unitary nature of spatial and object imagery constructs, as each of them consists of different sub-abilities. In particular, pictorial (object) visual imagery includes the processing of colors, shapes, faces and letters, each of which may be impaired independently (Goldenberg, 1993). Spatial ability can as well be further divided (McGee, 1979); for example, into egocentric vs. allocentric components (Hegarty & Waller, 2004; Kozhevnikov, Motes, Rasch, & Blajenkova, 2006; Zacks, Vettel, & Michelon, 2003), or location vs. location transformation (Thompson, Slotnick, Burrage, & Kosslyn, 2009), or a motor coordination component may be taken into account (McAvinue & Robertson, 2008). Since the prevalent traditions in aphantasia research predominantly employ mental rotation tests to assess spatial visualization and the VVIQ to assess object visualization, an elaborate investigation, using a variety of spatial imagery measures, should be devoted to specific changes in spatial imagery performance in cases of object aphantasia, and vice versa for object imagery performance in cases of spatial aphantasia.

There might be a difference between the visibility of object and spatial aphantasia. Spatial imagery deficits have not attracted as much attention as the object imagery deficits described in recent aphantasia research, and they often are not labeled as imagery deficits in the neuropsychological literature. As noted in the review of neuropsychological data above, individuals with simultaneous spatial and object imagery deficits mostly complain about their object imagery impairments. This may explain the neglect of spatial imagery vividness by aphantasia researchers. Also, as discussed above, there are parallel lines in imagery research coming from different traditions of imagery conceptualization and measurement, and different aspects of imagery receive different attention in these diverse areas. Thus, some studies (including the milestone study by Farah et al., 1988) used somewhat different terminology; that is, object imagery was called “visual”, but spatial was not called “visual”, even though the tasks labeled as “spatial” required visual imagery. Indeed, spatial processing may not be entirely visual, and there is evidence that blind people are capable of performing some spatial tasks such as mental rotation (Barolo, Masini, & Antonietti, 1990).

In the psychometrics literature, the “presence” or “absence” of imagery has been traditionally identified by questionnaires assessing object but not spatial imagery vividness, while the lack of spatial imagery was commonly identified by objective performance measures such as mental rotation. Until recently, an inability to perform visual-spatial tasks was not related to subjective imagery experiences. Historically, this also led to the wrongful conclusion that experience and ability are not connected. However, with the correct choice of measures, self-reports do predict objective performance. For example, validation studies with VOSI and OSIVQ questionnaires showed that abilities and phenomenological experiences are correlated when they assess the same construct. Similarly, the study with art and science professionals (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2010) demonstrated the consistency between the subjectively reported object imagery experiences and enhanced object

imagery performance in visual artists, and the consistency between the subjectively reported spatial imagery experiences and enhanced spatial imagery performance in scientists. Currently, in the field of imagery research, there is a critical need for developing measurement tools that assess spatial imagery subjective experience measures and object imagery performance measures. Moreover, there is a need for finer tools that assess variability in different imagery processes (e.g., generation, maintenance, inspection, and transformation; Kosslyn et al., 2006) across both object and spatial dimensions, such as spatial imagery inspection or object imagery transformation (e.g., color mixing). Such instruments would be very useful for the identification and study of object and spatial aphantasia; moreover, they will be practical for broader imagery research as well as clinical, educational, and other applied fields.

A number of theoretical questions remain unanswered. First of all, little is known about the variability of spatial imagery in people with object aphantasia as well as the variability of object imagery in people with spatial aphantasia. Currently, there is no sufficient evidence for how low imagery abilities in one domain affect the other: whether it is intact, altered, strengthened, or weakened. For example, data from patient MX may be interpreted as if the loss of pictorial object imagery does not affect spatial imagery performance or as if it is actually the cause of the noted change in mental rotation strategy (Zeman et al., 2010). There is also evidence that both systems can be simultaneously impaired (as in cases described by Brain, 1954); however, it is not yet known whether these impairments are independent (i.e., explained by selective brain damage) or whether the loss of one ability may result in the impairment of the other (and if this is the case, it is not known whether the impairment is on the level of altered strategy or more basic cognitive and neural mechanisms). There is an indication that enhanced imagery in one (object vs. spatial) domain may lead to weakened imagery in the other domain (Kozhevnikov, Blazhenkova, & Becker, 2010). This possible trade-off between the two abilities is supported by evidence that aphantasic individuals with object imagery loss tend to specialize in STEM domains that require profound spatial imagery (Crowder, 2018). Also, Khooshabeh and Hegarty (2008) found that during a mental rotation spatial task, individuals with low spatial imagery (as compared to individuals with high spatial imagery) were more likely to represent color, which is a characteristic of object imagery.

An imagery deficit in one domain may lead to compensatory strategies in the other domain (altered processing). More research is needed to examine the strategies used during spatial imagery tasks in individuals with (object) aphantasia, and vice versa during object imagery tasks in individuals with spatial aphantasia.

Moreover, it is not clear whether object and spatial aphantasic individuals experience difficulties in other cognitive and social domains such as verbal intelligence or theory of mind. The compensatory strategic changes can extend beyond imagery tasks and manifest in other domains as well. For example, Keogh and Pearson (2017) have shown that low-vividness (object) imagers probably rely more on semantic information in working memory tasks. This idea is consistent with Olivetti Belardinelli and colleagues (2009), who found that low-vividness imagers activated

a different neural network compared to high-vividness imagers, probably because, in their attempt to generate mental images, they relied on semantic representations rather than on sensory-modality representations.

Even though there are some studies reporting that individuals with aphantasia have distinct cognitive profiles (e.g., in terms of their memory, autonomic response to emotional narratives, or implemented strategies), different aspects of their cognitive functioning (e.g., verbal processing, susceptibility to illusions, and multisensory experiences) as well as other factors such as personality correlates, sex, and age differences are yet to be comprehensively investigated.

A related intriguing research question concerns the possible dissociation between perceptual abilities and imagery experiences in individuals with object and spatial aphantasia. Unlike the majority of patients who acquired imagery impairments as a result of brain lesion and suffered from difficulties in both imagery and perception, in aphantasics perception may remain intact as in the case of MX (Zeman et al., 2010) and some other aphantasics (Dijkstra et al., 2019). Given that no brain lesion is documented in these aphantasia cases, questions may arise as to whether a specific deficit of imagery but not perception is characteristic for aphantasia, and to what extent the origins of imagery impairments are similar in aphantasics and brain lesion patients.

The origins of spatial aphantasia is another important unexplored question. Is it always acquired, or can it be congenital and run in families in a way similar to object aphantasia (Zeman et al., 2017)? The latter seems plausible, given that spatial abilities rely on a genetic component (McGee, 1979). The proportion of congenital and acquired cases is yet undetermined for any type of aphantasia. It is also unknown how and to what extent object and spatial imagery may be trained in individuals with spatial and object aphantasia.

Neuroimaging research may also help to answer the question of any specific neural correlates of congenital and acquired spatial vs. object aphantasia. Currently, even for the object dimension, little is known about the possible differences in symptoms of acquired vs. congenital aphantasia. Creating a detailed description of the neural correlates of both subjective experience and imagery performance in object and spatial aphantasic and hyperphantasic individuals would be crucial for understating extreme, object and spatial, imagination.

Implications

There is a great public interest in aphantasia as well as an eagerness for the research participation of individuals with (object) aphantasia. As is evident from reports of these individuals, though they experience a number of difficulties due to their extremely low or absent imagery, many of them live “normal” lives, successfully perform in various professions (surprisingly, including visual arts), engage in healthy social relationships, and may even use their aphantasia as an opportunity. Many of them have lived for years without being aware of their unusual imagery characteristics until the recent popularization of research findings on imagery loss and the introduction of the term “aphantasia”. Less is known about individuals with spatial aphantasia, their life experiences, their cognitive strengths and weaknesses, and what kind of possible compensatory strategies

they may develop. It seems that object imagery is more important for everyday life (which is also indicated by its skewed distribution in the population towards the higher end), while spatial imagery may be important only for some tasks. According to interviews with natural scientists and engineers who tend to be high spatial visualizers, they use it from time to time, mostly for technical problem solving (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2010). It may be less likely that spatial aphantasia would attract a similar public interest since it may be less essential for everyday life. Depending on a specific deficit of spatial imagery, individuals with spatial aphantasia may experience difficulties in STEM domains, motor coordination, or large-scale navigation. It is important to note that even though aphantasia is sometimes referred to as a “condition”, there is no such clinical diagnosis: it reflects a different way of experiencing life, rather than a disability. Research on this intriguing variability in imagery experiences and different forms of aphantasia will have direct applications for improving the quality of life for people with aphantasia. Theoretical understanding of the mechanisms underlying these imagery deficits (or abundance in case of hyperphantasia) and proper measurement methods will help to create best practices for imagery training techniques, implementing efficient ways of information processing and learning, as well as developing coping strategies.

Conclusions

Recent aphantasia research is focused on people who report an absence of visual imagery, or “blind mind’s eye”. In light of the dissociation between object and spatial visual imagery abilities supported by cognitive and neuroscience data, we suggest that there are actually two “mind’s eyes”, and each of them can be blinded. Currently, aphantasic individuals are identified on the basis of object imagery vividness assessment, while spatial imagery loss remains neglected. While contemporary research on aphantasia has attended to extremely low object imagery, research on the cognitive and neural correlates of low spatial visualization is rather limited. The identification and in-depth description of spatial aphantasia as well as of spatial hyperphantasia would require theoretical and methodological advances in the targeted assessment of spatial and object imagery loss. Promising research directions in this area include the search for origins of the proposed spatial aphantasia, its neural and cognitive correlates, related deficits and compensatory strategies, as well as the interplay between object and spatial imagery strengths and weaknesses.

References

- Alesandrini, K.L. (1981). Pictorial-verbal and analytic-holistic learning strategies in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 73(3), 358–368. [doi:10.1037/0022-0663.73.3.358](https://doi.org/10.1037/0022-0663.73.3.358)
- Amedi, A., Malach, R., & Pascual-Leone, A. (2005). Negative BOLD differentiates visual imagery and perception. *Neuron*, 48(5), 859–872. [doi:10.1016/j.neuron.2005.10.032](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.10.032)
- Antonietti, A., & Giorgetti, M. (1998). The verbalizer-visualizer questionnaire: A review. *Perceptual and Motor Skills*, 86(1), 227–239. [doi:10.2466/pms.1998.86.1.227](https://doi.org/10.2466/pms.1998.86.1.227)

- de Araujo, D. B., Ribeiro, S., Cecchi, G. A., Carvalho, F. M., Sanchez, T. A., Pinto, J. P., de Martinis, B. S., Crippa, J. A., Hallak, J. E. C., & Santos, A. C. (2011). Seeing with the eyes shut: Neural basis of enhanced imagery following ayahuasca ingestion. *Human Brain Mapping*, 33(11), 2550–2560. doi:10.1002/hbm.21381
- Aristotle (1968). *De anima. Books II and III (with certain passages from book I)*. Oxford: Clarendon Press. (Original work published ca. 350 B.C.E.).
- Barnett, K. J., & Newell, F. N. (2008). Synaesthesia is associated with enhanced, self-rated visual imagery. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 1032–1039. doi:10.1016/j.concog.2007.05.011
- Barolo, E., Masini, R., & Antonietti, A. (1990). Mental rotation of solid objects and problem-solving in sighted and blind subjects. *Journal of Mental Imagery*, 14(3–4), 65–74.
- Bartolomeo, P. (2002). The relationship between visual perception and visual mental imagery: A reappraisal of the neuropsychological evidence. *Cortex*, 38(3), 357–378. doi:10.1016/s0010-9452(08)70665-8
- Behrmann, M., Moscovitch, M., & Winocur, G. (1994). Intact visual imagery and impaired visual perception in a patient with visual agnosia. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(5), 1068–1087. doi:10.1037/0096-1523.20.5.1068
- Belardinelli, M. O., Palmiero, M., Sestieri, C., Nardo, D., Matteo, R. D., Londei, A., D'Ausilio, A., Ferretti, A., Gratta, C. D., & Romani, G. L. (2009). An fMRI investigation on image generation in different sensory modalities: The influence of vividness. *Acta Psychologica*, 132(2), 190–200. doi:10.1016/j.actpsy.2009.06.009
- Betts, G. H. (1909). *The distribution and functions of mental imagery*. Unpublished doctoral dissertation, Teachers College, Columbia University.
- Bisiach, E., Capitani, E., Luzzatti, C., & Perani, D. (1981). Brain and conscious representation of outside reality. *Neuropsychologia*, 19(4), 543–551. doi:10.1016/0028-3932(81)90020-8
- Blajenkova, O., Kozhevnikov, M., & Motes, M. A. (2006). Object-spatial imagery: A new self-report imagery questionnaire. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 239–263. doi:10.1002/acp.1182
- Blazhenkova, O. (2016). Vividness of object and spatial imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 122(2), 490–508. doi:10.1177/0031512516639431
- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2009). The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, 23(5), 638–663. doi:10.1002/acp.1473
- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2010). Visual-object ability: A new dimension of non-verbal intelligence. *Cognition*, 117(3), 276–301. doi:10.1016/j.cognition.2010.08.021
- Boswell, D. L., & Pickett, J. A. (1991). A study of the internal consistency and factor structure of the Verbalizer-Visualizer Questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, 15(3–4), 33–36.
- Brain, R. (1954). Loss of visualization. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 47(4), 288–290. doi:10.1177/003591575404700410
- Carroll, J. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of the factor-analytic studies*. N.Y.: Cambridge University Press. doi:10.1017/cbo9780511571312
- Casey, M. B., Nuttall, R. L., & Pezaris, E. (1997). Mediators of gender differences in mathematics college entrance test scores: A comparison of spatial skills with internalized beliefs and anxieties. *Developmental Psychology*, 33(4), 669–680. doi:10.1037/0012-1649.33.4.669
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*. Boston: Houghton Mifflin. doi:10.2307/1162752
- Chabris, C. F., Jerde, T. E., Woolley, A. W., Gerbasi, M. E., Schuldt, J. P., Bennett, S. L., Hackmann, J. R., & Kosslyn, S. M. (2006). *Spatial and object visualization cognitive styles: Validation studies in 3800 individuals. Group brain technical report # 2*. Retrieved from <http://chabris.com/Chabris2006d.pdf>.
- Coleman, S. L., & Gotch, A. J. (1998). Spatial perception skills of chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 75(2), 206–209. doi:10.1021/ed075p206
- Colom, R., Haier, R. J., Head, K., Alvarez-Linera, J., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., & Jung, R. E. (2009). Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model. *Intelligence*, 37(2), 124–135. doi:10.1016/j.intell.2008.07.007
- Cossins, D. (2019). Inside the mind's eye. *New Scientist*, 242(3233), 38–41. doi:10.1016/s0262-4079(19)31036-x
- Crowder, A. (2018). *Differences in spatial visualization ability and vividness of spatial imagery between people with and without aphantasia*. Unpublished doctoral dissertation, Virginia Commonwealth University. doi:10.25772/TT4H-FN13
- Cui, X., Jeter, C. B., Yang, D., Montague, P. R., & Eagleman, D. M. (2007). Vividness of mental imagery: Individual variability can be measured objectively. *Vision Research*, 47(4), 474–478. doi:10.1016/j.visres.2006.11.013
- D'Angiulli, A., Runge, M., Faulkner, A., Zakizadeh, J., Chan, A., & Morcos, S. (2013). Vividness of visual imagery and incidental recall of verbal cues, when phenomenological availability reflects long-term memory accessibility. *Frontiers in Psychology*, 4, 1:1–18. doi:10.3389/fpsyg.2013.00001
- Dean, G. M., & Morris, P. E. (2003). The relationship between self-reports of imagery and spatial ability. *British Journal of Psychology*, 94(2), 245–273. doi:10.1348/000712603321661912
- Dijkstra, N., Bosch, S. E., & Gerven, M. A. (2019). Shared neural mechanisms of visual perception and imagery. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(5), 423–434. doi:10.1016/j.tics.2019.02.004
- Edwards, J. E., & Wilkins, W. (1981). Verbalizer-Visualizer Questionnaire: Relationship with imagery and verbal-visual ability. *Journal of Mental Imagery*, 5(2), 137–142.
- Ekstrom, R. B., Dermen, D., & Harman, H. H. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests (Vol. 102)*. Princeton, NJ: Educational testing service.
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An international directory of spatial tests*. Windsor Berkshire: NFER-Nelson.
- Extreme Imagination Conference*. (2019). University of Exeter. Retrieved from <http://sites.exeter.ac.uk/eyesmind/extremeimagination2019>.
- Farah, M. J. (1988). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review*, 95(3), 307–317. doi:10.1037/0033-295x.95.3.307
- Farah, M. J., & Hammond, K. M. (1988). Mental rotation and orientation-invariant object recognition: Dissociable processes. *Cognition*, 29(1), 29–46. doi:10.1016/0010-0277(88)90007-8
- Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, 20(4), 439–462. doi:10.1016/0010-0285(88)90012-6
- Faw, B. (2009). Conflicting intuitions may be based on differing abilities: Evidence from mental imaging research. *Journal of Consciousness Studies*, 16(4), 45–68.
- Ferguson, E. S. (1977). The mind's eye: Nonverbal thought in technology. *Science*, 197(4306), 827–836. doi:10.2307/1574014
- Fulford, J., Milton, F., Salas, D., Smith, A., Simler, A., Winlove, C., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery vividness - An fMRI study and literature review. *Cortex*, 105, 26–40. doi:10.1016/j.cortex.2017.09.014
- Galton, F. (1880). Statistics of mental imagery. *Mind*, 5(19), 301–318. doi:10.1093/mind/os-v.19.301
- Goldenberg, G. (1993). The neural basis of mental imagery. *Bailliere's Clinical Neurology*, 2(2), 265–286.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15(1), 20–25. doi:10.1016/0166-2236(92)90344-8
- Green, K. E., & Schroeder, D. H. (1990). Psychometric quality of the verbalizer-visualizer questionnaire as a measure of cognitive style. *Psychological Reports*, 66(3), 939–945. doi:10.2466/pr0.1990.66.3.939
- Grüter, T., Grüter, M., & Carbon, C.-C. (2011). Congenital prosopagnosia. Diagnosis and mental imagery: Commentary on “Tree JJ, and Wilkie J. Face and object imagery in

- congenital prosopagnosia: A case series". *Cortex*, 47(4), 511–513. doi:10.1016/j.cortex.2010.08.005
- Hegarty, M., & Waller, D.A. (2005). Individual differences in spatial abilities. In P. Shah, & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (pp.121–169). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511610448.005
- Hollenberg, C.K. (1970). Functions of visual imagery in the learning and concept formation of children. *Child Development*, 41(4), 1003–1015. doi:10.2307/1127328
- Jacobs, C., Schwarzkopf, D.S., & Silvanto, J. (2018). Visual working memory performance in aphantasia. *Cortex*, 105, 61–73. doi:10.1016/j.cortex.2017.10.014
- Johansson, R., Holsanova, J., & Homqvist, K. (2011). The dispersion of eye movements during visual imagery is related to individual differences in spatial imagery ability. In L. Carlson, T.F. Shipley, & C. Hoelscher (Eds.), *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol.33, pp.1200–1205). Austin, TX: Cognitive Science Society. Retrieved from <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/Proceedings/2011/papers/0284/paper0284.pdf>.
- Keekner, M.M., Tendick, F., Meng, M.V., Anwar, H.P., Hegarty, M., Stoller, M.L., & Duh, Q.-Y. (2004). Spatial ability, experience, and skill in laparoscopic surgery. *The American Journal of Surgery*, 188(1), 71–75. doi:10.1016/j.amjsurg.2003.12.059
- Kendle, A. (2017). *Aphantasia: Experiences, perceptions, and insights*. Oakamoor, Staffordshire, UK: Dark River.
- Keogh, R., & Pearson, J. (2017). The perceptual and phenomenal capacity of mental imagery. *Cognition*, 162, 124–132. doi:10.1016/j.cognition.2017.02.004
- Keogh, R., & Pearson, J. (2018). The blind mind: No sensory visual imagery in aphantasia. *Cortex*, 105, 53–60. doi:10.1016/j.cortex.2017.10.012
- Khooshabeh, P., & Hegarty, M. (2008). How visual information affects a spatial task. In *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp.2041–2046). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Kosslyn, S.M. (1980). *Image and mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press. doi:10.2307/1772225
- Kosslyn, S.M. (2005). Mental images and the brain. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 333–347. doi:10.1080/02643290442000130
- Kosslyn, S.M., & Koenig, O. (1992). *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. N.Y.: Free Press. doi:10.1212/wnl.43.5.1066
- Kosslyn, S.M., Thompson, W.L., & Ganis, G. (2006). *The case for mental imagery*. N.Y.: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195179088.001.0001
- Kozhevnikov, M., Blazhenkova, O., & Becker, M. (2010). Trade-off in object versus spatial visualization abilities: Restriction in the development of visual processing resources. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17, 29–35. doi:10.3758/pbr.17.1.29
- Kozhevnikov, M., Hegarty, M., & Mayer, R.E. (2002). Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers. *Cognition and Instruction*, 20(1), 47–77. doi:10.1207/s1532690xci2001_3
- Kozhevnikov, M., Kosslyn, S.M., & Shepard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style. *Memory and Cognition*, 33, 710–726. doi:10.3758/bf03195337
- Kozhevnikov, M., Kozhevnikov, M., Yu, C.J., & Blazhenkova, O. (2013). Creativity, visualization abilities, and visual cognitive style. *British Journal of Educational Psychology*, 83(2), 196–209. doi:10.1111/bjep.12013
- Kozhevnikov, M., Motes, M.A., & Hegarty, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving. *Cognitive Science*, 31(4), 549–579. doi:10.1080/15326900701399897
- Kozhevnikov, M., Motes, M.A., Rasch, B., & Blajenkova, O. (2006). Perspective-taking vs. mental rotation transformations and how they predict spatial navigation performance. *Applied Cognitive Psychology*, 20(3), 397–417. doi:10.1002/acp.1192
- Lean, G., & Clements, M.K. (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics*, 12(3), 267–299. doi:10.1007/bf00311060
- Levine, D.N., Warach, J., & Farah, M. (1985). Two visual systems in mental imagery: Dissociation of “what” and “where” in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology*, 35(7), 1010–1018. doi:10.1212/wnl.35.7.1010
- Lindauer, M.S. (1983). Imagery and the arts. In A.A. Sheikh (Ed.), *Imagery: Current theory, research, and application*. N.Y.: Wiley.
- Lohman, D.F. (1996). Spatial ability and g. In I. Dennis, & P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and measurement* (pp.97–116). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lohman, D.F. (1979). *Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature*. Aptitude Research Project, School of Education, California, Stanford University.
- Marks, D.F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64(1), 17–24. doi:10.1111/j.2044-8295.1973.tb01322.x
- Marks, D.F. (1983). In defense of imagery questionnaires. *Scandinavian Journal of Psychology*, 24(1), 243–245. doi:10.1111/j.1467-9450.1983.tb00496.x
- Massa, L.J., & Mayer, R.E. (2005). Three obstacles to validating the Verbal-Imager Subtest of the Cognitive Styles Analysis. *Personality and Individual Differences*, 39(4), 845–848. doi:10.1016/j.paid.2005.03.008
- Mayer, R.E., & Massa, L. (2003). Three facets of visual and verbal learners: Cognitive ability, cognitive style, and learning preference. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 833–841. doi:10.1037/0022-0663.95.4.833
- Mazard, A., Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F., Mazoyer, B., & Mellet, E. (2004). A PET meta-analysis of object and spatial mental imagery. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(5), 673–695. doi:10.1080/09541440340000484
- McAvinue, L.P., & Robertson, I.H. (2007). Measuring visual imagery ability: A review. *Imagination, Cognition and Personality*, 26(3), 191–211. doi:10.2190/3515-8169-24J8-7157
- McGee, M.G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889–918. doi:10.1037/0033-2909.86.5.889
- McKelvie, S.J. (1995). The VVIQ as a psychometric test of individual differences in visual imagery vividness: A critical quantitative review and plea for direction. *Journal of Mental Imagery*, 19(3–4), 1–106.
- Morrison, R.G., & Wallace, B. (2001). Imagery vividness, creativity and the visual arts. *Journal of Mental Imagery*, 25(3–4), 135–152.
- Norman, J. (2002). Two visual systems and two theories of perception: An attempt to reconcile the constructivist and ecological approaches. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(1), 73–96. doi:10.1017/s0140525x0200002x
- Orion, N., Ben-Chaim, D., & Kali, Y. (1997). Relationship between earth-science education and spatial visualization. *Journal of Geoscience Education*, 45(2), 129–132. doi:10.5408/1089-9995-45.2.129
- Paivio, A. (1971). Imagery and language. In S.J. Segal (Ed.), *Imagery. Current cognitive approaches* (pp.7–32). New York and London: Academic Press. doi:10.1016/b978-0-12-635450-8.50008-x
- Paivio, A. (1983). The mind's eye in arts and science. *Poetics*, 12(1), 1–18. doi:10.1016/0304-422X(83)90002-5
- Palermo, L., Piccardi, L., Nori, R., Giusberti, F., & Guariglia, C. (2010). Does hemineglect affect visual mental imagery? Imagery deficits in representational and perceptual neglect. *Cognitive Neuropsychology*, 27(2), 115–133. doi:10.1080/02643294.2010.503478
- Palmiero, M., Piccardi, L., Giancola, M., Nori, R., D'Amico, S., & Olivetti Belardinelli, M. (2019). The format of mental imagery: From a critical review to an integrated embodied representation approach. *Cognitive Processing*, 20, 277–289. doi:10.1007/s10339-019-00908-z

- Palombo, D.J., Alain, C., Söderlund, H., Khoo, W., & Levine, B. (2015). Severely deficient autobiographical memory (SDAM) in healthy adults: A new mnemonic syndrome. *Neuropsychologia*, 72, 105–118. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.012
- Parrott, C. A. (1986). Visual imagery training: Stimulating utilization of imaginal processes. *Journal of Mental Imagery*, 10(1), 47–64.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105–119. doi:10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x
- Passolunghi, M. C., & Mammarella, I. C. (2012). Selective spatial working memory impairment in a group of children with mathematics learning disabilities and poor problem-solving skills. *Journal of Learning Disabilities*, 45(4), 341–350. doi:10.1177/0022219411400746
- Paterson, D. G., Elliott, R. M., Anderson, L. D., Toops, H. A., & Heidbreder, E. (1930). *Minnesota mechanical ability tests*. University of Minnesota Press. doi:10.2307/1414559
- Patrick, C. (1937). Creative thought in artists. *The Journal of Psychology*, 4(1), 35–73. doi:10.1080/00223980.1937.9917525
- Pearson, J., & Kosslyn, S. M. (2015). The heterogeneity of mental representation: Ending the imagery debate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 112(33), 10089–10092. doi:10.1073/pnas.1504933112
- Peterson, E. R., Deary, I. J., & Austin, E. J. (2005). A new measure of Verbal–Imagery Cognitive Style: VICS. *Personality and Individual Differences*, 38(6), 1269–1281. doi:10.1016/j.paid.2004.08.009
- Presmeg, N. (1986). Visualisation in high school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 6(3), 42–46. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/40247826>.
- Pylyshyn, Z. (2003). Return of the mental image: are there really pictures in the brain? *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 113–118. doi:10.1016/s1364-6613(03)00003-2
- Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88(1), 16–45. doi:10.1037/0033-295X.88.1.16
- Richardson, A. (1977). The meaning and measurement of memory imagery. *British Journal of Psychology*, 68(1), 29–43. doi:10.1111/j.2044-8295.1977.tb01556.x
- Richardson, J. T. E. (1980). *Mental imagery and human memory*. N.Y.: St. Martin's Press. doi:10.1007/978-1-349-16354-0
- Rodway, P., Gillies, K., & Schepman, A. (2006). Vivid imagers are better at detecting salient changes. *Journal of Individual Differences*, 27(4), 218–228. doi:10.1027/1614-0001.27.4.218
- Roe, A. (1975). Painters and painting. In I. A. Taylor, & J. W. Getzels (Eds.), *Perspectives in creativity* (pp. 157–172). Chicago: Aldine Publishing Company.
- Rosenberg, H. S. (1987). Visual artists and imagery. *Imagination, Cognition and Personality*, 7(1), 77–93. doi:10.2190/avj5-n24b-p7mc-hr4r
- Rumshiskaya, A. D., Vlasova, R. M., Pechenkova, E. V., & Merzhina, E. A. (2013). [Neural correlates of the vividness of the visual imagery: An fMRI study]. In *Proceedings of "Cognitive Science in Moscow: New Research" conference* (pp. 258–263). Moscow: BukiVedi, IPPiP. (In Russian).
- Salthouse, T. A., Babcock, R. L., Mitchell, D. R. D., Palmon, R., & Skovronek, E. (1990). Sources of individual differences in spatial visualization ability. *Intelligence*, 14(2), 187–230. doi:10.1016/0160-2896(90)90004-d
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(1), 4–27. doi:10.1037/0096-3445.125.1.4
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171(3972), 701–703. doi:10.1126/science.171.3972.701
- Smith, I. M. (1964). *Spatial ability: Its educational and social significance*. London: University of London Press. doi:10.2307/3119049
- Sullivan, G. L., & Macklin, M. C. (1986). Some psychometric properties of two scales for the measurement of verbalizer-visualizer differences in cognitive style. *Journal of Mental Imagery*, 10(4), 75–85.
- Thompson, W. L., Slotnick, S. D., Burrage, M. S., & Kosslyn, S. M. (2009). Two forms of spatial imagery. *Psychological Science*, 20(10), 1245–1253. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02440.x
- Thurstone, L. L. (1938). Primary mental abilities. *Psychometric Monographs*, 1(1), i – 121. doi:10.1007/978-94-011-6129-9_8
- Tween, O. (2019). *Investigation into aphantasia: Neurological, functional, and behavioral correlates*. Unpublished master's thesis, Beloit College. doi:10.31237/osf.io/q7v2k
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale, & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549–586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599–604. doi:10.2466/pms.1978.47.2.599
- Vannucci, M., Mazzoni, G., Chiorri, C., & Cioli, L. (2008). Object imagery and object identification: Object imagers are better at identifying spatially-filtered visual objects. *Cognitive Processing*, 9(2), 137–143. doi:10.1007/s10339-008-0203-5
- Voyer, D., & Jansen, P. (2017). Motor expertise and performance in spatial tasks: A meta-analysis. *Human Movement Science*, 54, 110–124. doi:10.1016/j.humov.2017.04.004
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. doi:10.1037/a0016127
- Wallace, B. (1990). Imagery vividness, hypnotic susceptibility, and the perception of fragmented stimuli. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 354–359. doi:10.1037/0022-3514.58.2.354
- Wechsler, D. (1955). *Manual for the Wechsler adult intelligence scale*. Psychological Corporation.
- Wicken, M., Keogh, R., & Pearson, J. (2019). The critical role of mental imagery in human emotion: Insights from aphantasia. *bioRxiv*, doi:10.1101/726844
- Zacks, J. M., Vettel, J. M., & Michelon, P. (2003). Imagined viewer and object rotations dissociated with event-related fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(7), 1002–1018. doi:10.1162/089892903770007399
- Zago, S., Allegri, N., Cristoffanini, M., Ferrucci, R., Porta, M., & Priori, A. (2011). Is the Charcot and Bernard case (1883) of loss of visual imagery really based on neurological impairment? *Cognitive Neuropsychiatry*, 16(6), 481–504. doi:10.1080/13546805.2011.556024
- Zeman, A., MacKisack, M., & Onians, J. (2018). The Eye's mind — Visual imagination, neuroscience and the humanities. *Cortex*, 105, 1–3. doi:10.1016/j.cortex.2018.06.012
- Zeman, A. Z., Della Sala, S., Torrens, L. A., Gountouna, V. E., McGonigle, D. J., & Logie, R. H. (2010). Loss of imagery phenomenology with intact visuo-spatial task performance: A case of 'blind imagination'. *Neuropsychologia*, 48(1), 145–155. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.024
- Zeman, A. Z., Dewar, M., & Della Sala, S. (2015). Lives without imagery — Congenital aphantasia. *Cortex*, 73, 378–380.

ДИСКУССИЯ

Два типа афантазии: объектная и пространственная?

Олеся Блаженкова

Факультет искусств и социальных наук, Университет Сабанджи, Стамбул, Турция

Екатерина Печенкова

НУЛ когнитивных исследований, Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия

Аннотация. Индивидуальные различия в области воображения с давних пор привлекали внимание философов, педагогов и психологов. Со времен Аристотеля предполагалось, что воображение — универсальная способность, присутствующая у каждого человека. Когда Ч. Гальтон впервые начал измерять яркость (живость) образов представления, он обнаружил, что у некоторых людей, согласно их субъективным отчетам, воображение отсутствует. В современной психологической литературе недавно был введен термин «афантазия», который обозначает неспособность формировать мысленные образы, или «невидящий внутренний взор» (Zeman et al., 2015). Мы утверждаем, что может существовать более одного типа афантазии. Данные как психометрических и экспериментально-психологических, так и нейропсихологических исследований указывают на необходимость различения объектного и пространственного зрительного воображения (т. е. мысленного представления изобразительных свойств объекта, таких как цвет, форма, яркость, текстура поверхности, или же его пространственных характеристик — местонахождения, взаимного расположения с другими объектами, пространственных преобразований). При рассмотрении зрительного воображения как индивидуально выраженной способности обнаруживается, что она не едина: люди, у которых развито объектное воображение, не обязательно преуспевают в задачах, требующих пространственного воображения, и наоборот. В данной статье мы показываем, что, поскольку афантазия обычно выявляется на основе низких баллов по Опроснику живости зрительного воображения (Vividness of Visual Imagery Questionnaire, VVIQ), который диагностирует только объектное воображение, то можно заключить, что афантазия, как она обычно описывается сейчас, — это дефицит только объектного воображения, а не общее нарушение зрительного воображения. Мы предполагаем, что пространственная афантазия (неспособность представлять пространственные свойства и отношения) может быть отдельным типом нарушений зрительного воображения. У людей с пространственной афантазией не обязательно должны наблюдаться также и проблемы с объектным воображением. Мы обсуждаем возможные направления будущих исследований, которые позволили бы обратиться к изучению проявлений пространственной афантазии в поведении человека и в нейрофизиологическом плане, а также соотношение объектной и пространственной афантазии.

Контактная информация: Олеся Блаженкова, olesya@sabanciuniv.edu, Faculty of Arts and Social Sciences, Sabanci University, Orta Mahalle, Üniversite Caddesi No: 27 Tuzla, 34956 Istanbul, Turkey; Екатерина Печенкова, evp@virtualcoglab.org.

Ключевые слова: афантазия, гиперфантазия, индивидуальные различия в воображении, объектное воображение, пространственное воображение, зрительное воображение, способность к визуализации

© 2019 Олеся Блаженкова, Екатерина Печенкова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья поступила в редакцию 6 ноября 2019 г. Принята в печать 28 декабря 2019 г.

Литература

- Румишская А.Д., Власова Р.М., Печенкова Е.В., Мершина Е.А. Мозговые корреляты живости зрительного воображения: фМРТ-исследование // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2013 г. / Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: БукВеди, ИППИП, 2013. С.258–262. URL: <http://conf.virtualcoglab.org/2013/Proceedings/MoscowCogSci2013Proceedings.pdf>.
- Alesandrini K.L. Pictorial-verbal and analytic-holistic learning strategies in science learning // *Journal of Educational Psychology*. 1981. Vol. 73. No. 3. P. 358–368. doi:10.1037/0022-0663.73.3.358
- Amedi A., Malach R., Pascual-Leone A. Negative BOLD differentiates visual imagery and perception // *Neuron*. 2005. Vol. 48. No. 5. P. 859–872. doi:10.1016/j.neuron.2005.10.032
- Antonietti A., Giorgetti M. The verbalizer-visualizer questionnaire: A review // *Perceptual and Motor Skills*. 1998. Vol. 86. No. 1. P. 227–239. doi:10.2466/pms.1998.86.1.227
- de Araujo D.B., Ribeiro S., Cecchi G.A., Carvalho F.M., Sanchez T.A., Pinto J.P., de Martinis B.S., Crippa J.A., Hallak J.E.C., Santos A.C. Seeing with the eyes shut: Neural basis of enhanced imagery following ayahuasca ingestion // *Human Brain Mapping*. 2011. Vol. 33. No. 11. P. 2550–2560. doi:10.1002/hbm.21381
- Aristotle. De anima. Books II and III (with certain passages from book I). Oxford: Clarendon Press, 1968.
- Barnett K.J., Newell F.N. Synaesthesia is associated with enhanced, self-rated visual imagery // *Consciousness and Cognition*. 2008. Vol. 17. No. 3. P. 1032–1039. doi:10.1016/j.concog.2007.05.011
- Barolo E., Masini R., Antonietti A. Mental rotation of solid objects and problem-solving in sighted and blind subjects // *Journal of Mental Imagery*. 1990. Vol. 14. No. 3–4. P. 65–74.
- Bartolomeo P. The relationship between visual perception and visual mental imagery: A reappraisal of the neuropsychological evidence // *Cortex*. 2002. Vol. 38. No. 3. P. 357–378. doi:10.1016/s0010-9452(08)70665-8
- Behrmann M., Moscovitch M., Winocur G. Intact visual imagery and impaired visual perception in a patient with visual agnosia // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1994. Vol. 20. No. 5. P. 1068–1087. doi:10.1037/0096-1523.20.5.1068
- Belardinelli M.O., Palmiero M., Sestieri C., Nardo D., Matteo R.D., Londei A., D'Ausilio A., Ferretti A., Gratta C.D., Romani G.L. An fMRI investigation on image generation in different sensory modalities: The influence of vividness // *Acta Psychologica*. 2009. Vol. 132. No. 2. P. 190–200. doi:10.1016/j.actpsy.2009.06.009
- Betts G.H. The distribution and functions of mental imagery. PhD dissertation. Teachers College, Columbia University, New York, 1909.
- Bisiach E., Capitani E., Luzzatti C., Perani D. Brain and conscious representation of outside reality // *Neuropsychologia*. 1981. Vol. 19. No. 4. P. 543–551. doi:10.1016/0028-3932(81)90020-8
- Blajenkova O., Kozhevnikov M., Motes M.A. Object-spatial imagery: A new self-report imagery questionnaire // *Applied Cognitive Psychology*. 2006. Vol. 20. P. 239–263. doi:10.1002/acp.1182
- Blazhenkova O. Vividness of object and spatial imagery // *Perceptual and Motor Skills*. 2016. Vol. 122. No. 2. P. 490–508. doi:10.1177/0031512516639431
- Blazhenkova O., Kozhevnikov M. The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement // *Applied Cognitive Psychology*. 2009. Vol. 23. No. 5. P. 638–663. doi:10.1002/acp.1473
- Blazhenkova O., Kozhevnikov M. Visual-object ability: A new dimension of non-verbal intelligence // *Cognition*. 2010. Vol. 117. No. 3. P. 276–301. doi:10.1016/j.cognition.2010.08.021
- Boswell D.L., Pickett J.A. A study of the internal consistency and factor structure of the Verbalizer-Visualizer Questionnaire // *Journal of Mental Imagery*. 1991. Vol. 15. No. 3–4. P. 33–36.
- Brain R. Loss of visualization // *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1954. Vol. 47. No. 4. P. 288–290. doi:10.1177/003591575404700410
- Carroll J. Human cognitive abilities: A survey of the factor-analytic studies. N.Y.: Cambridge University Press, 1993. doi:10.1017/cbo9780511571312
- Casey M.B., Nuttall R.L., Pezaris E. Mediators of gender differences in mathematics college entrance test scores: A comparison of spatial skills with internalized beliefs and anxieties // *Developmental Psychology*. 1997. Vol. 33. No. 4. P. 669–680. doi:10.1037/0012-1649.33.4.669
- Cattell R.B. Abilities: Their structure, growth, and action. Boston: Houghton Mifflin, 1971. doi:10.2307/1162752
- Chabris C.F., Jerde T.E., Woolley A.W., Gerbasi M.E., Schuldt J.P., Bennett S.L., Hackmann J.R., Kosslyn S.M. Spatial and object visualization cognitive styles: Validation studies in 3800 individuals. Group brain technical report # 2. 2006. URL: <http://chabris.com/Chabris2006d.pdf>.
- Coleman S.L., Gotch A.J. Spatial perception skills of chemistry students // *Journal of Chemical Education*. 1998. Vol. 75. No. 2. P. 206–209. doi:10.1021/ed075p206
- Colom R., Haier R.J., Head K., Álvarez-Linera J., Quiroga M.Á., Shih P.C., Jung R.E. Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model // *Intelligence*. 2009. Vol. 37. No. 2. P. 124–135. doi:10.1016/j.intell.2008.07.007
- Cossins D. Inside the mind's eye // *New Scientist*. 2019. Vol. 242. No. 3233. P. 38–41. doi:10.1016/s0262-4079(19)31036-x
- Crowder A. Differences in spatial visualization ability and vividness of spatial imagery between people with and without aphantasia. PhD dissertation. Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia, 2018. URL: <https://scholarscompass.vcu.edu/etd/5599/doi:10.25772/TT4H-FN13>
- Cui X., Jeter C.B., Yang D., Montague P.R., Eagleman D.M. Vividness of mental imagery: Individual variability can be measured objectively // *Vision Research*. 2007. Vol. 47. No. 4. P. 474–478. doi:10.1016/j.visres.2006.11.013
- D'Angiulli A., Runge M., Faulkner A., Zakizadeh J., Chan A., Morcos S. Vividness of visual imagery and incidental recall of verbal cues, when phenomenological availability reflects long-term memory accessibility // *Frontiers in Psychology*. 2013. Vol. 4. P. 1–18. doi:10.3389/fpsyg.2013.00001
- Dean G.M., Morris P.E. The relationship between self-reports of imagery and spatial ability // *British Journal of Psychology*. 2003. Vol. 94. No. 2. P. 245–273. doi:10.1348/000712603321661912
- Dijkstra N., Bosch S.E., Gerven M.A. Shared neural mechanisms of visual perception and imagery // *Trends in Cognitive Sciences*. 2019. Vol. 23. No. 5. P. 423–434. doi:10.1016/j.tics.2019.02.004
- Edwards J.E., Wilkins W. Verbalizer-Visualizer Questionnaire: Relationship with imagery and verbal-visual ability // *Journal of Mental Imagery*. 1981. Vol. 5. No. 2. P. 137–142.
- Ekstrom R.B., Dermen D., Harman H.H. Manual for kit of factor-referenced cognitive tests (Vol. 102). Princeton, NJ: Educational testing service, 1976.
- Eliot J., Smith I.M. An international directory of spatial tests. Windsor Berkshire: NFER-Nelson, 1983.
- Extreme Imagination Conference. University of Exeter, 2019. URL: <http://sites.exeter.ac.uk/eyesmind/extremeimagination2019>.
- Farah M.J. Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology // *Psychological Review*. 1988. Vol. 95. No. 3. P. 307–317. doi:10.1037/0033-295x.95.3.307
- Farah M.J., Hammond K.M. Mental rotation and orientation-invariant object recognition: Dissociable processes // *Cognition*. 1988. Vol. 29. No. 1. P. 29–46. doi:10.1016/0010-0277(88)90007-8
- Farah M.J., Hammond K.M., Levine D.N., Calvanio R. Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation // *Cognitive Psychology*. 1988. Vol. 20. No. 4. P. 439–462. doi:10.1016/0010-0285(88)90012-6
- Faw B. Conflicting intuitions may be based on differing abilities: Evidence from mental imaging research // *Journal of Consciousness Studies*. 2009. Vol. 16. No. 4. P. 45–68.
- Ferguson E.S. The mind's eye: Nonverbal thought in technology // *Science*. 1977. Vol. 197. No. 4306. P. 827–836. doi:10.2307/1574014

- Fulford J., Milton F., Salas D., Smith A., Simler A., Winlove C., Zeman A. The neural correlates of visual imagery vividness — An fMRI study and literature review // *Cortex*. 2018. Vol. 105. P. 26–40. doi:10.1016/j.cortex.2017.09.014
- Galton F. Statistics of mental imagery // *Mind*. 1880. Vol. 5. No. 1. P. 301–318. doi:10.1093/mind/os-v.19.301
- Goldenberg G. The neural basis of mental imagery // *Bailliere's Clinical Neurology*. 1993. Vol. 2. No. 2. P. 265–286.
- Goodale M.A., Milner A.D. Separate visual pathways for perception and action // *Trends in Neurosciences*. 1992. Vol. 15. No. 1. P. 20–25. doi:10.1016/0166-2236(92)90344-8
- Green K.E., Schroeder D.H. Psychometric quality of the verbalizer-visualizer questionnaire as a measure of cognitive style // *Psychological Reports*. 1990. Vol. 66. No. 3. P. 939–945. doi:10.2466/pr0.1990.66.3.939
- Grüter T., Grüter M., Carbon C.-C. Congenital prosopagnosia. Diagnosis and mental imagery: Commentary on “Tree JJ, and Wilkie J. Face and object imagery in congenital prosopagnosia: A case series” // *Cortex*. 2011. Vol. 47. No. 4. P. 511–513. doi:10.1016/j.cortex.2010.08.005
- Hegarty M., Waller D.A. Individual differences in spatial abilities // *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* / P. Shah, A. Miyake (Eds.). Cambridge University Press, 2005. P. 121–169. doi:10.1017/CBO9780511610448.005
- Hollenberg C.K. Functions of visual imagery in the learning and concept formation of children // *Child Development*. 1970. Vol. 41. No. 4. P. 1003–1015. doi:10.2307/1127328
- Jacobs C., Schwarzkopf D.S., Silvanto J. Visual working memory performance in aphantasia // *Cortex*. 2018. Vol. 105. P. 61–73. doi:10.1016/j.cortex.2017.10.014
- Johansson R., Holsanova J., Hornqvist K. The dispersion of eye movements during visual imagery is related to individual differences in spatial imagery ability // *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* / L. Carlson, T.F. Shiple, C. Hoelscher (Eds.). Austin, TX: Cognitive Science Society, 2011. Vol. 33. P. 1200–1205. URL: <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/Proceedings/2011/papers/0284/paper0284.pdf>.
- Keehner M.M., Tendick F., Meng M.V., Anwar H.P., Hegarty M., Stoller M.L., Duh Q.-Y. Spatial ability, experience, and skill in laparoscopic surgery // *The American Journal of Surgery*. 2004. Vol. 188. No. 1. P. 71–75. doi:10.1016/j.amjsurg.2003.12.059
- Kendle A. Aphantasia: Experiences, perceptions, and insights. Oakamoor, Staffordshire, UK: Dark River, 2017.
- Keogh R., Pearson J. The perceptual and phenomenal capacity of mental imagery // *Cognition*. 2017. Vol. 162. P. 124–132. doi:10.1016/j.cognition.2017.02.004
- Keogh R., Pearson J. The blind mind: No sensory visual imagery in aphantasia // *Cortex*. 2018. Vol. 105. P. 53–60. doi:10.1016/j.cortex.2017.10.012
- Khooshabeh P., Hegarty M. How visual information affects a spatial task // *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society, 2008. P. 2041–2046.
- Kosslyn S.M. *Image and mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980. doi:10.2307/1772225
- Kosslyn S.M. Mental images and the brain // *Cognitive Neuropsychology*. 2005. Vol. 22. No. 3–4. P. 333–347. doi:10.1080/02643290442000130
- Kosslyn S.M., Koenig O. *Wet mind: The new cognitive neuroscience*. N.Y.: Free Press, 1992. doi:10.1212/wnl.43.5.1066
- Kosslyn S.M., Thompson W.L., Ganis G. *The case for mental imagery*. N.Y.: Oxford University Press, 2006. doi:10.1093/acprof:oso/9780195179088.001.0001
- Kozhevnikov M., Blazhenkova O., Becker M. Trade-off in object versus spatial visualization abilities: Restriction in the development of visual processing resources // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2010. Vol. 17. P. 29–35. doi:10.3758/pbr.17.1.29
- Kozhevnikov M., Hegarty M., Mayer R.E. Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers // *Cognition and Instruction*. 2002. Vol. 20. No. 1. P. 47–77. doi:10.1207/s1532690xci2001_3
- Kozhevnikov M., Kosslyn S.M., Shepard J. Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style // *Memory and Cognition*. 2005. Vol. 33. P. 710–726. doi:10.3758/bf03195337
- Kozhevnikov M., Kozhevnikov M., Yu C.J., Blazhenkova O. Creativity, visualization abilities, and visual cognitive style // *British Journal of Educational Psychology*. 2013. Vol. 83. No. 2. P. 196–209. doi:10.1111/bjep.12013
- Kozhevnikov M., Motes M.A., Hegarty M. Spatial visualization in physics problem solving // *Cognitive Science*. 2007. Vol. 31. No. 4. P. 549–579. doi:10.1080/15326900701399897
- Kozhevnikov M., Motes M.A., Rasch B., Blazhenkova O. Perspective-taking vs. mental rotation transformations and how they predict spatial navigation performance // *Applied Cognitive Psychology*. 2006. Vol. 20. No. 3. P. 397–417. doi:10.1002/acp.1192
- Lean G., Clements M.K. Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance // *Educational Studies in Mathematics*. 1981. Vol. 12. No. 3. P. 267–299. doi:10.1007/bf00311060
- Levine D.N., Warach J., Farah M. Two visual systems in mental imagery: Dissociation of “what” and “where” in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions // *Neurology*. 1985. Vol. 35. No. 7. P. 1010–1018. doi:10.1212/wnl.35.7.1010
- Lindauer M.S. *Imagery and the arts* // *Imagery: Current theory, research, and application* / A. A. Sheikh (Ed.). N.Y.: Wiley, 1983.
- Lohman D.F. *Spatial ability and g* // *Human abilities: Their nature and measurement* / I. Dennis, P. Tapsfield (Eds.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1996. P. 97–116.
- Lohman D.F. *Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature*. Aptitude Research Project, School of Education, California, Stanford University, 1979.
- Marks D.F. Visual imagery differences in the recall of pictures // *British Journal of Psychology*. 1973. Vol. 64. No. 1. P. 17–24. doi:10.1111/j.2044-8295.1973.tb01322.x
- Marks D.F. In defense of imagery questionnaires // *Scandinavian Journal of Psychology*. 1983. Vol. 24. No. 1. P. 243–245. doi:10.1111/j.1467-9450.1983.tb00496.x
- Massa L.J., Mayer R.E. Three obstacles to validating the Verbal-Imagery Subtest of the Cognitive Styles Analysis // *Personality and Individual Differences*. 2005. Vol. 39. No. 4. P. 845–848. doi:10.1016/j.paid.2005.03.008
- Mayer R.E., Massa L. Three facets of visual and verbal learners: Cognitive ability, cognitive style, and learning preference // *Journal of Educational Psychology*. 2003. Vol. 95. No. 4. P. 833–841. doi:10.1037/0022-0663.95.4.833
- Mazard A., Tzourio-Mazoyer N., Crivello F., Mazoyer B., Mellet E. A PET meta-analysis of object and spatial mental imagery // *European Journal of Cognitive Psychology*. 2004. Vol. 16. No. 5. P. 673–695. doi:10.1080/09541440340000484
- McAvinue L.P., Robertson I.H. *Measuring visual imagery ability: A review* // *Imagination, Cognition and Personality*. 2007. Vol. 26. No. 3. P. 191–211. doi:10.2190/3515-8169-24f8-7157
- McGee M.G. *Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences* // *Psychological Bulletin*. 1979. Vol. 86. No. 5. P. 889–918. doi:10.1037/0033-2909.86.5.889
- McKelvie S.J. The VVIQ as a psychometric test of individual differences in visual imagery vividness: A critical quantitative review and plea for direction // *Journal of Mental Imagery*. 1995. Vol. 19. No. 3–4. P. 1–106.
- Morrison R.G., Wallace B. *Imagery vividness, creativity and the visual arts* // *Journal of Mental Imagery*. 2001. Vol. 25. No. 3–4. P. 135–152.
- Norman J. Two visual systems and two theories of perception: An attempt to reconcile the constructivist and ecological approaches // *Behavioral and Brain Sciences*. 2002. Vol. 25. No. 1. P. 73–96. doi:10.1017/s0140525x0200002x
- Orion N., Ben-Chaim D., Kali Y. Relationship between earth-science education and spatial visualization // *Journal of Geoscience Education*. 1997. Vol. 45. No. 2. P. 129–132. doi:10.5408/1089-9995-45.2.129
- Paivio A. *Imagery and language* // *Imagery: Current cognitive approaches* / S. J. Segal (Ed.). New York and London: Academic Press, 1971. P. 7–32. doi:10.1016/b978-0-12-635450-8.50008-x
- Paivio A. *The mind's eye in arts and science* // *Poetics*. 1983. Vol. 12. No. 1. P. 1–18. doi:10.1016/0304-422X(83)90002-5

- Palermo L., Piccardi L., Nori R., Giuberti F., Guariglia C. Does hemineglect affect visual mental imagery? Imagery deficits in representational and perceptual neglect // *Cognitive Neuropsychology*. 2010. Vol. 27. No. 2. P. 115–133. doi:10.1080/02643294.2010.503478
- Palmiero M., Piccardi L., Giancola M., Nori R., D'Amico S., Olivetti Belardinelli M. The format of mental imagery: From a critical review to an integrated embodied representation approach // *Cognitive Processing*. 2019. Vol. 20. P. 277–289. doi:10.1007/s10339-019-00908-z
- Palombo D.J., Alain C., Söderlund H., Khuu W., Levine B. Severely deficient autobiographical memory (SDAM) in healthy adults: A new mnemonic syndrome // *Neuropsychologia*. 2015. Vol. 72. P. 105–118. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.012
- Parrott C. A. Visual imagery training: Stimulating utilization of imaginal processes // *Journal of Mental Imagery*. 1986. Vol. 10. No. 1. P. 47–64.
- Pashler H., McDaniel M., Rohrer D., Bjork R. Learning styles // *Psychological Science in the Public Interest*. 2008. Vol. 9. No. 3. P. 105–119. doi:10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x
- Passolunghi M. C., Mammarella I. C. Selective spatial working memory impairment in a group of children with mathematics learning disabilities and poor problem-solving skills // *Journal of Learning Disabilities*. 2012. Vol. 45. No. 4. P. 341–350. doi:10.1177/0022219411400746
- Paterson D. G., Elliott R. M., Anderson L. D., Toops H. A., Heidbreder E. Minnesota mechanical ability tests. University of Minnesota Press, 1930. doi:10.2307/1414559
- Patrick C. Creative thought in artists // *The Journal of Psychology*. 1937. Vol. 4. No. 1. P. 35–73. doi:10.1080/00223980.1937.9917525
- Pearson J., Kosslyn S. M. The heterogeneity of mental representation: Ending the imagery debate // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2015. Vol. 112. No. 33. P. 10089–10092. doi:10.1073/pnas.1504933112
- Peterson E. R., Deary I. J., Austin E. J. A new measure of Verbal-Imagery Cognitive Style: VICS // *Personality and Individual Differences*. 2005. Vol. 38. No. 6. P. 1269–1281. doi:10.1016/j.paid.2004.08.009
- Presmeg N. Visualisation in high school mathematics // *For the Learning of Mathematics*. 1986. Vol. 6. No. 3. P. 42–46. URL: <https://www.jstor.org/stable/40247826>.
- Pylyshyn Z. Return of the mental image: are there really pictures in the brain? // *Trends in Cognitive Sciences*. 2003. Vol. 7. No. 3. P. 113–118. doi:10.1016/s1364-6613(03)00003-2
- Pylyshyn Z. W. The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge // *Psychological Review*. 1981. Vol. 88. No. 1. P. 16–45. doi:10.1037/0033-295X.88.1.16
- Richardson A. The meaning and measurement of memory imagery // *British Journal of Psychology*. 1977. Vol. 68. No. 1. P. 29–43. doi:10.1111/j.2044-8295.1977.tb01556.x
- Richardson J. T. E. Mental imagery and human memory. N.Y.: St. Martin's Press, 1980. doi:10.1007/978-1-349-16354-0
- Rodway P., Gillies K., Schepman A. Vivid imagers are better at detecting salient changes // *Journal of Individual Differences*. 2006. Vol. 27. No. 4. P. 218–228. doi:10.1027/1614-0001.27.4.218
- Roe A. Painters and painting // *Perspectives in creativity* / I. A. Taylor, J. W. Getzels (Eds.). Chicago: Aldine Publishing Company, 1975. P. 157–172.
- Rosenberg H. S. Visual artists and imagery // *Imagination, Cognition and Personality*. 1987. Vol. 7. No. 1. P. 77–93. doi:10.2190/avj5-n24b-p7mc-hr4r
- Salthouse T. A., Babcock R. L., Mitchell D. R. D., Palmon R., Skovronek E. Sources of individual differences in spatial visualization ability // *Intelligence*. 1990. Vol. 14. No. 2. P. 187–230. doi:10.1016/0160-2896(90)90004-d
- Shah P., Miyake A. The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1996. Vol. 125. No. 1. P. 4–27. doi:10.1037/0096-3445.125.1.4
- Shepard R. N., Metzler J. Mental rotation of three-dimensional objects // *Science*. 1971. Vol. 171. No. 3972. P. 701–703. doi:10.1126/science.171.3972.701
- Smith I. M. Spatial ability: Its educational and social significance. London: University of London Press, 1964. doi:10.2307/3119049
- Sullivan G. L., Macklin M. C. Some psychometric properties of two scales for the measurement of verbalizer-visualizer differences in cognitive style // *Journal of Mental Imagery*. 1986. Vol. 10. No. 4. P. 75–85.
- Thompson W. L., Slotnick S. D., Burrage M. S., Kosslyn S. M. Two forms of spatial imagery // *Psychological Science*. 2009. Vol. 20. No. 10. P. 1245–1253. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02440.x
- Thurstone L. L. Primary mental abilities // *Psychometric Monographs*. 1938. Vol. 1. No. 1. P. i–121. doi:10.1007/978-94-011-6129-9_8
- Tween O. Investigation into aphantasia: Neurological, functional, and behavioral correlates. A Master's Thesis. Beloit College, Beloit, Wisconsin, 2019. doi:10.31237/osf.io/q7v2k
- Ungerleider L. G., Mishkin M. Two cortical visual systems // *Analysis of visual behavior* / D. J. Ingle, M. A. Goodale, R. J. W. Mansfield (Eds.). Cambridge, MA: MIT Press, 1982. P. 549–586.
- Vandenberg S. G., Kuse A. R. Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization // *Perceptual and Motor Skills*. 1978. Vol. 47. No. 2. P. 599–604. doi:10.2466/pms.1978.47.2.599
- Vannucci M., Mazzoni G., Chiorri C., Cioli L. Object imagery and object identification: Object imagers are better at identifying spatially-filtered visual objects // *Cognitive Processing*. 2008. Vol. 9. No. 2. P. 137–143. doi:10.1007/s10339-008-0203-5
- Voyer D., Jansen P. Motor expertise and performance in spatial tasks: A meta-analysis // *Human Movement Science*. 2017. Vol. 54. P. 110–124. doi:10.1016/j.humov.2017.04.004
- Wai J., Lubinski D., Benbow C. P. Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance // *Journal of Educational Psychology*. 2009. Vol. 101. No. 4. P. 817–835. doi:10.1037/a0016127
- Wallace B. Imagery vividness, hypnotic susceptibility, and the perception of fragmented stimuli // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1990. Vol. 58. No. 2. P. 354–359. doi:10.1037/0022-3514.58.2.354
- Wechsler D. Manual for the Wechsler adult intelligence scale. Psychological Corporation, 1955.
- Wicken M., Keogh R., Pearson J. The critical role of mental imagery in human emotion: Insights from aphantasia // *bioRxiv*. 2019. doi:10.1101/726844
- Zacks J. M., Vettel J. M., Michelon P. Imagined viewer and object rotations dissociated with event-related fMRI // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2003. Vol. 15. No. 7. P. 1002–1018. doi:10.1162/089892903770007399
- Zago S., Allegri N., Cristoffanini M., Ferrucci R., Porta M., Priori A. Is the Charcot and Bernard case (1883) of loss of visual imagery really based on neurological impairment? // *Cognitive Neuropsychiatry*. 2011. Vol. 16. No. 6. P. 481–504. doi:10.1080/13546805.2011.556024
- Zeman A., MacKisack M., Onians J. The Eye's mind — Visual imagination, neuroscience and the humanities // *Cortex*. 2018. Vol. 105. P. 1–3. doi:10.1016/j.cortex.2018.06.012
- Zeman A. Z., Della Sala S., Torrens L. A., Gountouna V. E., McGonigle D. J., Logie R. H. Loss of imagery phenomenology with intact visuo-spatial task performance: A case of 'blind imagination' // *Neuropsychologia*. 2010. Vol. 48. No. 1. P. 145–155. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.024
- Zeman A. Z., Dewar M., Della Sala S. Lives without imagery — Congenital aphantasia // *Cortex*. 2015. Vol. 73. P. 378–380. doi:10.1016/j.cortex.2015.05.019