

Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12, № 1. С. 114–128.
Journal of Medical and Biological Research, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 114–128.

Обзорная статья
УДК 612.821+612.825.1
DOI: 10.37482/2687-1491-Z184

Процессы когнитивного контроля в тесте Струпа и их отражение в связанных с событиями потенциалах (обзор)

Валентина Александровна Григорик* ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9916-2319>
Марина Владимировна Пронина** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8039-1755>
Мария Григорьевна Старченко*** ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2743-3856>

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
(Архангельск, Россия)

**Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук
(Санкт-Петербург, Россия)

***Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
(Санкт-Петербург, Россия)

Аннотация. Обобщены данные отечественных и иностранных исследований о психофизиологических особенностях выполнения теста Струпа, рассмотрены его основные модификации и подобные парадигмы. Проанализированы ключевые гипотезы, объясняющие причины возникновения эффекта интерференции и увеличения времени реакции на стимулы, содержащие конфликтующую информацию. Приведены данные о волнах потенциалов, связанных с событиями, которые, как предполагается, отражают такие процессы когнитивного контроля, как детекция конфликта, преодоление интерференции и разрешение конфликта. Лобно-центральная волна N2 характеризует процессы детекции конфликта и преодоления интерференции, ее основным нейронным генератором является передняя поясная кора. Волна N450 в основном генерируется в области передней поясной коры и префронтальной коры и, как считается, отражает подавление интерференции. Теменно-центральную волну P300 и поздний устойчивый потенциал, который, по-видимому, генерируется в средней или нижней лобной извилине и экстрастриарной коре, связывают с процессом разрешения конфликта. Потенциал готовности, предположительно, генерируется в моторных зонах коры и отражает процесс выбора и подготовки двигательного ответа. Представлены основные направления исследований, в которых используются парадигма теста Струпа и ее модификации. Несмотря на значительное количество существующих психофизических и нейрофизиологических исследований, вопрос о мозговых механизмах когнитивного контроля при решении задач, вызывающих когнитивный конфликт, остается открытым, а нейропсихологический смысл волн потенциалов, связанных с событиями, которые регистрируются в подобных тестах, до сих пор остается до конца не изученным. Значительный интерес представляют

Ответственный за переписку: Валентина Александровна Григорик, адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; e-mail: grigoric.valentina@yandex.ru

работы, посвященные влиянию разных типов конкурирующей информации на психофизиологические показатели при выполнении теста Струпа, в т. ч. при изменении силы конфликта.

Ключевые слова: тест Струпа, когнитивный контроль, событийно-связанные потенциалы мозга, волна N2, волна N450, поздний устойчивый потенциал, потенциал готовности, волна P300.

Для цитирования: Григорик, В. А. Процессы когнитивного контроля в тесте Струпа и их отражение в связанных с событиями потенциалах (обзор) / В. А. Григорик, М. В. Пронина, М. Г. Старченко // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 114-128. – DOI: 10.37482/2687-1491-Z184.

Review article

Cognitive Control Processes in the Stroop Task and Their Reflection in Event-Related Potentials (Review)

Valentina A. Grigorik* ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9916-2319>

Marina V. Pronina** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8039-1755>

Maria G. Starchenko*** ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2743-3856>

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**N.P. Bechtereva Institute of the Human Brain of the Russian Academy of Sciences
(St. Petersburg, Russian Federation)

***Saint Petersburg Electrotechnical University
(St. Petersburg, Russian Federation)

Abstract. The review summarizes the data of Russian and foreign studies on the psychophysiological parameters of the Stroop task execution. In addition, the article considers the main modifications of the task and similar paradigms as well as the key hypotheses explaining the causes of the interference effect and the increase in reaction time to stimuli containing conflicting information. Further, the paper presents data on event-related potential (ERP) waves, which are supposed to reflect cognitive control processes, such as conflict detection, overcoming of interference and conflict resolution. The frontocentral N2 wave characterizes the processes of conflict detection and overcoming of interference, and its main neural generator is the anterior cingulate cortex. The N450 wave is primarily generated in the anterior cingulate cortex and prefrontal cortex and is thought to reflect interference suppression. The centroparietal P300 wave and the late positive complex, which appears to be generated in the middle or inferior frontal gyrus and in the extrastriate cortex, are associated with the conflict resolution process. The readiness potential is, supposedly, generated in the motor cortex and reflects the process of selecting and preparing a motor response. Moreover, the review presents the main directions of studies that use the Stroop test paradigm and its modifications. Despite a significant number of existing psychophysical and neurophysiological papers, the question of the brain mechanisms of cognitive control in tasks that cause cognitive conflict remains open, and the neuropsychological role of the ERP waves recorded in such tasks is still not fully

Corresponding author: Valentina Grigorik, address: nab. Severnoy Dviny 17, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: grigorik.valentina@yandex.ru

explored. Studies into the influence of different types of competing information and the degree of conflict on the psychophysiological indicators in the Stroop task are of considerable interest.

Keywords: *Stroop task, cognitive control, event-related potentials, N2 wave, N450 wave, late positive complex, readiness potential, P300 wave.*

For citation: Grigorik V.A., Pronina M.V., Starchenko M.G. Cognitive Control Processes in the Stroop Task and Their Reflection in Event-Related Potentials (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 114–128. DOI: 10.37482/2687-1491-Z184

Люди постоянно сталкиваются с входящей информацией в различных сенсорных модальностях, но из-за ограниченности когнитивных ресурсов не вся она может быть обработана [1, 2]. Чтобы облегчить этот процесс, человек способен игнорировать нерелевантные данные, сосредотачивая внимание на выполнении основной задачи. Так, он может воспринимать текст, игнорируя размер и тип шрифта, его цвет, расположение на странице, орфографические ошибки и т. д. Ключевую роль в модуляции внимания играет система когнитивного контроля [3].

Когнитивный контроль обеспечивает гибкое и адаптивное распределение ресурсов внимания в соответствии с текущими целями и намерениями, занимая особое место в когнитивных процессах человека, таких как сенсорное восприятие, внимание, регулирование эмоций и принятие решений [3]. Однако существуют ситуации, когда по определенным причинам актуализируется иррелевантная информация, и это снижает эффективность выполнения основной задачи, например за счет увеличения количества ошибок и уменьшения скорости реакции. Одним из самых распространенных инструментов исследования подобных феноменов является тест Струпа или его модификации (так называемая Струп-парадигма).

Цель этой статьи – обобщить современные данные о волнах потенциалов, связанных с событиями (ПСС), отражающих процессы когнитивного контроля при выполнении тестов в Струп-парадигме. Актуальность работы обусловлена следующими обстоятельствами:

1) обзоры, рассматривающие нейрофизиологические маркеры эффекта Струпа, малочисленны, а потребность в получении резюмирующей информации для медико-биологических исследований крайне высока; 2) в условиях усиливающегося эмоционального и информационного стресса возрастает необходимость оптимизации механизмов когнитивного контроля, что возможно только при условии понимания лежащих в их основе мозговых процессов; 3) недавно полученные экспериментальные данные об отражении разных уровней когнитивного конфликта в нейрофизиологических показателях [4] и о влиянии силы интерференции конкурирующей информации на эти показатели [5] позволили расширить представления о мозговых механизмах, лежащих в основе эффекта Струпа.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать данные отечественных и иностранных исследований о психофизиологических особенностях, наблюдаемых при выполнении теста Струпа, представить его основные модификации и ключевые гипотезы, объясняющие причины возникновения эффекта Струпа, а также рассмотреть волны ПСС, которые связывают с процессами когнитивного контроля, необходимыми для выполнения задач, вызывающих когнитивный конфликт.

Гипотезы о причинах Струп-интерференции. Оригинальный вариант теста Струпа [6] включал в себя словесную и цветовую карты, а также словесно-цветовую карту с конфликтным сочетанием цветов и слов (например, слово «красный» было написано синим цветом).

Тест проводился в три серии, при этом испытуемого просили прочитать все три карточки как можно быстрее: на словесной карточке – вслух прочитать слова, на цветовой – назвать цвета, а на словесно-цветовой – назвать цвет, которым написано слово. В последнем случае наблюдался эффект интерференции: испытуемые медленнее называли цвет слов, значение которых не совпадало с цветом, которым они написаны (подобные стимулы называются неконгруэнтными или дистракторами). Выяснилось, что скорость называния дистракторов значимо ниже скорости называния конгруэнтных (слов, значение и цвет которых совпадают) или нейтральных (цветных геометрических фигур) стимулов. Согласно концепции Дж.Р. Струпа, испытуемые автоматически читают словесные стимулы даже при условии, что им необходимо называть цвета или рисунки. Чтобы преодолеть интенцию к прочтению слова-дистрактора, требуется приложить немалые усилия, в результате чего и происходит задержка ответа [7].

Согласно гипотезе В.М. Аллахвердова, к скорости реакции в Струп-тесте приводит включение когнитивного контроля [8]. Испытуемый дает себе инструкцию не реагировать на значение слова, поэтому сознание начинает контролировать, действительно ли слово игнорируется (контроль задачи) [9]. Эта постоянная проверка влечет за собой актуализацию иррелевантного признака стимула (того, что требовалось игнорировать), что и обуславливает появление интерференции.

Было выделено три этапа, на которых может происходить интерференционное воздействие: восприятие признаков стимула, принятие решения, отбор ответа [10]. На этапе восприятия признаков стимула конфликт (интерференция релевантной и иррелевантной информации) может возникнуть между операциями «чтение слова» и «определение его цвета». На этапе принятия решения возникновение интерференции объясняется сложностью выбора информации, которая существенна для выполнения задачи. На этапе отбора ответов требование реагировать строго определенным

образом приводит к необходимости отбора из нескольких возможных вариантов единственной реакции, релевантной задаче, а остальные реакции, не относящиеся к ней, должны быть заблокированы. Считается, что именно этап отбора ответов оказывает наибольшее влияние на интерференционный эффект (см., например, [11]).

Однако существуют и альтернативные интерпретации и взгляды [12]. Так, в модели WEAVER [13] интерференция наблюдается вследствие трудности выбора одного из двух автоматически активируемых концептов, связанных со значением или цветом слова, при этом интерференционный эффект минимален [10]. Согласно гипотезе «конфликта на уровне принятия решения», актуализация моторной реакции осуществляется только после принятия решения о том, какой именно концепт необходимо «переводить в реакцию», т. е. иррелевантный стимул отсеивается уже на уровне принятия решения. Описывается и так называемая трансляционная модель интерференции, согласно которой существует строгое соответствие между определенными признаками стимула и конкретными способами реагирования на него: слова легче вербализовывать, а на моторные признаки стимула – выдавать моторную реакцию (движение руки) [14]. Поэтому если задача не соответствует более привычному способу реагирования на стимул (надо давать моторный ответ на предъявление слова), то возникает интерференция.

Еще одной гипотезой интерференции, основанной на работе механизмов когнитивного контроля, является гипотеза модуляции. Согласно ей, когнитивный контроль определяет, в какой мере учитывать информацию, соответствующую цвету или значению слова. Показано, что скорость реакции на неконгруэнтные стимулы возрастает в тестах с большей долей неконгруэнтных стимулов (аналогично обстоит ситуация с конгруэнтными стимулами) [15].

Тем не менее стоит отметить, что ни одна из теорий интерференции не имеет в данный момент ощутимого преимущества и обраче-

ние к той или иной гипотезе зависит, скорее, от профессиональной принадлежности исследователей: если когнитивные психологи при интерпретации интерференционных феноменов отталкиваются преимущественно от процессов распределения внимания, то специалисты в области нейронауки делают акцент на процессах исполнительного контроля действий, а психолингвисты объясняют Струп-интерференцию в рамках теорий лексического доступа.

Тесты Струп-парадигмы. Поскольку эффект Струпа является следствием интерференции разных типов информации, его можно наблюдать не только в классической парадигме, но и в различных ее модификациях, а также в других тестах, стимулы в которых подразумевают наличие конкурирующих типов информации. Например, в тесте Саймона [16] от испытуемых требуется нажимать на левую или правую кнопку в соответствии с цветом стимула, предъявляемого в левой или правой части экрана. В конгруэнтных пробах расположение стимула и цвет, кодирующий направление ответа, совпадают, в неконгруэнтных – различаются.

Другой пример – тест Эриксона [17], в котором задание состоит в том, чтобы реагировать в соответствии с направлением, указанным стрелкой, расположенной посередине ряда стрелок. В конгруэнтных пробах направление центральной и боковых стрелок совпадает, в неконгруэнтных – различается. Еще в одном варианте теста в качестве стимулов предъявляются пары изображений больших и маленьких объектов, в конгруэнтных пробах размеры изображения и объекта соответствуют (например, большое изображение слона, маленькое изображение бабочки), в неконгруэнтных – не соответствуют (например, большое изображение чашки, маленькое изображение машины) [18]. Также в исследованиях применяется парадигма «обратного» теста Струпа, когда испытуемых просят реагировать на смысл слова, игнорируя цвет, которым оно написано. При использовании такой парадигмы время реакции в среднем оказывалось меньше, чем в классическом вари-

анте теста Струпа, поэтому считается, что «обратная» задача приводит к меньшей интерференции, чем классическая [19].

Большое количество разнообразных модификаций Струп-теста было порождено попытками исследователей выявить те этапы обработки информации, на которых может происходить интерференция.

В начале 2000-х годов была разработана модификация теста Струпа, в которой есть возможность разделить интерференцию на этапах обработки стимула и выбора моторного ответа [20]. В модифицированном тесте используются три условия, четыре цветных слова, четыре цвета и два варианта ответа. На каждые два цвета необходимо реагировать одним вариантом ответа (например, на КРАСНЫЙ и ЗЕЛЕНый следует нажимать левую кнопку, а на СИНИЙ и ЖЕЛТЫЙ – правую). Конгруэнтный стимул не вызывает ни сенсорного, ни моторного конфликта (значение и цвет слова совпадают). В условии конфликта сенсорной информации цвет и значение слова различаются, однако и цвет, и значение подразумевают один и тот же тип ответа (например, слово КРАСНЫЙ, написанное зеленым цветом). В условии конфликта в сенсорной и моторной системе смысл слова и его цвет различаются, кроме того, они предполагают разные типы ответа (т. е. слово КРАСНЫЙ, написанное синим цветом). Преимущество этой парадигмы по сравнению с оригинальным тестом Струпа состоит в том, что она позволяет исследовать конфликты, возникающие на разных уровнях, отдельно [21].

Для изучения эффекта Струпа в рабочей памяти были разработаны модификации теста с разнесением во времени цветовой и семантической информации. Для этого испытуемым последовательно предъявляются цветные геометрические фигуры и слова, обозначающие названия цветов, написанные черным цветом [22].

Модификации теста Струпа с эмоционально окрашенными стимулами позволяют исследователям оценить затраты на обработку эмоциональных реакций, поэтому данные тесты

широко применяются в качестве диагностического инструмента при различных аффективных психопатологиях [23]. В таких вариациях теста Струпа в качестве стимулов используются эмоционально окрашенные слова [23] или изображения лиц с эмоциональным выражением [24]. При этом задача испытуемых состоит в том, чтобы реагировать на цвет слова или фона.

Значительная часть Струп-подобных парадигм вообще не содержит цветовой информации, конфликт достигается за счет несоответствия смысла слова изображению, вместе с которым это слово предъявляется (например, слово «радость» вместе с грустным лицом), [25] или, в слуховой модальности, несовпадения смысла слова и характеристик произносящего его голоса (например, слово «низкий», произносимое высоким голосом) [26]. Кроме того, в некоторых исследованиях [3, 27] конфликтующая информация была разномодальной – зрительной и слуховой.

Потенциалы, связанные с событиями, в тесте Струпа. ПСС рассматриваются как прямой показатель нейронного функционирования и позволяют судить о временной динамике психических процессов в ходе предполагаемых промежуточных стадий обработки стимулов (восприятие, оценка, категоризация) и осуществления моторного ответа. Нейрофизиологические исследования доказывают, что когнитивные процессы, которые задействуются при выполнении Струп-теста, такие как детекция конфликта, преодоление интерференции, т. е. торможение иррелевантной информации, и разрешение конфликта [28], отражаются в волнах ПСС.

Волны N2 и N450. Под детекцией конфликта понимается процесс мониторинга наличия конфликтующей информации (интерференции) [28]. Его основная функция – передача информации о наличии конфликта в системы, обеспечивающие компенсаторную корректировку поведения [29].

Большинство исследователей разделяет процессы детекции конфликта и преодоления интерференции, полагая, что они обеспечива-

ются разными анатомическими структурами и отражаются в различных волнах ПСС. Считается, что в детекции конфликта ключевую роль играет передняя поясная кора (ППК), тогда как подавление иррелевантной информации обеспечивается дорсолатеральной префронтальной корой (ПФК) [30]. Другие авторы показали, что ППК активируется в состоянии детекции конфликта, а дорсолатеральная ПФК – при реализации процессов контроля [31]. Ряд исследований, проведенных с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ), подтвердил ключевую роль ППК в оценке результата действия [26], а также в контроле внимания [32].

Предполагается, что лобно-центральная волна ПСС N2 отражает процесс детекции конфликта [33]. Она регистрируется при выполнении задач, включающих наличие интерферирующей информации (таких как тест Струпа, тест Эриксона и Go/NoGo-тест), основные генераторы этой волны располагаются в медиальной лобной коре, точнее в ППК [34]. Эта же область вовлечена в детекцию ошибок [35], которую рассматривают как детекцию конфликта между правильным и неправильным (или ожидаемым и реальным) ответами [35, 36].

Исследования показывают, что амплитуда волны N2 зависит от силы интерференции, вызванной стимулом, а также от уровня внимания к второстепенной информации. В ряде работ была обнаружена положительная корреляция амплитуды N2 и времени реакции испытуемого на неконгруэнтные стимулы, что можно трактовать как связь силы конфликта и поведенческих реакций [36].

Устойчивость к влиянию отвлекающих стимулов – это способность игнорировать внешнюю информацию, которая не относится к задаче и может помешать ее выполнению [37]. фМРТ-исследования показывают активацию дорсолатеральной ПФК в задачах, требующих подавления такой иррелевантной информации [38], в т. ч. в тесте Струпа. При анализе ПСС этот процесс часто связывают с характеристиками волны N450 и поздним

устойчивым потенциалом, генераторы которых, по разным оценкам, располагаются в ППК [39] и/или ПФК [40].

Волна N450 (или N400) наблюдалась в задних отделах коры головного мозга с пиковой латентностью около 450 мс после предъявления стимула в задачах, требующих когнитивного контроля и содержащих вербальные стимулы [28]. Амплитуда волны N450 увеличивалась в неконгруэнтных пробах теста Струпа [36], что коррелирует с ростом времени реакции. Предполагается, что подобные изменения связаны с большей сложностью задачи при необходимости реагировать на неконгруэнтные стимулы, создающие конфликт между двумя типами информации. Эту гипотезу подтверждают данные о том, что амплитуда волны N450 увеличивается при усилении конфликта [36].

Исследования области генерации волны N450 установили, что различие между конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами локализуется в ППК и ПФК [40].

В недавней работе было показано, что при выполнении модификации теста Струпа с разделением конфликтов в сенсорной и моторной системах, наблюдаются две волны N450: одна локализуется в лобно-центральной области, а вторая – в левой теменно-затылочной коре [6]. На основании этих результатов было сделано предположение, что волна N450 отражает оба вида конфликта.

Волна P300 (P3). Эта волна регистрируется над центрально-теменной корой при выполнении различных когнитивных задач, и ее связывают с процессами принятия решений [41]. P300 разделяют на два разных подтипа: P3a, который возникает немного раньше и имеет лобно-центральную топографию, и P3b, который возникает позже и имеет центрально-теменное распределение. Волну P3a соотносят с процессами внимания к стимулу и детекцией изменения его параметров [41], а функциональная роль волны P3b до сих пор однозначно не определена. Исследователями был предложен ряд гипотез о функциональном значении этой

волны, но в последнее время приоритет отдается предположению о том, что она отражает активацию связи стимул-реакция [42]. Данные о локализации источника P300 являются спорными, в разных работах его связывают с лобной, теменной, височной, а также теменно-затылочной областями коры [43].

В тесте Струпа амплитуда волны P3b выше в ответ на конгруэнтные, чем на неконгруэнтные стимулы, т. к. амплитуда этой волны уменьшается по мере усложнения задачи, снижение величины P3b при неконгруэнтных стимулах может отражать большую сложность в их оценке и классификации [22]. Однако в ряде работ были получены противоположные результаты, и амплитуда волны P3 была выше в ответ на неконгруэнтные стимулы [33]. Авторы предположили, что волна P3 может отражать процесс разрешения конфликта, например при наличии выбора из нескольких вариантов двигательного ответа.

Поздний устойчивый потенциал. В электроэнцефалографических исследованиях с использованием теста Струпа авторы описывают позднюю негативную волну ПСС, наблюдаемую в лобно-центральных отведениях в интервале 550–800 мс после начала предъявления стимула, которую назвали поздним устойчивым потенциалом (late sustained potential) или поздним позитивным комплексом (late positive complex) [44]. В некоторых работах также была описана центрально-теменная позитивная волна, наблюдаемая при сравнении конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов [33]. Эти волны разные авторы связывали с процессами вовлечения в действие, разрешения конфликта, реактивации семантического значения слов после разрешения конфликта, а также с выбором ответа [28].

Локализация источника поздней негативности исследована недостаточно, но есть некоторые данные о расположении его основных генераторов в средней или нижней лобной извилине и экстрастриарной коре [32]. Предполагается, что левая средняя лобная извилина и экстрастриарная кора реагируют на наличие

конфликта как такового, в то время как правая средняя лобная извилина может быть чувствительна к конфликту, возникающему из-за менее существенной информации (например, цвет слова), и участвовать в разрешении конфликта [32].

Доказано, что амплитуды волн N2 и P3 зависят от того, конгруэнтным или неконгруэнтным был предыдущий стимул. Например, в исследовании [36] установлено снижение амплитуды N2 на неконгруэнтный стимул, следующий после неконгруэнтного стимула, что может отражать усиление модуляции когнитивного контроля после предъявления неконгруэнтных стимулов. В других работах было показано, что влияние конгруэнтности на амплитуду P3 становится меньше в стимулах, предъявляемых после неконгруэнтного стимула, чем после конгруэнтного. Влияние конгруэнтности предыдущего стимула также было выявлено для амплитуды поздней устойчивой волны [45]. В рамках теории мониторинга конфликта системой когнитивного контроля такие изменения считаются следствием адаптации к конфликту [36].

Потенциал готовности. Еще одна волна ПСС, которая может наблюдаться при выполнении теста Струпа, – латерализованный потенциал готовности (lateralized readiness potential) [46]. Эта волна как таковая не связана с обработкой неконгруэнтных стимулов, а скорее отражает процесс подготовки двигательной реакции [47]. Потенциал готовности представляет собой разницу между ПСС на стимулы, на которые испытуемый нажимал на кнопку левой рукой, и ПСС на стимулы, которые нажимал правой рукой, и наблюдается в латеральных центральных отведениях. По данным фМРТ-исследований, активность, соответствующая потенциалу готовности, генерируется в моторных областях, таких как дополнительная моторная кора [48].

Было показано, что в тесте Эриксона потенциал готовности после предъявления неконгруэнтных стимулов появляется позже, чем после конгруэнтных. Кроме того, латентность по-

тенциала готовности увеличивалась в модификациях теста Струпа с большим количеством вариантов моторного ответа [47]. Было предположено, что наличие интерференции приводит к задержке подготовки ответа, а увеличение количества возможных реакций интерференцию усиливает.

Заключение. Несмотря на большое количество исследований, функциональное значение волн ПСС остается неоднозначным [28]. Это связано с некоторыми различиями в идентификации волн ПСС и, соответственно, со смыслом, который им приписывается.

Тем не менее стоит отметить широкую область использования тестов Струп-парадигмы в целом. Это и психиатрия, в частности оценка когнитивных нарушений при аффективных и невротических расстройствах [49], шизофрении [50, 51] и депрессии [52]; и другие области медицины, такие как кардиология [53], неврология [7, 54], эндокринология [55], онкология [56], ортопедия [57].

Также тест Струпа – наиболее часто используемая методика для оценки различных аспектов функций управления действиями, таких как избирательное внимание, когнитивная гибкость (способность к быстрому переключению между разными видами умственных операций), устойчивость к влиянию отвлекающей информации и подавление ненужных действий [7], способность к переключению внимания [58], а также диагностики аффективных нарушений при различных психических расстройствах и психопатологиях [21].

Обобщая проанализированные литературные данные, можно заключить, что, несмотря на значительное количество существующих психофизических и нейрофизиологических исследований, вопрос о мозговых механизмах когнитивного контроля при решении задач, вызывающих когнитивный конфликт, остается открытым. Также можно сделать вывод, что нейропсихологический смысл волн ПСС которые регистрируются в подобных тестах, пока до конца не изучен. В связи с вышесказанным остается актуальным вопрос о продолжении

исследований мозговых механизмов эффекта Струпа и их возможных интерпретаций. По-прежнему значительный научный интерес вызывает влияние разных типов конкурирующей информации на психофизиологические показатели при выполнении теста Струпа, в т. ч. при изменении силы конфликта. Например, было показано, что эффект Струпа при использовании вербальных стимулов зависит

от уровня владения языком, на котором написаны слова [59], однако в более поздних публикациях таких различий выявлено не было [5, 60]. Кроме того, одной из недавних работ [5] было доказано, что эффект Струпа возникает даже в том случае, если слова-стимулы принадлежат к иностранному языку, которого испытуемый не знает, и были выучены незадолго до исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Kahneman D. Attention and Effort. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973. 246 p.
2. Shen C., Jiang Q., Luo Y., Long J., Tai X., Liu S. Stroop Interference in Children with Developmental Dyslexia: An Event-Related Potentials Study // *Medicine (Baltimore)*. 2021. Vol. 100, № 25. Art. № e26464. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026464>
3. Li Z., Yang G., Wu H., Li Q., Xu H., Göschl F., Nolte G., Liu X. Modality-Specific Neural Mechanisms of Cognitive Control in a Stroop-Like Task // *Brain Cogn.* 2021. Vol. 147. Art. № 105662. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105662>
4. Huang B., Chen C. Stroop N450 Reflects Both Stimulus Conflict and Response Conflict // *Neuroreport*. 2020. Vol. 31, № 12. P. 851–856. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001454>
5. Šaban I., Schmidt J.R. Stimulus and Response Conflict from a Second Language: Stroop Interference in Weakly-Bilingual and Recently-Trained Languages // *Acta Psychol. (Amst.)*. 2021. Vol. 218. Art. № 103360. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103360>
6. Killian G. The Stroop Color-Word Interference Test // *Test Critiques* / ed. by D. Keyser, R. Sweetland. Vol 2. Kansas City: Test Corporation of America, 1985. P. 751–758.
7. Ramos-Goicoa M., Galdo-Álvarez S., Díaz F., Zurrón M. Effect of Normal Aging and of Mild Cognitive Impairment on Event-Related Potentials to a Stroop Color-Word Task // *J. Alzheimers Dis.* 2016. Vol. 52, № 4. P. 1487–1501. <https://doi.org/10.3233/JAD-151031>
8. Стародубцев А.С., Аллахвердов М.В. Влияние установки о наличии конфликтных стимулов в тесте Струпа на величину интерференции // *Вестн. С.-Петербург. ун-та. Психология и педагогика*. 2017. Т. 7, № 2. С. 137–153. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu16.2017.203>
9. Аллахвердов М.В., Стародубцев А.С. Влияние положения дистрактора на эффект Струпа // *Петерб. психол. журн.* 2016. № 17. С. 125–150.
10. Lupker S.J., Katz A.N. Input, Decision, and Response Factors in Picture–Word Interference // *J. Exp. Psychol. Hum. Learn. Mem.* 1981. Vol. 7, № 4. P. 269–282. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.7.4.269>
11. Steinhauser M., Hübner R. Distinguishing Response Conflict and Task Conflict in the Stroop Task: Evidence from Ex-Gaussian Distribution Analysis // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 2009. Vol. 35, № 5. P. 1398–1412. <https://doi.org/10.1037/a0016467>
12. Аллахвердов В.М., Аллахвердов М.В. Феномен Струпа: интерференция как логический парадокс // *Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 16: Психология. Педагогика*. 2014. № 4. С. 90–102.
13. Roelofs A. A Unified Computational Account of Cumulative Semantic, Semantic Blocking, and Semantic Distractor Effects in Picture Naming // *Cognition*. 2018. Vol. 172. P. 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.12.007>
14. Blais C., Besner D. A Reverse Stroop Effect Without Translation or Reading Difficulty // *Psychon. Bull. Rev.* 2007. Vol. 14, № 3. P. 466–469. <https://doi.org/10.3758/bf03194090>

15. Logan G.D., Zbrodoff N.J., Williamson J. Strategies in the Color–Word Stroop Task // *Bul. Psychon. Soc.* 1984. Vol. 22. P. 135–138. <https://doi.org/10.3758/BF03333784>
16. Simon J.R., Ruddell A.P. Auditory S-R Compatibility: The Effect of an Irrelevant Cue on Information Processing // *J. Appl. Psychol.* 1967. Vol. 51, № 3. P. 300–304. <https://doi.org/10.1037/h0020586>
17. Eriksen B.A., Eriksen C.W. Effects of Noise Letters upon the Identification of a Target Letter in a Nonsearch Task // *Percept. Psychophys.* 1974. Vol. 16. P. 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
18. Long B., Konkle T. A Familiar-Size Stroop Effect in the Absence of Basic-Level Recognition // *Cognition*. 2017. Vol. 168. P. 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.06.025>
19. Gajewski P.D., Falkenstein M., Thönes S., Wascher E. Stroop Task Performance Across the Lifespan: High Cognitive Reserve in Older Age Is Associated with Enhanced Proactive and Reactive Interference Control // *Neuroimage*. 2020. Vol. 207. Art. № 116430. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116430>
20. De Houwer J. On the Role of Stimulus-Response and Stimulus-Stimulus Compatibility in the Stroop Effect // *Mem. Cognit.* 2003. Vol. 31, № 3. P. 353–359. <https://doi.org/10.3758/BF03194393>
21. Killikelly C., Szűcs D. Asymmetry in Stimulus and Response Conflict Processing Across the Adult Lifespan: ERP and EMG Evidence // *Cortex*. 2013. Vol. 49, № 10. P. 2888–2903. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.08.017>
22. Wang W., Qi M., Gao H. An ERP Investigation of the Working Memory Stroop Effect // *Neuropsychologia*. 2021. Vol. 152. Art. № 107752. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107752>
23. Straub E.R., Schmidts C., Kunde W., Zhang J., Kiesel A., Dignath D. Limitations of Cognitive Control on Emotional Distraction – Congruency in the Color Stroop Task Does Not Modulate the Emotional Stroop Effect // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2022. Vol. 22, № 1. P. 21–41. <https://doi.org/10.3758/s13415-021-00935-4>
24. Ikeda S. Influence of Color on Emotion Recognition Is Not Bidirectional: An Investigation of the Association Between Color and Emotion Using a Stroop-Like Task // *Psychol. Rep.* 2020. Vol. 123, № 4. P. 1226–1239. <https://doi.org/10.1177/0033294119850480>
25. Smolker H.R., Wang K., Luciana M., Bjork J.M., Gonzalez R., Barch D.M., McGlade E.C., Kaiser R.H., Friedman N.P., Hewitt J.K., Banich M.T. The Emotional Word-Emotional Face Stroop Task in the ABCD Study: Psychometric Validation and Associations with Measures of Cognition and Psychopathology // *Dev. Cogn. Neurosci.* 2022. Vol. 53. Art. № 101054. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.101054>
26. Sharma V.V., Thaut M., Russo F., Alain C. Absolute Pitch and Musical Expertise Modulate Neuro-Electric and Behavioral Responses in an Auditory Stroop Paradigm // *Front. Neurosci.* 2019. Vol. 13. Art. № 932. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00932>
27. Tarai S., Srinivasan N. Emotional Prosody Stroop Effect in Hindi: An Event Related Potential Study // *Prog. Brain. Res.* 2019. Vol. 247. P. 193–217. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2019.04.003>
28. Heidlmayr K., Kihlstedt M., Isel F. A Review on the Electroencephalography Markers of Stroop Executive Control Processes // *Brain Cogn.* 2020. Vol. 146. Art. № 105637. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105637>
29. Botvinick M.M., Braver T.S., Barch D.M., Carter C.S., Cohen J.D. Conflict Monitoring and Cognitive Control // *Psychol. Rev.* 2001. Vol. 108, № 3. P. 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.3.624>
30. Carter C.S., van Veen V. Anterior Cingulate Cortex and Conflict Detection: An Update of Theory and Data // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2007. Vol. 7, № 4. P. 367–379. <https://doi.org/10.3758/cabn.7.4.367>
31. Song S., Zilverstand A., Song H., d'Oleire Uquillas F., Wang Y., Xie C., Cheng L., Zou Z. The Influence of Emotional Interference on Cognitive Control: A Meta-Analysis of Neuroimaging Studies Using the Emotional Stroop Task // *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7, № 1. Art. № 2088. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02266-2>
32. West R. Neural Correlates of Cognitive Control and Conflict Detection in the Stroop and Digit-Location Tasks // *Neuropsychologia*. 2003. Vol. 41, № 8. P. 1122–1135. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(02\)00297-x](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(02)00297-x)
33. Coderre E., Conklin K., van Heuven W.J.B. Electrophysiological Measures of Conflict Detection and Resolution in the Stroop Task // *Brain Res.* 2011. Vol. 21, № 1413. P. 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.07.017>
34. Kropotov J.D., Pronina M.V., Ponomarev V.A., Poliakov Y.I., Plotnikova I.V., Mueller A. Latent ERP Components of Cognitive Dysfunctions in ADHD and Schizophrenia // *Clin. Neurophysiol.* 2019. Vol. 130, № 4. P. 445–453. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.01.015>
35. Gawłowska M., Domagalik A., Beldzik E., Marek T., Mojsa-Kaja J. Dynamics of Error-Related Activity in Deterministic Learning – an EEG and fMRI Study // *Sci. Rep.* 2018. Vol. 8, № 1. Art. № 14617. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32995-x>

36. Larson M.J., Clayson P.E., Clawson A. Making Sense of All the Conflict: A Theoretical Review and Critique of Conflict-Related ERPs // *Int. J. Psychophysiol.* 2014. Vol. 93, № 3. P. 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.06.007>
37. Friedman N.P., Miyake A. The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis // *J. Exp. Psychol. Gen.* 2004. Vol. 133, № 1. P. 101–135. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>
38. Chen Z., Lei X., Ding C., Li H., Chen A. The Neural Mechanisms of Semantic and Response Conflicts: An fMRI Study of Practice-Related Effects in the Stroop Task // *Neuroimage.* 2013. Vol. 66. P. 577–584. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.10.028>
39. Markela-Lerenc J., Ille N., Kaiser S., Fiedler P., Mundt C., Weisbrod M. Prefrontal-Cingulate Activation During Executive Control: Which Comes First? // *Cogn. Brain Res.* 2004. Vol. 18, № 3. P. 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.10.013>
40. Bruchmann M., Herper K., Konrad C., Pantev C., Huster R.J. Individualized EEG Source Reconstruction of Stroop Interference with Masked Color Words // *Neuroimage.* 2010. Vol. 49, № 2. P. 1800–1809. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.032>
41. Polich J. Updating P300: An Integrative Theory of P3a and P3b // *Clin. Neurophysiol.* 2007. Vol. 118, № 10. P. 2128–2148. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
42. Verleger R. Effects of Relevance and Response Frequency on P3b Amplitudes: Review of Findings and Comparison of Hypotheses About the Process Reflected by P3b // *Psychophysiology.* 2020. Vol. 57, № 7. Art. № e13542. <https://doi.org/10.1111/psyp.13542>
43. Overbye K., Walhovd K.B., Fjell A.M., Tamnes C.K., Huster R.J. Electrophysiological and Behavioral Indices of Cognitive Conflict Processing Across Adolescence // *Dev. Cogn. Neurosci.* 2021. Vol. 48. Art. № 100929. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100929>
44. Heidlmayr K., Hemforth B., Moutier S., Isel F. Neurodynamics of Executive Control Processes in Bilinguals: Evidence from ERP and Source Reconstruction Analyses // *Front. Psychol.* 2015. Vol. 6. Art. № 821. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00821>
45. Larson M.J., Clayson P.E., Kirwan C.B., Weissman D.H. Event-Related Potential Indices of Congruency Sequence Effects Without Feature Integration or Contingency Learning Confounds // *Psychophysiology.* 2016. Vol. 53, № 6. P. 814–822. <https://doi.org/10.1111/psyp.12625>
46. Coles M.G., Gratton G., Donchin E. Detecting Early Communication: Using Measures of Movement-Related Potentials to Illuminate Human Information Processing // *Biol. Psychol.* 1988. Vol. 26, № 1-3. P. 69–89. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(88\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0301-0511(88)90014-2)
47. Donohue S.E., Appelbaum L.G., McKay C.C., Woldorff M.G. The Neural Dynamics of Stimulus and Response Conflict Processing as a Function of Response Complexity and Task Demands // *Neuropsychologia.* 2016. Vol. 84. P. 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.035>
48. Sakata H., Itoh K., Suzuki Y., Nakamura K., Watanabe M., Igarashi H., Nakada T. Slow Accumulations of Neural Activities in Multiple Cortical Regions Precede Self-Initiation of Movement: An Event-Related fMRI Study // *eNeuro.* 2017. Vol. 4, № 5. Art. № ENEURO.0183-17.2017. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0183-17.2017>
49. Joyal M., Wensing T., Lévassieur-Moreau J., Leblond J., Sack A.T., Fecteau S. Characterizing Emotional Stroop Interference in Posttraumatic Stress Disorder, Major Depression and Anxiety Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis // *PLoS One.* 2019. Vol. 14, № 4. Art. № e0214998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214998>
50. Popov T., Kustermann T., Popova P., Miller G.A., Rockstroh B. Oscillatory Brain Dynamics Supporting Impaired Stroop Task Performance in Schizophrenia-Spectrum Disorder // *Schizophr. Res.* 2019. Vol. 204. P. 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.08.026>
51. Salgado-Pineda P., Rodríguez-Jiménez R., Moreno-Ortega M., Dompablo M., Martínez de Aragón A., Salvador R., McKenna P.J., Pomarol-Clotet E., Palomo T. Activation and Deactivation Patterns in Schizophrenia During Performance of an fMRI Adapted Version of the Stroop Task // *J. Psychiatr. Res.* 2021. Vol. 144. P. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.09.039>
52. Ros L., Satorres E., Fernández-Aguilar L., Delhom I., López-Torres J., Latorre J.M., Melendez J.C. Differential Effects of Faces and Words in Cognitive Control in Older Adults with and Without Major Depressive Disorder: An Emotional Stroop Task Study // *Appl. Neuropsychol. Adult.* 2023. Vol. 30, № 2. P. 239–248. <https://doi.org/10.1080/2379095.2021.1927037>

53. Aliyeva N., Yozgat Y., Bakhshaliyev N., Afshord T.Z., Yozgat C.Y., Kilicoglu A.G. Evaluation of Executive Functions in Children with Rheumatic Heart Diseases // *Pediatr. Int.* 2022. Vol. 64, № 1. Art. № e15035. <https://doi.org/10.1111/ped.15035>

54. Bo W., Lei M., Tao S., Jie L.T., Qian L., Lin F.Q., Ping W.X. Effects of Combined Intervention of Physical Exercise and Cognitive Training on Cognitive Function in Stroke Survivors with Vascular Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial // *Clin. Rehabil.* 2019. Vol. 33, № 1. P. 54–63. <https://doi.org/10.1177/0269215518791007>

55. Yin J., Xie L., Luo D., Huang J., Guo R., Zheng Y., Xu W., Duan S., Lin Z., Ma S. Changes of Structural and Functional Attention Control Networks in Subclinical Hypothyroidism // *Front. Behav. Neurosci.* 2021. Vol. 15. Art. № 725908. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.725908>

56. Tarantino V., Visalli A., Facchini S., Rossato C., Bertoldo A., Silvestri E., Cecchin D., Capizzi M., Anglani M., Baro V., Denaro L., Della Puppa A., D'Avella D., Corbetta M., Vallesi A. Impaired Cognitive Control in Patients with Brain Tumors // *Neuropsychologia*. 2022. Vol. 169. Art. № 108187. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108187>

57. Политов М.Е., Штайнмец А.А., Красносельский М.Я., Бастрикин С.Ю., Буланова Е.Л., Овечкин А.М. Сравнительный анализ методов оценки когнитивной дисфункции в периоперационном периоде у пациентов пожилого возраста после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов // *Рос. мед. журн.* 2015. Т. 21, № 3. С. 20–25.

58. Kiesel A., Steinhauser M., Wendt M., Falkenstein M., Jost K., Philipp A.M., Koch I. Control and Interference in Task Switching: A Review // *Psychol. Bull.* 2010. Vol. 136, № 5. P. 849–874. <https://doi.org/10.1037/a0019842>

59. Braet W., Noppe N., Wagemans J., Op de Beeck H. Increased Stroop Interference with Better Second-Language Reading Skill // *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*. 2011. Vol. 64, № 3. P. 596–607. <https://doi.org/10.1080/17470218.2010.513735>

60. Šaban I., Schmidt J.R. Interlinguistic Conflict: Word-Word Stroop with First and Second Language Colour Words // *Cogn. Process.* 2022. Vol. 23, № 4. P. 619–636. <https://doi.org/10.1007/s10339-022-01105-1>

References

1. Kahneman D. *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, 1973. 246 p.
2. Shen C., Jiang Q., Luo Y., Long J., Tai X., Liu S. Stroop Interference in Children with Developmental Dyslexia: An Event-Related Potentials Study. *Medicine (Baltimore)*, 2021, vol. 100, no. 25. Art. no. e26464. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026464>
3. Li Z., Yang G., Wu H., Li Q., Xu H., Göschl F., Nolte G., Liu X. Modality-Specific Neural Mechanisms of Cognitive Control in a Stroop-Like Task. *Brain Cogn.*, 2021, vol. 147. Art. no. 105662. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105662>
4. Huang B., Chen C. Stroop N450 Reflects Both Stimulus Conflict and Response Conflict. *Neuroreport*, 2020, vol. 31, no. 12, pp. 851–856. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001454>
5. Šaban I., Schmidt J.R. Stimulus and Response Conflict from a Second Language: Stroop Interference in Weakly-Bilingual and Recently-Trained Languages. *Acta Psychol. (Amst.)*, 2021, vol. 218. Art. no. 103360. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103360>
6. Killian G. The Stroop Color-Word Interference Test. Keyser D., Sweetland R. (eds.). *Test Critiques*. Vol. 2. Kansas City, 1985, pp. 751–758.
7. Ramos-Goicoa M., Galdo-Álvarez S., Díaz F., Zurrón M. Effect of Normal Aging and of Mild Cognitive Impairment on Event-Related Potentials to a Stroop Color-Word Task. *J. Alzheimers Dis.*, 2016, vol. 52, no. 4, pp. 1487–1501. <https://doi.org/10.3233/JAD-151031>
8. Starodubcev A.S., Allakhverdov M.V. Influence of Expectation of Conflict Stimuli on Stroop Effect. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Psikhologiya i pedagogika*, 2017, vol. 7, no. 2, pp. 137–153 (in Russ.). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu16.2017.203>
9. Allakhverdov M.V., Starodubtsev A.S. Vliyanie polozheniya distraktora na effekt Strupa [Influence of Distracter's Location on Stroop Interference]. *Peterburgskiy psikhologicheskij zhurnal*, 2016, no. 17, pp. 125–150.
10. Lupker S.J., Katz A.N. Input, Decision, and Response Factors in Picture–Word Interference. *J. Exp. Psychol. Hum. Learn. Mem.*, 1981, vol. 7, no. 4, pp. 269–282. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.7.4.269>
11. Steinhauser M., Hübner R. Distinguishing Response Conflict and Task Conflict in the Stroop Task: Evidence from Ex-Gaussian Distribution Analysis. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 2009, vol. 35, no. 5, pp. 1398–1412. <https://doi.org/10.1037/a0016467>

12. Allakhverdov V.M., Allakhverdov M.V. Fenomen Strupa: interferentsiya kak logicheskiy paradoks [Stroop Effect: Interference as a Logic Paradox]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 16: Psikhologiya. Pedagogika*, 2014, no. 4, pp. 90–102.
13. Roelofs A. A Unified Computational Account of Cumulative Semantic, Semantic Blocking, and Semantic Distractor Effects in Picture Naming. *Cognition*, 2018, vol. 172, pp. 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.12.007>
14. Blais C., Besner D. A Reverse Stroop Effect Without Translation or Reading Difficulty. *Psychon. Bull. Rev.*, 2007, vol. 14, no. 3, pp. 466–469. <https://doi.org/10.3758/bf03194090>
15. Logan G.D., Zbrodoff N.J., Williamson J. Strategies in the Color–Word Stroop Task. *Bull. Psychon. Soc.*, 1984, vol. 22, pp. 135–138. <https://doi.org/10.3758/BF03333784>
16. Simon J.R., Ruddell A.P. Auditory S-R Compatibility: The Effect of an Irrelevant Cue on Information Processing. *J. Appl. Psychol.*, 1967, vol. 51, no. 3, pp. 300–304. <https://doi.org/10.1037/h0020586>
17. Eriksen B.A., Eriksen C.W. Effects of Noise Letters upon the Identification of a Target Letter in a Nonsearch Task. *Percept. Psychophys.*, 1974, vol. 16, pp. 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
18. Long B., Konkle T. A Familiar-Size Stroop Effect in the Absence of Basic-Level Recognition. *Cognition*, 2017, vol. 168, pp. 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.06.025>
19. Gajewski P.D., Falkenstein M., Thönes S., Wascher E. Stroop Task Performance Across the Lifespan: High Cognitive Reserve in Older Age Is Associated with Enhanced Proactive and Reactive Interference Control. *Neuroimage*, 2020, vol. 207. Art. no. 116430. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116430>
20. De Houwer J. On the Role of Stimulus-Response and Stimulus-Stimulus Compatibility in the Stroop Effect. *Mem. Cognit.*, 2003, vol. 31, no. 3, pp. 353–359. <https://doi.org/10.3758/BF03194393>
21. Killikelly C., Szűcs D. Asymmetry in Stimulus and Response Conflict Processing Across the Adult Lifespan: ERP and EMG Evidence. *Cortex*, 2013, vol. 49, no. 10, pp. 2888–2903. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.08.017>
22. Wang W., Qi M., Gao H. An ERP Investigation of the Working Memory Stroop Effect. *Neuropsychologia*, 2021, vol. 152. Art. no. 107752. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107752>
23. Straub E.R., Schmidts C., Kunde W., Zhang J., Kiesel A., Dignath D. Limitations of Cognitive Control on Emotional Distraction – Congruency in the Color Stroop Task Does Not Modulate the Emotional Stroop Effect. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 21–41. <https://doi.org/10.3758/s13415-021-00935-4>
24. Ikeda S. Influence of Color on Emotion Recognition Is Not Bidirectional: An Investigation of the Association Between Color and Emotion Using a Stroop-Like Task. *Psychol. Rep.*, 2020, vol. 123, no. 4, pp. 1226–1239. <https://doi.org/10.1177/0033294119850480>
25. Smolker H.R., Wang K., Luciana M., Bjork J.M., Gonzalez R., Barch D.M., McGlade E.C., Kaiser R.H., Friedman N.P., Hewitt J.K., Banich M.T. The Emotional Word-Emotional Face Stroop Task in the ABCD Study: Psychometric Validation and Associations with Measures of Cognition and Psychopathology. *Dev. Cogn. Neurosci.*, 2022, vol. 53. Art. no. 101054. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.101054>
26. Sharma V.V., Thaut M., Russo F., Alain C. Absolute Pitch and Musical Expertise Modulate Neuro-Electric and Behavioral Responses in an Auditory Stroop Paradigm. *Front. Neurosci.*, 2019, vol. 13. Art. no. 932. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00932>
27. Tarai S., Srinivasan N. Emotional Prosody Stroop Effect in Hindi: An Event Related Potential Study. *Prog. Brain Res.*, 2019, vol. 247, pp. 193–217. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2019.04.003>
28. Heidlmayr K., Kihlstedt M., Isel F. A Review on the Electroencephalography Markers of Stroop Executive Control Processes. *Brain Cogn.*, 2020, vol. 146. Art. no. 105637. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105637>
29. Botvinick M.M., Braver T.S., Barch D.M., Carter C.S., Cohen J.D. Conflict Monitoring and Cognitive Control. *Psychol. Rev.*, 2001, vol. 108, no. 3, pp. 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.3.624>
30. Carter C.S., van Veen V. Anterior Cingulate Cortex and Conflict Detection: An Update of Theory and Data. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, 2007, vol. 7, no. 4, pp. 367–379. <https://doi.org/10.3758/cabn.7.4.367>
31. Song S., Zilverstand A., Song H., d'Oleire Uquillas F., Wang Y., Xie C., Cheng L., Zou Z. The Influence of Emotional Interference on Cognitive Control: A Meta-Analysis of Neuroimaging Studies Using the Emotional Stroop Task. *Sci. Rep.*, 2017, vol. 7, no. 1. Art. no. 2088. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02266-2>
32. West R. Neural Correlates of Cognitive Control and Conflict Detection in the Stroop and Digit-Location Tasks. *Neuropsychologia*, 2003, vol. 41, no. 8, pp. 1122–1135. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(02\)00297-x](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(02)00297-x)

33. Coderre E., Conklin K., van Heuven W.J.B. Electrophysiological Measures of Conflict Detection and Resolution in the Stroop Task. *Brain Res.*, 2011, vol. 21, no. 1413, pp. 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.07.017>
34. Kropotov J.D., Pronina M.V., Ponomarev V.A., Poliakov Y.I., Plotnikova I.V., Mueller A. Latent ERP Components of Cognitive Dysfunctions in ADHD and Schizophrenia. *Clin. Neurophysiol.*, 2019, vol. 130, no. 4, pp. 445–453. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.01.015>
35. Gawłowska M., Domagalik A., Beldzik E., Marek T., Mojsa-Kaja J. Dynamics of Error-Related Activity in Deterministic Learning – an EEG and fMRI Study. *Sci. Rep.*, 2018, vol. 8, no. 1. Art. no. 14617. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32995-x>
36. Larson M.J., Clayson P.E., Clawson A. Making Sense of All the Conflict: A Theoretical Review and Critique of Conflict-Related ERPs. *Int. J. Psychophysiol.*, 2014, vol. 93, no. 3, pp. 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.06.007>
37. Friedman N.P., Miyake A. The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis. *J. Exp. Psychol. Gen.*, 2004, vol. 133, no. 1, pp. 101–135. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>
38. Chen Z., Lei X., Ding C., Li H., Chen A. The Neural Mechanisms of Semantic and Response Conflicts: An fMRI Study of Practice-Related Effects in the Stroop Task. *Neuroimage*, 2013, vol. 66, pp. 577–584. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.10.028>
39. Markela-Lerenc J., Ille N., Kaiser S., Fiedler P., Mundt C., Weisbrod M. Prefrontal-Cingulate Activation During Executive Control: Which Comes First? *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, 2004, vol. 18, no. 3, pp. 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.10.013>
40. Bruchmann M., Herper K., Konrad C., Pantev C., Huster R.J. Individualized EEG Source Reconstruction of Stroop Interference with Masked Color Words. *Neuroimage*, 2010, vol. 49, no. 2, pp. 1800–1809. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.032>
41. Polich J. Updating P300: An Integrative Theory of P3a and P3b. *Clin. Neurophysiol.*, 2007, vol. 118, no. 10, pp. 2128–2148. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>
42. Verleger R. Effects of Relevance and Response Frequency on P3b Amplitudes: Review of Findings and Comparison of Hypotheses About the Process Reflected by P3b. *Psychophysiology*, 2020, vol. 57, no. 7. Art. no. e13542. <https://doi.org/10.1111/psyp.13542>
43. Overbye K., Walhovd K.B., Fjell A.M., Tamnes C.K., Huster R.J. Electrophysiological and Behavioral Indices of Cognitive Conflict Processing Across Adolescence. *Dev. Cogn. Neurosci.*, 2021, vol. 48. Art. no. 100929. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100929>
44. Heidlmayr K., Hemforth B., Moutier S., Isel F. Neurodynamics of Executive Control Processes in Bilinguals: Evidence from ERP and Source Reconstruction Analyses. *Front. Psychol.*, 2015, vol. 6. Art. no. 821. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00821>
45. Larson M.J., Clayson P.E., Kirwan C.B., Weissman D.H. Event-Related Potential Indices of Congruency Sequence Effects Without Feature Integration or Contingency Learning Confounds. *Psychophysiology*, 2016, vol. 53, no. 6, pp. 814–822. <https://doi.org/10.1111/psyp.12625>
46. Coles M.G., Gratton G., Donchin E. Detecting Early Communication: Using Measures of Movement-Related Potentials to Illuminate Human Information Processing. *Biol. Psychol.*, 1988, vol. 26, no. 1-3, pp. 69–89. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(88\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0301-0511(88)90014-2)
47. Donohue S.E., Appelbaum L.G., McKay C.C., Woldorff M.G. The Neural Dynamics of Stimulus and Response Conflict Processing as a Function of Response Complexity and Task Demands. *Neuropsychologia*, 2016, vol. 84, pp. 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.035>
48. Sakata H., Itoh K., Suzuki Y., Nakamura K., Watanabe M., Igarashi H., Nakada T. Slow Accumulations of Neural Activities in Multiple Cortical Regions Precede Self-Initiation of Movement: An Event-Related fMRI Study. *eNeuro*, 2017, vol. 4, no. 5. Art. no. ENEURO.0183-17.2017. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0183-17.2017>
49. Joyal M., Wensing T., Lévassieur-Moreau J., Leblond J., Sack A.T., Fecteau S. Characterizing Emotional Stroop Interference in Posttraumatic Stress Disorder, Major Depression and Anxiety Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 4. Art. no. e0214998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214998>
50. Popov T., Kustermann T., Popova P., Miller G.A., Rockstroh B. Oscillatory Brain Dynamics Supporting Impaired Stroop Task Performance in Schizophrenia-Spectrum Disorder. *Schizophr. Res.*, 2019, vol. 204, pp. 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.08.026>

51. Salgado-Pineda P., Rodriguez-Jimenez R., Moreno-Ortega M., Dompablo M., Martínez de Aragón A., Salvador R., McKenna P.J., Pomarol-Clotet E., Palomo T. Activation and Deactivation Patterns in Schizophrenia During Performance of an fMRI Adapted Version of the Stroop Task. *J. Psychiatr. Res.*, 2021, vol. 144, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.09.039>
52. Ros L., Satorres E., Fernández-Aguilar L., Delhom I., López-Torres J., Latorre J.M., Melendez J.C. Differential Effects of Faces and Words in Cognitive Control in Older Adults with and Without Major Depressive Disorder: An Emotional Stroop Task Study. *Appl. Neuropsychol. Adult*, 2023, vol. 30, no. 2, pp. 239–248. <https://doi.org/10.1080/23279095.2021.1927037>
53. Aliyeva N., Yozgat Y., Bakhshaliyev N., Afshord T.Z., Yozgat C.Y., Kilicoglu A.G. Evaluation of Executive Functions in Children with Rheumatic Heart Diseases. *Pediatr. Int.*, 2022, vol. 64, no. 1. Art. no. e15035. <https://doi.org/10.1111/ped.15035>
54. Bo W., Lei M., Tao S., Jie L.T., Qian L., Lin F.Q., Ping W.X. Effects of Combined Intervention of Physical Exercise and Cognitive Training on Cognitive Function in Stroke Survivors with Vascular Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Clin. Rehabil.*, 2019, vol. 33, no. 1, pp. 54–63. <https://doi.org/10.1177/0269215518791007>
55. Yin J., Xie L., Luo D., Huang J., Guo R., Zheng Y., Xu W., Duan S., Lin Z., Ma S. Changes of Structural and Functional Attention Control Networks in Subclinical Hypothyroidism. *Front. Behav. Neurosci.*, 2021, vol. 15. Art. no. 725908. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.725908>
56. Tarantino V., Visalli A., Facchini S., Rossato C., Bertoldo A., Silvestri E., Cecchin D., Capizzi M., Anglani M., Baro V., Denaro L., Della Puppa A., D'Avella D., Corbetta M., Vallesi A. Impaired Cognitive Control in Patients with Brain Tumors. *Neuropsychologia*, 2022, vol. 169. Art. no. 108187. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108187>
57. Politov M.E., Shtaynmets A.A., Krasnosel'skiy M.Ya., Bastrikin S.Yu., Bulanova E.L., Ovechkin A.M. Sravnitel'nyy analiz metodov otsenki kognitivnoy disfunktsii v perioperatsionnom periode u patsientov pozhilogo vozrasta posle endoprotezirovaniya tazobedrennogo i kolennogo sustavov [The Comparative Analysis of Methods of Evaluation of Cognitive Dysfunction in Peri-Operational Period in Patients of Elder Age After Endoprosthesis Replacement of Hip and Knee Joints]. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal*, 2015, vol. 21, no. 3, pp. 20–25.
58. Kiesel A., Steinhauser M., Wendt M., Falkenstein M., Jost K., Philipp A.M., Koch I. Control and Interference in Task Switching: A Review. *Psychol. Bull.*, 2010, vol. 136, no. 5, pp. 849–874. <https://doi.org/10.1037/a0019842>
59. Braet W., Noppe N., Wagemans J., Op de Beeck H. Increased Stroop Interference with Better Second-Language Reading Skill. *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*, 2011, vol. 64, no. 3, pp. 596–607. <https://doi.org/10.1080/17470218.2010.513735>
60. Šaban I., Schmidt J.R. Interlinguistic Conflict: Word-Word Stroop with First and Second Language Colour Words. *Cogn. Process.*, 2022, vol. 23, no. 4, pp. 619–636. <https://doi.org/10.1007/s10339-022-01105-1>

Поступила в редакцию 02.05.2023 / Одобрена после рецензирования 06.12.2023 / Принята к публикации 08.12.2023.
Submitted 2 May 2023 / Approved after reviewing 6 December 2023 / Accepted for publication 8 December 2023.