

УДК 159.953

<https://doi.org/10.33791/2222-4408-2025-1-43-53>

Современные представления о механизмах зрительной памяти (обзор литературы)

С.И. Рычкова^{1,2,*}, Н.И. Курышева², А.Б. Лавер², А.И. Толмачева³

¹ ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» РАН, 127051, Российская Федерация, г. Москва, Большой Каретный пер., д. 19

² Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России,

123098, Российская Федерация, г. Москва, ул. Гамалеи, д. 15

³ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России,

117513, Российская Федерация, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1

* e-mail: lana.rych@mail.ru

Резюме

Актуальность. Память находится в центре любой интеллектуальной деятельности человека: ни одна из психических функций не может быть осуществлена без ее участия. Однако механизмы ее работы еще не до конца ясны. **Цель** – изучение публикаций, посвященных современным представлениям о механизмах зрительной памяти человека для определения перспективных научных направлений в этой области. **Материалы и методы.** Проведен анализ 58 публикаций за последние 15 лет на таких ресурсах, как Google Scholar, PubMed, eLibrary, Crossref Metadata Search. **Результаты.** В обзоре приведены различия долговременной и рабочей зрительной памяти по функциональным свойствам, опирающимся на различные нейронные субстраты (механизм рабочей памяти связан с активностью затылочной и теменной коры, а долговременной памяти – с активностью медиальной височной доли и гиппокампа). Модель организации долговременной зрительной памяти традиционно представляет собой пассивное хранение зрительной информации в течение длительного времени. Современная модель организации рабочей зрительной памяти рассматривается как когнитивный механизм извлечения нужной информации из долговременной памяти и использования для решения той или иной функциональной задачи. При этом обе модели предусматривают взаимодействие нейронов гиперколонок, разных слоев зрительной коры и структур мозжечка для оценки цвета, пространственной локализации объектов и других характеристик зрительной информации. **Заключение.** Несмотря на активные разносторонние и многоплановые исследования последних лет, многие вопросы в области изучения зрительной памяти остаются недостаточно освещенными. Например, одним из перспективных направлений для будущих работ является изучение особенностей функционирования зрительной памяти у пациентов разного возраста с офтальмопатологией, в том числе связанной с поражением центрального отдела зрительного анализатора. **Ключевые слова:** виды зрительной памяти, модели организации зрительной памяти, зрительное восприятие, объем рабочей памяти, нейронные субстраты зрительной памяти, когнитивные потоки

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: авторы не получили финансирования при проведении исследования и написании статьи.

Для цитирования: Рычкова СИ, Курышева НИ, Лавер АБ, Толмачева АИ. Современные представления о механизмах зрительной памяти (обзор литературы). The EYE GLAZ. 2025;27(1):43–53. doi: 10.33791/2222-4408-2025-1-43-53

Поступила: 19.06.2023

Принята после доработки: 26.12.2024

Принята к публикации: 19.01.2025

Опубликована: 30.03.2025

Current perspectives on the mechanisms of visual memory: a literature review

Svetlana I. Rychkova^{1,2,*}, Natalia I. Kuryshcheva², Alexander B. Laver², Alina I. Tolmacheva³

¹ Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, 19, Bolshoy Karetny Lane, Moscow, 127051, Russian Federation

² Medico-biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 15, Gamalei Str., Moscow, 123098, Russian Federation

³ Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova Str., Moscow, 117513, Russian Federation

* e-mail: lana.rych@mail.ru

Abstract

Introduction. Memory is at the core of all intellectual activities; no cognitive function can be performed without its involvement. However, the mechanisms underlying its function remain incompletely understood. **Objective:** to review publications on current perspectives regarding the mechanisms of human visual memory and identify promising directions for future research in this area. **Materials and methods.** A literature analysis was conducted based on 58 publications from the last 15 years, sourced from Google Scholar, PubMed, eLibrary, and Crossref Metadata Search. **Results.** This review highlights the distinctions between long-term and working visual memory based on their functional properties, which rely on different neural substrates. Working memory mechanisms are associated with the activity of the occipital and parietal cortices, while long-term memory is linked to the medial temporal lobe and hippocampus. Traditionally, the organization of long-term visual memory has been modeled as a passive storage system, retaining visual information for extended periods. However, contemporary models of working visual memory describe it as a cognitive mechanism for retrieving necessary information from long-term memory and applying it to functional tasks. Both models emphasize the interaction of hypercolumn neurons, various layers of the visual cortex, and cerebellar structures in evaluating color, spatial localization, and other visual characteristics. **Conclusion.** Despite extensive and multifaceted research in recent years, many aspects of visual memory remain insufficiently explored. One promising direction for future studies is investigating the functioning of visual memory across different age groups in patients with ophthalmic pathology, including conditions affecting the central visual processing system.

Keywords: types of visual memory, models of visual memory organization, visual perception, working memory capacity, neural substrates of visual memory, cognitive processing streams

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: the authors did not receive funding for the research or preparation of this article.

For citation: Rychkova SI, Kuryshva NI, Laver AB, Tolmacheva AI. Current perspectives on the mechanisms of visual memory: a literature review. The EYE GLAZ. 2025;27(1):43–53. doi: 10.33791/2222-4408-2025-1-43-53

Received: 19.06.2023

Accepted after revision: 26.12.2024

Accepted for publication: 19.01.2025

Published: 30.03.2025

Память находится в центре любой интеллектуальной деятельности человека: ни одна из психических функций не может быть осуществлена без ее участия. Память обеспечивает непрерывность работы психических механизмов и объединяет все когнитивные процессы в единое целое. Все, что человек знает и умеет, является результатом способности мозга запоминать и сохранять в памяти чувства, мысли, образы, движения. Память определяет индивидуальные особенности человека и является основой становления личности [1–3].

Согласно определению А.Р. Лурия, память – это «запечатление, сохранение и воспроизведение следов прежнего опыта, дающего человеку возможность накопить информацию и иметь дело со следами прежнего опыта, после того как вызвавшие их явления исчезли. Явления памяти могут в равной мере относиться к эмоциональной сфере и сфере восприятий, к закреплению двигательных процессов и интеллектуального опыта. Все закрепление знаний и навыков и возможность пользоваться ими относится к разделу памяти» [2].

Особое значение имеет память в процессе развития детей. Известно, что у детей дошкольного возраста память работает активнее, чем другие психические процессы, обеспечивая быстрое накопление информации и формирование навыков, необходимых для жизни. При этом большое значение имеет помощь родителей и педагогов для того, чтобы ребенок мог успешно справиться большим объемом информации, научился приемам и способам запоминания. От умения ребенка получать, анализировать, сортировать и использовать накопленную информацию зависит развитие его способностей, успешность обучения, а в будущем и его профессиональная деятельность [1].

Проблема изучения памяти актуальна для разных областей науки о человеке (психологии, нейрофизиологии, медицины, молекулярной биологии, генетики и др.). Кроме того, в последние годы изучение механизмов работы памяти приобретает большое значение и для разработок в области искусственного интеллекта, представляющего собой систему, способную имитировать человеческое поведение для выполнения определенных задач и постепенно обучаться, используя полученную информацию. Найдя широкое применение почти во всех сферах человеческой жизни, искусственный интеллект имеет большой потенциал и в области медицины. В задачах медицинской диагностики и назначения лечения он способен использовать всю доступную ему информацию и анализировать тысячи объектов с огромной скоростью, во много раз превышая возможности человеческого мозга [4].

Между тем, механизмы работы памяти, в том числе зрительной памяти человека, еще не до конца ясны.

В связи с этим **цель** нашей работы – исследование публикаций, посвященных современным представлениям о механизмах зрительной памяти человека для определения перспективных научных направлений в этой области.

Материалы и методы

Проведен анализ 58 публикаций за последние 15 лет на таких ресурсах, как Google Scholar, PubMed, eLibrary, Crossref Metadata Search.

Результаты

Междисциплинарный характер изучения механизмов памяти находит отражение в многочисленных классификациях. Обобщая основные по-

ложения существующих классификаций, можно выделить следующие виды памяти:

1) по времени закрепления и сохранения материала выделяют сенсорную (иконическую), кратковременную, оперативную (рабочую), долговременную, генетическую (наследственную, видовую);

2) по преобладающему анализатору – зрительную, слуховую, осязательную, обонятельную, вкусовую;

3) по характеру целей деятельности – произвольную и произвольную;

4) по способу запоминания – механическую и смысловую;

5) по характеру запоминаемого материала – цветовую, память на числа, на наглядно-образное содержание, на абстрактное содержание, на математические формулы, на лица;

6) по характеру психической активности, преобладающей в деятельности, – двигательную (моторную), эмоциональную, образную, словесно-логическую (смысловую, вербальную) [1, 5–10].

Классифицируя различные виды памяти, специалисты выделяют и соответствующие им нарушения. Например, при некоторых формах амнезии после травмы головы больные помнят само событие, но не помнят обстоятельства, предшествовавшие этому событию или его сопровождавшие [11–13]. При этом и в обычной жизни бывает так, что человек помнит содержание того, что он рассказывал, но кому и когда – забывает. В другой ситуации, например, школьник отчетливо помнит мелкие события, происходившие во время урока, но не может вспомнить его содержание. В некоторых ситуациях найти предмет помогает воспоминание о действиях, когда его использовали в последний раз. Другой вариант – иногда достаточно вспомнить какой-то характерный признак (например, цвет) объекта, чтобы сразу его заметить [12].

В состоянии бодрствования при взаимодействии с внешним миром центральная нервная система получает и анализирует информацию, заслуживающую внимания. Для восприятия новых элементов в памяти должно быстро освобождаться место в то время, как прежняя информация «отодвигается» дальше, в более глубокие отделы памяти. В связи с этим, согласно всем классификациям, выделяют кратковременную, рабочую (оперативную) и долговременную память [1, 11–16].

Сохранение зрительной информации в **кратковременной памяти** ограничено небольшим периодом времени (около 20 с) и небольшим объемом одновременно удерживаемых в памяти элементов (от 5 до 10). Существует еще совсем короткая фаза, называемая сенсорной памятью – удержание информации на уровне рецепторов, составляющая по времени всего 0,3–1,0 с. Некоторые ее формы получили специальные названия: иконическая (зрительная) и эхоическая (слуховая) сенсорная память. Если информация из удержания на рецепторном уровне не переводится в другую форму хранения, то она безвозвратно теряется [17].

В работе R.A. Rensink (2014) были исследованы роль и длительность иконической памяти для разных зрительных стимулов. После фиксации изображения на экране (on-time) его закрывали на короткое время (off-time), чтобы определить – использует ли испытуемый иконическую память для различных частей компьютерного цикла. On-time варьировали между 80 и 200 мс, off-time – между 120 и 240 мс. В результате для определения фиксированной цели off-time могло составлять 240 мс. Для определения меняющейся цели было необходимо увеличивать время наблюдения стимулов на 110 мс. Было сделано заключение, что иконическая память может существовать по меньшей мере 240 мс, но для некоторых зрительных процессов она ограничена 110 мс [17].

У некоторых людей полное сохранение изображения в кратковременной памяти может наблюдаться дольше, даже в течение нескольких минут. Эту способность воспринимать уже прекратившийся стимул как еще существующий, называют «эйдети́змом». Эйдетические способности лучше развиты у детей, чем у взрослых. Например, если ребенку проецируют картинку на экран, а потом ее выключают, он продолжает в течение нескольких секунд, а иногда и минут, воспринимать ее как все еще реально существующую. Такой механизм, очевидно, необходим для поддержания константности изображения при мигании и перемещении взгляда с одного предмета на другой. Взгляд перемещается в пространстве довольно быстро, и возникающая картина все время меняется. Необходим механизм стабилизации изображения для того, чтобы была возможность успеть его проанализировать. Предполагают, что у детей выраженность эйдетической памяти может быть связана с незавершенной миелинизацией нервных волокон [8, 9, 17].

Рабочая зрительная память (visual working memory (VWM)) считается онлайн-системой, которая сохраняет информацию и манипулирует ею в течение короткого периода времени, тогда как **долговременная зрительная память** (visual long-term memory (VLTМ)) обычно определяется как пассивное хранение визуальной информации в течение более длительных периодов времени [10, 18–20].

Несмотря на существующее в классификациях разграничение VWM и VLTМ по времени, его может быть недостаточно для понимания всех возможных различий и сходств между ними. Более целостный подход заключается в различении этих систем по функциональным свойствам, опирающимся на различные нейронные субстраты. Как правило, VWM ассоциируется с активностью затылочной и теменной коры, тогда как VLTМ – с активностью медиальной височной доли и гиппокампа [21, 22]. Это представляется важным, так как, зная функцию системы и нейрофизиологические механизмы, ее обеспечивающие, можно более эффективно выявлять возникающие в этой системе проблемы и искать пути их решения.

Изучая функции VWM, исследователи на раннем этапе определили ее как пространство, разделенное

между «хранилищем» (долговременной памятью) и процессами обработки информации [23]. По мнению ряда исследователей, VWM представляет собой комбинацию нескольких процессов, обеспечивающих взаимодействие между зрительным восприятием, кратковременной памятью и другими механизмами, например вниманием [24–26]. В связи с этим VWM рассматривается как ключевой когнитивный процесс, лежащий в основе широкого спектра поведения, которое требует временного хранения информации и манипулирования ею для того, чтобы выполнять определенные действия [27, 28]. Важная роль VWM состоит также в устранении пробелов в нашем восприятии (как пространственном, так и временном) при помощи движений глаз. Было показано, что VWM участвует в регуляции саккад для последующих сравнений поступающей зрительной информации [29–31].

Предложенная J. Nino модель организации VWM предусматривает существование особого нейронного механизма, работа которого заключается в организации «запросов» к ансамблю всех запасов информации, требуя, чтобы каждый из запрашиваемых отделов «ответил» – касается его только что поступившая информация или нет [8, 9]. Таким образом, VWM рассматривается как фаза между быстрой экстракцией нужной информации и ее запасом в долговременной памяти, во время которой множественные следы памяти доступны одновременно, что необходимо для решения той или иной функциональной задачи [8–10, 32].

Каков же объем рабочей памяти, от чего зависит качество сохраняемой в долговременной памяти информации и оперативность ее извлечения? Показано, что слишком большой объем когнитивных задач снижает уровень внимания и успешность их выполнения [33]. В исследовании с использованием в качестве стимулов, предъявляемых в течение 500 мс, радиальных паттернов с разными межстимульными интервалами от 500 до 2500 мс показано, что способность к узнаванию изображений постепенно снижается с усложнением задачи и резко обрывается, когда лимит запаса исчерпан [34].

В экспериментах, проводимых J. Nino, использовались абстрактные изображения, составленные из черно-белых элементов [8, 9]. Сначала на экране монитора предъявляли последовательность из нескольких изображений, затем тестировали качество запоминания, показывая пары изображений (одно уже предъявляемое и другое новое). Испытуемый должен был ответить – какое изображение из пары он уже видел. Качество запоминания определяли по количеству ошибок в узнавании изображений. На первом этапе исследований были сделаны следующие наблюдения: лучше всего (как и ожидалось) запоминалась последняя предъявляемая картинка, но с увеличением количества тестируемых картинок результаты становились сложнее. Некоторые испытуемые могли запоминать 9–10 картинок так же хорошо, как 3–4, а затем, при попытке запомнить 11 картинок, качество их

запоминания резко ухудшалось. В других случаях предъявление 2–3 изображений сразу значительно ухудшало качество их запоминания, а запоминание 4–5 изображений у того же испытуемого могло быть даже несколько лучше. Для возможного объяснения таких неоднозначных результатов была предложена модель многорядной «парковки» с более близкими и более дальними от выхода концентрически расположенными рядами. Лучшими для хранения информации являются ближние ряды, но их количество ограничено. В дальних рядах больше мест, но качество сохраняемой там информации значительно хуже. Стратегия заполнения таких рядов может быть различной у разных испытуемых и может зависеть от обстоятельств (например, знает или нет испытуемый заранее, какое количество картинок он должен запомнить) [8, 9].

На следующем этапе исследования изображения также предъявлялись блоками, например серия из 4 картинок. При тестировании последовательность предъявления сравниваемых изображений могла меняться. Например, они могли следовать в том же порядке, как предъявлялись вначале (1–2–3–4), в обратном (4–3–2–1) или в любой другой последовательности (например, 2–4–1–3 или 3–2–4–1). Определяли не только качество запоминания по количеству ошибок, но и время ответов испытуемого. Предполагалось, что изображения, занявшие лучшие места (ближние ряды «парковки»), запомнятся более качественно и их будет легче извлечь (т.е. будет меньше ошибок в узнавании и меньше время ответа). Результаты относительно качества запоминания показали, что меньше всего ошибок было в узнавании последнего, более свежего изображения, когда его тестировали первым. Ошибок становилось больше, если последнее изображение тестировали во вторую очередь, и еще больше при тестировании его в третью очередь. Два первых предъявляемых изображения давали в любом случае больше ошибок, чем последнее, но количество ошибок было стабильным, в какой бы очередности ни тестировались эти изображения. Создавалось впечатление, что качество узнавания последней картинке ухудшалось с увеличением очередности ее тестирования, как если бы она перемещалась с самого ближнего, лучшего ряда «парковки», в более дальние ряды. При этом, судя по стабильному количеству ошибок для остальных изображений, они сразу были помещены в последний, четвертый, ряд и не меняли своей позиции [8, 9].

Анализ времени ответа показал, что на последнее предъявлявшееся изображение, как и ожидалось, оно было минимальным. Время узнавания первой картинке было максимальным при первом тестировании, однако оно значительно сокращалось при тестировании в третью очередь, особенно если первой тестировалась 2-я картинка [8, 9].

На основании анализа полученных данных автором был сделан вывод, что запоминание может иметь, по крайней мере, две основные характеристики – качество запоминания и доступность, а разница во времени ответа отражает разницу

в длительности «пробега» от места хранения одного тестируемого изображения до другого. В предложенной J. Ninio модели архивирования наиболее свежая зрительная информация занимает привилегированное место в первом ряду, а затем мигрирует в следующие ряды, теряя часть информации. Данную систему автор сравнивает также со строением атома, где электроны могут переходить с одного уровня на другой. Информация сохраняется лучше, когда она мигрирует в том же ряду или переводится на лучший ряд. При этом поступление информации в определенный ряд подразумевает процессы копирования и кодирования информации на уровне нейронных синапсов [8, 9].

Копирование позволяет прямо переносить информацию с нейронов одной совокупности на нейроны другой в пределах одного ряда архива памяти. Кодирование представляет собой более сложный процесс, характерный для нейронов с развитой системой дендритов [35]. В дендритной модели, благодаря множеству отростков, информация, приходящая к одному нейрону по разным путям, может записываться определенным кодом. Такое кодирование может происходить даже при переписывании информации с дендритов на дендриты. При этом поступающая информация сравнивается с уже имеющейся. Гистологически самыми подходящими для такой роли считают клетки Пуркиньи мозжечка. Эти клетки обладают мощной системой дендритов, которые могут контактировать с множеством параллельно идущих аксонов, успешно кодируя и декодируя информацию [35–38].

В настоящее время участие мозжечка или других мозговых структур в процессах запоминания остается темой, требующей дальнейших исследований. Так, например, в работе S. Vogt и S. Magnussen (2007) представлены результаты обследования пациентов с травмой мозга, не имевших макроскопических фокальных повреждений. Однако с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии у них были найдены атрофические изменения в области гиппокампа, свода, мозолистого тела, хиазмы и зрительной лучистости. При этом наблюдалось ухудшение когнитивных функций спустя 3–13 месяцев после травмы. Найденные изменения в структурах свода и гиппокампа были такими же через 8 лет, как и через год после травмы. В отличие от этого изменения в мозолистом теле продолжались и через 8 лет после травмы и были более выраженными, чем через год. Было отмечено также, что атрофические изменения были относительно локализованными и не распространялись на весь мозг [12].

В других публикациях было показано ингибирующее влияние гистамина на эмоциональную память, а также ухудшение когнитивных функций, вызванное гипоксией при нарушениях мозгового кровотока в области мозжечка [39].

Недавнее исследование функций мозжечка с использованием двухимпульсной томографии продемонстрировало снижение качества рабочей зрительной памяти при стимуляции левого полушария

мозжечка. При этом авторами сделано предположение, что различия в дефиците зрительной памяти, вызванные стимуляцией верхнего и нижнего отделов левого мозжечка, могут быть обусловлены разным участием этих отделов в организации зрительной памяти [40].

Учитывая вовлеченность мозжечка в когнитивные процессы, большое значение для нейроофтальмологии имеет изучение дефицита зрительно-пространственной рабочей памяти при опухолях мозжечка. Показаны нарушения зрительно-пространственной рабочей памяти у детей, перенесших лечение опухоли мозжечка (хирургическое в сочетании с химиотерапией и лучевой терапией). При этом, несмотря на некоторое улучшение состояния зрительно-пространственной памяти у этих пациентов в отдаленном периоде, показателей контрольной группы детей эти пациенты так и не достигли [41, 42].

Долговременная зрительная память (VLTМ) чаще описывается как сознательное распознавание зрительных образов [1, 10]. Целью любой системы распознавания объектов является идентификация объекта на основе некоторых предыдущих входных данных (его опознание). При этом объект может узнаваться, несмотря на его изменчивость, но в некоторых обстоятельствах небольшие изменения могут приводить к нарушению узнавания. Объясняются эти противоречия существованием двух компонентов опознания: первый компонент – «чувство знакомого» (familiarity), второй – направленное, произвольное извлечение информации из памяти (recollection). Чувство «знакомого» характеризуется как более автоматическое и быстрое, а направленное вспоминание – как требующее времени и усилий. Как правило, эти два компонента работают совместно. Например, при встрече с человеком может появиться ощущение, вы уже встречались (на основе чувства «знакомого»), но трудно вспомнить, где именно. При попытках вспомнить обстоятельства знакомства задействуется механизм направленного извлечения из памяти [1, 10].

С точки зрения построения моделей памяти одним из важных направлений является исследование взаимодействия ее механизмов, отделов и уровней. G. Besson с коллегами (2013) на основе модифицированного метода исследования соотношений скорости и точности ответа оценивали скорость протекания процессов направленного вспоминания и чувства «знакомого» [43]. На первом этапе оценивали минимальную скорость зрительного опознания. При этом были получены результаты, характеризующие минимальное время реакции (ВР), составившее 370 мс. При этом ВР мало зависело от степени знакомости стимулов. Затем авторы добавили в процедуру исследования оценку эмоциональной составляющей восприятия стимула. Для этого использовали следующие категории стимулов: распознавание, основанное на признаках предмета (feature-based recognition), распознавание на основе чувства знакомого (familiarity-based

recognition), распознавание на основе различения деталей (internal detail recognition) [43].

Анализ ВР для каждой категории стимулов показал, что для стимулов, которые преимущественно распознавались на основе «чувства знакомого», ВР составляло 360 мс, а для направленно вспоминаемых стимулов – 420 мс. Обсуждая полученные различия ВР, авторы предположили, что меньшее ВР при распознавании на основе «чувства знакомого» может быть обусловлено эволюционной значимостью этого механизма [43].

Существенный вклад в изучение процессов направленного извлечения из памяти и автоматического «чувства знакомого» внесли нейрофизиологические исследования. Так, например, использование регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ), демонстрирующей пространственное распределение активности мозга, позволило оценить вклад различных нейронных групп в обеспечение психологических механизмов памяти. Было показано, что «чувство знакомого» связано с негативным компонентом ЭЭГ, соответствующим активности лобных отделов (FN400) с латентностью от 300 до 500 мс, а направленное извлечение из памяти характеризуется поздним позитивным компонентом (LPC), составляющим от 500 до 800 мс, преимущественно в центральных и теменных областях коры [44].

Наблюдая пациентов с локальными поражениями мозга, А.М. Owen с коллегами получили результаты, характеризующие различные механизмы распознавания зрительных стимулов [45]. Так, например, было показано, что у пациентов с нарушениями в области височной доли, а также с перенесенной амигдало-гиппокампэктомией наблюдались значительные трудности при выполнении заданий на зрительное распознавание паттернов, но с заданиями на пространственную память они справлялись успешно. Между тем, у пациентов с повреждением лобной доли наблюдалась обратная картина – относительно сохранная способность распознавания зрительных паттернов, но значительные затруднения в задачах на пространственную память. У пациентов с височными нарушениями и амигдало-гиппокампэктомией успешность выполнения заданий на узнавание зрительных паттернов имела прямую связь с успешностью выполнения заданий на парное заучивание и другими общими характеристиками памяти [45].

Большое значение в изучении механизмов памяти имеют также данные, полученные при помощи методов нейровизуализации, демонстрирующих активацию различных областей мозга во время выполнения заданий на направленное извлечение из памяти и «чувство знакомого» [46]. Показано, что в префронтальной коре передняя медиальная область связана с процессом извлечения из памяти, а более латеральные области (включая переднюю и дорсолатеральную кору) – с «чувством знакомого». При помощи нейровизуализации были обнаружены две функционально различающиеся зоны в латеральных областях теменной коры: латерально-ви-

сочная область, вовлекаемая в процессы направленного извлечения, и теменная – участвующая в более автоматических процессах. В медиальных теменных областях это разделение связано, соответственно, с задней цингулярной корой и предклинем (precuneus). Была показана активация гиппокампа при выполнении заданий на извлечение из памяти. При этом выявлена обратная корреляция активности гиппокампа с успешностью распознавания на основе «чувства знакомого» [46].

В отличие от кратковременной, долговременная зрительная память, обеспечивая продолжительное сохранение материала, не ограничена по времени хранения и объему удерживаемой информации. При этом долговременная память предполагает сложную переработку информации, что обеспечивает ее оптимальное, экономичное сохранение [1, 8, 9]. Именно о долговременной памяти говорят, когда «перелистывают» ее, пытаясь вспомнить нужный номер телефона, имя знакомого, расположение нужного места на географической карте. Она включает, по меньшей мере, два вида информации: 1) следы (отпечатки) богатые, детализированные, позволяющие представлять объект или точное место внешнего мира и 2) отпечатки бедные, активирующиеся только в присутствии их источника. Например, когда мы идем по незнакомой местности и нам нужно вернуться назад, отпечатки, формировавшиеся спонтанно во время пути, нам сигнализируют: «Да, я уже здесь был» или «Нет, я ничего не помню об этой части маршрута, значит, я свернул не туда» [9].

Обычно связать слово с изображением предмета гораздо легче, чем сделать наоборот – правильно назвать объект или вспомнить имя человека, лицо которого показалось знакомым. Видя на старой фотографии лица школьных друзей, порой с трудом удается вспомнить некоторые имена, но когда называют имя, то узнать этого человека на фотографии гораздо проще. Иногда вспомнить фамилии людей, которых мы никогда не видели, гораздо проще, чем фамилии тех, с кем мы знакомы лично. Вероятным объяснением этого феномена является то, что, когда мы пытаемся вспомнить человека, о котором начали говорить, в представлении появляется прежде всего его лицо, затрудняя извлечение из памяти его имени [9].

Объект или человек запоминается с целым ансамблем характеристик (форма, размер, цвет объекта, выражение лица, одежда, имя человека) [47, 48]. Таким образом, память содержит множество «следов» информации, и это обстоятельство вызывает вопросы, требующие специальных исследований. Как организованы эти «следы»? Имеется ли определенная локализация для каждой из этих информаций? Существует ли одна область мозга, где хранится информация о лице человека, а другая – хранящая информацию о его имени, и как происходит объединение информации разных модальностей, чтобы получить глобальное представление о вспоминаемом объекте?

В некоторых предлагаемых моделях сравнивают организацию долговременной памяти с систе-

мой ящиков, в каждом из которых хранится набор информации о данном объекте, или с библиотекой, где каждый том посвящен определенному объекту или явлению. Однако информация, хранящаяся в памяти об определенном объекте, очень разная по своему характеру. Произнося слово «корабль», человек задействует графическую память о написании этого слова и память о работе мимических мышц при его произнесении, оживают воспоминания обо всем, что касается морских судов (запах мазута и морского воздуха, звук паровозного гудка и шум волн, зрительные образы морских судов и т.д.). В другом случае слово «корабль» может ассоциироваться со словом «космический», и тогда и набор возникающей в памяти информации будет совсем другим [9].

Связаны ли все эти модальности памяти, как паутинка? Замечено, что некоторые травмы головного мозга могут провоцировать странные нарушения чтения. Например, человек видит написанное слово «кобыла», но читает «лошадь». Объяснением может быть то, что, видя слово «кобыла», человек представляет изображение животного, к которому подходят оба эти определения, и произвольно выбирает и произносит более привычное ему название животного, возникающее в памяти [1–3, 9, 49]. Довольно часто проявления таких рикшетов встречаются у маленьких детей, «коверкающих» слова. У ребенка может возникнуть упорная связь между неправильно произнесенным названием предмета и его изображением. В этом случае, как только ребенок хочет назвать предмет – он возникает в виде картинка, а картинка уже прочно связана с близким по звучанию, но неправильно запомнившимся словом [49].

В нейропсихологическом тесте Струпа (Stroop Color and Word Test), когда человеку предлагают прочитать слово «красный», написанное зеленым цветом, он, как правило, произносит это слово с опозданием в две десятые секунды по отношению к обычной скорости чтения, так как слово «красный» вызывает зрительный образ красного цвета и возникает конфликт с восприятием зеленого цвета букв, на преодоление которого тратится дополнительное время [50].

Сравнение системы организации памяти с «ящиками или книгами в библиотеке» дает слишком пассивное представление об организации памяти. Согласно таким представлениям память человека была бы ансамблем архивов, содержащих огромное количество элементов, накопленное в течение жизни, а хранящаяся там информация постепенно теряет свою точность, подвергаясь медленному разрушению или складываясь в «ящики без этикеток». Между тем, архивы долговременной памяти не ведут себя пассивно, именно они приходят на помощь, казалось бы, спонтанно [1–3, 28].

В связи с этим в своих работах J. Ninio [8, 9] предлагает другую модель архивирования. Вместо «ящика» или «записной книжки» он предполагает объединение одной функцией нейронов в виде цилиндрической колонки (гиперколонки). Каждый нейрон такой гиперколонки связан с нейронами

выше- и нижерасположенными, а также с нейронами других гиперколонки [8, 51].

Нужно учитывать, что такая гиперколонка не является постоянно существующим элементом нервной системы, а представляет собой временное объединение нейронов для выполнения определенной задачи (например, вспомнить имя знакомого человека). Каждый сектор гиперколонки при этом содержит определенную информацию. Например, один из таких отделов содержит информацию о лице (точнее, кодированную информацию, отталкиваясь от которой мозг способен воссоздать изображение лица). Возникший яркий образ лица упомянутого в разговоре человека постепенно теряет свою четкость и затем исчезает, как если бы некий нейронный механизм, имея адрес отдела «лицо», вызвал бы появление его образа, а затем удалил, не потеряв при этом адреса [8, 9]. В другой ситуации встреченный на улице знакомый человек узнается благодаря своему зрительному образу, в частности образу лица. Поэтому на данном этапе адрес лица в долговременной памяти не нужен. Однако этот образ в качестве отправной точки делает запрос другому отделу информации в долговременной памяти: «Кто это?», «Чем занимается?», «Где я его видел в последний раз?» и т.д. Можно предположить, что место, где хранится информация о лице, имеет отсылки к имени человека или месту, где содержится этот адрес [8, 9].

Сложность состоит в том, что в нервной системе редко используются связи между нейронами в двойном направлении [51]. То есть, если имя указывает на лицо, это не значит, что лицо будет автоматически указывать на имя. Однако сеть нейронных контактов так богата, что даже при «одностороннем движении» можно почти всегда попасть из одного места в другое. Если мы не можем вспомнить имя человека, лицо которого кажется нам знакомым (отсылка от лица напрямую к имени не срабатывает), мозг начинает искать информацию в других отделах, например в «отделе эпизодов» (профессиональные контакты, встречи во время путешествий, встречи у друзей), с надеждой найти ту информацию, которая безошибочно укажет на лицо и имя. Возникает множество путей между информацией о событиях, персонажах, их зрительных образах, голосах. Если и в этом случае попытки вспомнить имя человека безуспешны, то может помочь дополнительная информация, например вопрос встреченного нами человека: «Помните, мы встречались на дне рождения такого-то общего знакомого?». Ввод такой дополнительной детали запускает цепочку связей и одновременных запросов по «отделам» – срабатывает «щелчок», и мы сразу находим нужную информацию об этом человеке со всеми возможными подробностями в нашей памяти (когда и где мы его встречали, что при этом происходило, суть разговора, лицо во всех меняющихся ракурсах). Срабатывает так называемая память на приманку (пример подсознательной памяти), когда легче вспомнить ранее услышанное или увиденное, если есть какой-то наводящий момент в на-

стоящем времени. Например, дополнить слог легче знакомым словом [8, 49, 52].

Запоминание подчинено законам ассоциативного связывания. Все представления, содержащиеся в памяти, существуют не отдельно, сами по себе, а в определенных совокупностях. Ассоциация представляет собой возникающую и закрепляющуюся с опытом связь между двумя представлениями, которая выражается в том, что появление в сознании одного представления влечет за собой актуализацию второго. Различают три основных типа ассоциаций: по смежности во времени и пространстве, по сходству и по контрасту. Абстрактные картины, слоги, лишённые смысла, список несвязанных по смыслу слов, текст из фраз, не объединённых одной идеей, отдельные случайно расположенные фрагменты запоминаются плохо. Это свидетельствует о том, что более эффективным является преподавание, основанное на вариациях, представляющих явление с разных сторон, чтобы каждый ученик мог найти в своей памяти следы, позволяющие лучше воспринять и запомнить новое [1, 6, 9].

В отношении принципов организации системы зрительной памяти интерес представляет также работа S. Pevon с коллегами (2007), в которой была показана возможность изучения распознавания зрительных паттернов у младенцев [53]. Авторами была использована методика, основанная на регистрации движений глаз детей первого года жизни. В задачах на категоризацию зрительных стимулов детям на первом этапе предъявляли набор стимулов, относящихся к одной категории. При этом наблюдали, что с увеличением числа предъявлений количество зрительных фиксаций на объекте у младенцев уменьшалось. Затем предъявляли новый стимул. Если он был из новой категории стимулов, количество фиксаций у детей увеличивалось. В таком случае полагали, что у ребенка срабатывал принцип «исключения» объекта. Если количество фиксаций для нового объекта оставалось прежним – принцип «включения» [53].

Анализируя полученные в данном исследовании результаты и основываясь на теории динамического поля E. Thelen (Dynamic Field Theory), авторы предложили свою модель гипотетической нейронной сети, состоящей из 5 слоев нейронов зрительной коры, воспринимающих определенные характеристики стимулов (цвет, форма, ориентация и др.) [53, 54]. Согласно предложенной модели первый слой – перцептивный, второй и третий слои содержат тормозные интернейроны и обеспечивают функционирование оперативной (рабочей) памяти. Предполагается, что перцептивный слой и слой оперативной памяти связаны между собой реципрокно и формируют поля долговременной памяти (long-term memory fields). Авторы выделяют также особый отдел – бистабильный «узел рассматривания», имеющий реципрокные связи с перцептивным слоем. При предъявлении зрительного стимула активируется «узел рассматривания», который запускает процессы, обеспечива-

ющие фиксацию, и передает информацию дальше на перцептивный уровень, возбуждая нейроны, настроенные на характеристики стимула в области фиксации взгляда. При этом с перцептивного слоя поступает возбуждающий сигнал обратно в «узел рассматривания», поддерживая стабильность фиксации. Активированные нейроны перцептивного слоя передают сигналы соответствующим нейронам слоя долговременной памяти. На этом этапе процессы возбуждения происходят медленнее, с более плавными изменениями уровня активации, по причине влияния конкурирующих входов. Реципрокная связь слоя долговременной памяти с перцептивным слоем позволяет усиливать активацию запомненных характеристик стимула. Кроме того, возбуждение из перцептивного слоя поступает к нейронам слоя оперативной памяти, который, в свою очередь, взаимодействует со слоем долговременной памяти. Нейроны перцептивного слоя и слоя рабочей памяти активируют одинаково настроенные тормозные интернейроны. Реципрокная обратная связь нейронов перцептивного слоя и слоя оперативной памяти способствует участию тормозных интернейронов в активации локальных связей на фоне торможения латеральных связей между рабочей памятью и перцепцией. Достаточно сильная и локализованная активация способствует образованию устойчивых самоподдерживающихся пиков активации и формированию основы для репрезентации рабочей памяти в нейронной сети [53].

Кроме того, в настоящее время рассматривается модель организации зрительной памяти, включающая механизм «пространственной привязки». Согласно этой модели цвет и ориентация каждого объекта соотносены с определенным положением в пространстве и соединены друг с другом только через их общую пространственную локализацию [55].

Большой интерес для специалистов разного профиля (психологов, неврологов, нейроофтальмологов) представляет изучение зрительной памяти при различной офтальмопатологии, в том числе в сочетании с неврологическими проблемами. Так, например, в работе G.N. Dutton и L.K. Jacobson (2001) было показано, что поражения головного мозга в областях, соответствующих дорсальному и/или вентральному когнитивным зрительным потокам, нарушают зрительные и когнитивные функции в различных комбинациях. Дорсальный поток проходит между затылочными долями (обеспечивающими обработку поступающей зрительной информации), задними теменными долями (участвующими в анализе целостной зрительной сцены и ее составных частей), моторной корой (управляющей перемещением взгляда по зрительной сцене) и фронтальной корой (направляющей внимание на выбранные части зрительной сцены). Вентральный поток проходит между затылочными и височными долями (участвующими в распознавании людей и предметов, поиске маршрута и организации зрительной памяти) [56].

Результаты работы М.В. Нумовитц и соавт. (2007) демонстрировали более низкие показатели зрительной памяти у пациентов с катарактой, возрастной макулярной дегенерацией, глаукомой и амблиопией по сравнению с показателями контрольной группы [57].

В других исследованиях, например Р. Gupta и соавт. (2022), показана высокая пластичность механизмов зрительной памяти, несмотря на чувствительность к ранней депривации у пациентов с врожденной двусторонней катарактой. В работе оценивалось состояние зрительной памяти у пациентов, имевших до операции бинокулярную остроту зрения от 0,04 до проекции света и прооперированных в возрасте от 8 до 22 лет. Показатели зрительной памяти у пациентов после операции были существенно снижены, однако при повторном обследовании через год были уже сопоставимы с показателями контрольной группы с нормальной остротой зрения [58]. Между тем, несмотря на важность данного направления для клинической практики и фундаментальных исследований, в настоящее время только небольшое число работ посвящено изучению зрительной памяти у пациентов с офтальмопатологией [56–58].

Память тесно связана с такими функциями высшей нервной деятельности, как сознание и мышление. Благодаря активности механизмов памяти возникают новые ассоциации, сопоставления, появляются оригинальные идеи, рождаются изобретения. Работа этих механизмов позволяет программировать новые действия без предварительного обучения. В то же время ожидание определенного результата, закрепленное предшествующим опытом, может формировать определенное восприятие мира. Вероятно, найти путь к пониманию механиз-

мов работы памяти и их нарушений можно, если переключиться с вопроса «Почему мы что-то забыли?» на вопрос «Почему мы вообще об этом подумали?».

Заключение

Таким образом, в настоящее время остается актуальным классическое выделение трех основных видов зрительной памяти – кратковременной, рабочей (оперативной) и долговременной. При этом в современных исследованиях используется более целостный подход, учитывающий не только относительное разграничение видов зрительной памяти по времени сохранения информации, но и функциональные свойства механизмов зрительной памяти, опирающиеся на различные нейронные субстраты.

Между тем, несмотря на активные, разносторонние и многоплановые исследования последних лет, многие вопросы в этой области остаются недостаточно изученными. Например, одним из перспективных направлений для будущих исследований является изучение особенностей функционирования зрительной памяти у пациентов разного возраста с офтальмопатологией, в том числе связанной с поражением центрального отдела зрительного анализатора.

Вклад авторов:

Написание текста: С.И. Рычкова.

Обсуждение и редактирование текста: Н.И. Курешева.

Работа с литературой: А.Б. Лавер, А.И. Толмачева.

Authors' contributions:

Manuscript writing: S.I. Rychkova.

Discussion and editing: N.I. Kurysheva.

Literature review: A.B. Laver, A.I. Tolmacheva.

Литература / References

1. Нурова МА, Мамедова ЛВ. Классификация видов памяти, их характеристика. *Вестник науки и образования*. 2020;21(99):55–58.
Nurova MA, Mamedova LV. Classification of types of memory, their characteristics. *Bulletin of Science and Education*. 2020;21(99):55–58. (In Russ.)
2. Лурия АР. Маленькая книжка о большой памяти. М.: Изд-во МГУ, 1968.
Luria AR. A Little Book about a Big Memory. Moscow: Moscow State University Publ., 1968. (In Russ.)
3. Корсакова НК. Нейропсихологический фактор: наследие АР Лурия и задачи развития нейропсихологии. *Вестник Московского университета. Психология*. 2012;2:8–15.
Korsakova NK. The neuropsychological factor: the legacy of AR Luria and the challenges of neuropsychology development. *Bulletin of the Moscow University. Psychology*. 2012;2:8–15. (In Russ.)
4. Алексеева МГ, Зубов АИ, Новиков МЮ. Искусственный интеллект в медицине. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022;7(121):10–13. doi: 10.23670/IRJ.2022.121.7.038
Alekseeva MG, Zubov AI, Novikov MYu. Artificial intelligence in medicine. *International Research Journal*. 2022;7(121):10–13. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2022.121.7.038
5. Захаров ИМ, Исмагуллина ВИ, Малых СБ. Кратковременная зрительная память: феноменология и меха-

низмы. *Теоретическая и экспериментальная психология*. 2014;7(4):79–89.

Zakharov IM, Ismatullina VI, Malykh SB. Short-term visual memory: phenomenology and mechanisms. *Theoretical and experimental psychology*. 2014;7(4):79–89. (In Russ.)

6. Luck SJ, Hollingworth A. Visual memory. *Oxford University Press*, 2008.
7. Bancroft T, Servos P. Distractor frequency influences performance in vibrotactile working memory. *Experimental Brain Research*. 2011;208(4):529–532. doi: 10.1007/s00221-010-2501-2
8. Ninio J. Testing sequence effects in visual memory: Clues for a structural model. *Acta Psychologica*. 2004;116:263–283. doi: 10.1016/j.actpsy.2004.04.001
9. Ninio J. Au coeur de la memoir. *Paris: Odile Jacob*, 2011.
10. Schurgin MW. Visual memory, the long and the short of it: A review of visual working memory and long-term memory. *Attention Percept Psychophys*. 2018;80(4):1035–1056. doi: 10.3758/s13414-018-1522-y
11. Tomaiuolo F, Bivona U, Lerch JP, et al. Memory and anatomical change in severe non missile traumatic brain injury: 1–8 years follow-up. *Brain Res Bull*. 2012;87(4–5):373–382. doi: 10.1016/j.brainresbull.2012.01.008
12. Vogt S, Magnussen S. Long-term memory for 400 pictures on a common theme. *Exp Psychol*. 2007;54(4):298–303. doi: 10.1027/1618-3169.54.4.298
13. de Freitas Cardoso MG, Faleiro RM, de Paula JJ, et al. Cognitive impairment following acute mild traumatic brain injury. *Front Neurol*. 2019;10:198. doi: 10.3389/fneur.2019.00198

14. Wyble B, Potter MC, Bowman H, et al. Attentional episodes in visual perception. *J Exp Psychol Gen.* 2011;140(3):488–505. doi: 10.1037/a0023612
15. Lucchesi W, Mizuno K, Giese KP. Novel insights into CaMKII function and regulation during memory formation. *Brain Res Bull.* 2011;85(1–2):2–8. doi: 10.1016/j.brainresbull.2010.10.009
16. Ключкова ОИ. Оценка кратковременной зрительной памяти и параметров мышления в зависимости от пола с использованием компьютерных игр. *Наука и современность.* 2010;4(1):297–303.
Klochkova OI. Evaluation of short-term visual memory and thinking parameters depending on gender using computer games. *Science and modernity.* 2010;4(1):297–303. (In Russ.)
17. Rensink RA. Limits to the usability of iconic memory. *Front Psychol.* 2014;5:971. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00971
18. Fukuda K, Woodman GF. Visual working memory buffers information retrieved from visual long-term memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2017;114(20):5306–5311. doi: 10.1073/pnas.1617874114
19. Qian J, Zhang K, Liu S, et al. The transition from feature to object: Storage unit in visual working memory depends on task difficulty. *Mem Cognit.* 2019;47(8):1498–1514. doi: 10.3758/s13421-019-00956-y
20. Lin YT, Kong G, Fougny D. Object-based selection in visual working memory. *Psychon Bull Rev.* 2021;28(6):1961–1971. doi: 10.3758/s13423-021-01971-4
21. Norman Y, Yeagle EM, Khuvis S, et al. Hippocampal sharp-wave ripples linked to visual episodic recollection in humans. *Science.* 2019;365(6454):eaax1030. doi: 10.1126/science.aax1030
22. Cooper RA, Ritchey M. Cortico-hippocampal network connections support the multidimensional quality of episodic memory. *Elife.* 2019;8:e45591. doi: 10.7554/eLife.45591
23. Baddeley AD, Hitch G. Working memory. *Psychology of learning and motivation. Academic press.* 1974;8:47–89. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1
24. Cowan N. What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in brain research.* 2008;169:323–338. doi: 10.1016/S0079-6123(07)00020-9
25. Awh E, Barton B, Vogel EK. Visual working memory represents a fixed number of items regardless of complexity. *Psychological science.* 2007;18(7):622–628. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.01949.x
26. Vogel EK, Woodman GF, Luck SJ. Storage of features, conjunctions and objects in visual working memory. *Journal of experimental psychology: human perception and performance.* 2001;27(1):92–114. doi: 10.1037//0096-1523.27.1.92
27. Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci.* 2003;4(10):829–839. doi: 10.1038/nrn1201
28. Ma WJ, Husain M, Bays PM. Changing concepts of working memory. *Nat Neurosci.* 2014;17(3):347–356. doi: 10.1038/nn.3655
29. Hollingworth A, Richard AM, Luck SJ. Understanding the function of visual short-term memory: transsaccadic memory, object correspondence, and gaze correction. *Journal of Experimental Psychology: General.* 2008;137(1):163–181. doi: 10.1037/0096-3445.137.1.163.
30. Hollingworth A, Matsukura M, Luck SJ. Visual working memory modulates rapid eye movements to simple onset targets. *Psychological Science.* 2013;24(5):790–796. doi: 10.1177/0956797612459767
31. Martarelli CS, Mast FW. Eye movements during long-term pictorial recall. *Psychol Res.* 2013;77(3):303–309. doi: 10.1007/s00426-012-0439-7
32. Choi H, Scholl BJ. Perceiving causality after the fact: postdiction in the temporal dynamics of causal perception. *Perception.* 2006;35(3):385–399. doi: 10.1068/p5462
33. Hillstrom A, Patel D. How unitary is rapid scene gist processing? An individual differences approach. *Journal of Vision.* 2013;13(9):1046–1046. doi: 10.1167/13.9.1046
34. Leclercq V, Le Dantec CC, Seitz AR. Encoding of episodic information through fast task-irrelevant perceptual learning. *Vision Res.* 2014;99:5–11. doi: 10.1016/j.visres.2013.09.006
35. Bancroft T, Servos P. Distractor frequency influences performance in vibrotactile working memory. *Exp Brain Res.* 2011;208(4):529–532. doi: 10.1007/s00221-011-2501-2
36. Ferrari C, Cattaneo Z, Oldrati V, et al. TMS over the cerebellum interferes with short-term memory of visual sequences. *Sci Rep.* 2018;8(1):6722. doi: 10.1038/s41598-018-25151-y
37. Brissenden JA, Somers DC. Cortico-cerebellar networks for visual attention and working memory. *Curr Opin Psychol.* 2019;29:239–247. doi: 10.1016/j.copsyc.2019.05.003
38. van Es DM, van der Zwaag W, Knapen T. Topographic maps of visual space in the human cerebellum. *Curr Biol.* 2019;29(10):1689–1694.e3. doi: 10.1016/j.cub.2019.04.012
39. Cechetti F, Pagnussat AS, Worm PV, et al. Chronic brain hypoperfusion causes early glial activation and neuronal death, and subsequent long-term memory impairment. *Brain Res Bull.* 2012;87(1):109–116. doi: 10.1016/j.brainresbull.2011.10.006
40. Viñas-Guasch N, Ng TH, Heng JG, et al. Cerebellar transcranial magnetic stimulation (TMS) impairs visual working memory. *Cerebellum.* 2023;22(3):332–347. doi: 10.1007/s12311-022-01396-2
41. Deviaterikova A, Kasatkin V, Malykh S. The role of the cerebellum in visual-spatial memory in pediatric posterior fossa tumor survivors. *Cerebellum.* 2023;22:1–7. doi: 10.1007/s12311-023-01525-5
42. Riva D, Giorgi C. The cerebellum contributes to higher functions during development: evidence from a series of children surgically treated for posterior fossa tumours. *Brain.* 2000;123(5):1051–1061. doi: 10.1093/brain/123.5.1051
43. Besson G, Ceccaldi M, Didic M, et al. The speed of visual recognition memory. *Visual Cognition.* 2012;20(10):1131–1152. doi: 10.1080/13506285.2012.724034
44. Rugg MD, Curran T. Event-related potentials and recognition memory. *Trends Cogn Sci.* 2007;11(6):251–257. doi: 10.1016/j.tics.2007.04.004
45. Owen AM, Sahakian BJ, Semple J, et al. Visuo-spatial short-term recognition memory and learning after temporal lobe excisions, frontal lobe excisions or amygdalo-hippocampectomy in man. *Neuropsychologia.* 1995;33(1):1–24. doi: 10.1016/0028-3932(94)00098-a
46. Yonelinas AP, Otten LJ, Shaw KN, et al. Separating the brain regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. *Journal of Neuroscience.* 2005;25(11):3002–3008. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5295-04.2005
47. Lai HC, Chien SHL, Kuo WY, et al. Visual short-term memory for abstract patterns: Effects of symmetry, element connectedness, and probe quadrant. *Journal of Vision.* 2010;9:593. doi: 10.1167/9.8.593
48. Diamantopoulou S, Poom L, Klaver P, et al. Visual working memory capacity and stimulus categories: a behavioral and electrophysiological investigation. *Exp Brain Res.* 2011;209(4):501–513. doi: 10.1007/s00221-011-2536-z
49. Labruna L, Fernández-del-Olmo M, Landau A, et al. Modulation of the motor system during visual and auditory language processing. *Exp Brain Res.* 2011;211(2):243–250. doi: 10.1007/s00221-011-2678-z
50. Scarpina F, Tagini S. The Stroop Color and Word Test. *Front Psychol.* 2017;8:557. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00557
51. Кожухов СА. Модель временного кодирования ориентации стимула в ответах нейронов первичной зрительной коры. *Биофизика.* 2018;63(3):544–560.
Kozhukhov SA. A model of temporal coding of stimulus orientation in the responses of neurons of the primary visual cortex. *Biophysics.* 2018;63(3):544–560. (In Russ.)
52. Yakovlev V, Bernacchia A, Orlov T, et al. Multi-item working memory – a behavioral study. *Cerebral Cortex.* 2005;15(5):602–615. doi: 10.1093/cercor/bhh161

53. Perone S, Spencer JP, Schöner G. A dynamic field theory of visual recognition in infant looking tasks. *Proceedings of the Twenty-Ninth Annual Cognitive Science Society*. 2007;29(29):1391–1396. doi: 10.1007/uc/item/47853579
54. Thelen E, Schöner G, Scheier C, et al. The dynamics of embodiment: a field theory of infant perseverative reaching. *Behav Brain Sci*. 2001;24(1):1–86. doi: 10.1017/s0140525x01003910
55. Schneegans S, Bays PM. Neural Architecture for Feature Binding in Visual Working Memory. *J Neurosci*. 2017;37(14):3913–3925. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3493-16.2017

Сведения об авторах

Рычкова Светлана Игоревна, доктор медицинских наук, врач-офтальмолог, ведущий научный сотрудник лаборатории «Зрительные системы» ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» РАН; доцент кафедры глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: lana.rych@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6764-8950>

Курьшева Наталия Ивановна, доктор медицинских наук, профессор, врач-офтальмолог, заведующая кафедрой глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: e-natalia@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

Лавер Александр Богданович, врач-офтальмолог, ординатор кафедры глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: beesetm1z@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1637-4712>

Толмачева Алина Ивановна, студентка ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; e-mail: tolma4eva.ira@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8676-0711>

REVIEWS

56. Dutton GN, Jacobson LK. Cerebral visual impairment in children. *Seminars in Neonatology*. 2001;6(6):477–485. doi: 10.1053/siny.2001.0078
57. Hymowitz MB, Huynh L, Wong R, et al. Comparison of Visual Memory in Patients with Decreased Visual Acuity. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2007;48(13):3544–3544.
58. Gupta P, Shah P, Gutnick SG, et al. Development of visual memory capacity following early-onset and extended blindness. *Psychological Science*. 2022;33(6):847–858. doi: 10.1177/09567976211056664

Information about the authors

Svetlana I. Rychkova, Dr. Sci. (Med.), Ophthalmologist, Leading Researcher at the “Vision Systems” Laboratory of the Kharkevich Institute for Information Transmission Problems; Associate Professor at the Department of Eye Diseases of the Medico-biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency; e-mail: lana.rych@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6764-8950>

Natalia I. Kurysheva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Ophthalmologist, Head of the Department of Eye Diseases of the Medico-biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency; e-mail: e-natalia@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

Alexander B. Laver, Ophthalmologist, Resident at the Department of Eye Diseases of the Medico-biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency; e-mail: beesetm1z@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1637-4712>

Alina I. Tolmacheva, Student at the Pirogov Russian National Research Medical University; e-mail: tolma4eva.ira@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8676-0711>