



Нарушение зрения после инсульта: обзор из двух частей. Часть II – методы реабилитации

Марфина Т.В.* , Кончугова Т.В., Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Мухина А.А.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Поиск и разработка оптимальных реабилитационных программ для пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), является актуальной проблемой современной медицины. Развитие научно-технических возможностей ведет к активному внедрению новейших технологий на разных этапах медицинской реабилитации церебрального инсульта. Данная статья является второй частью обзора, посвященного проблеме нарушения зрительных функций у пациентов, перенесших ОНМК, в котором проведен анализ методов реабилитации пациентов данной категории.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА. Представлен обзор методов реабилитации пациентов с нарушением зрительных функций, перенесших ОНМК, на основе публикаций в международных и отечественных базах данных OpenAlex, Scilit, Lens, PubMed, Cyberleninka и eLibrary, доступных для анализа по 15 августа 2024 г., с глубиной поиска преимущественно 15 лет. В результате поиска было рассмотрено 66 статей по заданной теме. Кроме того, были использованы 6 источников, датированных более ранним периодом (1989–2005 гг.), поскольку они содержат необходимую информацию в рамках настоящего обзора. Рассматриваемые в обзоре методы реабилитации соответствуют принятым основным стратегиям восстановления нарушенных зрительных функций, в том числе вызванных церебральным инсультом. Две основные стратегии включают использование оптических устройств для адаптации к окружающей среде и тренировки неповрежденных структур зрительного анализатора, направленные на компенсацию утраченных функций. Третья стратегия направлена на увеличение обработки зрительной информации в зонах остаточного зрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Многообразие видов зрительных нарушений, степень их влияния на качество жизни пациентов, перенесших инсульт, обуславливает необходимость разработки и применения оптимальных реабилитационных программ. Это позволит значительно расширить выбор эффективных методов реабилитации пациентов после перенесенного церебрального инсульта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсульт, постинсультные нарушения зрения, методы реабилитации, восстановление зрения

Для цитирования / For citation: Марфина Т.В., Кончугова Т.В., Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Мухина А.А. Нарушение зрения после инсульта: обзор из двух частей. Часть II — методы реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(6):100-110. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-6-100-110> [Marfina T.V., Konchugova T.V., Apkhanova T.V., Kulchitskaya D.B., Mukhina A.A. Visual Impairment in Stroke Patients: a Two-Part Review. Part II — Rehabilitation Methods. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(6):100-110. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-6-100-110> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Марфина Татьяна Владимировна, E-mail: marfinatv@nmicrk.ru

Статья получена: 01.10.2024
Статья принята к печати: 18.11.2024
Статья опубликована: 16.12.2024

Visual Impairment in Stroke Patients: a Two-Part Review.

Part II – Rehabilitation Methods

 Tatyana V. Marfina*,  Tatiana V. Konchugova,  Tatiana V. Apkhanova,
 Detelina B. Kulchitskaya,  Anastasiya A. Mukhina

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The search and development of optimal rehabilitation programs for patients who have suffered acute cerebrovascular accident (OMNA) is an urgent problem of modern medicine. The development of scientific and technical capabilities leads to the active introduction of the latest technologies at different stages of medical rehabilitation of cerebral stroke. This article is the second part of a two-part review devoted to the problem of visual impairment in patients with acute cerebrovascular accident, which provides an overview of the methods of rehabilitation of patients in this category.

MAIN CONTENT OF THE REVIEW. This overview of rehabilitation methods for patients with impaired visual functions who have undergone OMNA is based on publications in international and domestic databases OpenAlex, Scilit, Lens, PubMed, Cyberleninka and eLibrary available for analysis by 15.08.2024, with a search depth of mainly 15 years. As a result of the search, 66 articles on a given topic were reviewed. In addition, 6 sources dated from an earlier period (1989–2005) were used, as they contain the necessary information within the framework of this review. The rehabilitation methods considered in the review correspond to the accepted basic strategies for restoring impaired visual functions, including those caused by cerebral stroke. Two main strategies include the use of optical devices to adapt to the environment and training of intact structures of the visual analyzer aimed at compensating for lost functions. The third strategy is aimed at increasing the processing of visual information in areas of residual vision.

CONCLUSION. The variety of types of visual disorders, the degree of influence on the quality of life of stroke patients, necessitates the search and development of optimal rehabilitation programs. This will significantly expand the choice of recovery options after a cerebral stroke in this category of patients.

KEYWORDS: stroke, post-stroke visual impairment, rehabilitation methods, vision recovery

For citation: Marfina T.V., Konchugova T.V., Apkhanova T.V., Kulchitskaya D.B., Mukhina A.A. Visual Impairment in Stroke Patients: a Two-Part Review. Part II — Rehabilitation Methods. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(6):100-110. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-6-100-110> (In Russ.).

* **For correspondence:** Tatyana V. Marfina, E-mail: marfinatv@nmicrk.ru

Received: 01.10.2024

Accepted: 18.11.2024

Published: 16.12.2024

ВВЕДЕНИЕ

Поиск и разработка оптимальных реабилитационных программ для пациентов с социально значимыми заболеваниями, к которым в полной мере относится острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) или инсульт, является актуальной проблемой современной медицины. Возникающие при поражении различных отделов мозга симптомы и синдромы, связанные с нарушением зрения, имеют широкое распространение среди пациентов, перенесших церебральный инсульт. По наблюдению авторов, изучающих проблемы постинсультных нарушений зрения, к основным видам таких нарушений можно отнести изменения полей зрения, снижение центрального зрения, ограничения подвижности глаз и нарушения зрительного восприятия [1, 2].

Топографические особенности кровоснабжения зрительного анализатора определяют специфичность изменения зрения при развитии нарушений кровообращения головного мозга, проявления которых зависят как от локализации патологического очага, так и от степени тяжести поражения мозговых тканей.

Любой из перечисленных видов нарушения зрения способен привести к существенному снижению качества жизни лиц, перенесших инсульт. Кроме того, по мнению

некоторых авторов, потеря зрения может быть наиболее инвалидизирующим остаточным симптомом после инфаркта головного мозга. Влияние на общую двигательную активность, двигательнo-координационные функции, снижение способности оценивать расстояние и глубину пространства, читать приводят к снижению показателей общего функционирования организма. А потеря независимости в быту, невозможность возвращения к работе, привычному образу жизни укрепляют уверенность в себе, дополняют уже развившиеся после перенесенного инсульта изменения эмоционального статуса у пациентов такой категории [3].

Многообразие существующих видов зрительных нарушений, их степень влияния на качество жизни обуславливает необходимость проведения реабилитационных программ, в состав которых будут включены методы, направленные на коррекцию зрительных нарушений.

Развитие научно-технических возможностей и прорывных научных исследований в области медицины ведет к активному внедрению новейших технологий на разных этапах медицинской реабилитации, в том числе технологий, направленных на лечение пациентов с церебральным инсультом, сопровождающимся выраженными нарушениями зрения.

Представленный обзор методов реабилитации пациентов с нарушением зрительных функций, перенесших ОНМК, основан на анализе публикаций в международных и отечественных базах данных OpenAlex, Scilit, Lens, PubMed, Cyberleninka и eLibrary, доступных для анализа по 15 августа 2024 г., с глубиной поиска преимущественно 15 лет. В результате поиска было рассмотрено 66 статей по заданной теме. Кроме того, были использованы 6 источников, датированные более ранним периодом (1989–2005 гг.), поскольку они содержат необходимую информацию в рамках настоящего обзора.

Данная статья является второй частью обзора, посвященного проблеме нарушения зрительных функций у пациентов, перенесших ОНМК, в котором рассмотрены методы реабилитации пациентов данной категории.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

Спонтанное восстановление нарушенных зрительных функций

Активная разработка технологий медицинской реабилитации пациентов после инсультов, сопровождающихся выраженными нарушениями зрения, в настоящее время проводится учеными разных стран. Ряд исследований касался спонтанного восстановления зрения, что нельзя не учитывать, рассматривая эффективность реабилитационных мероприятий пациентов такой категории.

В результате длительных клинических наблюдений о спонтанном восстановлении зрительных функций сообщают многие авторы. По данным ретроспективного анализа Ali M. et al., по истечении первого месяца после ОНМК стойкие нарушения зрения сохранялись у 28,2 % пациентов и у 20,5 % через 3 месяца. Таким образом, наибольшее количество пациентов со зрительными нарушениями восстанавливалось в течение 30 дней после инсульта [4].

В рамках проспективного исследования 2020 г. Tharaldsen A. et al. отмечают улучшение состояния нарушенных зрительных функций у 52 % пациентов с нарушениями периферического зрения в течение 6 месяцев после инсульта в области задней мозговой артерии [5].

Gray C. et al. еще в 1989 г. при изучении восстановления полей зрения у пациентов с гомонимной гемианопсией провели проспективное исследование 157 пациентов (средний возраст составил 73 года), поступивших в больницу в течение 72 часов после острого инсульта полушарий головного мозга, с клиническими признаками гомонимной гемианопсии. Авторы сообщают, что в течение первого месяца с момента возникновения инсульта полное восстановление полей зрения отмечается у 17 % пациентов с полной гомонимной гемианопсией и у 72 % пациентов с частичным подобным нарушением с момента поступления. Подтверждением этого факта являются и результаты, полученные Zhang X. в 2006 г., когда по данным ретроспективного анализа медицинских карт 254 пациентов с гомонимной гемианопсией в течение первых 3 месяцев после ОНМК у 50 % больных наблюдалось полное или частичное спонтанное восстановление дефекта полей зрения, объективно определяемое при проведении оценочных тестов на поля зрения, а в последующие 3 месяца

восстановление полей зрения произошло еще в 20 % случаев. Кроме того, Zhang X. et al. в своем исследовании приходит к выводу, что восстановление зрительных функций значительно замедляется после первых 3 месяцев после ОНМК, а большинство случаев улучшения зрения ограничивается именно этим периодом времени. Спонтанное улучшение зрительных функций через 6 месяцев после перенесенного инсульта можно связать с улучшением течения основного заболевания либо с вероятными способностями некоторых пациентов приспосабливаться к проведению определения границ полей зрения [6, 7].

В рамках ретроспективного метаанализа данных по качеству жизни пациентов с нарушениями периферического зрения в результате инсульта Dogra N. et al. в 2024 г. отмечают улучшение визуального качества жизни со временем, что может отражать как процессы естественного восстановления, так и развитие компенсаторных механизмов на фоне корректировки образа жизни [3].

Pambakian A. et al. в исследовании в 2000 г., направленном на изучение компенсаторных механизмов восстановления движений глазных яблок, отмечают, что именно с увеличением периода времени, прошедшего от момента возникновения сосудистого события, параметры фиксации взгляда и характера следования саккад у пациентов с нарушениями двигательной функции глазных яблок после перенесенного церебрального инсульта значительно отличаются от параметров в контрольной группе, включающей пациентов без соответствующих глазных нарушений. При этом связи с локализацией и размером поражения головного мозга не наблюдалось. Таким образом, спонтанное восстановление зрительных функций через 6 месяцев после ОНМК, скорее всего, отражает эволюцию компенсаторной стратегии движения глаз пациентов после перенесенного инсульта [8].

Важно отметить, что авторы чаще указывают все же на неполное восстановление зрительных функций. Только у 7,5 % происходит полное восстановление полей зрения, у 39 % пациентов — частичное улучшение, а у 52 % восстановление нарушенной функции отсутствует [9].

Учитывая полученные данные об имеющемся, но в большей мере неполном спонтанном восстановлении нарушенных функций органа зрения, в основном в первые 3 месяца после перенесенного инсульта зрительная реабилитация должна быть направлена на ускорение процесса восстановления и повышение качества жизни пациентов такой категории в целом.

Стратегии восстановления нарушенных зрительных функций

Для восстановления нарушенных функций зрительного анализатора, вызванных церебральным инсультом, важно в начале реабилитационных мероприятий определить стратегию ведения пациента и, соответственно, диапазон и эффективность доступных вариантов лечения.

За длительный период поиска оптимальной реабилитационной тактики таких пациентов выстроились 3 основные стратегии восстановления нарушенных

зрительных функций. Первая, заместительная, относится к применению приспособлений для адаптации к окружающей среде и устройств для слабовидения. Вторая, компенсаторная, описывает работу с неповрежденными структурами зрительной системы для восполнения утраченных поврежденными участками функций. Третья, восстановительная, или так называемая реституция, — это попытка восстановления утраченной функции органа зрения. В системном обзоре, касающемся изучения восстановления полей зрения после инсульта, Pollock A. et al. также выделяют 3 типа вмешательств: заместительные, компенсаторные и восстановительные [10, 11].

Итак, две основные стратегии восстановления нарушенных функций зрения у пациентов после перенесенного инсульта включают использование оптических устройств для адаптации к окружающей среде и тренировки неповрежденных структур зрительного анализатора, направленные на компенсацию утраченных функций. Третья стратегия, основанная на принципах нейронной пластичности зрительной системы, направлена на увеличение обработки зрительной информации в зонах остаточного зрения, тем самым расширяя размеры полей зрения.

Стратегия заместительная

Одним из способов компенсировать дефект поля зрения является перемещение изображения объектов из невидимой области в видимую. Это достигается с помощью зеркал или призм.

Оптическая коррекция при гомонимной гемианопсии заключается в использовании индивидуальных очков, оснащенных зеркальными линзами, или призмами. Оптические средства либо перемещают изображение в часть поля зрения, находящуюся за пределами скотомы, либо расширяют поле зрения.

Призмы Френеля — пластиковые прижимные линзы, надеваемые на линзы обычных корректирующих очков основанием к стороне с дефектом периферических границ, проецирующие изображения объектов на область вне слепого участка поля зрения.

В рамках рандомизированного перекрестного клинического исследования Bowers A. et al. отмечают улучшение траектории движения с огибанием препятствий при ходьбе у пациентов с гомонимной гемианопсией, проходящих реабилитацию с использованием призматических очков. К аналогичным выводам приходит в своих работах и ряд других авторов [12–14].

Однако в систематическом обзоре Pollock A. et al. указывают на недостаточность доказательств для того, чтобы сделать выводы об эффективности призм в реабилитации пациентов с нарушениями периферического зрения [11].

В пилотном проспективном многоцентровом рандомизированном клиническом исследовании Rowe F. et al. сообщают о большом проценте (69 %) побочных эффектов, таких как головная боль, диплопия, оптические блики при восстановительной терапии призмой Френеля [15].

Установлено, что с помощью оптической коррекции можно увеличить площадь сохранного зрительного поля. Применение этой стратегии ограничивается

высоким процентом возможных побочных эффектов у некоторых пациентов на фоне сниженных компенсаторных возможностей вестибулярной системы и нарушений интегративной деятельности мозга.

Однако разработки в этом направлении продолжают. Так, Crossland M. et al. в 2022 г. предложили поворотную раздельную линзу Franklin, а Falahati M. et al. в 2023 г. представили наклонную многоперископическую призму, которая обеспечивает расширение поля зрения на 42° по горизонтали и сдвиг на 18° по вертикали [16, 17].

По данным исследований Плисова И. и Гладышевой Г., призматическая коррекция (призмы Френеля) помогает скомпенсировать основные симптомы (диплопию, вынужденный поворот головы) при парезе горизонтального взора и при паралитическом косоглазии [18, 19].

Методы оптической коррекции (призматические очки) применяются при реабилитации пациентов с пространственной гемиагнозией, проявляющейся нарушением сенсорных механизмов пространственной ориентации, нарушением исследовательского поведения (зрительного поиска). Об облегчении симптомов у данной категории пациентов сообщают многие исследователи. Так, Serino A. et al. в 2009 г. изучали эффективность 2-недельного курса реабилитации, заключающегося в зрительно-моторной тренировке в группах с проводимой призматической адаптацией и без нее. Зрительно-пространственные способности улучшились в обеих группах с более выраженным результатом в группе с призматической коррекцией. Долгосрочные положительные эффекты такого подхода были подтверждены через 1 месяц после окончания реабилитации [20].

Mizuno K. et al. в 2011 г. в своем многоцентровом рандомизированном контролируемом двойном слепом исследовании изучали клиническую эффективность призматической адаптации USN у пациентов, перенесших инсульт. Авторы отмечают значительное улучшение показателя функциональной независимости (FIM) и показателей поведенческих тестов BIT и FIMIN у пациентов, прошедших призматическую адаптацию после перенесенного инсульта по сравнению с пациентами из контрольной группы, использующими очки с нейтральными стеклами. Кроме того, указывалось, что полученный результат сохранялся от нескольких недель до нескольких месяцев после применяемой терапии [21].

Однако Li J. et al. в рамках проведенного систематического обзора и метаанализа отмечают, что данные о длительности эффекта от призматической коррекции различны, и призматическая адаптация может лишь временно улучшить симптомы нарушенного пространственного восприятия у пациента после инсульта. А по результатам метаанализа при длительном наблюдении (более 1 месяца) вообще не было выявлено статистической разницы в результатах теста на поведенческую невнимательность между пациентами экспериментальной и контрольной групп [22].

В систематическом обзоре 2021 г. Longley V. et al. делают вывод, что данные о влиянии оптической коррекции на пространственную гемиагнозию очень неопределенны, метод не был в достаточной степени из-

учен в ходе высококачественных рандомизированных исследований, чтобы установить его эффективность и возможные побочные эффекты [23].

Стратегия компенсаторная

Компенсаторная тренировка зрительного поиска (визуальное сканирование (VST)) является основной стратегией коррекции гомонимной гемианопсии.

Суть этого метода состоит в поиске взором целевых визуальных стимулов (изображений), слежении за ними в зрительном поле, в том числе в пораженном полуполе, не допуская поворота головы.

Тренировки направлены на отработку навыка компенсировать дефекты поля зрения за счет более эффективных саккадических движений глаз. В большей степени эффективность достигается скоростью и точностью движений глаз, что способствует выработке специфических глазодвигательных траекторий (саккад) и влияет на способность осуществлять эффективный визуальный поиск с восстановлением нарушенного исследовательского поведения.

Ряд авторов, изучающих влияние подобных тренировок на пациентов с однотипными дефектами полей зрения, демонстрируют улучшение зрительного поиска (скорости среднего времени поиска изображений) и сохранения полученного эффекта через месяц после завершения тренировок [24, 25].

В литературных источниках упоминаются различные варианты подобных тренировок: с бумажными носителями, игры для поиска слов, с использованием компьютера. Все они направлены на развитие способности пациента компенсировать появившиеся нарушения путем повышения скорости и точности движений глаз, выполняемых в сторону дефекта поля зрения [25–28]. Использование интернет-ресурсов и компьютерных программ дает возможность пациенту проводить подобные тренировки в домашних условиях самостоятельно [28, 29].

Ряд авторов, изучающих влияние различных вариантов компенсаторной стратегии на двигательную активность и повседневную жизнь пациентов с гомонимной гемианопсией, отмечают прямую связь подобных тренировок с улучшением способности распознавать периферические раздражители (изображения) и избегать препятствий во время ходьбы и в целом значительное повышение качества жизни пациентов. Кроме того, Rowe F. et al. в результате проспективного многоцентрового параллельного одиночного слепого трехэтапного рандомизированного клинического исследования, проводимого в пятнадцати отделениях острого инсульта Великобритании, с участием 87 пациентов при сравнении клинической эффективности призматической адаптивной коррекции и компенсаторной тренировки зрительного поиска при одноименной гемианопсии со стандартным лечением пришли к выводу, что именно компенсаторные тренировки зрительного поиска привели к значительному улучшению качества жизни пациента [15, 30].

В период с 2017 по 2024 гг. был опубликован ряд систематических обзоров и метаанализов, посвященных методам реабилитации пациентов, перенесших инсульт с нарушениями периферического зрения. В своих работах Hanna et al. в 2017 г., Pollock et al. в 2019 г.

отмечают эффективность компенсаторной стратегии, проводимой именно в виде тренировок зрительного поиска для пациентов данной категории. Систематический обзор и метаанализ Maeyama T. et al. в 2023 г., изучавших влияние реабилитационных вмешательств на проблемы с чтением у пациентов с нарушениями периферического зрения, показал положительный эффект компенсаторных вмешательств на скорость чтения по сравнению с другими методами. Однако все эти обзоры указывают на то, что отсутствуют высококачественные исследования эффективности вмешательств по лечению пациентов с дефектами полей зрения [11, 31–33].

В 2022 г. Batul S. et al. сообщили об эффективном применении тренировок зрительного поиска при решении конкретных поведенческих задач (равновесие и повседневная деятельность) для пациентов, перенесших инсульт с нарушениями моторики глаз, проведя рандомизированное контролируемое исследование с участием 64 пациентов [34].

Вопрос эффективности компенсаторной стратегии в реабилитации пациентов с пространственной гемианопсией после перенесенного инсульта изучался в ряде исследований.

По результатам рандомизированного контролируемого исследования van Wyk A. et al. в 2014 г. отмечают значительное улучшение при выполнении пространственных задач и повседневной деятельности у пациентов с пространственной гемианопсией после тридцати сеансов тренировки зрительного поиска.

Целью исследования, проводимого Spaccavento S. et al. в 2016 г., было сравнение влияния компенсаторной тренировки зрительного поиска и метода адаптации к призматической коррекции у пациентов с пространственной гемианопсией, вызванной очагом поражения в правом полушарии головного мозга. Тренировки включали в себя зрительный поиск целевых стимулов (изображений), чтение, копирование линейных рисунков и текстов и т. д. с постепенным усложнением заданий. В результате исследования не было обнаружено различий между двумя стратегиями, и оба подхода авторы отнесли к клинически эффективным реабилитационным методам [35–38].

Стратегия восстановительная

«Терапия по восстановлению зрения»

В зарубежных источниках одним из методов восстановительной стратегии реабилитации зрительных функций при нарушении периферического зрения называют VRT (Vision Restoration Therapy, «терапия по восстановлению зрения»). В основе эффективности метода лежит способность зрительной системы в ответ на световые стимулы адаптироваться путем оптимальных структурно-функциональных перестроек.

Sabel B. et al. в 2004 г. и далее в 2011 г. проводили исследования, направленные на изучение метода VRT и его влияние на расширение полей зрения при гомонимной гемианопсии. Результаты оценивались путем применения различных функциональных периметрических тестов. В основе этого метода лежит воздействие светового раздражителя (светового стимула) посредством компьютерной программы в области

слепой зоны (скатомы). Световые стимулы попеременно возникали на экране, располагаясь по границе абсолютной скатомы и видимой части поля зрения, где зрение значительно снижено, но не отсутствует, на что и реагировал пациент. Такая тренировка периферического зрения расширяет поля зрения, способствует увеличению обработки сенсорной (зрительной) информации и повышению повседневной активности за счет нейропластичности зрительной системы и сохранению остаточной активности нейронов пораженного участка мозга. В 2018 г. Elshout J.M. et al. получили схожие результаты при оценке эффективности зрительной тренировки с целью восстановления зрения у 35 пациентов с одноименными дефектами поля зрения после инсультов, используя три опросника по оценке качества жизни, связанных с инсультом, и шкалы достижения целей (GAS). Они продемонстрировали линейную зависимость степени расширения полей зрения с улучшением личной повседневной деятельности [39, 40].

Несмотря на то что ряд авторов сообщают об эффективности применения VRT, данные о результатах противоречивы, и споры относительно будущего этого вида терапии продолжаются. В 2007 г. Pelak V., а в 2017 г. Frolov A. в своих систематических обзорах, касающихся терапии восстановления зрения при гомонимной гемианопсии, приходят к выводу о том, что результаты применения таких методов завышены и могут повторять улучшение полей зрения, полученные путем спонтанного восстановления нарушенных зрительных функций. Причиной таких выводов было использование одной и той же системы обучения и оценки результатов, где нет контроля за движением глаз во время тренировки. Это стало потенциально серьезным недостатком в первоначальных исследованиях VRT и, соответственно, вызывало сомнения по поводу достоверности результатов подобных исследований. Кроме того, это могло привести к неправильной характеристике полученных сканирующих саккад как истинного расширения поля зрения. Длительность интенсивных тренировок (требуется до 300 часов практики с компьютерной программой стимуляции, а это ежедневные полуторачасовые занятия курсом до 6 месяцев) тоже вызывала сомнения в клинической пользе такого обучения, учитывая необходимость высокой мотивации пациентов на весь период зрительных тренировок [41, 42]. А результатом рандомизированного контролируемого исследования Mödden C. et al. стало утверждение о том, что поля зрения увеличиваются всего на 1 угловой градус при условии состояния полной неподвижности глазного яблока в момент оценочных тестов [43].

Методы неинвазивной стимуляции мозга

Активное развитие методов неинвазивной стимуляции мозга вызывает большой интерес у исследователей. К таким методам можно отнести транскраниальную магнитную стимуляцию (TMS) и низкоинтенсивную электрическую стимуляцию с использованием либо постоянного, либо переменного тока, применяемого транскраниально (tDCS или tACS соответственно.)

За последние два десятилетия был опубликован ряд исследований, посвященных эффектам применения методов неинвазивной стимуляции мозговых структур восстановительного характера у пациентов с гемианопсией, механизм которых основан на нейропластичности зрительной системы путем изменения возбудимости и синхронизации нейронных сетей. В рамках систематического обзора 2020 г. Sabel B. et al. приходят к заключению, что имеются убедительные доказательства благотворного воздействия методов неинвазивной стимуляции мозга на восстановление зрения [44].

Транскраниальная электрическая стимуляция

Влияние транскраниальной стимуляции постоянным током (tDCS) на зрительные функции изучалось рядом авторов. Еще в 2004 г. Antal A. et al. и Kraft A. et al. в 2010 г. говорили о перспективе использования tDCS в стратегиях реабилитации неврологических пациентов со зрительно-моторными расстройствами [45, 46].

В 2020 г. Бакунин И. и соавт. в рамках проводимого неконтролируемого исследования пациентам после нарушения мозгового кровообращения давностью более 1 месяца с развившейся гемианопсией (10 человек) проводили процедуры tDCS (воздействие слабым электрическим током (до 2 мА) с применением нескольких электродов, располагаемых на поверхности головы в области затылочной коры). Результатом исследования был вывод о клинической эффективности метода, проявившейся в повышении качества обработки зрительной информации, улучшении психологического и социального функционирования человека как интегральных характеристик качества жизни путем улучшения показателей периферического зрения [47].

В ряде исследований изучался вопрос эффективности применения сочетанных и комбинированных методик восстановительной стратегии (tDCS и VRT) у пациентов с нарушениями периферического зрения на стадии восстановления после инсульта. Авторы заявили о существующем потенцированном действии двух методик и превосходящем эффекте восстановления зрительных функций по сравнению со стандартной процедурой тренировки зрения [48–49].

В результате проведенного мнимо-контролируемого одиночного слепого исследования при участии 15 пациентов с гемианопсией в 2024 г. Diana L. et al. отмечают стимулирующий эффект воздействия постоянным током (tDCS) затылочной и теменной областей в сочетании с компенсаторной мультисенсорной тренировкой [50].

В рамках рандомизированного клинического исследования в 2021 г. Xu J. et al. изучали реорганизацию сети функциональных связей головного мозга в результате комбинированного лечения (tACS-tDCS) пациентов, страдающих гемианопсией после инсульта. По мнению авторов, такое комбинированное воздействие приводит к улучшению зрительных функций вследствие повышения эффективности нейронной обработки визуальных данных [51].

Однако ввиду малой выборки в предлагаемых к рассмотрению исследованиях можно говорить

только о предварительном анализе изучаемой совокупности и предварительных результатах научных исследований с указанием на вероятную клиническую эффективность применения двух методов и их взаимное потенцированное действие, положительно сказывающееся на результате восстановления зрительных функций (полей зрения).

Транскраниальная магнитная стимуляция

Она является перспективным современным методом восстановительного лечения пациентов с ОНМК. Данный метод широко применяется в программах реабилитации после перенесенного инсульта за счет возможности активации высокоинтенсивным магнитным полем нейронных структур.

Поиском оптимальных параметров электромагнитного поля, применяемого в транскраниальной магнитной стимуляции, активно занимались Kim Y. et al. в 2013 г. В исследовании принимало участие 27 пациентов с острым инсультом и нарушением зрительно-пространственного восприятия. Результатом этого исследования было заключение об эффективности транскраниальной магнитной стимуляции, а именно высокочастотной (10 Гц) ритмической транскраниальной магнитной стимуляции (РТМС) при лечении подобных пациентов. Но в систематических обзорах 2015 и 2018 гг. и в проведенном метаанализе, посвященных эффективности неинвазивной стимуляции головного мозга (РТМС и tDCS) при жалобах пациентов, перенесших инсульт, на нарушения периферического зрения, подчеркивались неоднородность исследований, отсутствие отдаленных данных после применения вышеуказанных методик, а, следовательно, отсутствие статистически значимых результатов клинической эффективности и безопасности изучаемых методов [52–54].

Позже, уже в 2021 г., научные работы приобрели более структурированную форму. El Nahas N. et al. проводили исследование по изучению эффективности применения РТМС при восстановлении нарушенного периферического зрения после инсульта. В исследовании участвовало 32 пациента с дефектами полей зрения через 3 месяца после сосудистого события. После курса процедур РТМС с использованием объективных методов исследования полей зрения и опросника зрительного функционирования (VFQ-25) была продемонстрирована высокая эффективность предложенного метода ввиду его избирательной способности воздействовать на остаточное зрение в области очага инфаркта мозга, увеличивая вероятность поиска светового раздражителя и расширяя тем самым поля зрения [55].

Результатом индивидуального плацебо-контролируемого исследования в 2022 г. стало утверждение о значительных положительных результатах применения транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов после инсульта с нарушениями пространственного восприятия с указанием сохранения этого эффекта после курса процедур, что повышает значимость результата, говоря о его безопасности и хорошей переносимости [56, 57].

В двойном слепом рандомизированном плацебо-контролируемом интервенционном исследовании при сравнении программ, где на фоне тренировок VST

в одной из групп у пациентов после перенесенного 6 месяцев назад инсульта применялась транскраниальная магнитная стимуляция, выводом стал статистически значимый результат высокой клинической эффективности данного метода [58].

Технологии виртуальной реальности

Возможность моделирования виртуальных сред стала новым прорывным научно-техническим прогрессом в области медицины, что привело к активному внедрению технологии виртуальной реальности на разных этапах реабилитационного процесса. Сгенерированная компьютером виртуальная среда полностью погружает пациента в вымышленный мир путем создания трехмерных симуляций и подачи информации через сенсорные системы. По мнению ряда ученых, метод, позволяющий влиять на нейропластичность путем развития нейронных связей, можно отнести к одному из перспективных в плане восстановления нарушенных зрительных функций. Метод виртуальной реальности позволяет точно контролировать фиксацию взгляда пациента (технология «eye tracking»), движения головы и положение тела и конечностей, что исключает недостаток (отсутствие такого контроля) при применении VRT. А контроль над степенью и видами раздражителей (стимулов), способность отслеживать динамику полученных результатов дают возможность создать оптимальные условия для исследований. Именно этот метод при сравнении его с тренировками, где также применяются компьютерные программы, но ограничивающиеся монитором компьютера, способен на фоне увеличения визуальной информации закрепить полученное двигательными действиями.

Современные технологии виртуальной реальности предполагают различные технические варианты решений: использование очков и шлемов виртуальной реальности (HMD-дисплей, укрепленный на голове), проекторов (комнаты виртуальной реальности), различных манипуляторов, перчаток с сенсорами.

Naо J. et al. в систематическом обзоре 2022 г. отмечают, что изменения нейронной пластичности, вызванные виртуальной реальностью, у людей, перенесших инсульт, способствуют восстановлению и компенсации функциональных нарушений [59].

Исследования ряда авторов показывают, что мультимодальная сенсорная информация, полученная таким образом, способна привести к улучшению зрительного поиска, улучшению зрительной памяти, снижению уровня депрессии у пациентов с нарушениями периферического зрения. Li S. et al. сообщают о значительном улучшении функции бинокулярного зрения у пациентов с недостаточностью конвергенции. A Daibert-Nido M. et al. рассматривали возможность реабилитации пациентов с гемианопсией при помощи технологии виртуальной реальности в домашних условиях, подчеркивая перспективность данного метода [60–62].

Широко исследуется использование технологий виртуальной реальности при реабилитации пациентов с односторонней пространственной агнозией после перенесенного инсульта, на что указывалось в систематических обзорах, посвященных изучению применения перспективных методов реабилитации у пациентов с пространственной гемиагнозией [63, 64].

В нескольких исследованиях также сообщалось, что этот метод превосходит традиционную реабилитацию и повышает возможности деятельности пациентов в повседневной жизни [65, 66].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодня не существует окончательных стандартных вариантов лечения нарушений зрения, связанных с инсультом, из-за недостаточности высококачественных научно обоснованных исследований в этой области.

Суммируя результаты обеих частей обзора, посвященного проблеме нарушения зрительных функций у пациентов, перенесших ОНМК, можно сделать следующий вывод.

Многообразии видов зрительных нарушений, глубина поражения, степень влияния на качество жизни и, соответственно, влияние таких нарушений на функциональ-

ные способности пациентов, перенесших инсульт, обуславливает необходимость наличия определенных знаний и навыков лечащих врачей на всех этапах лечения.

Кроме того, нарушение зрения значительно сужает выбор основных программ реабилитации. Точная информация о расстройствах зрительных функций позволит выбрать необходимую стратегию реабилитационного процесса зрительных нарушений, применить соответствующую программу восстановления зрения. Такой подход значительно расширит выбор альтернативных вариантов восстановления после перенесенного церебрального инсульта, где орган зрения должен активно участвовать в восприятии и анализе сенсорной информации, являющейся составной частью всего внешнего для мозга информационного материала, необходимого для проведения восстановительных мероприятий и получения более высоких результатов реабилитации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Марфина Татьяна Владимировна, научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: marfinatv@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-1946>

Кончугова Татьяна Венедиктовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, заведующий кафедрой восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

Апханова Татьяна Валерьевна, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3852-2050>

Кульчицкая Детелина Борисовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, отдел физиотерапии и рефлексотерапии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

Мухина Анастасия Александровна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, отдел физиотера-

пии и рефлексотерапии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-4318>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Марфина Т.В. — концепция протокола исследования, формулирование выводов, набор исследуемого материала, написание статьи; Кончугова Т.В. — концепция протокола исследования, формулирование выводов; Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Мухина А.А. — формулирование выводов, корректировка текста статьи.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Кончугова Т.В. — заместитель главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины», Апханова Т.В. — научный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Tatyana V. Marfina, Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: marfinatv@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-1946>

Tatiana V. Konchugova, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, Head of the Department of Rehabilitation Medicine, Physical Therapy and Medical Rehabilitation, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

Tatiana V. Apkhanova, D.Sc. (Med.), Chief Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3852-2050>

Detelina B. Kulchitskaya, D.Sc. (Med.), Professor, Chief Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

Anastasiya A. Mukhina, Ph.D. (Med.), Leading Researcher, Department of Physiotherapy and Reflexology, National

Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-4318>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Marfina T.V. — concept of the research of the study, formulation of conclusions; set of research material, writing an article; Konchugova T.V. — concept of the research of the study; Apkhanova T.V.,

Kulchitskaya D.B., Mukhina A.A. — formulation of conclusions; correction of the text of the article.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. Konchugova T.V. — Deputy Editor-in-Chief of the Journal "Bulletin of Rehabilitation Medicine", Apkhanova T.V. — Scientific Editor of the Journal "Bulletin of Rehabilitation Medicine". The other authors declare no conflicts of interest.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

- Rowe F, Hepworth L, Howard C, et al. Impact of visual impairment following stroke (IVIS study): a prospective clinical profile of central and peripheral visual deficits, eye movement abnormalities and visual perceptual deficits. *Disabil Rehabil.* 2022; 44(13): 3139–3153. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1859631>
- Hyndman J., Whelan R., Graham B. Post Stroke Visual Impairment: Interdisciplinary Collaborative Program - Canadian Perspective. *J Binocul Vis Ocul Motil.* 2024; 74(1): 17–31.
- Dogra N., Redmond B., Lilley S., et al. Vision-related quality of life after unilateral occipital stroke. *Brain Behav.* 2024; 14, e3582. <https://doi.org/10.1002/brb3.3582>
- Ali M., Hazelton C., Lyden P., et al. VISTA Collaboration. Recovery from poststroke visual impairment: evidence from a clinical trials resource. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013; 27(2): 133–41. <https://doi.org/10.1177/1545968312454683>
- Tharaldsen A., Sand K., Dalen I., et al. NOR-OCCIP Research Group. Vision-related quality of life in patients with occipital stroke. *Acta Neurol Scand.* 2020; 141(6): 509–518. <https://doi.org/10.1111/ane.13232>
- Gray C., French J., Bates D., et al. Recovery of visual fields in acute stroke: homonymous hemianopia associated with adverse prognosis. *Age Ageing.* 1989; 18(6): 419–421. <https://doi.org/10.1093/ageing/18.6.419>
- Zhang X., Kedar S., Lynn M., et al. Natural history of homonymous hemianopia. *Neurology.* 2006; 66(6): 901–905. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000203338.54323.22>
- Pambakian A., Wooding D., Patel N., et al. Scanning the visual world: a study of patients with homonymous hemianopia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2000; 69(6): 751–759. <https://doi.org/10.1136/jnnp.69.6.751>
- Rowe F., Wright D., Brand D., et al. A prospective profile of visual field loss following stroke: prevalence, type, rehabilitation, and outcome. *Biomed Res Int.* 2013; 2013: 719096. <https://doi.org/10.1155/2013/719096>
- Khan S., Leung E., Jay W. Stroke and visual rehabilitation. *Top Stroke Rehabil.* 2008; 15(1): 27–36. <https://doi.org/10.1310/tsr1501-27>
- Pollock A., Hazelton C., Rowe F., et al. Interventions for visual field defects in people with stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2019; Issue 5: CD008388. <https://doi.org/10.1002/14651858>
- Szlyk J., Seiple W., Stelmack J., et al. Use of prisms for navigation and driving in hemianopic patients. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005; 25(2): 128–135. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2004.00265.x>
- Giorgi R., Woods R., Peli E. Clinical and laboratory evaluation of peripheral prism glasses for hemianopia. *Optom Vis Sci.* 2009; 86(5): 492–502. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e31819f9e4d>
- Bowers A., Keeney K., Peli E. Randomized crossover clinical trial of real and sham peripheral prism glasses for hemianopia. *JAMA Ophthalmol.* 2014; 132(2): 214–222. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2013.5636>
- Rowe F., Conroy E., Bedson E., et al. A pilot randomized controlled trial comparing effectiveness of prism glasses, visual search training and standard care in hemianopia. *Acta Neurol Scand.* 2017; 136(4): 310–321. <https://doi.org/10.1111/ane.12725>
- Crossland M., Reuben M., Bedford S. Novel use of a Franklin split lens for cycling with hemianopia. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2022; 42(1): 218–223. <https://doi.org/10.1111/opo.12906>
- Falahati M., Kurukuti N., Vargas-Martin F., et al. Oblique multi-periscopic prism for field expansion of homonymous hemianopia. *Biomed Opt Express.* 2023; 14(5): 2352–2364. <https://doi.org/10.1364/BOE.485373>
- Плисов И.Л., Пузыревский К.Г., Атаманов В.В. Тактика и методы лечения паралитического косоглазия. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук.* 2009; 29(4): 111–113. [Plisov I.L., Puzyrevsky K.G., Atamanov V.V. Tactics and Methods of Paralytic Strabismus Treatment. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2009; 29(4): 111–113 (In Russ.)]
- Гладышева Г.В., Плисов И.Л., Анциферова Н.Г., Пушина В.Б. Парез горизонтального взгляда - какую тактику ведения выбрать. *Офтальмохирургия.* 2023; 2: 80–85. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2023-2-80-85> [Gladysheva G.V., Plisov I.L., Antsiferova N.G., Pushchino V.B. Paresis of the horizontal gaze - which tactics to choose. *Ophthalmosurgery.* 2023; 2: 80–85 (In Russ.)]
- Serino A., Barbiani M., Rinaldesi M., et al. Effectiveness of prism adaptation in neglect rehabilitation: a controlled trial study. *Stroke.* 2009; 40(4): 1392–1398. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.530485>
- Mizuno K., Tsuji T., Takebayashi T., et al. Prism adaptation therapy enhances rehabilitation of stroke patients with unilateral spatial neglect: a randomized, controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011; 25(8): 711–720. <https://doi.org/10.1177/1545968311407516>
- Li J., Li L., Yang Y., Chen S. Effects of Prism Adaptation for Unilateral Spatial Neglect After Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2021; 100(6): 584–591. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001598>
- Longley V., Hazelton C., Heal C., et al. Non-pharmacological interventions for spatial neglect or inattention following stroke and other non-progressive brain injury. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2021; Issue 7: CD003586. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003586.pub4>
- Mannan S., Pambakian A., Kennard C. Compensatory strategies following visual search training in patients with homonymous hemianopia: an eye movement study. *J Neurol.* 2010; 257(11): 1812–1821. <https://doi.org/10.1007/s00415-010-5615-3>
- Jacquin-Courtois S., Bays P., Salemm R., et al. Rapid compensation of visual search strategy in patients with chronic visual field defects. *Cortex.* 2013; 49(4): 994–1000. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.03.025>

26. Nelles G., Esser J., Eckstein A., et al. Compensatory visual field training for patients with hemianopia after stroke. *Neurosci Lett.* 2001; 29; 306(3): 189–192. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(01\)01907-3](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(01)01907-3)
27. Schuett S., Heywood C., Kentridge R., Zihl J. Rehabilitation of hemianopic dyslexia: are words necessary for re-learning oculomotor control? *Brain.* 2008; 131(Pt 12): 3156–3168. <https://doi.org/10.1093/brain/awn285>
28. Aimola L., Lane A., Smith D., et al. Efficacy and feasibility of home-based training for individuals with homonymous visual field defects. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014; 28(3): 207–218. <https://doi.org/10.1177/1545968313503219>
29. Ong Y., Jacquín-Courtois S., Gorgoraptis N., et al. Eye-Search: A web-based therapy that improves visual search in hemianopia. *Ann Clin Transl Neurol.* 2015; 2(1): 74–78. <https://doi.org/10.1002/acn3.154>
30. de Haan G., Melis-Dankers B., Brouwer W., et al. The Effects of Compensatory Scanning Training on Mobility in Patients with Homonymous Visual Field Defects: A Randomized Controlled Trial. *PLoS One.* 2015; 10(8): e0134459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134459>
31. Hanna K., Hepworth L., Rowe F. The treatment methods for post-stroke visual impairment: A systematic review. *Brain Behav.* 2017; 6; 7(5): e00682. <https://doi.org/10.1002/brb3.682>
32. Maeyama T., Okada H., Sakai S. The effects of rehabilitative interventions on reading disorders caused by homonymous visual field defects: a meta-analysis focusing on improvement in reading speed. *Acta Neurol Belg.* 2024; 124(1): 123–140. <https://doi.org/10.1007/s13760-023-02327-6>
33. Tol S.; de Haan G.; Postuma E., et al. Reading Difficulties in Individuals with Homonymous Visual Field Defects: A Systematic Review of Reported Interventions. *Neuropsychol. Rev.* 2024; 1–47. <https://doi.org/10.1007/s11065-024-09636-4>
34. Batul S., Zafar H., Gilani S., et al. The effect of visual scanning exercises in addition to a specific task approach on balance and daily activities in stroke patients with impaired eye movement: a randomized controlled trial. *United Kingdom,* 2022; 22: 312. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02843-7>
35. van Wyk A., Eksteen C., Rheeder P. The effect of visual scanning exercises integrated into physiotherapy in patients with unilateral spatial neglect poststroke: a matched-pair randomized control trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014; 28(9): 856–873. <https://doi.org/10.1177/1545968314526306>
36. Spaccavento S., Cellamare F., Cafforio E., Craca A. Efficacy of visual-scanning training and prism adaptation for neglect rehabilitation. *Appl Neuropsychol Adult.* 2016; 23(5): 313–321. <https://doi.org/10.1080/23279095.2015.1038386>
37. Gammeri R., Schintu S., Salatino A., et al. Effects of prism adaptation and visual scanning training on perceptual and response bias in unilateral spatial neglect. *Neuropsychol Rehabil.* 2024; 34(2): 155–180. <https://doi.org/10.1080/09602011.2022.2158876>
38. Загайнова А.Ю., Кузюкова А.А., Добрякова В.В. Рашидова Э.Ш. Успешное преодоление односторонней пространственной агнозии в позднем восстановительном периоде ишемического инсульта: клинический случай. *Вестник восстановительной медицины.* 2023; 22(2): 102–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111> [Zagaynova A.Yu., Kuz'yukova A.A., Dobryakova V.V., Rashidova E.Sh. Overcoming Unilateral Spatial Agnosia in the Late Recovery Period of Ischemic Stroke: a Case Report. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2023; 22(2): 102–111. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-102-111> (In Russ.).]
39. Sabel B., Kenkel S., Kasten E. Vision restoration therapy (VRT) efficacy as assessed by comparative perimetric analysis and subjective questionnaires. *Restor Neurol Neurosci.* 2004; 22(6): 399–420.
40. Elshout J., Bergsma D., Sibbel J., et al. Improvement in activities of daily living after visual training in patients with homonymous visual field defects using Goal Attainment Scaling. *Restor Neurol Neurosci.* 2018; 36(1): 1–12. <https://doi.org/10.3233/RNN-170719>
41. Pelak V., Dubin M., Whitney E. Homonymous Hemianopia: A Critical Analysis of Optical Devices, Compensatory Training, and NovaVision. *Curr Treat Options Neurol.* 2007; 9(1): 41–47. <https://doi.org/10.1007/s11940-007-0029-y>
42. Frolov A., Feuerstein J., Subramanian P. Homonymous Hemianopia and Vision Restoration Therapy. *Neurol Clin.* 2017; 35(1): 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2016.08.010>
43. Mödden C., Behrens M., Damke I., et al. A randomized controlled trial comparing 2 interventions for visual field loss with standard occupational therapy during inpatient stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012; 26(5): 463–469. <https://doi.org/10.1177/1545968311425927>
44. Sabel B., Thut G., Hauelsen J., et al. Vision modulation, plasticity and restoration using non-invasive brain stimulation — An IFCN-sponsored review. *Clin Neurophysiol.* 2020; 131(4): 887–911. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.01.008>
45. Antal A., Nitsche M.A., Kruse W., et al. Direct current stimulation over V5 enhances visuomotor coordination by improving motion perception in humans. *J Cogn Neurosci.* 2004; 16(4): 521–527. <https://doi.org/10.1162/089892904323057263>
46. Kraft A., Roehmel J., Olma M., et al. Transcranial direct current stimulation affects visual perception measured by threshold perimetry. *Exp Brain Res.* 2010; 207(3–4): 283–290. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2453-6>
47. Бакулин И.С., Лагода Д.Ю., Пойдашева А.Г. и др. Транскраниальная стимуляция постоянным током при постинсультной гемианопсии. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2020; 14(2): 5–14. <https://doi.org/10.25692/ACEN.2020.2.1> [Bakulin I.S., Lagoda D.Yu., Poydasheva A.G., et al. Transcranial direct current stimulation in poststroke hemianopia. *Annals of clinical and experimental neurology.* 2020; 14(2): 5–14. <https://doi.org/10.25692/ACEN.2020.2.1> (In Russ.).]
48. Alber R., Moser H., Gall C., Sabel B.A. Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Vision Restoration Training in Subacute Stroke Rehabilitation: A Pilot Study. *PM & R.* 2017; 9(8): 787–794. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.12.003>
49. Plow E., Obretenova S., Jackson M., et al. Temporal profile of functional visual rehabilitative outcomes modulated by transcranial direct current stimulation. *Neuromodulation.* 2012; 15(4): 367–373. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1403.2012.00440.x>
50. Diana L., Casati C., Melzi L., Bianchi Marzoli S., Bolognini N. The effects of occipital and parietal tDCS on chronic visual field defects after brain injury. *Front Neurol.* 2024; 15: 1340365. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1340365>
51. Xu J., Wu Z., Nürnberg A., Sabel B.A. Reorganization of Brain Functional Connectivity Network and Vision Restoration Following Combined tACS-tDCS Treatment After Occipital Stroke. *Front Neurol.* 2021; 12: 729703. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.729703>
52. Kim Y., Chun M., Yun G., et al. The effect of virtual reality training on unilateral spatial neglect in stroke patients. *Ann Rehabil Med.* 2011; 35(3): 309–315. <https://doi.org/10.5535/arm.2011.35.3.309>
53. Salazar A., Vaz P., Marchese R., et al. Noninvasive Brain Stimulation Improves Hemispatial Neglect After Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018; 99(2): 355–366.e1. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.07.009>
54. Jacquín-Courtois S. Hemi-spatial neglect rehabilitation using non-invasive brain stimulation: or how to modulate the disconnection syndrome? *Ann Phys Rehabil Med.* 2015; 58(4): 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.07.388>
55. El Nahas N., Elboki A., Abd Eldayem E., et al. Navigated perilesional transcranial magnetic stimulation can improve post-stroke visual field defect: A double-blind sham-controlled study. *Restor Neurol Neurosci.* 2021; 39(3): 199–207. <https://doi.org/10.3233/RNN-211181>
56. Лебедева Д.И., Туровина Е.Ф., Десятова И.Е. и др. Оценка эффективности транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов после ишемического инсульта: проспективное исследование. *Вестник восстановительной медицины.* 2023; 22(4): 31–40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40> [Lebedeva D.I., Turovinina E.F., Desyatova I.E., et al. Effectiveness of Transcranial Magnetic Stimulation in Patients after Ischemic Stroke: a Prospective Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2023; 22(4): 31–40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40> (In Russ.).]

57. Schuhmann T., Duecker F., Middag-van Spanje M., et al. Transcranial alternating brain stimulation at alpha frequency reduces hemispatial neglect symptoms in stroke patients. *Int J Clin Health Psychol.* 2022; 22(3): 100326. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2022.100326>
58. Middag-van Spanje M., Schuhmann T., Nijboer T., et al. Study protocol of transcranial electrical stimulation at alpha frequency applied during rehabilitation: A randomized controlled trial in chronic stroke patients with visuospatial neglect. *BMC Neurol.* 2022; 22(1): 402. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02932-7>
59. Hao J., Xie H., Harp K., et al. Effects of Virtual Reality Intervention on Neural Plasticity in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2022; 103(3): 523–541. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.06.024>
60. Li S., Tang A., Yang B., et al. Virtual reality-based vision therapy versus OBVAT in the treatment of convergence insufficiency, accommodative dysfunction: a pilot randomized controlled trial. *BMC Ophthalmol.* 2022; 22(1): 182. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02393-z>
61. Dehn L., Piefke M., Toepper M., et al. Cognitive training in an everyday-like virtual reality enhances visual-spatial memory capacities in stroke survivors with visual field defects. *Top Stroke Rehabil.* 2020; 27(6): 442–452. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1716531>
62. Daibert-Nido M., Pyatova Y., Cheung K., et al. An Audiovisual 3D-Immersive Stimulation Program in Hemianopia Using a Connected Device. *Am J Case Rep.* 2021; 22: e931079. <https://doi.org/10.12659/AJCR.931079>
63. Gammeri R., Iacono C., Ricci R., Salatino A. Unilateral Spatial Neglect After Stroke: Current Insights. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2020; 16: 131–152. <https://doi.org/10.2147/NDT.S171461>
64. Salatino A., Zavattaro C., Gammeri R., et al. Virtual reality rehabilitation for unilateral spatial neglect: A systematic review of immersive, semi-immersive and non-immersive techniques. *Neurosci Biobehav Rev.* 2023; 152: 105248. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105248>
65. Fordell H., Bodin K., Eklund A., Malm J. RehAtt — scanning training for neglect enhanced by multi-sensory stimulation in Virtual Reality. *Top Stroke Rehabil.* 2016; 23(3): 191–199. <https://doi.org/10.1080/10749357.2016.1138670>
66. Shin J., Kim M., Lee J., et al. Feasibility of hemispatial neglect rehabilitation with virtual reality-based visual exploration therapy among patients with stroke: randomised controlled trial. *Front Neurosci.* 2023; 17: 1142663. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1142663>