

## Роль нейроадаптации в хирургии хрусталика с имплантацией мультифокальных интраокулярных линз

И.В. Лев<sup>1,2</sup>, Д.Р. Лихтнер<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Тамбовский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России  
392000, г. Тамбов, Рассказовское ш., 1

<sup>2</sup> Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 93

### Резюме

В современном мире отказ от очковой коррекции для близости вследствие возникновения пресбиопии после 40 лет является все более частым критерием удовлетворенности у пациентов, особенно ведущих активный образ жизни и желающих решить проблему хирургическими методами. Единственным действующим методом коррекции данного состояния является мультифокальная интраокулярная коррекция. Несмотря на то, что после проведения такого вида хирургии у большинства пациентов отсутствует необходимость в очковой и контактной коррекции, у каждого хирурга, ведущего активную операционную деятельность, имеется ряд пациентов, неудовлетворенных результатами выполненной операции. Это может возникнуть как вследствие осложнений в процессе хирургического лечения, так и из-за особенности процессов нейроадаптации, состояния пластичности головного мозга у каждого конкретного пациента. К наиболее часто встречающимся осложнениям мультифокальной коррекции относятся нечеткое зрение и наличие оптических феноменов («гало» и «глэр»), связанных с остаточной аметропией, помутнением задней капсулы, большим размером зрачка, аномалиями волнового фронта, сухим глазом и децентрацией линзы. Основными причинами этого являются дислокация линзы, остаточная ошибка рефракции, помутнение линзы и нарушение или затруднение процесса нейроадаптации у пациента. Осмысление и оценка нейроадаптации у пациентов, перенесших хирургию хрусталика с целью коррекции пресбиопии и для устранения катаракты, служат малоизученным аспектом катарактальной хирургии в сегменте стран СНГ и несколько более исследованным – в зарубежной литературе, что представляет перспективное направление для исследования. В данной статье осуществлен обзор литературы по вышеуказанной теме.

**Ключевые слова:** нейроадаптация, мультифокальные интраокулярные линзы, пресбиопия, психология.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Автор для переписки.** Лихтнер Д.Р., e-mail: richard.likhtner@mail.ru

**Для цитирования.** Лев И.В., Лихтнер Д.Р. Роль нейроадаптации в хирургии хрусталика с имплантацией мультифокальных интраокулярных линз. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(4):39–46. doi: 10.18699/SSMJ20250404

## The role of neuroadaptation in lens surgery with multifocal intraocular lens implantation

I.V. Lev<sup>1,2</sup>, D.R. Likhtner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tambov Branch of S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
392000, Tambov, Rasskazovskoe hwy, 1

<sup>2</sup> Tambov State University named after G.R. Derzhavin  
392000, Tambov, Sovetskaya st., 93

### Abstract

In the modern world the refusal of spectacle correction for near vision due to the development of presbyopia after 40 years old is an increasingly common criterion of satisfaction among patients, especially those leading an active lifestyle and wishing to solve the problem by surgical methods. The only effective method of correcting this condition

is multifocal intraocular correction. Although the majority of patients do not require spectacles or contact lenses after this type of surgery, every surgeon with an active surgical practice has a number of patients who are dissatisfied with their outcomes. This may occur both as a result of complications during surgical treatment, and due to the peculiarities of neuroadaptation processes, the state of brain plasticity in each individual patient. The most common complications of multifocal correction are blurred vision and the presence of optical phenomena (halo and glare) associated with residual ametropia, posterior capsule opacification, large pupil size, wavefront anomalies, dry eye and lens decentration. The main causes of this are lens dislocation, residual refractive error, lens opacification and disruption or difficulty of the patient's neuroadaptation process. Understanding and assessing the neuroadaptation in patients who have undergone lens surgery to correct presbyopia and eliminate cataracts is a poorly studied aspect of cataract surgery in the CIS countries and somewhat more studied in foreign literature, which is a promising direction for research. This article will review the literature on the above topic.

**Key words:** neuroadaptation, multifocal intraocular lens, presbyopia, psychology.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Correspondence author.** Likhtner D.R., e-mail: richard.likhtner@mail.ru

**Citation.** Lev I.V., Likhtner D.R. The role of neuroadaptation in lens surgery with multifocal intraocular lens implantation. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(4):39–46. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250404

## Введение

Современная хирургия хрусталика на нынешних этапах ее развития все чаще переходит от операции, восстанавливающей зрительные функции, к рефракционной. Появление мультифокальных интраокулярных линз (МФИОЛ) обеспечивает большую независимость от очков и повышает качество жизни после операции. Со времени создания в 1980-х годах МФИОЛ претерпели различные технические усовершенствования, в том числе созданы трифокальные интраокулярные линзы и линзы с расширенной глубиной фокуса. Тщательная предоперационная проверка, включающая визуальные потребности пациентов и присущую глазную анатомию, позволяет достичь превосходных результатов. Тем не менее, чем дальше шагает офтальмология, тем к более высоким результатам должен стремиться хирург в своей оперативной деятельности, в том числе к учету, прогнозированию и минимизации возможных осложнений после премиальной хирургии хрусталика. Одним из важнейших залогов удовлетворенности пациента после данной хирургии является отсутствие дисфотопсий, которые могут появляться в процессе нейроадаптации. Многим офтальмологам до сих пор не приходилось уделять слишком много времени заботам о неврологической половине зрительной системы. Настоящий обзор предлагает анализ литературы ряда различных авторов по тематике нейроадаптации после имплантации МФИОЛ.

Цель исследования – представить данные по вопросу важности нейроадаптации у пациентов, перенесших факоэмульсификацию хрусталика с имплантацией МФИОЛ.

## Материал и методы

Для выполнения обзора осуществлен поиск источников литературы в базах PubMed, Scopus, eLibrary за период с 1990-х годов XX в. по настоящее время, в качестве ключевых слов использованы «нейроадаптация», «мультифокальные интраокулярные линзы». Широта временных рамок поиска обуславливается относительно небольшим количеством научного материала по вышеуказанной теме обзора. Всего отобрано 17 статей, касающихся тематики обзора.

## Результаты

МФИОЛ сегодня используются для обеспечения адекватного зрения вдаль и вблизи у пациентов с псевдофакией. Однако для достижения этой цели требуется процесс нейроадаптации, который в некоторых случаях может быть неуспешным, что приводит к неудовлетворенности пациентов и в конечном итоге в тяжелых случаях может потребовать удаления МФИОЛ. Согласно обновленному обзору Американского общества катарактальной и рефракционной хирургии / Европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов 2007 г., наибольшей причиной эксплантации или вторичного вмешательства после МФИОЛ являются блики и оптические аберрации (68 %). Это подтверждают данные испанского национального офтальмологического исследования, которые также указывают, что нарушение процесса нейроадаптации является основной причиной эксплантации МФИОЛ с их заменой на ИОЛ с другими свойствами [1].

Нейроадаптация определяется как процесс приспособления головного мозга к восприятию и любым изменениям приходящего к нему нейронного сенсорного сигнала. Такое сенсорное изменение следует после имплантации МФИОЛ, после установки которой мозгу требуется время, чтобы адаптироваться к наложению изображений на сетчатку и снижению контрастной чувствительности. Однако если этот процесс не завершается успешно, у пациента развивается ряд негативных симптомов, нарушающих его привычный образ жизни, что обуславливает неудовлетворенность после высокотехнологичной хирургии. Симптомы в таких случаях включают в себя субъективное ощущение плохого качества зрения с соответствующим снижением остроты зрения или без него после исключения любых ошибок рефракции или аберраций высокого порядка, наличие дисфотопсий, бликов, ореолов [2]. Оптические феномены могут быть временными или постоянными, и степень их выраженности может варьировать от человека к человеку. Краткая характеристика самых частых оптических феноменов и жалоб пациентов после имплантации МФИОЛ:

1. Блики и ореолы. Это наиболее распространенные оптические явления, которые возникают после имплантации ИОЛ. Они могут проявляться в виде ярких кругов вокруг источников света или искажений изображения, могут быть вызваны различными факторами, включая размер и форму ИОЛ, а также состояние роговицы.

2. Диплопия. Двоение в глазах может возникнуть из-за неправильного положения ИОЛ или смещения естественного хрусталика во время операции. Диплопия может быть временной или постоянной, в зависимости от причины ее возникновения.

3. Зрительная дефокусировка. Снижение четкости изображения на разных расстояниях может произойти из-за особенностей дизайна МФИОЛ или изменений в анатомии глаза после операции. Зрительная дефокусировка может затруднить чтение, вождение автомобиля и другие виды деятельности.

4. Гало. Светящиеся круги вокруг источников света, особенно ночью, возникают из-за аберраций высшего порядка в оптической системе глаза. Гало может ухудшить ночное зрение и безопасность вождения.

5. Глосопатия, флер, полиопия, метаморфопсия. Эти редкие оптические искажения могут вызывать общее ощущение расплывчатости зрения, полупрозрачное размытие или вуаль перед глазами, восприятие нескольких изображений одного

объекта и искажение формы и размера объектов соответственно.

Механизмы нейроадаптации включают в себя перестройку рецептивных полей нейронов в зрительной коре, изменение синаптической активности и пластичности, нейрогенез, миелинизацию, при активном участии в процессах глиальных клеток, адаптацию к новым оптическим условиям, компенсацию возможных искажений изображения. К факторам, влияющим на нейроадаптацию, можно отнести возраст пациента, состояние зрительной системы до операции, тип и модель имплантированной ИОЛ, технику проведения операции, послеоперационный уход и реабилитацию, тип темперамента, уровень интеллектуальной активности. Одним из важнейших элементов, влияющих на течение данного процесса, является нейропластичность – индивидуальная способность мозга каждого конкретного человека реорганизовывать свои связи в ответ на изменения, поступающие извне.

Проанализировать, изучить, выявить изменения и наличие нейроадаптивных процессов можно с помощью МРТ, в том числе функциональной, позитронно-эмиссионной томографии, а также электроэнцефалографии. А.М. Rosa et al. [3], используя функциональную МРТ для изучения мозговых коррелятов дисфотопсии, показали, что процесс нейроадаптации к МФИОЛ начинается через три недели после их имплантации и сопровождается повышенной активностью корковых областей, отвечающих за внимание и вовлечение в сложные действия (лобно-теменные контуры), процедурное обучение, когнитивный контроль (поясная кора) и целенаправленное поведение (хвостатое ядро). Авторы интерпретировали такие эффекты как начальную фазу нейроадаптации к мультифокальным ИОЛ. Хотя в исследовании продемонстрировано, что МФИОЛ вызывают функциональные изменения в коре головного мозга в ассоциативных областях высокого порядка, в зрительных областях не наблюдалось прямых эффектов [3]. Таким образом, возможные изменения, вызываемые МФИОЛ при обработке зрительной информации, остаются неисследованными.

Потенциальным источником информации о влиянии МФИОЛ на обработку зрительной информации в мозге может стать анализ зрительно-вызванных потенциалов (ЗВП), который особенно хорошо подходит для изучения динамики обработки зрительной информации в зрительных путях, полосатом теле и экстрастриарных зрительных областях, как установили F. Zerl et al. [4]. Авторы подробно изучили механизм нейроадаптации на основании использования системы

ЗВП, сосредоточившись на модуляции хорошо известных ранее компонентов, возникающих в полосатой и неполосатой извилинах зрительных областей затылочной доли, а также в задней теменной доле. Более поздние работы также показали наличие префронтальной активности в процессе нейроадаптации. Несколько исследований, сочетающих методы ЗВП и функциональной МРТ, локализовали эти компоненты в передней островковой доле. Ранее эта исследовательская группа использовала ЗВП для проверки процесса нейронной адаптации, вызванного монозрением. В частности, была выдвинута гипотеза, что немедленная корковая реакция на монокулярные помехи при моновидении и сферическую аберрацию, вызванную мультифокальной оптикой, вызывает одну и ту же общую немедленную корковую реакцию, как следствие, можно наблюдать общую реакцию на МФИОЛ и моновидение. Однако из-за различий в природе этих оптических коррекций должна возникать специфическая реакция коры головного мозга, поэтому МФИОЛ должны демонстрировать другую картину результатов электроэнцефалографии по сравнению с результатами при моновидении. Результаты работы F. Zerl et al. ясно показали, что мультифокальная коррекция зрения вызывает немедленные корковые изменения в зрительных областях, а также изменения амплитуды всех рассматриваемых компонентов ВП. Вполне вероятно, что одновременные изображения, создаваемые мультифокальным зрением, могут снижать активность первичной зрительной области (зоны Бродмана).

М.А. Goodale et al. установили [5], а позже М. Corbetta et al. [6] и К.М. Igelström et al. [7] подтвердили, что язычная извилина является одним из важнейших компонентов сети визуального восприятия, который служит переключателем для переориентации внимания на новую внешнюю информацию. L. Zhang et al. [8] доказали теорию Y. Yang et al. [9] о том, что адаптация дорсального латерального колечного тела к решетчатым стимулам может быть изменена путем активации рецепторов GABA<sub>A</sub> или GABA<sub>B</sub>, т.е. что ГАМК-ергическое торможение отвечает за зрительную адаптацию. Таким образом, зрительная нейроадаптация может быть тесно связана с ГАМК-ергическим торможением у пациентов после имплантации МФИОЛ. L. Zhang et al. подчеркивают, что существенным аспектом для успеха нейроадаптации в послеоперационном периоде после имплантации МФИОЛ является предварительная оценка адаптивных навыков пациента, его способности к коммуникации, а также типа темперамента.

Отбор пациентов – залог успеха и положительных результатов при факэмульсификации хрусталика с имплантацией МФИОЛ при должном навыке хирургии и грамотном расчете имплантируемой линзы. Важно беседовать с пациентом, задавать наводящие вопросы и «привести» его к самостоятельному правильному выбору типу ИОЛ с учетом всех показаний и противопоказаний. Для первичного скрининга Т.А. Морозова и соавт. [10] выделили психологические характеристики отбора кандидатов на МФИОЛ: сохранный интеллект, отсутствие нарушений поведенческих реакций, отсутствие нереальных требований и ожиданий. Пациент должен понимать, что планируемая операция – это компромисс, на который он согласен, и быть настроенным решить проблему псевдофакической пресбиопии за счет интраокулярной коррекции. При работе с пациентами, чьи ожидания от лечения не соответствуют клиническим реалиям, или демонстрирующими повышенную требовательность, рекомендуется углубленная предварительная беседа для минимизации риска последующей неудовлетворенности. Тщательно собранный анамнез, разговор с пациентом с учетом особенностей его профессиональной деятельности, хобби, увлечений и других повседневных занятий позволят избежать впоследствии недоразумений и неудовлетворенности.

Многие хирурги используют в своей практике надежный одномерный опросник VF-14 с подтвержденной валидностью по результатам многих исследований. Он включает в себя 18 вопросов, отражающих степень затруднения пациента при выполнении различных ежедневных действий, таких как чтение, ходьба по лестнице, вождение автомобиля и т.д., вызванного в связи с состоянием зрительных функций. Оценочная шкала градуирована от 0 до 4 баллов за каждый ответ, где 0 баллов соответствует ответу о неспособности выполнять действие по причине зрения, а 4 балла – отсутствие затруднений при выполнении действия. Промежуточные значения соответствуют умеренным и небольшим затруднениям [11].

Проблемы адаптации, связанные с МФИОЛ, подчеркивают тот факт, что наша зрительная система состоит из двух различных компонентов: оптической системы, которая изменяет свет до того, как он достигает сетчатки, и неврологической системы (включая как сетчатку, так и мозг), которая обрабатывает информацию. Н. Kaymak et al. [12] пишут, что зрительная система проявляет замечательную пластичность на уровне как сетчатки, так и коры головного мозга. Например, адаптация заставляет людей лучше видеть при их собственных аберрациях более высоко-

го порядка, чем при эквивалентной оптической расфокусировке. При МФИОЛ нейронная пластичность, вероятно, объясняет несколько вещей: обычно наблюдаемое улучшение контрастной чувствительности через шесть месяцев после операции, лучшую контрастную чувствительность при двусторонних МФИОЛ по сравнению с односторонними и перцептивное обучение после операции, когда опыт приводит к достаточно стойким изменениям в восприятии. К последней категории относятся программы, направленные на преднамеренное улучшение определенных типов функционирования, такие как упражнения с использованием пятен Габора или распознавание ориентации. Показано, что зрение улучшается у пациентов с МФИОЛ, которые занимаются перцептивным обучением с помощью такого рода визуальных задач. Это имеет смысл, потому что контрастная чувствительность зрительной системы в целом равна передаче оптического контраста через роговицу и хрусталик (функция передачи модуляции), умноженной на контрастную чувствительность сетчатки и мозга (функция передачи нейронных связей). Поэтому когда дело доходит до тренировки мозга, предоставление мозгу дополнительной информации во время процесса восстановления приводит к значительному усилению прорастания новых дендритов и новых путей. Терапия стимулирует процессы нейроадаптации.

Способность пациента адаптироваться к мультифокальному зрению зависит от его возраста, пластичности мозга, уровня интеллекта, того, насколько хорошо работает его сенсорный аппарат, от мотивации устранять визуальные симптомы и любого дополнительного обучения, проводимого хирургом. Чем больше информации предоставляется мозгу (например, серия упражнений для тренировки зрения), тем он лучше различает оптические характеристики того, что сейчас видит человек, и тем быстрее большинство пациентов достигают уровня комфорта. Однако ряд авторов отмечает, что некоторые люди не адаптируются никогда. Исследования показали, что аддиктивное поведение связано со многими стимулами из тех же областей мозга, которые мы используем при нейроадаптации к новым визуальным сигналам; возможно, дефицит в этих областях может привести как к зависимому поведению, так и к трудностям в адаптации к новым визуальным стимулам. Опыт Н. Каумак et al. подтверждает эту идею: пациенты, склонные к перфекционизму, испытывают больше проблем с адаптацией к мультифокальному зрению [12].

Кроме того, хирурги с особой осторожностью подходят к операциям для людей из профессий,

требующих повышенного уровня внимания, таких как инженеры, компьютерные программисты. Стоит также учитывать, что профессиональный опыт, связанный с постоянной интерпретацией сложных визуальных данных, может играть роль в том, как пациент адаптируется к возможным изменениям зрительного восприятия в послеоперационном периоде. Можно возразить, что это, скорее, вопрос личности, чем способности мозга адаптироваться, однако исследования в области психологии показывают, что трудности с адаптацией, как правило, приводят к появлению более ригидных, компульсивных личностей. Человек, которому трудно справляться с изменениями, пытается создать мир, который он контролирует; меняя его мир, врач подрывает этот контроль. Более того, после имплантации МФИОЛ изменение, к которому пациент должен адаптироваться, частично негативное. У таких людей ухудшается восприятие изображения в обмен на мультифокальность. Стандартное течение процесса нейроадаптации после имплантации МФИОЛ предполагает как минимум 3 месяца для значительного уменьшения оптических феноменов. Максимальный позитивный эффект может быть достигнут через год после операции. Н. Каумак et al. изучали эффективность специальной программы зрительной тренировки (Revital Vision) для повышения послеоперационной зрительной производительности за счет увеличения способности к нейроадаптации после имплантации ИОЛ ReSTOR и Tecnis и доложили об улучшении качества зрения после прохождения специальной двухнедельной тренировочной программы [12, 13].

М.В. Сосо-Мартин et al. [14] доказали, что видеоигры увеличивают пластичность мозга. Например, у молодых людей, играющих в видеоигры в течение двух месяцев, наблюдалось увеличение серого вещества в областях, отвечающих за пространственную навигацию, стратегическое планирование, рабочую память и двигательную активность (правый гиппокамп, правая дорсолатеральная префронтальная кора и двусторонний мозжечок соответственно). Видеоигры положительно сказываются также и на пожилых пациентах, ослабляя возрастные нарушения в нейронных сигналах когнитивного контроля, измеряемого с помощью электроэнцефалографии (усиливался тета-ритм в лобной и затылочных долях), а также улучшая устойчивое внимание, рабочую память, помогая усилить когнитивный контроль и зрительно-пространственные навыки, что доказывает пятидневное вмешательство с использованием компьютеризированного тренинга. Особого внимания для пожилой группы пациентов заслуживают интеллектуально сти-

мулирующие игры (головоломки, симуляторы и стратегии). Так, видеоигры с различными игровыми стратегиями включающие когнитивный тренинг, как, например, Brain Age (Nintendo), коммерческие игры Lumosity (<https://www.lumosity.com>), Cogmed (<https://www.cogmed.com>), Fit Brains (<http://www.fitbrains.com>), доступные в том числе в виде приложений для смартфонов, показали многообещающие результаты, выражающиеся в улучшении исполнительных функций, скорости обработки информации, концентрации внимания у людей старшего возраста, а игры-симуляторы вождения повысили многозадачность, зрительную и рабочую память.

Однако следует понимать, что ухудшение зрения у людей с МФИОЛ в значительной степени связано с новыми нефизиологическими свойствами фокусировки изображения на сетчатке, которые требуют разработки новых стратегий подавления и фильтрации в коре головного мозга. Следовательно, анализ игровых стратегий и когнитивных стимулов, которые ранее доказали свою эффективность при нарушениях зрения, связанных с изменениями в коре головного мозга, таких как амблиопия, может быть особенно полезен для оптимального проектирования видеоигр для этой группы населения. M.V. Cocco-Martin et al. [14] выделяют пользу дихоптических тренировок, которые используются для лечения амблиопии, смысл данной тренировки заключается в предъявлении стимулов с высоким и низким контрастом на здоровом и амблиопичном глазу, чтобы сбалансировать информацию, поступающую от обоих глаз, и обеспечить бинокулярную интеграцию. Как заявляют авторы исследования, данный вид тренировок улучшает контрастную чувствительность и может быть использован в тренировках, ведущих к улучшению нейроадаптации после хирургии катаракты.

Терапия, включающая сигналы для обучения восприятию, также показала отличные результаты у пациентов с близорукостью и амблиопией, и может быть полезна пациентам с МФИОЛ. В данных тестах и приложениях необходимо принимать решения (к примеру, решать, на какую кнопку нажать) в зависимости от предъявляемого паттерна Габора, при этом стимулы Габора отличаются по количеству, пространственному расположению, глобальной и локальной ориентации, расстоянию между целевым и боковым стимулами, времени экспозиции, контрастности и пространственной частоте. Также выявлено, что совмещение дихоптического обучения с перцептивным максимизирует преимущества. I. Ve-

damurthy et al. [15, 16] доказали, что такая стратегия эффективна для улучшения остроты зрения у взрослых с амблиопией. В процессе тренинга возможно выполнение различных манипуляций, усложняющих прохождение задачи, например, на прооперированный глаз можно наложить паттерн Габора (используя патч Габора), для того чтобы исследуемый быстро выполнял целенаправленное действие (к примеру, нажимал кнопку) в зависимости от его пространственной ориентации. Исследования D.P. Piñero et al. [17] подтвердили, что трехнедельная программа зрительной тренировки, основанная на использовании паттернов Габора в раннем послеоперационном периоде после двусторонней имплантации трифокальных дифракционных ИОЛ, может быть полезна для улучшения контрастной чувствительности и промежуточной зрительной функции, а также для уменьшения жалоб, связанных с некоторыми зрительными симптомами. Все эти изменения связаны с нейрональной активностью, что позволяет предположить ускорение процесса нейроадаптации.

H. Kaymak et al. [12] и M.V. Cocco-Martin et al. [14] оценивали влияние зрительной тренировки на основе компьютера только на один глаз (при закрытом втором глазе) пациентов, перенесших двустороннюю операцию по удалению катаракты с имплантацией МФИОЛ (аподизированных дифракционных и бифокальных дифракционных). В качестве контроля использовался нетренированный второй глаз. Тренировка продолжительностью 30 минут проводилась в течение 6-недельного послеоперационного периода и основывалась на концепции перцептивного обучения распознаванию ориентации линий. Стимулы предъявлялись на фиксированном расстоянии 1 м от наблюдателя на 19-дюймовом жидкокристаллическом мониторе (разрешение 1280×1024, частота 75 Гц). Авторы сообщили о более быстром и значительном улучшении остроты и контрастной чувствительности зрения вблизи в тренированных глазах по сравнению с контрольными, среднее улучшение ориентации составило 44 и 9 % соответственно. Желаемый потенциальный эффект такого обучения может быть улучшен при геймификации процедуры. Совмещение визуального обучения, базируемого на перцептивном обучении и геймификации, является потенциальной областью исследований, которая может способствовать улучшению и более удовлетворительному визуальному результату для глаз, перенесших операцию по удалению катаракты с имплантацией МФИОЛ [14].

## Заключение

Успешная нейроадаптация пациента – это качественно следующий уровень в оперативной деятельности хирурга, который позволяет пациентам получить максимум от хирургии хрусталика. Нейроадаптация обусловлена сложными нейрональными процессами в головном мозге и зависит от ряда факторов и критериев. Психологические особенности человека влияют на нейропластичность и напрямую связаны с прохождением нейроадаптации. Первичный отбор пациентов, качественная хирургия, зрительные визуальные тренировки способны ее ускорить. Для выявления кандидатов на имплантацию МФИОЛ необходимы беседа с пациентом, использование существующих опросников, а также, в дальнейшем, использование специфического психологического опросника, способного спрогнозировать успех или неуспех нейроадаптации каждого конкретного пациента при фактоэммульсификации хрусталика с имплантацией МФИОЛ.

## Список литературы / References

1. Mamalis N., Brubaker J., Davis D., Espanzar L., Werner L. Complications of foldable intraocular lenses requiring explantation or secondary intervention – 2007 survey update. *J. Cataract Refract. Surg.* 2008;(34):1584–1591. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.05.046
2. Fernández-Buenaga R., Alio J.L., Muñoz-Negrete F.J., Barraquer Compte R.I., Alio-Del Barrio J.L. Causes of IOL explantation in Spain. *Eur. J. Ophthalmol.* 2012;22(5):762–768. doi: 10.5301/ejo.5000168
3. Al-Shymali O., Alió del Barrio J.L., McAlinden C., Canto M., Primavera L., Alio J.L. Multifocal intraocular lens exchange to monofocal for the management of neuroadaptation failure. *Eye Vis. (Lond.)*. 2022;9(1):40. doi: 10.1186/s40662-022-00311-4
4. Rosa A.M., Miranda Â.C., Patricio M., McAlinden C., Silva F.L., Murta J.N., Castelo-Branco M. Functional magnetic resonance imaging to assess the neurobehavioral impact of dysphotopsia with multifocal intraocular lenses. *Ophthalmology*. 2017;124(9):1280–1289. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.03.033
5. Zeri F., di Vizio A., Lucia S., Berchicci M., Bianco V., Pitzalis S., Tavazzi S., Naroo S.A., di Russo F. Cortical dynamics in visual areas induced by the first use of multifocal contact lenses in presbyopes. *Cont. Lens Anterior Eye*. 2024;47(3):102137. doi: 10.1016/j.clae.2024.102137
6. Goodale M.A., Milner A.D. Separate visual pathways for perception and action. *Trends Neurosci.* 1992;15(1):20–25. doi: 10.1016/0166-2236(92)90344-8
7. Corbetta M., Patel G., Shulman G.L. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*. 2008;58(3):306–324. doi: 10.1016/j.neuron.2008.04.017
8. Igelström K.M., Graziano M.S.A. The inferior parietal lobule and temporoparietal junction: a network perspective. *Neuropsychologia*. 2017;105:70–83. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.001
9. Zhang L., Lin D., Wang Y., Chen W., Xiao W., Xiang Y., Zhu Y., Chen C., Dong X., Liu Y., Chen W., Lin H. Comparison of visual neuroadaptations after multifocal and monofocal intraocular lens implantation. *Front. Neurosci.* 2021;15:648863. doi: 10.3389/fnins.2021.648863
10. Yang Y., Jin J., Zhou Y., Shou T. GABA(A) and GABA(B) receptors mediated inhibition affect the pattern adaptation of relay cells in the dorsal lateral geniculate nucleus (LGNd) of cats. *Brain Res.* 2003;959(2):295–303. doi: 10.1016/s0006-8993(02)03765-4
11. Морозова Т.А., Керимов Т.З. Оценка клинической эффективности мультифокальных интраокулярных линз. Критерии отбора пациентов для мультифокальной интраокулярной коррекции. *Вестн. РАМН*. 2018;73(1):30–39. doi: 10.15690/vramn924
12. Чупров А.Д., Жедяле Н.А. Субъективная оценка нейроадаптации после имплантации мультифокальных ИОЛ. *Соврем. технол. в офтальмол.* 2022;(4):133–138. doi: 10.25276/2312-4911-2022-4-133-138
13. Chuprov A.D., Zhedyale N.A. Subjective assessment of neuroadaptation after implantation of multifocal IOLs. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii = Modern Technologies in Ophthalmology*. 2022;(4):133–138. [In Russian]. doi: 10.25276/2312-4911-2022-4-133-138
14. Kaymak H., Fahle M., Ott G., Mester U. Intra-individual comparison of the effect of training on visual performance with ReSTOR и Tecnis diffractive multifocal IOLs. *J. Refract. Surg.* 2008;24(3):287–293. doi: 10.3928/1081597X-20080301-11
15. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Коновалова М.М., Цыганков А.Ю., Коновалов М.Е. Интраокулярная коррекция пресбиопии методом имплантации мультифокальных линз. Обзор литературы. *Acta Biomed. Sci.* 2019;4(4):41–55. doi: 10.29413/ABS.2019-4.4.6
16. Pershin K.B., Pashinova N.F., Konovalova M.M., Tsygankov A.Yu., Konovalov M.E. Multifocal intraocular lenses implantation in presbyopia correction. Literature review. *Acta biomedica scientifica*. 2019;4(4):41–55. [In Russian]. doi: 10.29413/ABS.2019-4.4.6
17. Coco-Martin M.B., Valenzuela P.L., Maldonado-López M.J., Santos-Lozano A., Molina-Martín A., Piñero D.P. Potential of video games for the promotion

of neuroadaptation to multifocal intraocular lenses: a narrative review. *Int. J. Ophthalmol.* 2019;12(11):1782–1787. doi: 10.18240/ijo.2019.11.18

16. Vedamurthy I., Nahum M., Bavelier D., Levi D.M. Mechanisms of recovery of visual function in adult amblyopia through a tailored action video game. *Sci. Rep.* 2015;5:8482. doi: 10.1038/srep08482

17. Vedamurthy I., Nahum M., Huang S.J., Zheng F., Bayliss J., Bavelier D., Levi D.M. A dichoptic custom-made action video game as a treatment for adult amblyopia. *Vision Res.* 2015;114:173–187. doi: 10.1016/j.visres.2015.04.008

18. Piñero D.P., Maldonado-López M.J., Molina-Martín A., García-Sánchez N., Ramón M.L., Rincón J.L., Holgueras A., Arenillas J.F., Planchuelo-Gómez Á., Leal-Vega L., Coco-Martín M.B. Randomised placebo-controlled clinical trial evaluating the impact of a new visual rehabilitation program on neuroadaptation in patients implanted with trifocal intraocular lenses. *Int. Ophthalmol.* 2023;43(11):4035–4053. doi: 10.1007/s10792-023-02809-9

#### **Сведения об авторах:**

**Лев Инна Валерьевна**, д.м.н., ORCID: 0000-0003-3436-4059, e-mail: mihina.inna@mail.ru

**Ликтнер Денис Русланович**, ORCID: 0009-0006-2123-7703, e-mail: richard.likhtner@mail.ru

#### **Information about the authors:**

**Inna V. Lev**, doctor of medical science, ORCID: 0000-0003-3436-4059, e-mail: mihina.inna@mail.ru

**Denis R. Likhtner**, ORCID: 0009-0006-2123-7703, e-mail: richard.likhtner@mail.ru

*Поступила в редакцию 20.02.2025*

*После доработки 10.03.2025*

*Принята к публикации 02.07.2025*

*Received 20.02.2025*

*Revision received 10.03.2025*

*Accepted 02.07.2025*