

Коржавина Анна Витальевна

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИОСТИМУЛЯЦИИ НА БИОПОТЕНЦИАЛ,
СВЕТОВУЮ И ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА ПРИ ГЛАУКОМНОЙ
ОПТИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ ПОСЛЕ АНТИГЛАУКОМНЫХ
ОПЕРАЦИЙ**

3.1.5 – Офтальмология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2026

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова».

Научный руководитель:

доктор медицинских наук

Юсеф Юсеф

Официальные оппоненты:

Алексеев Игорь Борисович, доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры офтальмологии

Воробьева Ирина Витальевна, доктор медицинских наук, профессор, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», профессор кафедры глазных болезней Медицинского института

Ведущая организация:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского»

Защита состоится 14 декабря 2026 г. в 14-00 на заседании диссертационного совета 24.1.174.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова» по адресу: 119021, Москва, ул. Россолимо, д. 11, корп. А, Б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.niigb.ru Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова».

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2026 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук

Иванов М.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и степень её разработанности

Глаукомная оптическая нейропатия (ГОН) является ведущей причиной необратимой слепоты во всём мире. По данным ВОЗ, число пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) превысило 60 миллионов человек в 2019 году и прогнозируемо достигнет 112 миллионов к 2040 году. В России на начало 2022 года зарегистрировано свыше 1 250 000 пациентов с глаукомой. ПОУГ составляет 72,3–96,1% в структуре заболевания. На долю глаукомы приходится до 28% первичной инвалидности по зрению, при этом в 35,4% случаев устанавливается инвалидность I группы. Критической проблемой остаётся поздняя выявляемость: в 40–80% случаев диагноз верифицируется на продвинутых стадиях [Нероев В.В., Филиппова О.М., 2024; Мовсисян А.Б. и соавт., 2022].

Антиглаукомные операции (АГО), в том числе непроникающая глубокая склерэктомия (НГСЭ), обеспечивают устойчивую нормализацию офтальмотонуса и являются одним из эффективных способов стабилизации заболевания. Вместе с тем фундаментальные исследования последних лет убедительно показывают, что патогенез ПОУГ не сводится к изолированному повышению внутриглазного давления (ВГД) [Куроедов А.В. и соавт., 2024].

Современные данные свидетельствуют о ключевой роли нейровоспаления, активации микроглии, митохондриальной дисфункции и нарушения работы окулярной лимфатической системы в прогрессировании нейродегенерации. Эти механизмы продолжают действовать независимо от достигнутого гипотензивного эффекта, обуславливая дальнейшую гибель ганглиозных клеток сетчатки (ГКС) при нормализованном ВГД [Курышева Н.И., 2023; Wang X., Strouthidis N.G., 2023; Han J.C. et al., 2025; Li T. et al., 2025; Delle C. et al., 2024]

При хирургической нормализации ВГД возможно улучшить некоторые функциональные показатели [Sehi M. et al., 2010; Sehi M. et al., 2011; Zhao D. et al., 2019; Daka Q. et al., 2024]. Тем не менее, после операции при сохранении «терапевтического окна» возможно дополнительно восстановить часть утраченных функций [Малишевская Т.Н. и соавт., 2019; Малишевская Т.Н. и соавт., 2023; Аветисов С.Э. и соавт., 2023; Егоров Е.А. и соавт., 2019].

Физиотерапевтическое воздействие в офтальмологии рассматривается преимущественно как адъювантный метод, potenziрующий эффекты фармакотерапии и хирургического лечения за счёт оптимизации микроциркуляции, стимуляции репаративных процессов и нормализации клеточного метаболизма [Малишевская Т.Н. и соавт., 2019; Егоров Е.А. и соавт., 2016; Страхов В.В. и соавт., 2019; Долгова И.Г. и соавт., 2014]. Арсенал физиостимулирующих методов, применяемых при ГОН, включает транскраниальную магнитостимуляцию (ТКМС), эндоназальный электрофорез нейропептидов, кислородотерапию и рефлексотерапию. Однако сочетанное применение этих методов в ранние сроки после АГО при продвинутых стадиях ГОН ранее не изучалось. Не определены также оптимальные безопасные сроки инициации физиотерапии, не верифицированы объективные маркеры динамического контроля. Всё это определяет актуальность настоящего исследования.

Цель исследования – оценка световой, электрической чувствительности и биоэлектрического ответа сетчатки у пациентов с глаукомной оптической нейропатией после антиглаукомных операций при дополнительном проведении курса физиотерапевтических процедур и без него.

Задачи исследования

1. Проанализировать исходные значения световой чувствительности глаза, электрической чувствительности и проводимости зрительного нерва и

биопотенциала сетчатки, морфометрических параметров перипапиллярной сетчатки у пациентов с ПОУГ до операции.

2. Оценить динамику указанных параметров через 1 месяц после НГСЭ – в период изолированного хирургического эффекта, до начала физиотерапии.
3. Оценить морфофункциональные изменения зрительного анализатора через 3 месяца после НГСЭ – после завершения курса физиостимуляции.
4. Провести сравнительный анализ динамики морфофункциональных показателей через 6 месяцев после НГСЭ.
5. Предложить клинические рекомендации по проведению физиотерапии в послеоперационном периоде при ПОУГ.

Научная новизна

1. При хирургическом лечении первичной глаукомы доказана эффективность физиотерапевтического комплекса как дополнительного компонента послеоперационной реабилитации.
2. Показано существование феномена морфофункциональной диссоциации при далекозашедшей стадии глаукомы в послеоперационном периоде: выявлено несоответствие между стабильностью морфометрических показателей и динамикой морфофункциональных параметров зрительного анализатора.
3. Для объективной оценки жизнеспособности ГКС и контроля эффективности комплексной физиостимуляции в послеоперационном периоде ПОУГ применён расширенный протокол паттерн-электроретинографии с регистрацией транзientной (transient) паттерн-ЭРГ и паттерн-ЭРГ устойчивого состояния (steady-state). Показано, что амплитуды негативного пика (N95) и первой гармоники (P1ssP) являются высокочувствительным маркером функционального состояния нейронов.

3. Показано, что улучшение показателей световой чувствительности у пациентов основной группы ассоциировано с нарастанием биоэлектрической активности ГКС под действием комплексной физиостимуляции ($r_s = 0,84$ между AN95 и MD; $p < 0,01$).
4. Уточнены оптимальные сроки начала восстановительного физиотерапевтического лечения для ПОУГ: показано, что начало курса через 1 месяц после хирургического вмешательства соответствует периоду завершения гидродинамической адаптации ГКС к декомпрессионному эффекту НГСЭ и обеспечивает наибольший функциональный эффект.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость исследования состоит в расширении фундаментальных представлений о патогенезе глаукомной оптической нейропатии в послеоперационном периоде. Подтверждено явление морфофункциональной диссоциации, при котором в условиях анатомической стабилизации структур глазного дна по данным ОКТ происходит прогрессирующее снижение функций нейронов. Доказана значимая роль комплексной аппаратной физиостимуляции в повышении биоэлектрической активности клеток сетчатки, которые находятся в состоянии посткомпрессионного парабиоза. Установлено, что динамика параметров транзientной паттерн-ЭРГ и паттерн-ЭРГ устойчивого состояния опережают структурные изменения в отражении функционального статуса ГКС.

Разработан и внедрён в клиническую практику алгоритм послеоперационного ведения пациентов с ПОУГ III стадии, сочетающий хирургическое снижение ВГД с ранней курсовой аппаратной физиостимуляцией.

Обоснована целесообразность включения транзientной паттерн-ЭРГ и паттерн-ЭРГ устойчивого состояния в стандартный протокол

диспансерного наблюдения при глаукоме как метода объективного контроля функционального состояния ГКС.

Определены критерии назначения повторных курсов физиотерапии – отрицательная динамика показателей MD, AP1ssP и AN95 при компенсированном ВГД – для предотвращения прогрессирования ГОН через 6 месяцев после операции.

Разработана и внедрена схема комплексной аппаратной физиостимуляции, включающая ТКМС (бегущее магнитное поле, индукция 43 мТл, частота 1–16 Гц, сочетанная электроимпульсация 25 мА, 8–80 Гц), эндоназальный электрофорез Семакса 0,1% (0,6–1,0 мА, 8–15 мин) и термическую гелиокс-ингаляцию (21% O₂ /79% He, 85°C, 11 мин) – ежедневно, курсом 10 дней, с инициацией через 1 месяц после антиглаукомной операции.

Методология и методы диссертационного исследования

Работа выполнена в дизайне проспективного сравнительного исследования с соблюдением принципов доказательной медицины. Применены клинические (визометрия, тонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия), инструментальные (статическая автоматизированная периметрия, ОКТ, расширенный протокол электрофизиологических исследований), а также аналитические и статистические методы параметрического и непараметрического анализа.

Основные положения, выносимые на защиту

Хирургическая нормализация офтальмотонуса при ПОУГ III стадии устраняет механический компонент повреждения зрительного нерва, что актуализирует проведение нейропротекторной физиостимуляции для поддержания функционального резерва ГКС и обеспечения более выраженного улучшения зрительных функций, сохраняющегося до 6 месяцев.

Включение курса комплексной аппаратной физиостимуляции в алгоритм реабилитации через 1 месяц после антиглаукомной операции позволяет уменьшить проявления функционального парабиоза, что подтверждается статистически значимым улучшением объективных и субъективных показателей с пролонгацией терапевтического эффекта до 6 месяцев.

Анализ параметров транзientной (transient) паттерн-ЭРГ и паттерн-ЭРГ устойчивого состояния (steady-state) является высокоинформативным методом объективного мониторинга ГОН при использовании физиостимуляции, позволяющим оценивать степень функциональной сохранности ГКС.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов определяется проспективным дизайном с чёткими критериями включения и исключения, стратификацией групп по всем исходным параметрам ($p > 0,05$), применением высокотехнологичного оборудования (ORA, Reichert, HFA 750i, RTVue-100, EP-1000 Tomey, Lametesk), а также корректными методами статистического анализа (IBM SPSS Statistics v.28 – критерии Шапиро–Уилка, Стьюдента, Вилкоксона, Манна–Уитни, ANOVA, Спирмена).

Апробация результатов исследования

Основные положения диссертации доложены на: V Международном научно-образовательном форуме «Офтальмогеронтология – инновационные решения проблем» (Москва, 2025 г.); VIII Российском общенациональном офтальмологическом форуме (РООФ) (Москва, 2025 г.); Международной офтальмологической конференции ЕРОМЕС (Дубай, ОАЭ, 2025 г.); XXV Научно-практической конференции «Актуальные вопросы нейроофтальмологии» (Москва, 2026 г.); VI Всероссийской научно-

практической конференции с международным участием «Лечение глаукомы: Инновационный вектор» (Москва, 2026 г.).

Личный вклад автора

Автором проведён углублённый анализ отечественной и зарубежной литературы, осуществлён отбор пациентов и их комплексное клинико-инструментальное обследование на всех этапах мониторинга, проведены курсы аппаратной физиостимуляции. Создана электронная база данных, выполнены статистическая обработка, анализ и визуализация результатов.

Внедрение результатов работы

Результаты исследования внедрены в лечебную деятельность ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова».

Публикации

По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, 5 из них – в журналах, включённых в перечень рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук.

Структура и объём диссертационной работы

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов собственных исследований и обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и указателя литературы. Работа иллюстрирована 57 рисунками и 11 таблицами. Библиографический указатель содержит 199 источника (114 отечественных и 85 зарубежных)

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Характеристика материала и методов исследования

Исследование проводилось на базе ФГБНУ «НИИ глазных болезней им. М.М. Краснова». В него включили 78 пациентов (78 глаз) с первичной

открытоугольной глаукомой III стадии, которым была выполнена НГСЭ. Средний возраст пациентов составил $72,4 \pm 8,1$ лет. Объём выборки обоснован результатами предварительного расчёта статистической мощности (мощность 80%, уровень значимости $\alpha = 0,05$, ожидаемый эффект по показателю MD — 1,5 дБ, SD = 2,4 дБ); включение 39 человек в каждую группу обеспечило дополнительный запас мощности с учётом возможного выбывания. Методом простой рандомизации пациенты были распределены в две группы. В основной группе дополнительно проводили физиотерапевтическую стимуляцию. Исходные клинические характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные клинические характеристики обследованных пациентов ($M \pm \sigma$)

Показатель	Основная группа (n=39)	Контрольная группа (n=39)
Возраст, лет ($M \pm \sigma$)	$72,1 \pm 8,3$	$72,7 \pm 7,9$
Пол (м/ж)	12 / 27	15 / 24
ИОРсс, мм рт. ст.	$23,4 \pm 5,3$	$23,2 \pm 4,8$
ИОРg, мм рт. ст.	$19,7 \pm 7,1$	$19,2 \pm 6,4$
МКОЗ	$0,71 \pm 0,18$	$0,72 \pm 0,17$
MD, дБ	$-9,42 \pm 1,6$	$-9,25 \pm 1,5$
VFI, %	$76,0 \pm 8,4$	$77,0 \pm 7,6$
ПЭЧ, мкА	$165 \pm 14,2$	$162 \pm 13,8$
ЭЛ, Гц	$26,8 \pm 2,1$	$27,1 \pm 1,9$
AP50, мкВ	$1,65 \pm 0,27$	$1,68 \pm 0,34$
AN95, мкВ	$1,95 \pm 0,45$	$2,02 \pm 0,48$
LP50, мс	$57,2 \pm 2,8$	$56,8 \pm 3,1$
LN95, мс	$109,4 \pm 5,2$	$108,8 \pm 4,9$
AP1ssP, мкВ	$1,22 \pm 0,18$	$1,25 \pm 0,30$
LP1ssP, мс	$65,1 \pm 3,9$	$64,8 \pm 4,2$
CHBC, мкм	61 ± 4	62 ± 4
ГКС, мкм	71 ± 3	$72 \pm 3,5$

Примечание: межгрупповые различия по всем приведённым параметрам статистически незначимы ($p > 0,05$).

Критерии включения: ранее не оперированная ПОУГ III стадии, требующая хирургического лечения.

Критерии не включения: предшествующие антиглаукомные операции, наличие значительного помутнения хрусталика, пониженное центральное зрение (ниже 0,3 с коррекцией), сопутствующие патологии органа зрения (возрастная макулярная дегенерация, частичная атрофия зрительного нерва иного генеза, ретинальные ангиопатии), системные заболевания в стадии декомпенсации, проведение лазерной десцеметогониипунктуры.

Критерии исключения: неэффективность операции, стойкая гипотония и послеоперационное воспаление после НГСЭ, противопоказания к проведению ФТЛ: сахарный диабет, гипертоническая болезнь и онкологические заболевания.

Методы обследования пациентов

Стандартные методы: визометрия (Reichert, США), биомикроскопия (BM 900, Haag-Streit, Швейцария), гониоскопия (линза Volk G3 Gonio), офтальмоскопия.

Тонометрия выполнялась с использованием ORA (Ocular Response Analyzer, Reichert, США). Регистрировались ВГД по Гольдману (IOPg) и роговично-компенсированное давление (IOPcc), не зависящее от биомеханических свойств роговицы.

Компьютерная периметрия: Humphrey Field Analyzer 750i (программа 24-2, SITA Standard). Оценивались MD (среднее отклонение светочувствительности), PSD (индекс локальных дефектов) и VFI (интегральный показатель сохранности поля зрения).

Оптическая когерентная томография: RTVue-100 (Optovue, США), программа Disc Cube Combo Report. Регистрировались средняя толщина CHBC (AvgRNFL), толщина в верхнем (Superior) и нижнем (Inferior) сегментах, средняя толщина ганглиозного комплекса сетчатки (AvgGCC), индексы фокальных (FLV) и глобальных потерь (GLV) в процентах.

Электрофизиологические методы: порог электрической чувствительности (ПЭЧ) сетчатки и электрическую лабильность (ЭЛ)

зрительного нерва определяли методом электрофосфенов (комплекс «Lametesk», Россия). Паттерн-ЭРГ регистрировали на EP-1000 Multifocal (Tomey, Германия) в соответствии с ISCEV. Анализировались: амплитуда P50 и N95, пиковая латентность P50 и N95 транзистентной ПЭРГ; коэффициент AN/AP; амплитуда AP1ssP и латентность LP1ssP первой гармоники п-ЭРГ устойчивого состояния; индекс п-ЭРГ («Фрайбургская парадигма»).

Методы физиотерапевтического лечения

В основной группе через 1 месяц после НГСЭ проводился 10-дневный курс, включавший три метода (ежедневно):

1. ТКМС на аппарате «АМО-АТОС-Э» (ООО «Трима», Москва): бегущее магнитное поле, индукция 43 мТл, частота инверсии 1–16 Гц, сочетанная электрическая импульсация 25 мА, частота 8–80 Гц.

2. Эндоназальный электрофорез Семакса 0,1% на аппарате «ЭЛФОР ПРО» (ЗАО «Невотон», Санкт-Петербург): анод в области средних носовых ходов, катод в области шейного отдела; сила тока 0,6–1,0 мА, экспозиция 8–15 мин.

3. Термическая гелиокс-ингаляция: ингаляция нормобарической смеси 21% O₂ и 79% He (температура газовой смеси на выходе аппарата 85°C), трёхфазно, индивидуально, суммарно 11 минут.

Пациенты контрольной группы в послеоперационном периоде находились под стандартным динамическим наблюдением и получали нейропептидный препарат «Семакс» 0,1% интраназально путём закапывания в носовые ходы по 1 капле 3 раза в день курсом 10 дней.

Методы статистической обработки данных

Обработка данных выполнена в IBM SPSS Statistics v.28. Нормальность распределения проверялась критерием Шапиро–Уилка. Для зависимых выборок применялся критерий Вилкоксона; для независимых – U-критерий Манна-Уитни; при нормальном распределении – t-критерий

Стьюдента. Для многократных сравнений - ANOVA с post-hoc критерием Бонферрони. Корреляция оценивалась коэффициентом Спирмена (r_s). Уровень значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты хирургического лечения через 1 месяц после операции

Через 1 месяц после НГСЭ, до начала физиотерапии в основной группе, в обеих группах зафиксированы сопоставимые изменения по всем параметрам ($p > 0,05$ для межгрупповых различий).

Гипотензивный эффект был высокодостоверным в обеих группах: IOPcc снизилось с $23,4 \pm 5,3$ до $12,3 \pm 3,2$ мм рт. ст. в основной и с $23,2 \pm 4,8$ до $13,1 \pm 3,4$ мм рт. ст. в контрольной ($p < 0,001$).

Максимально корригируемая острота зрения составила $0,72 \pm 0,16$ в основной и $0,75 \pm 0,15$ в контрольной группе, не отличаясь от дооперационного уровня и не имея достоверных межгрупповых различий ($p > 0,05$).

Периметрические индексы: MD снизился в обеих группах (основная: с $-9,42 \pm 1,6$ до $-8,75 \pm 1,2$ дБ; контрольная: с $-9,25 \pm 1,5$ до $-8,55 \pm 1,1$ дБ; $p < 0,001$). PSD снизился в обеих группах ($p < 0,05$). VFI оставался стабильным ($p > 0,05$).

Электрофизиологические показатели: ПЭЧ достоверно снизился - в основной: с $165 \pm 14,2$ до $145 \pm 11,5$ мкА; в контрольной: с $162 \pm 13,8$ до $142 \pm 12,1$ мкА ($p < 0,01$). Амплитуды P50 и N95 ($p < 0,05$), и P1ssP достоверно увеличились в обеих группах ($p < 0,05$). ЭЛ была стабильна в обеих группах.

Морфометрические параметры (CHBC, ГКС, GLV, FLV) достоверных изменений не претерпели ($p > 0,05$ для всех параметров в обеих группах).

Корреляционный анализ выявил сильную обратную зависимость AN95 от уровня IOPcc в основной и контрольной группах (соответственно, $r_s = -0,59$ и $r_s = -0,64$ ($p < 0,01$), что подтверждает определяющее влияние

хирургической компенсации ВГД в отношении частичного восстановления зрительных функций в раннем послеоперационном периоде.

Сравнительная динамика через 3 месяца после операции (оценка эффективности физиостимуляции)

Уровень ИОРсс в обеих группах оставался стабильным без межгрупповых различий ($13,1 \pm 3,0$ и $12,8 \pm 2,9$ мм рт. ст.; $p > 0,05$), что исключало влияние колебаний офтальмотонуса на разницу функциональных исходов.

В основной группе зафиксирована положительная динамика функциональных показателей: уменьшение MD до $-7,29 \pm 1,1$ дБ ($p < 0,01$ к исходным данным и показателям 1-го месяца), PSD – до $4,36 \pm 0,7$ дБ ($p < 0,01$), увеличение VFI до $79,5 \pm 6,2\%$ ($p < 0,05$), AP1ssP – до $1,65 \pm 0,12$ мкВ с достоверным ростом индекса п-ЭРГ до $1,15 \pm 0,1$ ($p < 0,01$). В то же время в контрольной группе все функциональные показатели стабилизировались на уровне 1-го месяца после НГСЭ без достоверной динамики ($p > 0,05$). МКОЗ оставалась стабильной: $0,9 \pm 0,17$ в основной и $0,75 \pm 0,15$ в контрольной группе ($p > 0,05$).

Корреляционный анализ через 3 месяца: в основной группе выявлены тесные связи между MD и AN95 ($r_s = 0,82$; $p < 0,01$) и между MD и AP1ssP ($r_s = 0,76$; $p < 0,01$). Ослабление зависимости AN95 от ИОРсс ($p > 0,05$) в обеих группах подтверждает, что функциональный прирост в основной группе обусловлен воздействием физиостимуляции, а не гипотензивным эффектом.

Результаты межгрупповых сравнений через 3 месяца после НГСЭ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Межгрупповое сравнение морфофункциональных показателей через 3 месяца после НГСЭ ($M \pm \sigma$)

Показатель	Основная группа	Контрольная группа	p межгр.
ЮРсс, мм рт. ст.	13,1 ± 3,0	12,8 ± 2,9	p > 0,05
MD, дБ	-7,29 ± 1,1	-8,68 ± 1,2	p < 0,01
PSD, дБ	4,36 ± 0,7	6,34 ± 0,9	p < 0,05
VFI, %	79,5 ± 6,2	78,2 ± 7,1	p < 0,05
ПЭЧ, мкА	112,5 ± 10,2	146 ± 12,5	p < 0,05
ЭЛ, Гц	36,5 ± 1,8	30,2 ± 2,0	p > 0,05
AP50, мкВ	2,05 ± 0,30	1,80 ± 0,35	p < 0,01
AN95, мкВ	2,68 ± 0,28	2,15 ± 0,33	p < 0,01
AN/AP	1,31 ± 0,12	1,19 ± 0,14	p < 0,05
LP50, мс	54,5 ± 2,0	56,1 ± 2,5	p > 0,05
LN95, мс	102,5 ± 3,8	105,0 ± 4,4	p < 0,05
AP1ssP, мкВ	1,65 ± 0,12	1,34 ± 0,16	p < 0,01
LP1ssP, мс	59,5 ± 2,5	62,0 ± 2,8	p < 0,05
индекс п-ЭРГ	1,15 ± 0,10	0,96 ± 0,10	p < 0,01
CHBC, мкм	62,8 ± 3,9	62,5 ± 4,1	p > 0,05
ГКС, мкм	73,2 ± 3,2	72,4 ± 3,3	p > 0,05
GLV, %	18,6 ± 2,3	19,1 ± 2,4	p > 0,05
FLV, %	7,9 ± 1,4	8,2 ± 1,5	p > 0,05

Примечание: жирным шрифтом выделены значения основной группы при p < 0,05.

Сравнительная оценка результатов через 6 месяцев после операции

На сроке 6 месяцев уровень ИОРсс в обеих группах оставался стабильным и не различался между группами ($13,5 \pm 2,8$ и $13,4 \pm 3,1$ мм рт. ст.; $p > 0,05$). Структурные параметры ОКТ не имели достоверных межгрупповых различий ($p > 0,05$ по всем показателям).

В основной группе наблюдалось плавное снижение функциональных показателей по сравнению с пиком 3-го месяца, однако все параметры сохраняли достоверное преимущество над исходными данными и показателями 1-го месяца: MD $-7,35 \pm 1,2$ дБ ($p < 0,05$), VFI $79,1 \pm 6,0\%$ ($p < 0,05$), ПЭЧ 124 ± 11 мкА ($p < 0,05$), AP1ssP $1,58 \pm 0,14$ мкВ ($p < 0,01$), AN95 $2,55 \pm 0,25$ мкВ ($p < 0,05$).

В контрольной группе зафиксирован функциональный регресс к дооперационному фону: MD снизился до $-9,10 \pm 1,4$ дБ ($p > 0,05$ к исходному $-9,25$ дБ), ПЭЧ повысился до 158 ± 14 мкА, ЭЛ снизилась до $29,5 \pm 2,1$ Гц и AP1ssP - до $1,32 \pm 0,20$ мкВ ($p > 0,05$ к исходным значениям). МКОЗ сохранялась на прежнем уровне в обеих группах: $0,9 \pm 0,17$ и $0,75 \pm 0,15$ соответственно ($p > 0,05$).

Корреляционный анализ через 6 месяцев: прямая зависимость AN95 и MD ($r_s = 0,84$; $p < 0,01$) в основной группе подтверждает предположение о том, что восстановление и стабилизация биоэлектрической активности ГКС на достигнутом уровне является патогенетическим фундаментом сохранения полей зрения.

Полные данные межгрупповых сравнений через 6 месяцев после операции представлены в таблице 3.

Таблица 3. Межгрупповое сравнение морфофункциональных показателей через 6 месяцев после НГСЭ ($M \pm \sigma$)

Показатель	Основная группа	Контрольная группа	p межгр.
ЮРсс, мм рт. ст.	13,5 ± 2,8	13,4 ± 3,1	p > 0,05
MD, дБ	-7,35 ± 1,2	-9,10 ± 1,4	p < 0,01
PSD, дБ	4,76 ± 0,8	6,75 ± 0,9	p < 0,05
VFI, %	79,1 ± 6,0	77,6 ± 7,0	p < 0,05
ПЭЧ, мкА	124 ± 11	158 ± 14	p < 0,01
ЭЛ, Гц	34,8 ± 1,9	29,5 ± 2,1	p > 0,05
AP50, мкВ	1,98 ± 0,32	1,76 ± 0,36	p < 0,01
AN95, мкВ	2,55 ± 0,25	2,12 ± 0,40	p < 0,01
AN/AP	1,29 ± 0,13	1,20 ± 0,15	p < 0,05
LP50, мс	55,3 ± 2,2	56,5 ± 2,8	p < 0,05
LN95, мс	104,2 ± 4,1	108,2 ± 4,6	p < 0,05
AP1ssP, мкВ	1,58 ± 0,14	1,32 ± 0,20	p < 0,01
LP1ssP, мс	60,1 ± 2,4	63,5 ± 2,9	p < 0,05
CHBC, мкм	62,4 ± 3,8	62,4 ± 4,1	p > 0,05
ГКС, мкм	72,8 ± 3,3	71,0 ± 3,4	p > 0,05
GLV, %	18,7 ± 2,5	19,2 ± 2,6	p > 0,05
FLV, %	8,0 ± 1,6	8,4 ± 1,5	p > 0,05

Примечание: жирным шрифтом выделены значения основной группы при $p < 0,05$.

Результаты проведенного проспективного сравнительного исследования убедительно демонстрируют, что при далекозашедшей стадии ПОУГ достижение стойкой компенсации ВГД хирургическим путём является необходимым, но недостаточным условием для замедления процессов нейродегенерации. Динамика функциональных параметров в контрольной группе показала, что функциональный резерв ГКС, мобилизованный понижением ВГД, является ограниченным: к 6-му месяцу большинство показателей вернулись к дооперационному уровню на фоне абсолютно стабильных морфометрических параметров. Этот феномен морфофункциональной диссоциации подтверждает современные концепции о роли нейровоспаления, митохондриальной дисфункции и нарушения аксонального транспорта в прогрессировании ГОН независимо от уровня офтальмотонуса. Принципиально важным аспектом разработанного лечебного алгоритма явилась оптимизация сроков начала физиостимуляции. Анализ клинико-функциональных данных показал, что к 1-му месяцу после НГСЭ завершается период реактивного послеоперационного синдрома и происходит первичная гидродинамическая адаптация. Данный временной интервал формирует оптимальное «терапевтическое окно»: механическая компрессия устранена, нейроны находятся в состоянии функционального парабиоза, но ещё сохраняют жизнеспособность и восприимчивость к внешней стимуляции. Включение физиостимуляции именно в этот период позволило максимально реализовать реабилитационный потенциал.

Наиболее репрезентативным маркером эффективности лечения стала динамика параметров паттерн-ЭРГ. К 3-му месяцу в основной группе зафиксировано достоверное увеличение AP1ssP с $1,22 \pm 0,18$ до $1,65 \pm 0,12$ мкВ и значимое сокращение LP1ssP на 5,6 мс, что свидетельствует о восстановлении пространственно-временной синхронизации нейронального ответа макулярной зоны и интенсификации аксонального

транспорта. Преимущество п-ЭРГ устойчивого состояния перед транзистентной состоит в том, что она отражает устойчивость ритмического ответа нейронов, то есть их способность к длительной воспроизводимой активации, — параметр, принципиально важный для прогноза сохранности зрительных функций.

Синергия трёх компонентов физиостимуляции обеспечивает воздействие на несколько патогенетических звеньев одновременно. ТКМС через активацию нейропластичности способствует выводу нейронов из состояния парабиоза. Эндоназальный электрофорез с Семаксом™ обеспечивает нейротрофическую поддержку с оптимальной биодоступностью к тканям зрительного нерва. Гелиокс-терапия за счёт снижения вязкости дыхательной смеси улучшает тканевую оксигенацию, устраняет гипоксический компонент нейродегенерации, а инертный газ гелий, обладая нейротропностью, активирует митохондриальные процессы. Именно комплексность и мультипатогенетическая направленность, по всей видимости, обуславливают выраженный пролонгированный эффект, сохраняющийся до 6 месяцев.

Особую роль имеет выбор способа доставки Семакса™ 0,1% в основной группе. В отличие от контрольной группы, где препарат вводился интраназально путём закапывания, в основной группе применялся эндоназальный электрофорез. Данный метод обеспечивает активный транспорт нейропептида по периневральным пространствам обонятельного и тройничного нервов непосредственно к структурам зрительного нерва и ЦНС в обход гематоэнцефалического барьера, что существенно повышает локальную биодоступность препарата по сравнению с пассивной абсорбцией через слизистую оболочку носа.

Таким образом, при условии хирургической нормализации ВГД и стабилизации морфометрических параметров, нейропротекторный

механизм физиостимуляции реализуется не за счёт морфологической регенерации, а посредством восстановления функции выживших нейронов.

Данное наблюдение согласуется с современной концепцией о приоритете функционального подхода к нейрореабилитации при глаукоме.

ВЫВОДЫ

1. На репрезентативном клиническом материале при стратификации групп исследования показано, что применение физиотерапевтических методов после НГСЭ у пациентов с ПОУГ III стадии в раннем послеоперационном периоде позволяет добиться стойкого улучшения функций ГКС, что подтверждается объективными методами исследования.
2. У пациентов с ПОУГ III стадии исходный статус зрительного анализатора характеризуется критическим снижением биоэлектрической активности ГКС (угнетение амплитуды N95 до $1,95 \pm 0,45$ мкВ, увеличение латентности P1ssP до $64,8 \pm 3,5$ мс), высокодостоверно коррелирующим со структурным истончением слоёв перипапиллярной сетчатки по данным ОКТ.
3. Через 6 месяцев после НГСЭ в обеих группах сохранялась структурная стабилизация; дополнительное применение физиотерапии сопровождалось более выраженными функциональными результатами.
4. Включение курса комплексной физиостимуляции в протокол реабилитации через 1 месяц после НГСЭ приводит к статистически значимому ($p < 0,001$) улучшению функциональных показателей к 3-му месяцу: амплитуда N95 возрастает в 1,37 раз, P1ssP – в 1,35 раз, светочувствительность (MD) снижается – на 23% от исходного уровня.
5. Разработанный алгоритм комплексной физиостимуляции обеспечивает пролонгацию полученного функционального эффекта: к 6-му месяцу наблюдения в основной группе достигнутые показатели стабильно

сохранялись на более высоком уровне по сравнению с контрольной группой.

6. Выявлена сильная прямая корреляционная связь между амплитудой N95 и MD ($r_s = 0,84$; $p < 0,01$), что позволяет рассматривать восстановление синхронной биоэлектрической активности ГКС в качестве ключевого функционального механизма реабилитации, обеспечивающего улучшение светочувствительности при далекозашедшей глаукоме.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Дифференциальный подход к реабилитации. Пациентам при далекозашедшей глаукоме в послеоперационном периоде показано проведение комплексной функциональной реабилитации, поскольку компенсация ВГД не исключает риска дальнейшей нейродегенерации.
2. Оптимизация сроков начала лечения. Курс комплексной физиостимуляции следует начинать через 1 месяц после НГСЭ — в период завершения активной посткомпрессионной адаптации ГКС и формирования оптимального «терапевтического окна».
3. Объективизация мониторинга. В стандартный протокол диспансерного наблюдения рекомендуется включать паттерн-ЭРГ (транзистентную и устойчивого состояния). Ключевым прогностическим маркером следует считать AP1ssP: снижение этого показателя при стабильном ВГД свидетельствует о функциональном истощении нейронов и является показанием к коррекции терапии.
4. Поддержание достигнутых функциональных показателей и сохранение результатов реабилитации курсами комплексной физиостимуляции необходимо проводить циклично — 2 раза в год (каждые 6 месяцев), не дожидаясь манифестации периметрических изменений.

5. Принцип опережающего воздействия. Назначение повторных курсов физиотерапии целесообразно при выявлении субклинических изменений по данным п-ЭРГ — до появления стойких дефектов полей зрения.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дракон А.К., Корчажкина Н.Б., Шелудченко В.М., Елфимов М.А., Яменсков В.В., Павлов В.А., Коржавина А.В. Результаты комплексной офтальмонейростимуляции у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой // **Курортная медицина.** — 2022. — № 3. — С. 58-62.
2. Корчажкина Н.Б., Шелудченко В.М., Дракон А.К., Павлов В.А., Коржавина А.В. Возможности физиотерапевтических методов в улучшении состояния зрительного нерва у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой II стадии // **Курортная медицина.** — 2022. — № 3. — С. 58–61.
3. Шелудченко В.М., Юсеф Ю.Н., Райфельд А.К., Косова Дж.В., Елфимов М.А., Макарова М.А., Патеюк Л.С., Кургузова А.Г., Смирнова Т.В., Коржавина А.В. Физиотерапия — основное направление современной офтальмологической реабилитации // **Вестник офтальмологии.** — 2023. — Т. 139, № 3-2. — С. 113–127.
4. Коржавина А.В., Шелудченко В.М., Юсеф Ю.Н., Косова Дж.В., Волжанин А.В. Возможности физиотерапевтической стимуляции при глаукомной оптической нейропатии после антиглаукомных операций // **Вестник офтальмологии.** — 2024. — Т. 140, № 3. — С. 88–94.
5. Коржавина А.В., Косова Дж.В., Смирнова Т.В., Карпилова М.А. Показания к применению комбинированной физиотерапии при оперированной глаукоме // **Современные технологии в офтальмологии.** 2024. — № 4, том 2. — С. 300.
6. Коржавина А.В., Юсеф Ю.Н., Шелудченко В.М., Антонов А.А., Волжанин А.В., Смирнова Т.В., Косова Дж.В. Доминантные маркеры оценки эффективности комплексной физиостимуляции при глаукомной оптической нейропатии // **Актуальные вопросы нейроофтальмологии: сб. ст. по материалам XXV науч.-практ. нейроофтальмол. конф. (Москва, 23 января 2026 г.).** — М., 2026. — С. 47–51.
7. Ю. Юсеф, В.М. Шелудченко, А.В. Коржавина, Дж.В. Косова, А.В. Волжанин Результаты изменения световой чувствительности и морфометрии сетчатки на этапах хирургии первичной глаукомы с применением физиостимуляции. // **Вестник офтальмологии.** — 2026. — Т. 142, № 5. — С. 47-54.

Список сокращений		AN/AP	коэффициент отношения амплитуд N95/P50
АГО	антиглаукомные операции		
ВГД	внутриглазное давление	AN95	амплитуда негативного пика транзientной паттерн-ЭРГ
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения	ANOVA	Analysis of Variance
ГКС	ганглиозные клетки сетчатки	AP50	амплитуда позитивного пика транзientной паттерн-ЭРГ
ГОН	глаукомная оптическая нейропатия	AP1ssP	амплитуда первой гармоники паттерн-ЭРГ устойчивого состояния
МКОЗ	максимально скорригированная острота зрения	FLV	Focal Loss Volume
НГСЭ	непроникающая глубокая склерэктомия	GLV	Global Loss Volume
ОКТ	оптическая когерентная томография	IOPcc	Corneal-Compensated Intraocular Pressure
ПОУГ	первичная открытоугольная глаукома	IOPg	Goldmann-Correlated Intraocular Pressure
ПЭЧ	порог электрической чувствительности	ISCEV	International Society for Clinical Electrophysiology of Vision
п-ЭРГ	паттерн-электроретинография	LN95	латентность негативного пика транзientной паттерн-ЭРГ
СНВС	слой нервных волокон сетчатки	LP50	латентность позитивного пика транзientной паттерн-ЭРГ
ТКМС	транскраниальная магнитостимуляция	LP1ssP	латентность первой гармоники паттерн-ЭРГ устойчивого состояния
ЭЛ	электрическая лабильность	MD	Mean Deviation
		PSD	Pattern Standard Deviation
		VFI	Visual Field Index