

Труфанова Лариса Петровна

**НАРУШЕНИЯ АККОМОДАЦИИ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРНЕОСКЛЕРАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ
ПРОГРЕССИРУЮЩЕЙ МИОПИИ У ДЕТЕЙ**

14.01.07. – Глазные болезни

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: Балалин Сергей Викторович

доктор медицинских наук, заведующий научным отделом Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России

Официальные оппоненты: Страхов Владимир Витальевич

доктор медицинских наук, профессор, член Экспертного совета по аккомодации и рефракции, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России

Егорова Алла Викторовна

кандидат медицинских наук, член Экспертного совета по аккомодации и рефракции, заместитель директора по науке НОЧУ ДПО «Академия медицинской оптики и оптометрии», г. Москва

Ведущая организация: ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Защита диссертации состоится «_____» декабря 2019 года в _____ часов на заседании Диссертационного Совета Д 208.014.01 при ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России по адресу: 127486, Москва, Бескудниковский б-р, 59 А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России

Автореферат разослан «_____» _____ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук

И.А. Мушкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Миопия остается одной из наиболее актуальных проблем современной офтальмологии. Это обусловлено широким распространением миопии, ранним её проявлением, а при прогрессировании - ухудшением зрения вплоть до ограничения профессионального выбора, наступления слепоты и, как следствие, выхода на инвалидность по зрению. От 23 до 44,6% всех инвалидов по зрению — инвалиды вследствие миопии высокой степени (Либман Е.С., 2005; Рыбакова Е.Г. и соавт., 2011; McCarty С.А., Taylor Н.Р., 2000; Goss D.A. et al., 2010). Миопия по распространенности в мире охватывает 1,6 млрд. людей и ожидается её рост к 2020 году до 2,5 млрд. человек, а к 2050 году - до 4758 миллионов человек - 49,8% населения мира (Тарутта Е.П. и соавт., 2018; В. А. Holden et al., 2016). Частота миопии в развитых странах мира составляет 30-55%, достигая в некоторых странах Востока 95% и выше, из них от 16% до 38% приходится на миопию высокой степени (World Health Organization, Saw S.M., 2005; Bar Dayan Y., Levin A., Morad Y., 2005; Mary Q. et al., 2013). Так среди студентов Тайваня близорукость составляет 95,9%, Китая – 95,5% (Fan D.S., Lam D.S., 2004; Wang T.J., Chiang T.H., Wang T.H., Lin L.L. et al., 2009). В Сингапуре миопия встречается у 79,3% популяции; в США - у 41,6% населения от 12 до 54 лет (Vitale S., Sperduto R.D., Ferris F.L., 2009).

Важным аспектом осложнений близорукости в Российской Федерации является неуклонный рост уровня слепоты и слабовидения. В общей структуре инвалидности миопия занимает 3-е место (18%), а по детской – 2-е место. При несвоевременной и неполноценной коррекции миопии в школьном возрасте развивается амблиопия, косоглазие, нарушается бинокулярное зрение (Маркова Е.Ю., 2015; 2018; Проскурина О.В. и соавт., 2018).

По итогам общероссийской диспансеризации количество детей и подростков с миопией за 10 лет выросло в 1,5 раза (Катаргина Л.А., Тарутта

Е.П., 2012). Частота миопии к окончанию школы среди выпускников составляет 26%, гимназий и лицеев – 50%, при этом на долю миопии высокой степени приходится 10-12%. Недостаточная острота зрения в детском возрасте приводит к социальной дезадаптации, снижает качество жизни ребенка, а в старшем возрасте миопия может влиять на выбор будущей профессии и трудоустройство (Петухов В. М., Медведев А.В., 2004; Страхов В.В., 2007).

Эпидемиологический характер распространения миопии свидетельствует о недостаточной эффективности проводимых профилактических, лечебных и реабилитационных мероприятий. В связи с этим, в настоящее время пристальное внимание офтальмологов во всем мире направлено на дальнейший поиск причин возникновения и прогрессирования миопии (Аветисов Э.С., 2002; Луцкевич Е.Э., Плехова Л.Ю., Бородина Н.В., 2002; Волкова Е.М., Страхов В.В., 2005; Таррута Е.П., 2005; Жаров В.В. и соавт. 2007; Иомдина Е.Н. и соавт., 2010; Страхов В.В., Гулидова Е.Г., 2011; Федорищева Л.Е., Еременко К.Ю., Александрова Н.Н., 2014; Ahmed M. et al., 2017; Chinawa N. E., Adio A. O., Chukwuka I. O., 2017), а также проведение лечебных и профилактических мероприятий для предотвращения возможных осложнений (Брусакова Е.В. и соавт., 2007; Обрубов С.А. и соавторы, 2007; Бржеский В.В. и соавт., 2008; Паштаев Н.П., Арсютов Д.Г., 2009; Фабрикантов О.Л., Матросова Ю.В., 2014; Маркова Е.Ю., 2015; Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., 2015).

Основными факторами риска возникновения и прогрессирования близорукости служат ослабленная аккомодация, наследственная предрасположенность и ослабление прочностных свойств склеры, а также повышение внутриглазного давления до верхних границ нормы (Аветисов Э.С., 2002; Таррута Е.П., 2005; Иомдина Е.Н. и соавт., 2010; Маркова Е.Ю., 2012; Старикова Д.И., 2014; Страхов В.В. и соавт., 2018; Rada J.A., Shelton S., Norton T.T., 2006; Yan L., Huibin L., Xuimin L., 2014; Ahmed M. et al., 2017; Chinawa N. E., Adio A. O., Chukwuka I. O., 2017).

Среди разновидностей нарушения аккомодации при миопии выделяют

три формы: слабость аккомодации, неустойчивая аккомодация при ПИНА и гиперактивная аккомодация при спазматической аккомодационной астенопии.

Однако остаются неизученными вопросы о видах нарушения аккомодации при стационарной и прогрессирующей миопии, взаимосвязи между уровнем внутриглазного давления, биомеханическими свойствами склеры и нарушениями аккомодации в патогенезе и прогнозировании прогрессирования миопии.

Всё вышеизложенное позволило сформулировать цель и задачи настоящего исследования.

Цель работы

Разработать комплексную модифицированную технологию клинко-функциональной диагностики, мониторинга и прогнозирования течения прогрессирующей миопии у детей на основе исследования биомеханических показателей корнеосклеральной оболочки и нарушений аккомодации.

Для решения поставленной цели были сформированы следующие **задачи** исследования:

1. Изучить биомеханические свойства корнеосклеральной оболочки во взаимосвязи с уровнем внутриглазного давления у пациентов со стационарной и прогрессирующей миопией.
2. Определить основные виды нарушений аккомодации у пациентов со стационарной и прогрессирующей миопией во взаимосвязи с уровнем офтальмотонуса.
3. Изучить напряжение склеры при стационарной и прогрессирующей миопии, его значение в оценке прогнозирования течения миопии на основе исследования биометрических показателей и уровня внутриглазного давления, измеренного с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки.
4. Провести многофакторный корреляционный анализ нарушений аккомодации, показателей биомеханических свойств корнеосклеральной

оболочки, уровня внутриглазного давления у детей при стационарной и прогрессирующей миопии и определить диагностические критерии, прогнозирующие прогрессирующее течение миопии

5. Провести регрессионный анализ и разработать комплексную систему прогноза прогрессирования миопии у детей с помощью математической модели на основе по оценки изменений биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки, офтальмотонуса и нарушения аккомодации.

Научная новизна и теоретическая значимость

1. Выявлена достоверная зависимость при прогрессирующей миопии между уровнем офтальмотонуса, переднезадним размером глазного яблока и толщиной склеры, измеренной в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею и значением напряжения в склере, что позволяет прогнозировать течение миопии.

2. Впервые установлены при прогрессирующей миопии комбинированные виды нарушений аккомодации: привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА) в сочетании со слабостью аккомодации и ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией.

3. Впервые введено при прогрессирующей миопии понятие офтальмогипертензионного синдрома перенапряжения аккомодации, характеризующегося наличием ПИНА, или ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации, или ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией, а также повышенным значением внутриглазного давления. Доказана роль офтальмогипертензионного синдрома перенапряжения аккомодации в прогрессировании миопии.

4. Разработана комплексная технология клинико-функциональной диагностики, мониторинга детей с прогрессирующей миопией, включающая в

себя диагностический алгоритм оценки значений биометрических показателей и состояния биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки, определение нарушения аккомодации во взаимосвязи с уровнем офтальмотонуса, позволяющая на основании разработанной математической модели осуществлять прогнозирование течения миопии.

Практическая значимость исследования

1. По данным аккомодографии у пациентов с прогрессирующей миопией следует различать следующие виды функциональных нарушений аккомодации: основные - а) ПИНА; б) слабость аккомодации; в) спазматическая аккомодационная астенопия и комбинированные - в) ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации; г) ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией.

2. При значениях истинного внутриглазного давления выше 21 мм рт.ст., а также при величинах полученных коэффициентов аккомодационного ответа менее 0,4 и (или) значениях коэффициентов микрофлюктуаций более 62, диагностируют офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации, с учетом которого прогнозируют прогрессирование миопии.

3. Прогрессирующее течение миопии отмечается при повышении напряжения склеры при слабой степени свыше 300 мм рт.ст., при средней степени – свыше 336 мм рт.ст. и при высокой степени – свыше 390 мм рт.ст.

Основные положения, выносимые на защиту

Разработанная комплексная модифицированная технология клинико-функциональной диагностики, мониторинга и прогнозирования течения миопии у детей, включающая в себя диагностический алгоритм оценки значений биометрических показателей глаза и состояния биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки, определение нарушения аккомодации во взаимосвязи с уровнем офтальмотонуса и позволяет прогнозировать годовой градиент прогрессирования миопии по изменению сферэквивалента

рефракции и переднезаднего размера глазного яблока.

Внедрение в практику

Основные положения работы включены в клиническую практику Волгоградского, Иркутского, Калужского и Чебоксарского филиалов ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России.

Апробация диссертации

Основные результаты и положения работы доложены и обсуждены на научной конференции офтальмологов «Невские горизонты – 2012» (Санкт-Петербург, 2012); на X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Федоровские чтения – 2012" (Москва, 2012), на научной конференции офтальмологов «Невские горизонты – 2014» (Санкт-Петербург, 2014); на научной конференции офтальмологов «Невские горизонты – 2016» (Санкт-Петербург, 2016); на научно-клинических конференциях ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России (Москва, 2013 г., 2016 г., 2018 г.); на научной конференции офтальмологов «Невские горизонты – 2018» (Санкт-Петербург, 2018); на научно-практической конференции «Аккомодация: проблемы и решения», г. Ярославль, 26.04.2019 г., на заседании регионального общества офтальмологов г. Волгограда и Волгоградской области, г. Волгоград, 21.03.2014 г., 19.01.2018 г., 08.06.2018 г., 07.06.2019 г.).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 22 научные работы, из них 8 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 2 патента РФ на изобретение: №2631048 от 06.10.2016 г. и № 2688710 от 13.04.2018 г.

Объём и структура диссертации

Диссертация изложена на 141 странице и состоит из введения, обзора литературы, 4 глав исследований, заключения и выводов. Список литературы содержит 253 источника, из них 140 публикаций отечественных и 113 – иностранных авторов. Работа иллюстрирована 25 таблицами и 26 рисунками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Исследование проведено в Клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Были обследованы 142 пациента (142 глаза) с прогрессирующей миопией (41,8%) -1-я группа. Во 2-ю группу вошли 152 пациента (152 глаза) со стационарной близорукостью (44,7%). В 3-ю группу были включены 46 пациентов (46 глаз) с эметропией (13,5%) – контрольная группа. Всего обследовано 340 пациентов (340 глаз). Возраст пациентов был от 5-ти до 17-ти лет. Средний возраст составлял $13,26 \pm 2,6$ лет.

294 пациента с прогрессирующей и стационарной миопией (294 глаза) были разделены в зависимости от степени миопии: слабой степени (89 глаз - 30,3%), средней степени (116 глаз -39,4%) и высокой степени (89 глаз – 30,3%). К миопии слабой степени относили пациентов с величиной клинической рефракции от -0,5 до -3,0 дптр, средней степени от -3,25 до -6,0 дптр и к миопии высокой степени от -6,25 дптр и выше. Срок наблюдения пациентов с миопией составил от 1 года до 3 лет.

У всех обследуемых проводилось комплексное офтальмологическое обследование: визометрия, рефрактометрия, ультразвуковая биометрия, пахиметрия, тонометрия, измерение ригидности корнеосклеральной оболочки по данным компьютерной дифференциальной тонометрии по Фриденвальду.

Исследование остроты зрения выполнялось по общепринятой методике с помощью проектора знаков «Reichert AP 250» (Reichert Inc., США), проводилось измерение не корригируемой (НКОЗ) и максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ).

Исследование клинической рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии, а также при динамическом наблюдении за пациентами выполнялось с помощью авторефрактометра «Canon RK-F1» (Canon, Япония).

Биомикроскопия переднего сегмента глаза проводили на щелевой лампе TAKAGI SEIKO CO (SM-30N), LTD (Japan) при 16-ти кратном увеличении. Гониоскопию и биомикроскопию глазного дна выполняли с помощью линзы Гольдманна.

Для исследования биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки глаза у обследуемых лиц применяли метод дифференциальной тонометрии по Фриденвальду. Данный метод позволял определять величину внутриглазного давления (P_{0E}) с учётом показателя ригидности корнеосклеральной оболочки (E_0), что повысило точность тонометрии с учётом индивидуальных особенностей глаза: толщины роговицы в центральной оптической зоне (ЦТР) и переднезаднего размера глазного яблока (ПЗО). Исследование ригидности корнеосклеральной оболочки глаза проводили на компьютерном тонографе «Глаутест-60» (Россия).

Для оценки вязко-эластических свойств роговицы применяли анализатор биомеханических свойств глаза ORA (Ocular Response Analyzer, «Reichert», США). С помощью данного прибора определяли корнеальный гистерезис (CH, мм рт.ст.), роговично-компенсированное внутриглазное давление (P_0 сс, мм рт.ст.) и внутриглазное давление, соответствующее ВГД по Гольдманну (P_0 , мм рт.ст.).

Функциональное состояние цилиарной мышцы определяли при проведении аккомодографии на аппарате Righton Speedy-K (США), который сочетает функции авторефрактометра и аккомодографа.

Измерение толщины склеры выполняли с помощью УБМ глаза в проекции ресничной части цилиарного тела (ТС₁) и на границе перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею (ТС₂).

Измерение переднезаднего размера (ПЗО) глазного яблока проводилось с помощью прибора А-В сканирующей системы «Tomey AL 3000» (Tomey Corp., Германия).

Измерение толщины роговицы в центральной оптической зоне проводилось с помощью пахиметрии на приборе BIO@PACHYMETER AL-3000, Tomey Corp., Japan.

Напряжение склеральной оболочки глаза (δ) определяли по формуле Лапласа: $\delta = P_{0E} \cdot \text{ПЗО} / (4 \cdot \text{ТС}_2)$, где P_{0E} – уровень внутриглазного давления (мм рт.ст.), измеренный с учётом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза, ПЗО - переднезадний размер глазного яблока (мм), ТС_2 – толщина склеры, измеренная в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею (мм).

Статистический анализ данных

Полученные в результате исследований цифровые значения рефракции, ригидности корнеосклеральной оболочки глаза, тонометрии, результаты аккомодографии, значения показателя напряжения склеры обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0 фирмы StatSoft, Inc. Для оценки достоверности различия между средними значениями рассчитывался доверительный коэффициент Стьюдента (t) и при его величине от 2,0 и выше и показателю достоверности различия (p) менее 0,05 ($p < 0,05$) различие расценивалось как статистически значимое. Для изучения взаимосвязи между исследуемыми показателями проводили многофакторный корреляционный и регрессионный анализ.

Результаты исследования

С целью изучения влияния основных факторов риска на прогрессирование миопии была исследована взаимосвязь между биомеханическими свойствами склеры, уровнем внутриглазного давления и состоянием аккомодации глаза.

Среднее значение годового градиента прогрессирования миопии по изменению СЭ рефракции у 142 пациентов с прогрессирующей миопией (142 глаза) было равно $-0,764 \pm 0,24$ дптр/год (от $-0,48$ дптр/год до $-2,3$ дптр/год), по изменению переднезаднего размера глаза составляло $0,259 \pm 0,08$ мм/год (от $0,13$ мм/год до $0,74$ мм/год), что подтверждало прогрессирующее течение миопии у пациентов в данной группе. Среднее значение сферэквивалента рефракции в 1-й группе было равно $-5,97 \pm 2,75$ дптр ($M \pm \sigma$), а среднее значение ПЗО глаза: $25,5 \pm 1,0$ мм ($M \pm \sigma$).

Прогрессирование миопии сопровождалось достоверным снижением НКОЗ, увеличением СЭ рефракции и ПЗО глаза (табл.1).

Необходимо подчеркнуть, что у пациентов с прогрессирующей миопией слабой степени в отличие от пациентов с эметропией, отмечалось не только достоверное увеличение переднезаднего размера глазного яблока, но и достоверное уменьшение толщины склеры ($ТС_2$), измеренной в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею ($t=3,1$; $p<0,01$). Уменьшение толщины склеры ($ТС_2$) у пациентов с миопией слабой степени сопровождалось достоверным уменьшением средней величины ригидности корнеосклеральной оболочки глаза в отличие от пациентов с эметропией ($t=4,3$; $p<0,01$), средней величины корнеального гистерезиса (СН), ($t=3,75$; $p<0,01$) и более высокими средними значениями внутриглазного давления, измеренного с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки (P_{0E}), ($t=3,1$; $p<0,05$) и с учетом вязко-эластичных свойств роговицы ($P_0 CC$), ($t=6,1$; $p<0,01$), (табл.2).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика пациентов с прогрессирующей миопией (142 глаза) и пациентов с эметропией (46 глаз), $M \pm \sigma$

Показатели	Пациенты с эметропией (46 глаз)	Пациенты с прогрессирующей миопией		
		Слабая степень (41 глаз)	Средняя степень (47 глаз)	Высокая степень (54 глаза)
НКОЗ	0,85±0,07	0,145±0,087*	0,11±0,063*	0,059±0,036**
МКОЗ	0,85±0,07	0,87±0,14	0,88±0,15	0,8±0,21
СЭ рефракции, дптр	- 0,1±0,17*	-2,75±0,28**	-4,7±0,6**	-9,5±2,18***
ПЗО, мм	22,6±0,9*	24,6±0,69**	24,94±0,67**	26,5±0,95***

Различие между средними значениями, отмеченные значками * и **, ** и *** статистически достоверны ($t > 2,0$; $p < 0,05$).

При прогрессирующей миопии увеличение ПЗО глаза и уменьшение толщины склеры сопровождалось достоверным повышением показателя напряжения склеры (δ) в отличие от пациентов с эметропией (табл.2).

При измерении офтальмотонуса с учётом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза у 142 пациентов с прогрессирующей миопией (142 глаза) были выявлены значения истинного ВГД в диапазоне нижней нормы (P_{0E} от 9 до 14 мм рт.ст.) на 3 глазах – 2,1%, средней нормы (P_{0E} от 14 до 18 мм рт.ст.) на 60 глазах – 42,3%, верхней нормы (P_{0E} от 18 до 21 мм рт.ст.) на 49 глазах – в 34,5% случаях. На 30 глазах (21,1%) офтальмотонус (P_{0E}) был выше 21 мм рт.ст. - от 21,1 до 24,4 мм рт.ст. Выявление офтальмотонуса выше верхней границы среднестатистической нормы ($P_{0E} > 21$ мм рт.ст.) у пациентов с миопией расценивали как проявление офтальмогипертензии. Клинико-функциональных данных за врожденную глаукому у пациентов с офтальмогипертензией выявлено не было.

Таблица 2 – Результаты исследования СЭ рефракции, биометрических показателей и биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки у пациентов с прогрессирующей миопией (142 глаза) и у пациентов с эмметропией (46 глаз), $M \pm \sigma$

Показатели	Пациенты с эмметропией (46 глаз)	Пациенты с прогрессирующей миопией		
		Слабая степень (41 глаз)	Средняя степень (47 глаз)	Высокая степень (54 глаза)
ЦТР, мкм	552±37,2*	560,8±31,8*	556,2±29,8*	550,2±32,6*
ТС 1, мм	0,43±0,027*	0,435±0,034*	0,425±0,031*	0,398±0,027**
ТС 2, мм	0,41±0,027*	0,384±0,029**	0,371±0,022**	0,347±0,029***
Р ₀ , мм рт.ст.	13,9±2,4*	13,25±1,64*	13,68±1,7*	13,04±1,8*
Е ₀ , 1/мм ³	0,0164±0,003*	0,0113±0,0025**	0,011±0,0024**	0,01±0,0017**
Р _{0Е} , мм рт.ст.	17,1±2,4*	18,5±1,8**	18,9±1,98**	18,3±1,81**
δ, мм рт.ст.	237,2±36,2*	304,4±30,17**	320,8±40,4**	354,1±57,2***
СН, мм рт.ст.	13,5±0,79*	12,6±1,36**	11,2±1,43**	10,8±1,48**
Р ₀ сс, мм рт.ст.	14,2±2,4*	17,7±2,9**	19,5±2,15**	18,5±1,74**

Различие между средними значениями, отмеченные значками * и **, ** и *** статистически достоверны ($t > 2,0$; $p < 0,05$).

Увеличение степени миопии характеризовалось повышением показателя напряжения склеры. У пациентов со стационарной миопией (152 глаза) были определены максимальные значения показателя напряжения склеры с учётом степени близорукости, которые были приняты за верхние границы её нормы: для миопии слабой степени 299 мм рт.ст., для миопии средней степени 336 мм рт.ст. и для миопии высокой степени 390 мм рт.ст. (табл.3).

Таблица 3 - Средние и максимальные значения напряжения склеры при стационарной миопии (152 глаза), ($M \pm \sigma$)

Показатель	Слабая степень миопии (48 глаз)		Средняя степень миопии (68 глаза)		Высокая степень миопии (36 глаза)	
	$M \pm \sigma$	Max	$M \pm \sigma$	Max	$M \pm \sigma$	Max
δ , (мм рт.ст.)	244,7 \pm 25,8	299	250,5 \pm 37,5	336	299,2 \pm 45,4	390

При превышении полученных значений напряжения склеры контрольных показателей для каждого пациента с учетом степени миопии прогнозировали прогрессирование близорукости. На данный способ определения напряжения в склеральной оболочке глаза в оценке стабилизации миопии получен патент РФ на изобретение №2016139229 от 06.10.2016 г.

Зависимость между напряжением склеры (δ), уровнем внутриглазного давления (P_{0E}) и переднезадним размером глазного яблока (ПЗО) у пациентов с миопией характеризовалась формулой:

$$\delta = 14,9594 \cdot P_{0E} + 19,4977 \cdot \text{ПЗО} - 447,3074.$$

При стационарной миопии (152 глаз) в отличие от пациентов с эметропией (46 глаз) было выявлено достоверное уменьшение толщины склеры (TC_2), ($t=4,7$; $p<0,001$) и показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза ($t=9,7$; $p<0,001$), снижение уровня внутриглазного давления, измеренного с учётом показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза ($t=2,2$; $p<0,05$) и увеличение показателя напряжения склеры ($t=4,27$; $p<0,001$), (табл.4). Повышение значений истинного ВГД выше 21 мм рт.ст. отмечалось только у 6 пациентов (6 глаз) со стационарной миопией (3,9% случаев).

При прогрессирующей миопии (142 глаз) в отличие от пациентов со стационарной миопией (152 глаза) было выявлено более выраженное достоверное уменьшение толщины склеры (ТС₂), ($t=4,7$; $p<0,001$), повышение уровня внутриглазного давления, измеренного с учётом показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза ($t=9,37$; $p<0,001$) и увеличение показателя напряжения склеры ($t=10,9$; $p<0,001$). Различие между средними значениями показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза между прогрессирующей и стационарной миопией также было статистически достоверным ($t=3,2$; $p<0,01$), (табл. 4).

Таблица 4 - Сравнительная характеристика СЭ рефракции, биометрических показателей и биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки у пациентов с миопией и у пациентов с эметропией, $M\pm\sigma$

Показатели	Пациенты с эметропией (46 глаз)	Стационарная миопия (152 глаза)	Прогрессирующая миопия (142 глаза)
СЭ рефракции, дптр	-0,1±0,17*	-5,6±2,5**	-5,9±2,75**
ПЗО глаза, мм	22,6±0,9*	25,3±1,3**	25,5±1,0**
ЦТР, мкм	552±37,2	552,6±34,8	555,6±30,6
ТС ₁ , мм	0,43±0,027*	0,421±0,035	0,417±0,032**
ТС ₂ , мм	0,41±0,027*	0,385±0,042**	0,365±0,03***
Р ₀ , мм рт.ст.	13,9±2,4*	11,7±2,38**	13,3±1,69***
Е ₀ , 1/ммз	0,0164±0,003*	0,0117±0,0024**	0,0109±0,002***
Р _{0Е} , мм рт.ст.	17,1±2,4*	16,2±2,5**	18,6±1,86***
δ, мм рт.ст.	237,2±36,2*	266,3±52,37**	329,5±46,0***

Различие между средними значениями, которые отмечены значками * и **, а также ** и *** статистически достоверны ($t > 2,0$; $p < 0,05$).

У пациентов с прогрессирующей и стационарной миопией отмечалось достоверное снижение среднего значения коэффициента аккомодационного ответа (КАО $<0,5$), что указывало на слабость аккомодации и на её роль в патогенезе близорукости. У пациентов с эметропией (46 глаз) отмечались нормальные значения показателей аккомодографии: коэффициент аккомодационного ответа (КАО) был свыше 0,5 дптр, а коэффициент микрофлюктуаций (КМФ) меньше 62 сокращений в 1 мин.

У 152-х пациентов со стационарной миопией (152 глаза) были выявлены нарушения аккомодации на 118 глазах (в 77,6% случаях), (рис.1).

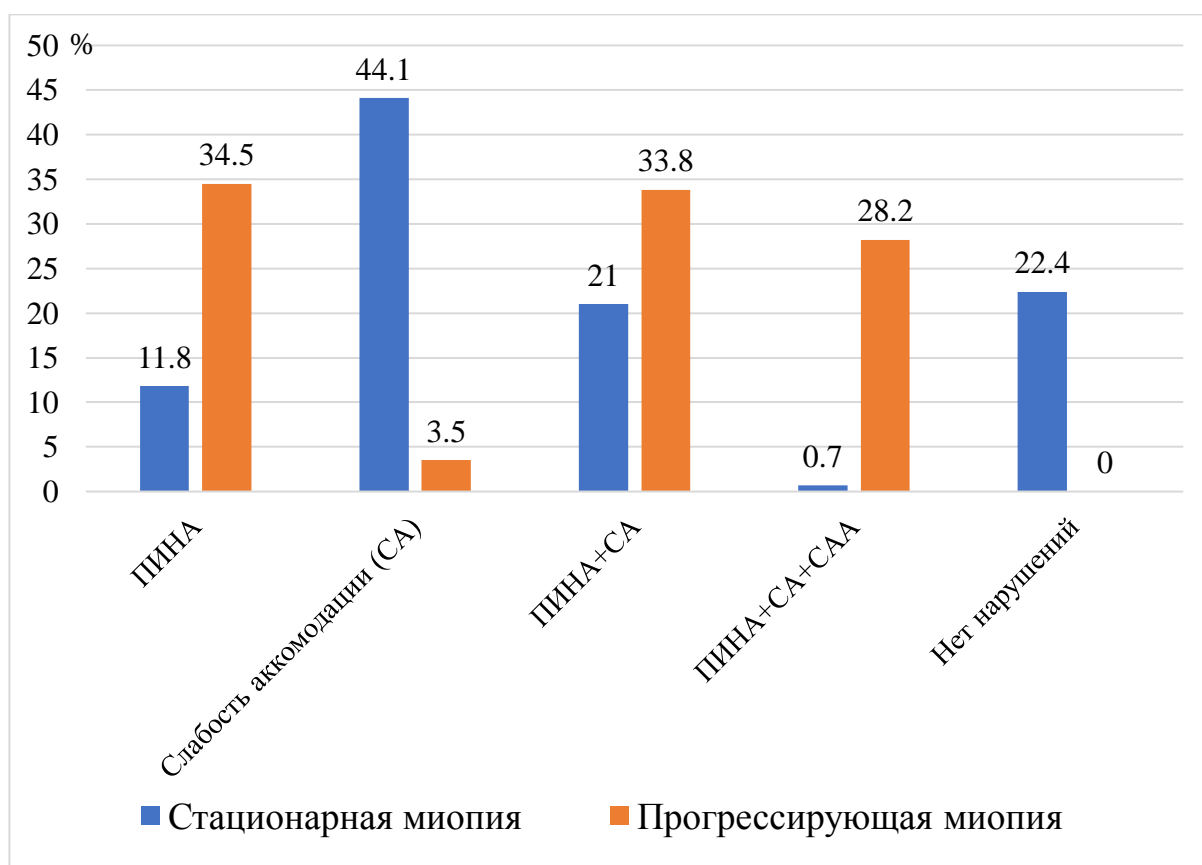


Рисунок 1 – Диаграмма, отражающая виды нарушений аккомодации при стационарной и прогрессирующей миопии: ПИНА, слабость аккомодации (СА) и спазматическая аккомодационная астенопия (САА)

При стационарной миопии ПИНА встречалась в 11,8% случаях (18 глаз), слабость аккомодации – в 44,1% случаях (67 глаз), ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации в 21% случаях (32 глаза). ПИНА в сочетании со

слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией была выявлена только на 1 глазу (0,7%). Аккомодограмма была не нарушена на 34 глазах (22,4%).

При прогрессирующей миопии (142 глаза) ПИНА отмечалась на 49 глазах (34,5%). Слабость аккомодации, как самостоятельный вид нарушения аккомодации, была выявлена только на 5 глазах (3,5%), что 12,6 раза реже, чем у пациентов со стационарной миопией. При прогрессирующей миопии слабость аккомодации часто сочеталась с ПИНА (комбинированное нарушение) – в 33,8% случаях. Комбинированное нарушение в виде слабости аккомодации, ПИНА и спазматической аккомодационной астенопии выявлено в 28,2% случаях. В итоге, комбинированные нарушения аккомодации преобладали при прогрессирующей миопии и составляли 62%, что в 2,8 раза больше, чем при стационарной миопии (21,7%).

Коэффициент микрофлюктуаций (КМФ) был достоверно выше у пациентов с прогрессирующей миопией, чем у пациентов со стационарной миопией ($t=10,4$; $p<0,001$), что указывает на более выраженное напряжение аккомодации при прогрессирующей близорукости (табл. 5).

Таблица 5 - Средние значения показателей рефрактометрии, аккомодографии, офтальмотонуса у пациентов с прогрессирующей и стационарной миопией и у пациентов с эмметропией (46 глаз), $M\pm\sigma$

Показатели	Пациенты с эмметропией (46 глаз)	Стационарная миопия (152 глаза)	Прогрессирующая миопия (142 глаза)
P_{0E} , мм рт.ст.	$17,1\pm 2,4^*$	$16,2\pm 2,5^{**}$	$18,6\pm 1,86^{***}$
КАО, дптр	$0,7\pm 0,1^*$	$0,33\pm 0,208^{**}$	$0,39\pm 0,17^{***}$
КМФ, частота в 1 мин	$57\pm 1,9^*$	$61,1\pm 3,47^{**}$	$64,6\pm 2,15^{***}$

Различие между средними значениями, которые отмечены значками * и **, ** и *** статистически достоверны ($t > 2,0$; $p < 0,05$).

Сочетание слабости аккомодации, ПИНА и повышенные значения ВГД

(P_{0E}) у детей с миопией были выявлены в 12,2% случаях – на 36 глазах у 294 пациентов с прогрессирующей и стационарной миопией (294 глаза). При значениях истинного внутриглазного давления выше 21 мм рт.ст., а также при величинах полученных коэффициентов аккомодационного ответа менее 0,4 и значениях коэффициентов микрофлюктуаций более 62, диагностировали наличие офтальмогипертензионного синдрома перенапряжения аккомодации, с учетом которого осуществляли прогноз прогрессирования миопии. На способ прогнозирования прогрессирования миопии получен патент РФ на изобретение по заявке № 2018113409 от 13.04.2018 г.

На основании многофакторного корреляционного анализа были определены показатели, оказывающие достоверное влияние на изменение годового градиента прогрессирования миопии по изменению СЭ рефракции: $ТС_2$, P_{0E} , КМФ и δ ($p < 0,05$).

На основании регрессионного анализа у 294 пациентов с миопией (294 глаза) определены математические модели прогнозирования миопии, которые показали достоверную точность расчётов при сравнении с данными клинического исследования:

1) по изменению годового градиента сферозэквивалента рефракции

$$\Delta CЭ = 2,758578 - 0,002570 \cdot \delta - 0,037930 \cdot \text{КМФ}, \text{ где}$$

δ – напряжение склеры, мм рт.ст.;

КМФ – коэффициент микрофлюктуаций цилиарного тела (частота сокращений в 1 мин). Все коэффициенты данного уравнения: 2,758578; -0,002570 и -0,037930 были высоко достоверны ($p < 0,0001$).

2) по годовому градиенту изменения ПЗО глаза

$$\Delta ПЗО = -0,650424 + 0,009503 \cdot \delta + 0,000664 \cdot \text{КМФ}, \text{ где}$$

δ – напряжение склеры, мм рт.ст.;

КМФ – коэффициент микрофлюктуаций цилиарного тела (частота сокращений в 1 мин). Все коэффициенты данного уравнения: -0,650424; 0,009503 и 0,000664 были высоко достоверны ($p < 0,0001$).

При применении математической модели прогнозирование прогрессирующего течения миопии по годовому градиенту изменения СЭ рефракции было подтверждено у пациентов с прогрессирующей миопией на 134 глазах из 142 глаз (в 94,4% случаях).

Таким образом, разработана комплексная технология клинико-функциональной диагностики, мониторинга детей с прогрессирующей миопией, включающая в себя диагностический алгоритм оценки значений биометрических показателей и состояния биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки, определение нарушения аккомодации во взаимосвязи с уровнем офтальмотонуса, позволяющая на основании разработанной математической модели осуществлять прогнозирование прогрессирующего течения миопии в 94,4% случаях.

ВЫВОДЫ

1. При прогрессирующей миопии в отличие от группы пациентов с эмметропией и стационарной миопией отмечалось достоверное повышение офтальмотонуса, уменьшение толщины склеры и показателя ригидности корнеосклеральной оболочки ($p < 0,05$). У пациентов со стационарной миопией в отличие от пациентов с эмметропией отмечалось достоверное уменьшение толщины склеры, измеренной в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею, уменьшение показателя ригидности корнеосклеральной оболочки ($p < 0,05$).

2. Выявлены комбинированные виды нарушений аккомодации у пациентов с прогрессирующей миопией: сочетание ПИНА и слабости аккомодации, а также сочетание ПИНА, слабости аккомодации и спазматической аккомодационной астенопии. Комбинированные виды нарушений аккомодации отмечались в 62% случаях у пациентов с прогрессирующей миопией. При стационарной миопии комбинированные

виды нарушений аккомодации отмечались только в виде сочетания ПИНА и слабости аккомодации и встречались в 21% случаях на фоне нормальных значений офтальмотонуса. Установлено, что ПИНА, а также комбинированные виды нарушений аккомодации в сочетании с повышенным уровнем истинного внутриглазного давления (выше 21 мм рт.ст.) формируют офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации, который встречался в 5,4 раза чаще у детей с прогрессирующей миопией (в 21,1% случаях).

3. При прогрессирующей миопии у детей выявлена достоверная зависимость между напряжением склеры и ПЗО глаза, толщиной склеры ($ТС_2$), измеренной в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею, уровнем истинного ВГД (P_{0E}), измеренного с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза и показателем ригидности корнеосклеральной оболочки. У пациентов со стационарной миопией были определены верхние значения напряжения склеры с учетом степени близорукости: при слабой – 299 мм рт.ст., при средней – 366 мм рт. ст. и при высокой – 390 мм рт.ст.; при превышении указанных значений прогнозировали прогрессирование миопии.

4. На основании многофакторного корреляционного анализа были определены показатели, оказывающие достоверное влияние на изменение годового градиента прогрессирования миопии по изменению СЭ рефракции: P_{0E} , КМФ, δ и $ТС_2$ ($p < 0,05$). По возрастанию коэффициента корреляции показатели располагались следующим образом: $ТС_2$, P_{0E} , КМФ и δ . Данные показатели были определены как диагностические критерии в оценке прогнозирования прогрессирования миопии у детей.

5. Разработана комплексная технология клинико-функциональной диагностики, мониторинга детей с прогрессирующей миопией, включающая в себя диагностический алгоритм оценки значений биометрических показателей и состояния биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки, определение нарушения аккомодации во взаимосвязи с уровнем

офтальмотонуса, которая позволила на основании разработанной математической модели осуществить прогнозирование прогрессирующего течения миопии в 94,4% случаях.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. По данным аккомодографии у пациентов с прогрессирующей миопии следует различать следующие виды функциональных нарушений аккомодации: основные - а) ПИНА; б) слабость аккомодации; в) спазматическая аккомодационная астенопия;

и комбинированные - г) ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации;

д) ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией.

2. При обнаружении повышения офтальмотонуса до значений диапазона верхней нормы или умеренно-повышенных значений ВГД на фоне нарушения аккомодации (ПИНА, ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией) диагностируют офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации, характерный для прогрессирующей миопии.

3. Прогрессирующее течение миопии отмечается при повышении напряжения склеры при слабой степени свыше 300 мм рт.ст., при средней степени – свыше 336 мм рт.ст. и при высокой степени – свыше 390 мм рт.ст.

4. Разработаны математические модели для прогнозирования течения миопии у детей.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Л.Н. Борискина, С.В. Балалин, Е.М. Маковкин, Л.П. Труфанова К вопросу о ригидности корнеосклеральной оболочки" IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Федоровские чтения -2011", г. Москва, 22-24.06.2011 г., С.353.

2. Труфанова Л.П., Горбенко В.М., Фокин В.П. Анализ результатов применения шпателя для склеропластики у детей с прогрессирующей миопией// Сборник научных тезисов "Актуальные вопросы офтальмологии" по материалам межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения проф. Н.А. Юшко, Краснодар, 30.09.-01.10.2011 г., С. 59.

3. Л.П. Труфанова, В.П. Фокин, С.В. Балалин Анализ эффективности склеропластики у пациентов с прогрессирующей миопией// Сборник материалов VIII съезда офтальмологов Республики Беларусь с международным участием, г. Минск, 9-10.12.2011 г., научно-практический журнал для врачей и провизоров "ARS MEDICA", №16.- С. 13-14.

4. Труфанова Л.П., Мелихова И.А., Балалин С.В. Влияние мидриацила на супрахориоидальное пространство у пациентов с миопией" //Сборник материалов научной конференции офтальмологов "Невские горизонты – 2012", г. Санкт-Петербург, 12-13.10.2012, С.236-237.

5. Влияние функционального лечения на аккомодацию при миопии» Труфанова Л.П., Фокин В.П., Лукьянова А.В., Борискина Л.Н., Балалин С.В. // Вестник ВолгГМУ.-2014.-№4.- С. 33-35.

6. Труфанова Л.П., Горбенко В.М., Лукьянова А.А., Полякова В.Р., Борискина Л.Н., Балалин С.В. Влияние Ирифрина на цилиарное тело и супрахориоидальное пространство у пациентов с миопией слабой степени» //Сборник материалов научной конференции офтальмологов «Невские горизонты-2014», Санкт-Петербург, 2014.-С. 265-266.

7. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. К вопросу об эффективности склеропластики у пациентов с прогрессирующей миопией //Сборник материалов VII Евро-Азиатской конференции по офтальмохирургии, Екатеринбург, 2015.- С. 58-60.

8. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. Анализ напряжения корнеосклеральной оболочки при миопии //Сборник материалов научной конференции офтальмологов «Невские горизонты – 2016», Санкт-Петербург, 2016.- С. 141-143.

9. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. К вопросу о напряжении корнеосклеральной оболочки при миопии //Восток-запад – 2016.-№ 2.- С. 39-41.

10. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. Факторы риска прогрессирования миопии» //Современные технологии в офтальмологии.- 2016.-№ 3.- С. 55-57.

11. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. Напряжение корнеосклеральной оболочки при миопии //Вестник Тамбовского университета, 2016. - № 4. -С. 1698-1700.

12. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Влияние различных факторов на напряжение склеры при аметропии» //Современные технологии в офтальмологии.-2016.-№ 5.- С. 198-201.

13. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Анализ результатов исследования напряжения склеры при аметропии» //Практическая медицина.-2016.-№ 6.- С. 194-196.

14. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Влияние привычно-избыточного напряжения аккомодации (ПИНА) на внутриглазное давление и биомеханические свойства роговицы у детей с миопией» // Современные технологии в офтальмологии.-2017.-№ 6.- С. 209-211.

15. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Биомеханические свойства корнеосклеральной оболочки глаза при прогрессирующей миопии» //Сб. материалов научной конференции офтальмологов с международным участием "Невские горизонты - 2018" Санкт-Петербург, 2018.- С. 125-127.

16. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Виды аккомодационных нарушений при миопии» // Современные технологии в офтальмологии.-2018.-№2.-С. 175-177.

17. Труфанова Л.П., Горбенко В.М., Балалин С.В. Привычно-избыточное напряжение аккомодации и внутриглазное давление при миопии // Современные технологии в офтальмологии.-2018.-№ 3.-С. 261-263.

18. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Разновидности привычно-избыточного напряжения аккомодации, слабость аккомодации и внутриглазное давление при миопии» // Офтальмология 2018.- №2 S.- С.179-182.

19. Труфанова Л.П., Балалин С.В., Фокин В.П. Биомеханические свойства корнеосклеральной оболочки глаза при прогрессирующей миопии до и после склеропластики //Вестник ВолгГМУ.-2018.-№ 3.-С. 112-115.

20. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Анализ эффективности склеропластических операций у детей с прогрессирующей миопией при длительном наблюдении. Новые возможности медикаментозного лечения прогрессирующей миопии» // Вестник ВолгГМУ.- 2018.-№ 4.-С. 51-56.

21. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Применение Латанопроста в лечении прогрессирующей миопии» // Вестник ВолгГМУ.- 2018.-№ 4.-С. 57-61.

22. Балалин С.В., Труфанова Л.П. «Офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации как фактор риска прогрессирования миопии»//Национальный журнал Глаукома. - 2019.-№ 2.-С. 29-37.

Патенты РФ на изобретения по теме диссертации

1. Фокин В.П., Балалин С.В., Труфанова Л.П. Способ прогнозирования прогрессирования близорукости. Патент РФ на изобретение №2016139229 от 06.10.2016 г.

2. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. Способ

прогнозирования прогрессирования миопии у детей. Патент РФ на изобретение по заявке № 2018113409 от 13.04.2018 г.

Список использованных сокращений:

- ВГД - внутриглазное давление
- КАО - коэффициент аккомодационного ответа
- КМФ - коэффициент микрофлюктуаций ресничного тела
- МКОЗ - максимально корригированная острота зрения
- НКОЗ - некорригированная острота зрения
- ПИНА - привычно-избыточное напряжение аккомодации
- ПЗО - переднезадняя ось глаза
- СА - слабость аккомодации
- САА - спазматическая аккомодационная астигматизация
- СЭ - сферозэквивалент
- ТС₁ - толщина склеры в проекции ресничной части цилиарного тела
- ТС₂ - толщина склеры на границе перехода плоской части цилиарного в хориоидею
- ЦТР - толщина роговицы в центральной оптической зоне
- СН - показатель корнеального гистерезиса
- Е₀ - коэффициент ригидности корнеосклеральной оболочки глаза
- ORA - анализатор глазного ответа
- Р_{0Е} - внутриглазное давление с учётом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза
- Р_{0 сс} - роговично-компенсированное внутриглазное давление
- Р₀ - внутриглазное давление по Гольдманну
- Rf - показатель клинической рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии
- δ - показатель напряжения склеры

Биографические данные

Труфанова Лариса Петровна, 1961 года рождения, в 1989 г. окончила Одесский государственный медицинский институт им. Н.И. Пирогова по специальности «Педиатрия».

В период с 1999 по 2001 год проходила обучение на рабочем месте по специальности «Офтальмология» на базе кафедры офтальмологии Волгоградской государственной медицинской академии. С 2001 г. по настоящее время работает врачом - офтальмологом Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. Занимается лечебной, а также научной деятельностью. Стаж работы по специальности 18 лет.

Автор 22 научных работ (из них 8 – в журналах, рецензируемых ВАК) и 2 патентов РФ на изобретение.