

На правах рукописи

Карапетян Анна Тиграновна

**ОСОБЕННОСТИ ГЛАЗНОГО КРОВОТОКА В УСЛОВИЯХ
РАЗЛИЧНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ**

14.01.07 – глазные болезни

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Научный руководитель:

академик РАН, доктор медицинских наук,

профессор

Аветисов Сергей Эдуардович

Официальные оппоненты:

Киселева Татьяна Николаевна, доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней имени Гельмгольца» Министерства здравоохранения РФ, начальник отдела ультразвуковых исследований

Юрова Ольга Валентиновна, доктор медицинских наук, профессор, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», главный научный сотрудник отдела медицинской реабилитации больных с заболеваниями центральной нервной системы

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения РФ.

Защита диссертации состоится 18 мая 2015г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 001.040.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней», по адресу 119021, г. Москва, ул. Россолимо, дом 11а.

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

Автореферат разослан «___» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор медицинских наук

М.Н. Иванов

Общая характеристика работы.

Актуальность исследования.

Миопия – оптический дефект, как правило, обусловленный увеличенными размерами переднезадней оси глаза. По данным литературы в развитии миопии могут иметь значение наследственный, аккомодационный, гидростатический, конвергентный, гемодинамический, гормональный, трофический факторы (Curtin В., 1885; Steiger А., 1913; Дашевский А.И., 1973; Винецкая М.И., 1982; Sato Т., 1986; Тарутта Е.П., 1997; Аветисов Э.С., 1999; Иомдина Е.П., 2000 и др.). Наиболее широкое распространение с учетом полноты доказательной базы получила трехфакторная теория происхождения близорукости, предложенная Э.С. Аветисовым.

Наличие нарушений гемодинамики при близорукости является неоспоримым фактом, доказанным многочисленными исследованиями. На основе различных диагностических технологий (доплерография, реофтальмография, офтальмоплетизмография, флюоресцентная ангиография глазного дна) выявлены, прогрессирующие по мере увеличения степени миопии, нарушения регионарной гемодинамики, которые указывают на выраженный дефицит кровоснабжения глазного яблока при миопии (Савицкая Н.Ф., 1971; Yoshihara М. 1978; Фетисов А.А., 1980; Михайлова Г.Д., 1984; Аветисов Э.С., 1999; Рыкун В.С., 2001). Эти нарушения проявляются уменьшением пульсового и минутного объема крови, снижением давления в центральной артерии сетчатки, морфологическими изменениями в сосудах хориоидеи и сетчатки. Следует отметить, что нарушения гемодинамики могут иметь место уже при миопии слабой степени и, возможно, именно ухудшение кровоснабжения глазного яблока приводит к снижению работоспособности цилиарной мышцы, которое может иметь значение в формировании миопической рефракции.

Таким образом, в мониторинге миопического процесса анализ изменений глазного кровотока наряду с «базисными» тестами следует рассматривать как неотъемлемую часть алгоритма комплексного офтальмологического обследования. В настоящее время многие из ранее используемых методов исследования гемодинамики глаза практически не применяют в клинической практике. В качестве одного из доступных для использования в клинической практике методов оценки гемодинамики глаза можно рассматривать флоуметрию – методику, которая одновременно обеспечивает возможность исследования внутриглазного давления и состояния пульсового глазного кровотока. Еще одно современное направление оценки гемодинамических показателей глазного яблока связано с применением, так называемого, пространственного комбинированного ультразвукового исследования, которое дает возможность прижизненно, в режиме реального времени получить картину состояния глазного кровотока. Оценку гемодинамики глаза с помощью дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов в настоящее время используют в процессе диагностики и мониторинга различных патологических процессов (Рыкун В.С., 2001; Харлап С.И., 2003; Киселева Т.Н., 2003; Козлова И.В., 2010).

Вопросы, связанные с выбором оптимальной силы оптической коррекции миопии, до настоящего времени являются предметом многочисленных дискуссий. Сторонники полной оптической коррекции миопии указывают на необходимость создания физиологических условий для работы зрительного анализатора (Волков В.В.,Страхов В.В. 2007, Гулидова Е.А.,2011). В то же время отмечено, что полная оптическая коррекция может оказывать негативное влияние на «работоспособность» цилиарной мышцы (Mandell R.B., 1959; Goss D.A., 1995; Лазук А.В., Иомдина Е.Н., 2004; Тарутта Е.П., Филинова О.Б., 2009). При этом независимо от «полноты» оптической силы коррекции миопии, как правило, для оценки эффективности того или иного подхода используют такие критерии, как уровень остроты

зрения, влияние на состояние аппарата аккомодации и зрительную утомляемость. Кроме этого, потенциальную эффективность метода и силы коррекции оценивают в различных группах пациентов, что усложняет стандартизацию исследований. Наконец, остается открытым вопрос возможного влияния «полноты» коррекции на гемодинамику миопического глаза.

Вышеизложенное послужило основанием для проведения данной работы, основной **целью** которой явилось изучение особенностей глазного кровотока при миопии в условиях оптической коррекции различной силы.

Для достижения указанной цели в ходе исследования решали следующие конкретные **задачи**.

1. Разработать алгоритм комплексной оценки глазного кровотока на основе современных методов (флоуметрии и дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов).
2. На основе разработанного алгоритма выявить возможную зависимость показателей глазного кровотока от степени миопии.
3. Проанализировать особенности глазного кровотока на фоне полной и неполной коррекции миопии различных степеней, в том числе в условиях зрительной нагрузки.
4. Изучить возможную взаимосвязь изменений глазного кровотока и аппарата аккомодации на основе методики аккомодометрии.

Научная новизна

1. Впервые на основе современных методов исследованы особенности глазного кровотока в условиях полной, неполной коррекции миопии, в том числе и зрительной нагрузки.
2. Разработана комплексная методика оценки глазного кровотока, включающая исследование пульсового объемного глазного кровотока,

объема импульса на основе флоуметрии и гемодинамических характеристик с помощью дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов.

3. Впервые при проведении исследований в соответствии с задачами работы был использован принцип стандартизации групп на основе последовательного проведения тестов в условиях неполной и полной коррекции миопии мягкими контактными линзами, в том числе до и после зрительной нагрузки.

4. Выявлены изменения показателей пульсового объемного глазного кровотока и гемодинамических показателей глазной артерии, центральной артерии сетчатки и задних коротких цилиарных артерий в зависимости от степени миопии и полноты коррекции.

5. Показано, что при полной коррекции миопии слабой и средней степеней происходит увеличение пульсового объемного глазного кровотока и объема импульса, а при миопии высокой степени указанные показатели остаются неизменными. Гемодинамические показатели, определяемые с помощью дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов, не зависят от полноты коррекции.

6. Зрительная нагрузка на близком расстоянии при миопии слабой и средней степеней независимо от полноты коррекции приводит к увеличению объемного глазного кровотока и снижению внутриглазного давления.

7. Выявленные изменения объемного глазного кровотока сопровождаются, в ряде случаев, снижением уровня высокочастотного компонента аккомодационных микрофлюктуаций.

Практическая значимость

В результате проведенных исследований разработан алгоритм оценки глазного кровотока на основе флоуметрии и дуплексного сканирования

экстраокулярных сосудов, который может быть использован в качестве одного из методов мониторинга миопического процесса.

Выявлены изменения показателей объемного кровотока в зависимости от оптической силы коррекции миопии, в частности величина пульсового глазного кровотока и объем импульса. Достоверное увеличение этих показателей при полной коррекции миопии слабой и средней степеней может быть использовано в качестве критерия выбора оптической силы коррекции.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки глазного кровотока на основе комплексного применения анализатора глазного кровотока (флоуметра) и режима пространственного ультразвукового сканирования в комбинации с цветовым доплеровским картированием;

2. Принцип стандартизации исследований за счет их последовательного проведения в идентичной группе пациентов.

3. Закономерности изменения показателей глазного кровотока:

- достоверно убывающий характер пульсового объемного глазного кровотока в зависимости от степени миопии,
- статистически значимое снижение объема импульса только при миопии средней и высокой степеней,
- ухудшение гемодинамических показателей в глазной артерии, центральной артерии сетчатки и задних коротких цилиарных артериях по мере увеличения степени миопии,
- увеличение пульсового объемного глазного кровотока и объема импульса при полной коррекции миопии слабой и средней степеней,
- увеличение глазного кровотока и снижение внутриглазного давления на фоне зрительной нагрузки на близком расстоянии при миопии слабой и средней степеней независимо от полноты коррекции.

4. Сочетание изменений глазного кровотока со снижением уровня высокочастотного компонента аккомодационных микрофлюктуаций по данным аккомодометрии.

Внедрение результатов работы в практику

Разработанный алгоритм оценки гемодинамических показателей при миопии внедрен в научно-клиническую практику ФГБНУ «НИИ глазных болезней».

Личный вклад соискателя в проведенное исследование

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в проведении всех исследований, апробации результатов, подготовке публикаций и докладов по теме работы. Вся обработка и интерпретация полученных данных выполнена лично автором.

Апробация работы

Материалы диссертации доложены на IX Всероссийской научно-практической конференции «Федоровские чтения» Москва, июнь 2011г; III международном осеннем рефракционном симпозиуме «МИОПИЯ: болезнь или нарушение рефракции?» Москва, октябрь 2012г, 1-ой межрегиональной конференции «Аккомодация. Проблемы и решения» Ярославль, апрель 2013г; заседании проблемной комиссии ФГБНУ «НИИ глазных болезней», февраль 2015 г..

Публикации

По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, из них 2 – в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых журналов, рекомендованных ВАК.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 107 страницах машинописного текста, состоит из введения, двух частей (содержащих 8 глав), заключения, выводов и списка

литературы. Библиографический указатель содержит 175 источников, из них 101 отечественных и 74 зарубежных. Диссертационная работа иллюстрирована 23 рисунками и содержит 11 таблиц.

Содержание работы.

Материал и методы исследования

Исследования были проведены в группе из 104-х пациентов, возраст которых колебался в диапазоне от 17 до 36 лет и в среднем составил $25,3 \pm 5,7$ лет. Для градации миопической рефракции использовали предложенную Э.С.Аветисовым клиническую классификацию. 88 пациентов с двухсторонней миопией были разделены на 3 группы: в 1-ю – вошли 30 пациентов (60 глаз) с миопией слабой степени, во 2-ю – 31 пациент (62 глаза) с миопией средней степени, в 3-ю – 27 пациентов (54 глаза) с миопией высокой степени. В 4-ю группу (сравнения) были включены 16 пациентов (32 глаза) с эметропической рефракцией. Величина ПЗО при миопии слабой, средней и высокой степени колебалась в диапазоне $23,1 \div 25,2$; $23,0 \div 26,0$ и $25,1 \div 27,2$ мм соответственно (при эметропии $22,4 \div 24,2$ мм).

К критериям исключения из сформированных групп были отнесены астигматизм более 0,75 дптр, анизометропия более 1,5 дптр, амблиопия, а также любые сопутствующие глазные заболевания.

Обследование пациентов включало стандартные традиционные методы исследования (авторефрактометрия, визометрия без коррекции и с оптической коррекцией, с использованием дуохромного теста, с целью устранения возможных ошибок, связанных с гипо- или гиперкоррекцией, биомикроскопия, пробы Норна и Ширмера, обратная офтальмоскопия, ультразвуковая биометрия с оценкой аксиального размера глазного яблока). А так же, в соответствии с основными задачами работы специальные методы

исследования гемодинамики и аккомодации (флоуметрия, дуплексное сканирование экстраокулярных сосудов и аккомодометрию соответственно).

Исследование аккомодации проводили на приборе Rington Speed-K с программным обеспечением MF-1 (Япония). Прибор одновременно является авторефрактометром и аккомодометром, что позволяет графически регистрировать изменения рефракции во время исследования при предъявлении зрительного стимула. Исследование проводили в условиях коррекции для дали, в качестве критериев состояния аккомодационного аппарата использовали коэффициент микрофлюктуаций.

При полной коррекции миопии с помощью МКЛ добивались максимальной остроты зрения по оптотипам со 100 % контрастностью, используя данные авторефрактометрии, силовые пробы с пробными линзами и дуохромный тест. При неполной коррекции оптическую силу МКЛ ослабляли (как правило, на 0,5 – 1,0 дптр), ориентируясь на уровень остроты зрения в пределах 0,7 – 0,8. В качестве теста зрительной нагрузки в настоящей работе применяли чтение пациентом текста с размером шрифта №6 по таблице для проверки зрения вблизи на расстоянии 40см от лица в течение 30 мин.

Схематически дизайн настоящего исследования выглядит следующим образом:

- - формирование групп с отбором пациентов с миопией различной степени, в течение длительного времени использующих для коррекции МКЛ и неполную коррекцию миопии,
- - проведение комплекса обследований (включая обследование после зрительной нагрузки вблизи),
- - замена МКЛ с переходом с неполной на полную оптическую коррекцию миопии,

- - повторное проведение комплекса обследований (включая обследование после зрительной нагрузки вблизи) через 4 - 6 месяцев.

Применение указанного дизайна в известной степени уменьшало возможное влияние на результаты исследований погрешностей, связанных с индивидуальностью функциональных показателей и пониманием пациентами сущности тестов.

Статистическую обработку результатов проводили в пакете программ Statistica 10.0, с занесением полученных результатов в базу данных Microsoft Excel. Результаты обработки данных были представлены в виде таблиц с описательными статистиками: выборочное среднее, стандартное отклонение, медиана, нижний и верхний квартиль. Поскольку большинство данных не являлись нормально распределенными (согласно критерию Шапиро-Уилка), то для сравнения их по группам использовали непараметрические критерии, такие как критерий Манна-Уитни для сравнения двух независимых непараметрических выборок, парный критерий Уилкоксона для сравнения двух зависимых выборок. Отличия в группах считали значимыми, если p -уровень значимости был меньше 0.05 (5%).

Все оборудование, использованное для проведения исследований в данной работе, сертифицировано и разрешено для клинического применения на территории Российской Федерации.

Результаты исследований.

Особенности глазного кровотока при миопии различной степени.

Согласно поставленным в работе задачам была разработана методика оценки глазного кровотока, предполагающая комплексное применение современных методов – флоуметрии и дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов.

Для проведения флоуметрии использовали анализатор глазного кровотока (Dicon®Diagnostics Paradigm Blood Flow Analyzer, Medical Industries Inc., USA), с помощью которого определяли ряд показателей, в частности, внутриглазное давление в мм рт.ст., объем импульса в микролитрах (мкл) и пульсовой глазной кровотоков в микролитрах в секунду (мкл/сек).

Дуплексное сканирование экстраокулярных сосудов осуществляли с помощью многофункциональной установки Voluson EB Expert (GT Healthre, США). Оценка состояния кровотока в сосудах глазного яблока осуществляли в В-режиме серой шкалы в комбинации с цветовым доплеровским картированием (ЦДК). Ультразвуковое исследование проводили в положении пациента лежа на спине транспальпебрально через гелевую "подушку" многочастотным объемным датчиком 5-12 МГц и линейным датчиком 10-16 МГц. Глубина сканирования составляла 3,5-4 см.

Регистрировали цветовые картограммы потока крови в глазной артерии, центральной артерии сетчатки, латеральных и медиальных задних коротких цилиарных артериях. При оценке доплеровских характеристик потока крови в артериях обращали внимание на форму пульсовой волны и определяли следующие показатели кровотока: V_{syst} - пиковая систолическая скорость (см/сек); V_{diast} - конечная диастолическая (см/сек); V_{med} - усредненная линейная скорость кровотока (скоростной интеграл под кривой, огибающей спектр кровотока) (см/сек), RI (Resistivity Index, индекс Пурсело) – индекс резистентности; PI (Pulsatility Index, индекс Гослинга) – пульсаторный индекс.

Данные флоуметрии, полученные при обследовании пациентов с миопией различной степени и, как следствие, с различной величиной переднезадней оси, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Средние показатели флоуметрии ($\bar{m} \pm \sigma$) при различной клинической рефракции.

Рефракция	ВГД (мм рт. ст.)	Объем импульса (мкл)	Пульсовой глазной кровотока (мкл/сек)	ПЗО (мм)
Эмметропия	13,44±2,82	9,79±2,13	23,97±3,51	22,4÷24,2
Миопия слабой степени	13,61±2,46	8,06±1,65	19,17±3,22*	23,1÷25,7
Миопия средней степени	15,97±2,84**	5,9±1,68*	14,41±3,87**	23,0÷26,0
Миопия высокой степени	15,98±2,67**	5,19±1,11**	13,15±2,28**	25,1÷27,2

*p<0,01, **p<0,001

При миопии во всех трех группах относительно группы сравнения показатели пульсового глазного кровотока носили строго убывающий, статистически значимый характер – на 4,8 (20%); 9,56 (39,9%) и 10,82 (45%) мкл/сек при миопии слабой, средней и высокой степеней соответственно.

Величины объема импульса по данным флоуметрии также носили убывающий характер по мере увеличения степени миопии (9,79±2,13; 8,06±1,65; 5,9±1,68 и 5,19±1,11 мкл при эмметропии, миопии слабой, средней и высокой степени соответственно). Статистически значимыми оказались изменения при миопии средней и высокой степеней ($p \leq 0,001$). Одновременно со снижением показателей пульсового глазного кровотока и объема импульса выявлена тенденция к повышению внутриглазного давления при миопии средней и высокой степеней (в среднем на 2,53 и 2,54 мм рт. ст. соответственно), которое носило статистически значимый характер ($p < 0,001$).

На следующем этапе были изучены динамические характеристики кровотока в экстраокулярных сосудах (глазной артерии, центральной артерии сетчатки и задних коротких цилиарных артериях). Таблицы 2-4.

Таблица 2.

**Средние величины показателей гемодинамики в глазной артерии ($\bar{m} \pm \sigma$)
при различной клинической рефракции по данным дуплексного
сканирования экстраокулярных сосудов**

Показатели	Эмметропия	Миопия слабой степени	Миопия средней степени	Миопия высокой степени
Vsyst (см/сек)	36,42±5,01	35,61±7,8	31.16±6,9*	32.45±6.56*
Vdiast (см/сек)	10.63±3.08	9.88±4,1	7.33±2,74*	6.1±2.24*
Vmed (см/сек)	14.69±4.1	14.86±3,1	13.4±3,6	13,8±4.54
RI	0.71±0.072	0.73±0,09	0.79±0,06*	0.8±0.068*
PI	1.75±0.44	1.73±0,3	1.78±0,29	1.92±0.42*

*p<0,05

Признаки дефицита кровотока в глазной артерии имели место при миопии средней и высокой степени и проявлялись в достоверном повышении индекса резистентности и пульсаторного индекса и снижении линейной скорости кровотока по сравнению с эмметропией. При этом пиковая систолическая скорость в глазной артерии при миопии средней степени снижена в среднем на 14 %, при миопии высокой степени – на 11%, а конечная диастолическая – на 31 и 42% соответственно. Уменьшение скоростного интеграла при миопии средней и высокой степени выражено в меньшей степени и в среднем составляет 9 и 6% соответственно ($p \geq 0,05$).

Кроме этого в указанных группах выявлено статистически значимое повышение индекса резистентности (в среднем на 11% и 14% соответственно) и пульсаторного индекса при миопии высокой степени (в среднем на 10 %). При миопии слабой степени статистически значимых изменений отмечено не было.

Таблица 3.

Средние величины показателей гемодинамики в центральной артерии сетчатки ($\bar{m} \pm \sigma$) при различной клинической рефракции по данным дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов

Показатели	Эмметропия	Миопия слабой степени	Миопия средней степени	Миопия высокой степени
Vsyst (см/сек)	12.1±2.2	12.3±2.23	11.8±2.3	11.2±2.27*
Vdiast (см/сек)	4.2±1.29	3.41±1.5	3.1±1.33*	2.3±1.6*
Vmed см/сек	6.1±1.9	6.3±1.6	6.01±1.8	5.2±2.4*
RI	0.67±0.06	0.72±0.08	0.74±0.09*	0.8±0.07*
PI	1.3±0.34	1.41±0.37	1.44±0.3	1.71±0.39*

*p<0,05

Полученные данные указывают на признаки дефицита кровотока в центральной артерии сетчатки, нарастающие по мере увеличения степени миопии. Так, среднее снижение линейной скорости кровотока (в частности, Vsyst) при миопии высокой степени составляет 7%, а Vdiast на 19%, 26% и 45% при миопии слабой, средней и высокой степени соответственно. На признаки увеличения периферического сопротивления в центральной артерии сетчатки указывает и среднее повышение индекса резистентности и пульсаторного индекса при миопии слабой, средней и высокой степени соответственно на 7%, 10% и 19 %; 8%, 11% и 32%.

При миопии слабой степени в центральной артерии сетчатки, также как в глазной артерии статистически значимых изменений гемодинамических показателей выявлено не было.

Признаки дефицита кровотока при миопии также присутствовали и в задних коротких цилиарных артериях и проявлялись значительным снижением линейной диастолической скорости (в среднем на 43 и 60% при миопии

средней и высокой степени соответственно), повышением индекса резистентности (в среднем на 25 и 33% соответственно) и пульсаторного индекса (на 34 и 41% соответственно). При миопии высокой степени также выявлено существенное снижение V_{syst} и V_{med} (в среднем на 25 и 30% соответственно).

Таблица 4.

Средние величины показателей гемодинамики в задних коротких цилиарных артериях ($\bar{m} \pm \sigma$) при различной клинической рефракции по данным дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов

Показатели	Эмметропия	Миопия слабой степени	Миопия средней степени	Миопия высокой степени
V_{syst} (см/сек)	13,45±1,51	13,3±3,04	12,07±2,53	10,05±2,48*
V_{diast} (см/сек)	5,35±1,05	4,65±2,1	3,01±1,74*	2,1±1,06*
V_{med} (см/сек)	7,2±1,31	6,72±1,66	6,02±1,49	5,03±1,57*
RI	0,6±0,06	0,65±0,05	0,75±0,06*	0,8±0,06*
PI	1,12±0,23	1,28±0,27	1,5±0,31*	1,58±0,37*

* $p < 0,05$

Таким образом, полученные в данном разделе работы, результаты указывают на возрастающий, по мере увеличения степени миопии, дефицит кровоснабжения, который проявляется снижением показателей пульсового глазного кровотока, объема импульса, повышением периферического сопротивления в экстраокулярных сосудах и снижением линейной скорости в тех же сосудах. Факторы, создающие препятствие току крови при миопии могут быть различны, но основным из них, по всей видимости, является увеличение переднезаднего размера глазного яблока, которая существенно меняется при миопии средней и высокой степеней, что коррелирует с указанными выше изменениями кровотока.

Особенности глазного кровотока в условиях полной и неполной коррекции миопии.

В таблице 4 представлены результаты исследования объемных показателей кровотока глаза и изменений внутриглазного давления с помощью флоуметрии на фоне оптической коррекции миопии различной силы.

Таблица 4.

Средние показатели флоуметрии ($\bar{m} \pm \sigma$) при различной оптической силе коррекции миопии для дали.

Степень миопии	ВГД(мм рт. ст.)		Пульсовой глазной кровотока (мкл/сек)		Объем импульса (мкл)	
	неполная коррекция	полная коррекция	неполная коррекция	полная коррекция	неполная коррекция	полная коррекция
слабая	15,04±2,43	13,47±2,56**	16,78±2,68	19,97±2,33**	6,61±0,84	8,56±1,32**
средняя	17,52±2,67	16,06±2,68**	13,74±4,46	14,21±3,0	5,26±1,61	5,97±1,4*
высокая	17,13±2,58	16,65±1,78	12,9±2,2	12,75±1,86	5,02±1,22	5,07±1,13

*p< 0,05; **p<0,001.

При полной оптической коррекции миопии по сравнению с неполной выявлена тенденция к увеличению пульсового глазного кровотока (на 3,19 мкл/сек при миопии слабой и 0,47 мкл/сек при миопии средней степени), увеличению объема импульса (на 1,95мкл при миопии слабой и 0,71мкл при миопии средней степени), а также снижению ВГД (на 1,57мм рт.ст. при миопии слабой и 1,46мм рт.ст. при миопии средней степени). При миопии высокой степени сила оптической коррекции существенно не влияла на указанные показатели.

Динамические характеристики кровотока в глазной артерии, центральной артерии сетчатки и задних коротких цилиарных артериях, определяемые с помощью дуплексного сканирования, практически не зависели от полноты оптической коррекции миопии.

Изменения глазного кровотока и аккомодации при миопии в условиях зрительной нагрузки.

В данном разделе работы изучена возможная функциональная взаимосвязь аккомодационного аппарата и гемодинамики при различной силе оптической коррекции и зрительной нагрузке. Учитывая полученные данные, скоростные показатели кровотока и индексы периферического сопротивления для оценки изменений гемодинамики при решении задач настоящего раздела работы не исследовали.

Таблица 5.

Средние показатели флоуметрии ($\bar{m} \pm \sigma$) при эметропии и различной силе оптической коррекции миопии для дали до (I) и после (II) зрительной нагрузки

Рефракция	ВГД (мм рт.ст.)				Объем импульса (мкл)				Пульсирующий кровоток (мкл/сек)			
	неполная коррекция		полная коррекция		неполная коррекция		полная коррекция		неполная коррекция		полная коррекция	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Эметропия			14,3 1±2, 8	12,57 ±2,61 ***			9,14 ±2,1 9	10,45 ±1,89 ***			23,3 3±3, 18	24,61 ±3,75 ***
Миопия слабой степени	15,0 4±2, 43	14,05± 2,0	13,4 7±2, 56	11,89 ±1,83 **	6,61 ±0,8 4	7,66±1. 67***	8,56 ±1,3 2	9,44± 1,19*	16,78 ±2,68	18,46 ±3,73 **	19,9 7±2, 33	21,48 ±1,96 *
Миопия средней степени	17,5 2±2, 67	15,71± 2,84** *	16,0 6±2, 68	14,62 ±2,5* **	5,26 ±1,6 1	5,73±1, 92*	5,97 ±1,4	6,65± 1,54* **	13,74 ±4,46	14,26 ±4,72	14,2 1±3, 0	15,45 ±2,9
Миопия высокой степени	17,1 3±2, 58	15,54± 3,52** *	16,6 5±1, 78	14,6± 1,79* **	5,02 ±1,2 2	5,45±1, 17	5,07 ±1,1 3	5,21± 0,89	12,9± 2,2	14,07 ±2,86 *	12,7 5±1, 86	12,91 ±1,94

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

В таблице 5 представлены результаты исследований влияния зрительной нагрузки на показатели объемного глазного кровотока при миопии различной степени и эметропии.

При эметропической рефракции аккомодационная нагрузка на близком расстоянии в среднем приводит к статистически значимому увеличению пульсового глазного кровотока (на 1,28 мкл/сек; $p < 0,01$), объема импульса (на 1,3 мкл; $p < 0,001$) и снижению уровня внутриглазного давления (на 1,74 мм рт.ст; $p < 0,001$). При миопии различных степеней и зрительной нагрузке на близком расстоянии указанные тенденции сохраняются, однако имеется зависимость от полноты оптической коррекции для дали.

Так, при миопии слабой степени увеличение пульсового глазного кровотока и объема импульса в условиях зрительной нагрузки как при неполной (в среднем на 1,62 мкл/сек и 1,05 мкл соответственно), так и при полной коррекции (в среднем на 1,51 мкл/сек и 0,88 мкл соответственно) были статистически значимы ($p < 0,01$). При этом отмечено снижение внутриглазного давления независимо от полноты коррекции, однако статистически значимым ($p < 0,01$) это снижение было только при полной оптической коррекции миопии (в среднем на 1.58 мм рт.ст.).

При миопии средней степени и зрительной нагрузке вблизи отмечено увеличение пульсового кровотока (на 0,52 мкл/сек при неполной и на 1,24 мкл/сек при полной оптической коррекции для дали), которое, однако, не было статистически значимым ($p \geq 0,05$). При этом изменения объема импульса (увеличение на 0.47 мкл при неполной и на 0,68 мкл при полной коррекции, $p < 0,05$ и $p < 0,001$ соответственно) и ВГД (снижение на 1,81 мм.рт.ст при неполной и на 1,44 мм.рт.ст при полной коррекции, $p < 0,001$) имели статистически значимый характер.

При миопии высокой степени зрительная нагрузка вблизи сопровождалась достоверным ($p < 0,05$) снижением ВГД при неполной и полной оптической

коррекции на 1,59мм.рт.ст и 2мм.рт.ст соответственно. Однако, увеличение пульсового глазного кровотока, статистически значимо при неполной оптической коррекции (на 1,17 мкл/сек, $p < 0,05$), при полной коррекции было незначительным и носило недостоверный характер. Изменения объема импульса были статистически незначимы независимо от полноты оптической коррекции миопии для дали.

В таблице 6 представлены средние значения коэффициента микрофлюктуаций до и после зрительной нагрузки вблизи при полной и неполной коррекции миопии для дали и эметропии. При сравнении показателей аккомодограмм, полученных при эметропии и миопии, в последнем случае выявлено ожидаемое (хотя и выраженное в различной степени) увеличение коэффициента микрофлюктуаций.

При миопии слабой степени отмечено достоверное снижение коэффициента микрофлюктуаций (в среднем на 7,6 ед., $p \leq 0,05$) при полной оптической коррекции по сравнению с неполной. При этом отмечено более стабильное состояние аккомодационного аппарата при полной коррекции и зрительной нагрузке, на которое указывает меньший «разброс» показателей коэффициента микрофлюктуаций (54,2 и 55,2 ед. до и после зрительной нагрузки соответственно). Увеличение этого «разброса» при неполной коррекции после зрительной нагрузки (в среднем с 62,8 до 68,4 ед.) косвенно указывает на существенное напряжение аккомодационной мышцы.

При миопии средней степени достоверное снижение ($p \leq 0,05$) коэффициента микрофлюктуаций при полной оптической коррекции по сравнению с неполной на 10,1 ед., свидетельствует об уменьшении напряжения аккомодационной мышцы. Зрительная нагрузка приводит к увеличению коэффициента микрофлюктуаций, что указывает на функциональную нестабильность аккомодационной мышцы при работе на близком расстоянии. Такие изменения после зрительной нагрузки отмечены,

как при полной, так и при неполной оптической коррекции, но в большей степени были выражены при неполной коррекции.

При миопии высокой степени коэффициент микрофлюктуаций изменялся незначительно. Повышение указанного показателя при полной оптической коррекции в условиях зрительной нагрузки на близком расстоянии (в среднем 8 ед.) косвенно указывает на функциональную нестабильность аккомодационного аппарата в этих условиях. Следует отметить, что при неполной коррекции зрительная нагрузка не вызывала значительных колебаний коэффициента микрофлюктуаций.

Таким образом, увеличение степени миопии ожидаемо приводит к ухудшению как объемных, так и линейных гемодинамических показателей глазного кровотока. Выявлена тенденция увеличения объемных показателей кровотока и улучшения данных аккомодометрии при полной коррекции миопии слабой и средней степеней. Выявленные закономерности могут быть использованы в качестве одного из критериев адекватного подбора оптической силы коррекции.

Таблица 6.

Средние значения ($\bar{m} \pm \hat{\sigma}$) коэффициента микрофлюктуаций (КМФ) при эмметропии и различной силе оптической коррекции миопии для дали до (I) и после (II) зрительной нагрузки (* $p \leq 0.05$)

Рефракция	КМФ			
	неполная коррекция		полная коррекция	
	I	II	I	II
Эмметропия			51.4±1.3	52±1.4
Миопия слабой степени	62.8±3.1	68.4±2.8*	54.2±2.0*	55.2±2.4
Миопия средней степени	64.1±1.6	69±2.8	54.2±1.9*	56.3±2.1
Миопия высокой степени	61.9±1.2	60.8±2.4	62.1±2.6	68.8±3.7

ВЫВОДЫ

1. Впервые на достаточном клиническом материале (104 пациента с миопией различной степени и эметропией, 208 глаз) на основе современных методов исследованы особенности глазного кровотока в условиях полной и неполной коррекции миопии, в том числе и зрительной нагрузки.
2. Разработанный алгоритм последовательного проведения флоуметрии с регистрацией пульсового глазного кровотока, объема импульса и дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов с измерением их гемодинамических характеристик в условиях полной и неполной коррекции, в том числе и после зрительной нагрузки, позволяет провести комплексную оценку глазного кровотока у пациентов с миопией и может быть использован в качестве одного из методов мониторинга миопического процесса.
3. Показатели пульсового глазного кровотока носили достоверно убывающий характер в зависимости от степени миопии (на 20%, 39%, 45% при миопии слабой, средней и высокой степени соответственно по сравнению с данными, полученными при эметропии). При этом объем импульса статистически значимо снижался только в группах с миопией средней и высокой степеней на 40% и 47% соответственно. В этих же группах изменения кровотока сопровождалось статистически значимым повышением внутриглазного давления в среднем на 2,5 мм рт ст.
4. На основании результатов дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов подтверждено наличие дефицита кровотока в ЦАС, ЗКЦА и ГА у пациентов с миопией в зависимости от ее степени. Это выражается в повышении индексов периферического сопротивления (RI и PI) и снижении конечной диастолической скорости в указанных сосудах. Так, наиболее выраженные изменения показателей периферического сопротивления отмечены в ЗКЦА при миопии средней (повышение RI на 25% и PI на 34%) и высокой (повышение RI на 33% и PI на 41%) степеней.

Снижение конечной диастолической скорости, в ЗКЦА также были статистически значимы при миопии средней (на 43%) и высокой (на 60%) степеней.

В ГА и ЦАС наиболее выраженные отклонения были отмечены при миопии высокой степени. В частности, при миопии высокой степени в ГА индексы периферического сопротивления повышались на 14% - RI и на 10% - PI, в ЦАС на 19% - RI и на 32% - PI. В ГА и ЦАС наиболее значимыми оказались изменения конечной диастолической скорости. Дефицит его составил в ГА - 31% при миопии средней степени и 42% при миопии высокой степени, а в ЦАС - 26% и 45% соответственно.

5. При полной коррекции миопии слабой и средней степеней выявлено увеличение пульсового глазного кровотока (на 3,19 мкл/сек и 0,47 мкл/сек соответственно) и объема импульса (на 1,95мкл и 0,71мкл соответственно) по отношению к неполной коррекции. При миопии высокой степени указанные показатели оставались неизменными. Гемодинамические показатели, определяемые с помощью дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов, не зависели от полноты коррекции.

6. Зрительная нагрузка на близком расстоянии при миопии слабой и средней степеней независимо от полноты коррекции сопровождалась увеличением глазного кровотока и снижением внутриглазного давления.

7. По данным аккомодометрии изменения глазного кровотока на фоне зрительной нагрузки сопровождались снижением уровня высокочастотного компонента аккомодационных микрофлюктуаций.

Практические рекомендации. Разработанный алгоритм оценки состояния глазного кровотока на основе флоуметрии и дуплексного сканирования экстраокулярных сосудов может быть использован в качестве одного из методов мониторинга миопического процесса (например, при высокой осложненной миопии).

При прогрессировании миопического процесса следует учитывать возможное ухудшение гемодинамических показателей в глазной артерии, центральной артерии сетчатки и задних коротких цилиарных артериях.

Уровень оптической силы коррекции миопии (полная или неполная) оказывает влияние на показатели объемного кровотока, в частности на величину пульсового глазного кровотока и объема импульса. Достоверное увеличение указанных показателей при полной коррекции миопии слабой и средней степеней может быть использовано в качестве критерия выбора оптической силы коррекции.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Н. В. Бородина, А. Т. Карапетян Анатомо-функциональные показатели глаза и развитие миопии // **Вестник офтальмологии.** - 2012. - №6. – С. 65-68.
2. С.Э. Аветисов, **А.Т. Карапетян**, Н.В. Шапошникова, А.А. Татевосян Изменения гемодинамических показателей глаза в условиях зрительной нагрузки при миопии // Офтальмология. Восточная Европа. - 2012. - №4(15). – С. 69 - 73.
3. **А.Т. Карапетян**, Н.В. Шапошникова, А.Г. Маркосян, А.А. Татевосян Изменения гемодинамических показателей глаза и ВГД в условиях зрительной нагрузки при миопии // XI Всероссийская школа офтальмологов. Сборник научных трудов. – Москва, 2012. – С. 165-169.
4. **А.Т. Карапетян**, О.А. Шмелева-Демир, Э.Э. Казарян, Н.С. Галоян, А.А. Татевосян Сравнительный анализ данных флоуметрии при миопии различной степени // XII Всероссийская школа офтальмологов. Сборник научных трудов. – Москва, 2013. – С. 357-359
5. В. Р. Мамиконян, О. А. Шмелева-Демир, С. И. Харлап, Д. В. Анджелова, Э. Э. Казарян, Н. В. Макашова, Н. С. Галоян, Ю. В. Мазурова, А. А. Татевосян, А. Т. Карапетян. Изменения гемодинамики глаза при миопии различной степени // **Вестник офтальмологии.** - 2013. - №6. – С. 24-27.

Список сокращений

ВГД - внутриглазное давление

ГА – глазная артерия

ЗКЦА – задние короткие цилиарные артерии

КМФ – коэффициент микрофлюктуаций

ПЗО – переднезадняя ось

ЦАС – центральная артерия сетчатки

V_{syst} - пиковая систолическая скорость (см/сек)

V_{diast} - конечная диастолическая (см/сек)

V_{med}-усредненная линейная скорость кровотока

RI (Resistivity Index, индекс Пурсело) – индекс резистентности

PI (Pulsatility Index, индекс Гослинга) – пульсаторный индекс.