

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
«МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА» ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.Н. ФЕДОРОВА»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

**ХЗАРДЖАН ЮЛИЯ ЮРЬЕВНА**  
ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ ИАГ-ЛАЗЕРНЫЙ ВИТРЕОЛИЗИС С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТООПТИЧЕСКОГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО  
МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОМУТНЕНИЙ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА

3.1.5 - офтальмология

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
профессор, доктор медицинских наук  
Фокин Виктор Петрович

Москва – 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
1.1. Методы визуализации плавающих помутнений стекловидного тела и оценки качества зрения .....	13
1.2. Микропериметрия в оценке помутнений стекловидного тела .....	16
1.3. Методы лечения плавающих помутнений стекловидного тела .....	17
1.3.1. Консервативное лечение.....	17
1.3.2. Фармакологический витреолизис .....	18
1.3.3. Витрэктомия .....	18
1.3.4. ИАГ-лазерный витреолизис .....	21
1.4. Ультразвуковая биомикроскопия глаза .....	29
1.5. Исследование слёзной жидкости на интерлейкины.....	30
1.6. Денситометрия хрусталика.....	31
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	32
2.1. Характеристика групп обследованных пациентов.....	32
2.2. Клинические методы исследования .....	35
2.3. Стандартная методика выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса.....	42
2.4. Методы статистической обработки полученных результатов.....	43
ГЛАВА 3. ФОТООПТИЧЕСКИЙ И АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ В ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ИАГ-ЛАЗЕРНОГО ВИТРЕОЛИЗИСА ПОМУТНЕНИЙ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА.....	45
3.1. Разработка объективного способа визуализации помутнений стекловидного тела на основе анализа изображений лазерного сканирующего офтальмоскопа.....	45
3.2. Разработка акустического метода при обследовании пациентов с помутнениями стекловидного тела .....	54

3.3. Разработка хирургического этапа ИАГ-лазерного витреолизиса на основе подбора энергии лазерного импульса по данным ультразвукового исследования стекловидного тела .....	57
<b>ГЛАВА 4. АНАЛИЗ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИАГ-ЛАЗЕРНОГО ВИТРЕОЛИЗИСА.....</b>	<b>63</b>
4.1. Анализ клиничко-функциональных результатов до и после стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы.....	63
4.2. Анализ клиничко-функциональных результатов до и после оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы.....	74
4.3. Сравнительный анализ клиничко-функциональных результатов применения разработанной оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.....	84
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>105</b>
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>123</b>
Практические рекомендации .....	125
Список сокращений.....	126
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>127</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Помутнения стекловидного тела, которые возникают с возрастом являются следствием нарушения структуры стекловидного тела из-за процессов его деструкции, разжижения и сморщивания (синхазис и синерезис) и являются на сегодняшний день актуальной проблемой офтальмологии, определяющей качество жизни пациентов. По данным литературы около 76% людей имеют плавающие «мушки» перед глазами, а 33% связывают с ними снижение зрения (Webb V.F. et al., 2013).

Помутнения стекловидного тела – одно из проявлений деструкции стекловидного тела с формированием уплотнений, экранирующих свет, отбрасывающих тень на сетчатку, и, как следствие, снижающих не только качество зрения пациентов, но и качество их жизни в целом (Голощапова А.К., 2017; Webb V. F., 2013; Milston R., 2016; Kim Y. K. et al., 2017).

Деструкция стекловидного тела является весьма распространённой глазной патологией, при которой фибриллы стекловидного тела подвергаются разрушению, в следствие которого возможна отслойка сетчатки (Snead M. P. et al., 2002).

Разработка новых методов диагностики и лечения помутнений стекловидного тела требует современного подхода, прежде всего, к их визуализации на основе углубленного знания анатомии и физиологии органа зрения, а также совершенствования представлений об этиологии и патогенезе деструкции стекловидного тела (Кислицына Н.М. с соавт., 2018; Foos R.Y., 1977; Sebag J., 1992; Worst J., Los L.I., 1995; Reardon A.J. et al., 2000; Lumi X. et al., 2015).

Одним из эффективных методов диагностики структурных нарушений стекловидного тела является ультразвуковое исследование (УЗИ). Оно позволяет с высокой точностью определить расположение, объём и плотность помутнений (Mamou J., 2015), безопасное расстояние от помутнения до

сетчатки и хрусталика (по данным ряда авторов оно составляет 3 мм и более) Tsai W. F., 1993; Karickhoff J. R., 2005). Однако, отсутствие международного стандарта в протоколе описания плавающих помутнений стекловидного тела (ППСТ), ограничивает их количественную и качественные характеристики.

Среди наиболее точных и информативных методов визуализации плавающих помутнений стекловидного тела выделяют сканирующую лазерную офтальмоскопию (СЛО) и оптическую когерентную томографию (ОКТ) сетчатки. СЛО даёт информацию о локализации, площади и интенсивности теней, возникающих на сетчатке из-за ППСТ. ОКТ позволяет качественно и количественно оценить помутнения стекловидного тела, расположенные вблизи сетчатки за счет артефактной тени, падающей на сетчатку. В 2013 году Schwartz S. G ввел термин «floater scotoma», то есть скотомы от плавающих помутнений (Schwartz S. G., Milston R., Sebag J., Huang L.C., Yee K., Wa C.A., Nguyen J.N., Sadun A.A., Sebag J.).

Шаимова В.А (2019) разработала метод количественной оценки площади артефактной тени плавающих помутнений стекловидного тела, проявляющейся на ОКТ-ангиограммах в виде ложной зоны неперфузии [68].

Одним из современных и наиболее информативных методов определения функциональных резервов сетчатки является микропериметрия (Лисочкина А. Б., 2019; Sabates N.R., 2015). В отличие от классической статической периметрии и визиометрии микропериметрия позволяет более точно локализовать центральные дефекты поля зрения.

В связи с тем, что операция витрэктомия зачастую сопровождается большим количеством послеоперационных осложнений, ИАГ-лазерный витреолизис рассматривается как альтернативный метод лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела (Ivanova T., 2016; Shah C. P., 2017; Little H. L., 1986). Основными преимуществами данного метода являются малоинвазивный характер процедуры, невысокий процент осложнений, отсутствие ограничений в послеоперационном периоде, а также экономическая целесообразность (Karickhoff J. R., 2005; Шаимова В. А., 2018;

Shah С. Р., 2017). По мнению многих авторов, ИАГ-лазерный витреолизис является наиболее эффективной методикой лечения помутнений стекловидного тела (Дога А.В., 2017; Борискина Л.Н., 2018; Шаимова В. с соавт., 2018; Нормаев Б.А. с соавт., 2018; Fankhauser F. et al., 1985; Noristani R. et al., 2016; Kokavec J. et al., 2017; Hahn P. et al., 2017; Brasse K., 2019; Singh I. Р., 2018).

Большинство авторов отмечает высокую эффективность и безопасность данного метода. Янилкина Ю.Е. с соавторами использовали тиндалеметрию для оценки воспалительной реакции на витреолизис. Результаты показали минимально выраженное изменение прозрачности, а следовательно, подтвердили безопасность процедуры ИАГ-лазерного витреолизиса. (Янилкина Ю.Е. с соавт., 2020; O'Day R. et al., 2018).

С помощью ОКТ-ангиографии оценивают площадь артефактной тени плавающих помутнений стекловидного тела, что позволяет провести количественную оценку плавающих помутнений стекловидного тела и более точно оценить эффективность ИАГ-лазерного витреолизиса, а также уточнить показания к данной операции (Шаимова В.А., 2019).

Б.А. Нормаев с соавторами (2019) при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела методом ИАГ-лазерного витреолизиса отметил достоверное повышение контрастной чувствительности и снижение уровня жалоб пациентов по сравнению с контрольной группой, не получавшей указанного лечения.

Осложнения при лазерном витреолизисе возникают достаточно редко. Основными из них являются: травматическая катаракта, которая встречается в 0,05-8,5 % случаев (Коо Е.Н., 2017; Sun I.T., 2017; Noristani R., 2016); ретинальный разрыв с отслойкой сетчатки – в 1,7 % (Little H.L., 1986; Noristani R., 2016); кровоизлияние в сетчатку – в 6,8 % (Little H. L., 1986). Кроме того, при лечении плавающих помутнений стекловидного тела методом витреолизиса у некоторых пациентов возникала реактивная глазная гипертензия (Cowan L.A., 2015; Hahn P., 2017). Многие авторы отмечают, что

ятрогенные осложнения ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела присущи начальному этапу освоения данной технологии (Baillif S., 2011; Brasse K., 2016; Huang K.H., 2018; Karickhoff J.R., 2005; Koo E.H., 2017; Menapace R., 2018; Noristani R., 2016; O'Day R., 2018; Singh I. P., 2018).

Однако отсутствуют методы, позволяющие дать количественную характеристику помутнениям стекловидного тела до и после выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса, в частности, основанные на фоторегистрации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнений и степени их выраженности.

Недостаточно изучена возможность комплексного анализа результатов исследования помутнений стекловидного тела для персонализированного лечения пациентов, основанного на индивидуальном подборе энергии лазерного импульса с учетом акустической плотности помутнений с целью повышения эффективности и безопасности выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса.

Всё вышеизложенное позволило сформулировать цель и задачи настоящего исследования.

### **Цель работы**

Разработать оптимизированную технологию ИАГ-лазерного витреолизиса с использованием фотооптического и ультразвукового методов количественной оценки помутнений стекловидного тела.

Для решения поставленной цели были сформированы следующие задачи исследования:

1. Разработать объективный способ визуализации помутнений стекловидного тела на основе анализа данных фотооптического метода.
2. Разработать способ оценки помутнений на основе их акустической плотности по данным ультразвукового исследования стекловидного тела.

3. Разработать хирургический этап лечения плавающих помутнений стекловидного тела на основе персонализированного подбора энергии.

4. На основе анализа количественных характеристик помутнений стекловидного тела, полученных фотооптическим методом, оценить эффективность ИАГ-лазерного витреолизиса.

5. Провести сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения разработанной оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

### **Научная новизна**

1) Впервые разработан объективный способ визуализации помутнений стекловидного тела на основе применения фотооптического метода, который позволяет количественно оценивать площадь помутнения стекловидного тела, а также индекс интенсивности затемнения сетчатки до и после ИАГ-лазерного витреолизиса;

2) Разработана оптимизированная технология ИАГ-лазерного витреолизиса, основанная на подборе лазерной энергии с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела;

3) Проанализирована степень безопасности процедуры ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела с использованием иммуноферментного анализа слезы на наличие провоспалительных факторов;

4) Проанализирована степень безопасности процедуры оптимизированного ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела с использованием тонографии и ультразвуковой биомикроскопии с целью анализа гидродинамики глаза.

### **Практическая значимость исследования**

1. Разработан фотооптический метод для количественного анализа помутнений стекловидного тела с определением площади помутнений, индекса интенсивности затемнения сетчатки.



2. Предложен способ подбора персонализированной энергии лазерного импульса для проведения оптимизированной технологии ИАГ - лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела по их акустической плотности.

3. Разработан алгоритм наблюдения пациентов при проведении оптимизированной технологии ИАГ - лазерного витреолизиса по результатам фотооптического метода и акустической плотности помутнений стекловидного тела.

### **Положения, выносимые на защиту**

Разработанная оптимизированная технология ИАГ-лазерного витреолизиса, заключающаяся в персонализированном подборе энергии в зависимости от акустической плотности помутнения стекловидного тела, определяемой путем ультразвукового исследования плавающих помутнений стекловидного тела, позволяет проводить безопасное лечение плавающих помутнений, а разработанная методика количественной оценки помутнений, на основе фотооптического метода, заключающаяся в колориметрическом анализе изображений сканирующего лазерного офтальмоскопа, позволяет осуществить контроль за эффективностью лечения.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность результатов данной работы определяется количеством выполненных исследований с использованием известных и разработанных в рамках диссертационной работы методов. Выводы и практические рекомендации основываются на статистической обработке полученных результатов и соответствуют поставленной цели и задачам исследования. Результаты исследования опубликованы в рецензируемых отечественных научных изданиях, а также в зарубежной печати.

Основные результаты и положения работы доложены и обсуждены на заседании регионального общества офтальмологов Волгограда и

Волгоградской области, посвященном витреоретинальной патологии, Волгоград, 15.02.2019; на Межрегиональной научно-практической конференции «Заболевания сетчатки. Диагностика и лечение», Волгоград, 22.11.2019; на научно-практической конференции «Современные лазерные технологии в офтальмологии», Челябинск, 15-16.02.2020; на 20 Конгрессе EURETINA, Голландия, Амстердам, 01-04.10.2020; на научно-клинической конференции ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, 16.10.2020.

### **Публикации**

По теме исследования опубликовано 6 научных работ, из них 2 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 2 патента РФ на изобретение.

### **Внедрение в практику**

Результаты работы внедрены в лечебную практику Волгоградского, Калужского, Санкт-Петербургского и Чебоксарского филиалов ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

### **Объём и структура диссертации**

Диссертация изложена на 146 страницах и состоит из введения, обзора литературы, 4 глав исследования, заключения и выводов. Список литературы содержит 156 источника, из них 73 публикаций отечественных и 83 – иностранных авторов.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одной из дегенеративных реакций стекловидного тела на патологическое воздействие является синерезис – нарушение структуры гелеобразной массы в витреальной полости глаза [59]. В 1977 г. J. Worst, вводя в изолированное СТ человека красители majik color, детально изучил его структуру и выделил несколько структурных образований, которые имели разную окрашиваемость в зависимости от их плотности. Основная масса представлена мешкообразными полостями, названными им «цистернами». Цистерны формируют центральный отдел СТ и располагаются по окружности относительно оптической оси глаза. [154]. Кислицына Н.М. с соавторами (2013) исследовала размеры и строение интравитреальных структур с помощью препарирования и окрашивания препаратом «Витреоконтраст». Было выявлено, что слои стекловидного тела имеют тенденцию к истончению и разволокнению при приближении к задней поверхности хрусталика [37, 38].

В результате изменений молекулярной структуры коллагеновых волокон происходит их агрегация, которая усиливается на фоне возрастных изменений стекловидного тела и близорукости. Плотные участки стекловидного тела, состоящие из агрегатов коллагена, обладают большей оптической плотностью по сравнению с интактными. Поэтому в центральной зоне сетчатки возникает артефактная тень, которая субъективно распознаётся пациентом, как «мушки» перед глазами [68]. Эти изменения и являются причиной такой распространённой офтальмологической патологии, как плавающие помутнения стекловидного тела, которые являются одной из форм деструкции стекловидного тела. Плавающие помутнения в переводе с английского floaters. «Каждый поплавок» можно измерить по его размеру, форме, консистенции. Их также называют muscae volitantes (от латинского «летающие мухи») или mouches volantes.

Помутнения стекловидного тела – это характерные изменения его структуры с формированием уплотнений, экранирующих свет,

отбрасывающих тень на сетчатку, и, как следствие, снижающих не только качество зрения пациентов, но и качество их жизни в целом [17,98,112,147].

Деструкция стекловидного тела является весьма распространённой патологией глаза, при которой основные компоненты данной светопреломляющей среды подвергаются разрушению, а при далеко зашедшем процессе возможна отслойка сетчатки [129].

### **1.1. Методы визуализации плавающих помутнений стекловидного тела и оценки качества зрения**

Для визуализации помутнений стекловидного тела в настоящее время в офтальмологии применяют ультразвуковое исследование, сканирующую лазерную офтальмоскопию, оптическую когерентную томографию.

Высокоинформативным методом диагностики структурных нарушений СТ является ультразвуковое исследование (УЗИ), так оно позволяет с высокой точностью определить расположение, объём и плотность помутнений.

Аветисов Э.С. и соавторы в 1996 году разработали способ определения плотности склеры с помощью измерения величины затухания, необходимого до полного, до нуля, ослабления амплитуды эхосигнала от склеральной капсулы глаза. Исследование проводили ультразвуковым датчиком на частоте 20 МГц на 121 глазу пациентам в возрасте от 9 до 17 лет. Полученный показатель в децибелах назван акустической плотностью. Исследование акустической плотности склеры является высоко информативным методом прижизненного определения свойств склеральной капсулы глаза. Средняя величина акустической плотности склеры в норме в заднем полюсе по данным исследователей у детей от 9 до 17 лет составила  $47,6 \pm 0,24$  дБ ( $\sigma=1,07$ ) [6].

Существуют методы определения акустической плотности ядра хрусталика. В 1999 г. С.Н. Федоровым и соавт. был предложен способ определения плотности ядра по акустической картине. Исследователи выделяли участок размером 1x2 мм, расположенный непосредственно за передней капсулой хрусталика, симметрично его переднезадней оси.

Исследование выделенной области с определением средней величины яркости участка оценивалось в 256 градациях яркости. Фиксация результатов производилась в относительных единицах. В 2000 году Шпак А.А., Малюгин Б.Э., Захарова Н.К. сообщили о результатах оценки плотности ядра хрусталика методом ультразвукового В-сканирования. Исследование проводили на УЗ приборе «Advent» фирмы Mentor (США) в режиме работы датчика 15 МГц. Денситометрический анализ хрусталика проводился в относительных единицах по шкале, имеющей 256 оттенков серого цвета. На основании полученных данных авторами предложена УЗ классификация степени плотности катаракт [70]. В 2019 году Джаши Б.Г. и соавторы при выполнении ультразвуковой биомикроскопии (УБМ) с помощью функции цветного картирования и усиления сигнала E-GAIN на аппарате Sonomed сообщили о значениях акустической плотности хрусталика в соответствии степенями плотности катаракты по Буррато: 1 степень – от 17,3 до 22,4 Дб, 2 степень – от 22,5 до 26,9 Дб, 3 степень – от 27 до 34 Дб, 4 степень (4-5 по Буратто) – более 34 Дб [19].

Matou et al. (2015), используя шкалу с акустическими значениями от 0 до 255, пришли к мнению, что при помутнениях стекловидного тела, в частности, при задней отслойке стекловидного тела и формировании кольца Вейса ультразвуковое исследование обладает наибольшей диагностической ценностью [111].

В настоящее время большинство приборов в заводских настройках имеют метрические единицы – децибелы [57], что обеспечивает техническую возможность определения акустической плотности визуализируемых объектов.

На сегодняшний день отсутствует единый взгляд в оценке ППСТ при проведении УЗИ, что требует новых подходов в количественной оценке результатов УЗИ исследования стекловидного тела [98,142].

Информативными методами визуализации плавающих помутнений стекловидного тела являются также сканирующая лазерная офтальмоскопия

(СЛО) и оптическая когерентная томография (ОКТ) сетчатки. СЛО даёт информацию о локализации, площади и интенсивности теней, возникающих на сетчатке из-за ППСТ. ОКТ позволяет качественно и количественно оценить помутнения стекловидного тела, расположенные вблизи сетчатки за счет артефактной тени, падающей на сетчатку и скотомы от плавающих помутнений — «floater scotoma» [60,95,96,126].

Шаимова В.А. (2019) разработала метод количественной оценки площади артефактной тени плавающих помутнений стекловидного тела, проявляющейся на ОКТ-ангиограммах в виде ложной зоны неперфузии [66,68].

Таким образом, по данным литературы видно, что наиболее информативными объективными методами в диагностике и последующем мониторинге пациентов с помутнениями стекловидного тела до и после ИАГ-лазерного витреолизиса являются ультразвуковой метод, сканирующая лазерная офтальмоскопия и оптическая когерентная томография сетчатки.

Субъективные ощущения, вызванные помутнениями стекловидного тела, оказывают значительное негативное влияние на качество жизни пациентов. Согласно данным А. М. Wagle (2011), с течением времени адаптации к плавающим помутнениям не происходит [147]. Это определяет необходимость активной лечебной тактики ведения таких пациентов. Для оценки качества зрения в офтальмологической практике используются специализированные опросники, имеющие высокую информативность [50].

При сравнительном изучении качества зрения пациентов до и после лазерного витреолизиса с помощью тест-опросника было показано, что даже при отсутствии стандартизации и учёте специфических жалоб, связанных с наличием плавающих помутнений стекловидного тела, данный метод имеет высокую эффективность [21].

По данным Нормеева Б.А. (2019), индивидуальные психологические особенности пациентов не являются определяющим фактором характера жалоб. При наличии плавающих помутнений стекловидного тела имеется

ожидаемо более высокий уровень жалоб и более низкая контрастная чувствительность по сравнению со здоровыми добровольцами. С помощью тест-опросника достоверная оценка изменения уровня жалоб пациентов после проведения ИАГ-лазерного витреолизиса не представляет сложности и отличается высокой информативностью при сроке наблюдения 12 месяцев от операции [52].

У пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела отмечается снижение контрастной чувствительности (КЧ), что делает возможным оценку данного показателя в рамках офтальмологического обследования. Одним из способов оценки контрастной чувствительности является использование видеотестера, в частности, «Optec-6500» (Stereo Optical Co., Inc., США), позволяющего определять КЧ в дневных и ночных условиях с засветами и без, проводить исследования пространственного зрительного восприятия (стереоопсиса) и цветового зрения [98,125].

Разработанная М. Bach в 1985 г. компьютерная программа Freiburg Visual Acuity and Contrast Test (FrACT) остаётся по настоящее время широко применяемым способом оценки контрастной чувствительности глаза. На экране монитора пациенту демонстрируются кольца Ландольта с убывающей контрастностью [103]. Метод оценки КЧ прост в использовании, обладает высокой информативностью для оценки контрастной чувствительности, в том числе до и после витреолизиса по данным ряда клинических исследований [111,128,139,152].

При оценке контрастной чувствительности с помощью FrACT-теста у пациентов после ИАГ-лазерного витреолизиса отмечается субъективное улучшение качества зрения [21, 51]. Данный метод обладает достаточной простотой использования и не требует значительных временных ресурсов. В связи с этим он может с успехом применяться для оценки функционального состояния глаза в послеоперационном периоде у пациентов, прошедших лечение по поводу помутнений стекловидного тела.

I. Singh (2018), для оценки эффективности ИАГ-лазерного витреолизиса с успехом применял методику aberromетрии с помощью прибора «Itrase» (Tracey Technologies, США), позволяющая оценивать аберрации стекловидного тела изолированно от других светопреломляющих структур глаза [130].

## **1.2. Микропериметрия в оценке помутнений стекловидного тела**

Одним из современных и наиболее информативных методов определения функций сетчатки является микропериметрия. В отличие от классической статической периметрии и визометрии, микропериметрия позволяет более точно локализовать центральные дефекты поля зрения [48,125].

Данный метод основан на комбинированном использовании компьютерной периметрии и фундус-камеры. Микропериметрия позволяет оценить порог светочувствительности сетчатки, выраженной в децибелах (Дб) в каждой её точке и наложить эти данные на изображение глазного дна. Характерной особенностью данного метода является то, что он позволяет определять светочувствительность сетчатки в режиме реального времени. С помощью микропериметрии составляют карту светочувствительности сетчатки [51,92].

Микропериметрия показывает высокую эффективность при оценке функционального состояния центральной зоны сетчатки у пациентов с ретиальной патологией: возрастной макулярной дегенерацией, центральной серозной хориопатией, идиопатическим макулярным разрывом. Полученная топографическая карта световой чувствительности в большей мере отражает функциональное состояние органа зрения, чем оценка максимальной корригированной остроты зрения [55].

При оценке качества зрения у пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела до и после проведения ИАГ-лазерного витреолизиса наряду со стандартным офтальмологическим обследованием часто



используется микропериметрия и оценка зрительной фиксации. В частности, по данным Г.Ф. Качалиной после проведения витреолизиса среднее значение МКОЗ не изменялось. В то же время среднее значение светочувствительности сетчатки увеличивалось до  $27,4 \pm 0,9$  дБ, а среднее количество точек фиксации взора в минуту за пределами  $2^\circ$  уменьшалось до  $1,3 \pm 0,4$ . Исследование точки фиксации и светочувствительности глаза позволяет объективно охарактеризовать результат ИАГ-лазерного витреолизиса, связанного с лечением ППСТ [34].

### **1.3. Методы лечения плавающих помутнений стекловидного тела**

В современной офтальмологии наиболее распространёнными методами лечения плавающих помутнений стекловидного тела являются: консервативное лечение, фармакологический витреолизис, ИАГ-лазерный витреолизис, витрэктомия.

#### **1.3.1. Консервативное лечение**

Консервативное лечение помутнений стекловидного тела основано на использовании препаратов растительного происхождения для селективной абсорбции молекул коллагена и фибрина, образующих ППСТ. В частности, применяемый в последние годы препарат ВитроКап (VitroCap) содержит микронутриенты, необходимые для нормализации метаболизма стекловидного тела у пациентов с его деструкцией. Чаще всего консервативное лечение используется в отношении пациентов старшего возраста, для которых иные методы лечения, с учётом выраженных метаболических нарушений в СТ, не применимы. Каждая капсула препарата ВитроКап содержит L-лизин, витамин С, экстракт семян винограда, цитрусовые флавоноиды (гесперидин), вспомогательные вещества [61].

Тем не менее, в связи с недостаточной эффективностью, а также отсутствием данных о динамике накопления в стекловидном теле и селективности используемых препаратов применение указанного метода весьма ограничено.

### 1.3.2. Фармакологический витреолизис

Несмотря на многолетнее использование данного метода, офтальмологами накоплено недостаточное количество данных о динамике размеров и формы помутнений стекловидного тела на фоне применения фармакологического витреолизиса.

В качестве препаратов для фармакологического витреолизиса офтальмологами традиционно применяются гиалуронидаза, показавшая высокую эффективность при лечении больных с диабетической ретинопатией, и хондроитиназа, которая способна расщеплять хондроитин-сульфат в качестве одного из компонентов витреоретинального интерфейса [93,149].

Клинические исследования применения окриплазмина показали безопасность и эффективность данного препарата при лечении витреомакулярного тракционного синдрома, что может найти применение указанного лекарственного средства для лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела [99,128].

Жайлаубеков Ж. С. с соавт. (2017) анализировал эффективность ферментного витреолизиса на основе использования мочевины, вводимой в витреальную полость. В экспериментальном исследовании было показано, что для индукции задней отслойки стекловидного тела может быть использован 1,5 % раствор. Указанная концентрация действующего вещества является оптимальной для достижения необходимого эффекта. При этом не наблюдается местно-раздражающего и токсического влияния на ткани глаза, однако широкого применения этот метод не нашел в клинической практике [27].

Фармакологический витреолизис, как самостоятельный метод лечения применяется ограниченно, в связи с недостаточной клинической эффективностью. Данный метод требует дальнейшего изучения и может быть использован как вспомогательный для хирургического лечения заболеваний стекловидного тела.

### 1.3.3. Витрэктомия

Витрэктомия относится к радикальным методам хирургического лечения плавающих помутнений стекловидного тела [8,9,42,43]. Суть данного подхода заключается в удалении стекловидного тела вместе с участками деструкции, вызывающими помутнения, вследствие чего достигается 83,3-93,3 % эффективности [79,80,128,138]. Инвазивность витрэктомии приводит к высокому риску осложнений в послеоперационном периоде. Наиболее частым из них является катаракта, частота которой составляет 22,5-50 % [79,138]. Кроме того, возможны разрыв (16,3 %) и отслойка сетчатки (10,9 %) [79,80,111,128,138]. Наиболее грозным осложнением витрэктомии является эндофтальмит, частота которого составляет 0,018-0,23 % [103].

При выраженных деструктивных изменениях стекловидного тела витрэктомия улучшает показатели микроциркуляции на 24,7-30,7 %, а субъективный статус – на 12,7 %. Кроме того, после данной операции отмечается тенденция к повышению МКОЗ вдаль и усилению степени помутнения хрусталика [49].

По данным J. Sebag с соавт. (2014) малоинвазивная витрэктомия у пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела приводит к нормализации контрастной чувствительности глаза, в сравнении с дооперационными показателями, а также снижению частоты разрывов сетчатки (на 30 %) и катаракты (на 50-76 %). В частности, после витрэктомии функция контрастной чувствительности нормализовалась уже через 1 неделю и оставалась на этом уровне в течение последующих 9 месяцев. Зрительные функции у пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела по данным опросника VFQ-25 (Visual Function Questionnaire) оказались на 28,3 % ниже ( $73,2 \pm 15,6$ , N=16), чем у сопоставимых по возрасту пациентов контрольной группы ( $93,9 \pm 8,0$ , N=12,  $P < 0,001$ ), а после операции улучшились на 29,2 % ( $P < 0,001$ ). При этом у пациентов с витрэктомией не наблюдалось осложнений в виде разрывов сетчатки, инфекции или глаукомы в течение 17,5 месяцев наблюдения от даты операции [128].

В исследовании, проведённом Z. Lin с соавт. (2017), показано, что при витрэктомии 27G у пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела отмечаются удовлетворительные результаты, оцениваемые, как объективными методами, так и субъективно. У 47 пациентов в возрасте  $34,7 \pm 13,5$  лет (47 глаз) с симптоматическими помутнениями стекловидного тела была проведена витрэктомия 27G с последующим наблюдением более 6 месяцев. Авторы отмечают, что интраоперационных осложнений не возникло. На 1-е сутки после операции внутриглазное давление (ВГД) было значительно ниже, чем в последующие дни ( $8,6 \pm 2,7$  мм рт. ст.). При этом на 28 (59,6%) глазах наблюдалась транзиторная гипотония (ВГД < 8 мм рт. ст.), которая исчезла в течение 1 недели после операции. Послеоперационные осложнения возникли лишь на 2-х глазах: в одном случае (2,1 %) был зарегистрирован эндофтальмит, а в другом (2,1 %) – отслойка сетчатки. Вместе с тем, 91,5 % пациентов оказались полностью удовлетворены исходом операции. Острота зрения у большинства из них осталась неизменной или улучшилась. Витрэктомия по поводу симптоматических плавающих помутнений стекловидного тела привела к высокой удовлетворённости пациентов полученными результатами. Тем не менее, авторы отмечают, что указанное лечение следует проводить с большой осторожностью из-за риска возникновения серьёзных послеоперационных осложнений [105].

У пациентов с пролиферативной витреоретинопатией применение витрэктомии проблематично при высоких зрительных функциях, нативном хрусталике, единичных витреоретинальных швартках и угрозах возникновения кровоизлияний [63].

По данным Асатрян С.В. (2020), в раннем и отдалённом послеоперационном периоде после витрэктомии, отмечается сдвиг клинической рефракции в сторону миопии. Кроме того, в 28 % случаев после данного хирургического вмешательства наблюдалось транзиторное повышение роговично-компенсированного внутриглазного давления (в

среднем на 4,8 мм рт. ст.), что было наиболее выражено при использовании тампонады полости стекловидного тела [12].

По мнению А.В. Малышева в результате витрэктомии субъективное улучшение остроты и качества зрения отмечают 62% пациентов, ухудшение зрения – 2%, не замечают существенных изменений зрения – 10 %. В целом, скрининговый послеоперационный опрос свидетельствует о том, что 92% пациентов полностью удовлетворены результатом операции, 6% – не удовлетворены, а 2% – затрудняются с ответом [49].

В литературе имеется достаточно данных, подтверждающих высокую эффективность витрэктомии в качестве метода лечения плавающих помутнений стекловидного тела [58,92,112,132]. Однако исследователи признают и тот факт, что с учётом частых осложнений данной операции пациентам всё чаще назначается более современное, безопасное и эффективное лечение в виде ИАГ-лазерного витреолизиса.

По мнению ряда исследователей, витрэктомия в настоящее время не может считаться оптимальным методом лечения помутнений стекловидного тела в связи с высоким риском осложнений. Поэтому всё большее число офтальмохирургов отказывается от применения данного подхода к лечению пациентов с исходно высокой остротой зрения, предпочитая использовать менее инвазивные методы, в частности ИАГ-лазерный витреолизис [17,79].

#### **1.3.4. ИАГ-лазерный витреолизис**

В связи с тем, что витрэктомия может сопровождаться серьезными послеоперационными осложнениями, ИАГ-лазерный витреолизис рассматривается как альтернативный метод лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела [97,106,129]. Основными преимуществами данного метода являются малоинвазивный характер процедуры, невысокий процент осложнений, отсутствие ограничений в послеоперационном периоде, а также экономическая целесообразность [64,98,129].

О лечении плавающих помутнений информации ранее не найдено. Первые исследования использования ИАГ-лазера для витреолизиса были выполнены одним из пионеров лазерной офтальмологии, профессором Frank Fankhauser (1983 г) [85].

Первое исследование в этой области, а именно: «Витреолиз с помощью лазера с модуляцией добротности» Frank Fankhauser с соавторами, относится к 1985 г. и было опубликовано в журнале «Arch. Ophthalmology». В данном исследовании сообщалось о 10 случаях плавающих помутнений стекловидного тела, которые были полностью устранены с помощью лазерной «диссекции стекловидных мембран». По определению, лазерный витреолиз «рассекает», но не может удалить фрагменты разрушенных структур стекловидного тела [85].

Работа S. Geller и J. Karickhoff, B. Moriarty (1993) показала высокую эффективность и безопасность процедуры ИАГ-лазерного витреолизиса [98].

W.F. Tsai, Y.C.Chen, C.Y. Su в 1990 г. опубликовали результаты витреолизиса у 15 пациентов с «серьезными психологическими реакциями» на плавающие помутнения на приборе LASAG microrubter 3 YAG-Lazer. Авторы классифицируют помутнения у пациентов на препапиллярные и центровитреальные. По мнению авторов процедура безопасная и эффективная. 90% плавающих помутнений стекловидного тела технически устранимы при применении энергии лазерного импульса 5-7 мДж с суммарными значениями до 742 мДж [140].

По мнению многих авторов, ИАГ-лазерный витреолизис является наиболее эффективной методикой лечения ППСТ [14,20-23,50-53,64-68,76,84,85,101,117,130].

Современные установки для проведения лазерного витреолизиса осуществляют vaporization помутнений стекловидного тела за счёт оптического пробоя. При этом лазерный луч фокусируется на ограниченной площади в 4-8 мкм. В результате этого происходит локальное повышение

температуры до 4000° С, образуется плазма, и помутнение стекловидного тела переходит в газообразное состояние [98].

Согласно инструкции к лазерной установке Ellex, процедуру витреолизиса рекомендуется начинать с более низкого уровня энергии, одним импульсом (3-4 мДж), и повышать его до тех пор, пока не произойдет адекватное оптическое разрушение и испарение коллагена стекловидного тела.

Если помутнение расположено глубоко, в задней части стекловидного тела, потребуется больше энергии импульса для его разрушения. Так, исходное помутнение может быть испарено при уровне энергии 4 мДж в передней части, 5 мДж в средней части и 6 мДж в задней части стекловидного тела. Требуемое количество импульсов будет варьироваться в зависимости от типа помутнения. Рекомендуется ограничить количество импульсов на сеанс лечения до 300-400 импульсов, одиночными импульсами. Максимальная энергия или количество импульсов не ограничены, но выполнение более 1000 - нежелательно [86].

Следует отметить, что увеличение энергии с 5 мДж до 10 мДж не удваивает количество рассеянной энергии, а увеличивает ее примерно на 40%. Это нелинейное соотношение позволяет использовать повышенные энергетические параметры в стекловидном теле [86].

По данным Sun X. с соавт. (2019) у 50-ти пациентов (55 глаз) с плавающими помутнениями стекловидного тела после лечения методом ИАГ-лазерного витреолизиса отсутствовали серьезные осложнения, связанные с процедурой операции, за исключением одного точечного повреждения сетчатки. Существенных изменений внутриглазного давления и остроты зрения после лазерного лечения также не наблюдалось. На 43 глазах интенсивность и количество ППСТ уменьшилось, на 8 глазах полностью исчезли плавающие помутнения, а на 4 глазах не было изменений по шкале VFQ-25. Медиана теневых областей плавающих помутнений до операции составляла 1,41 (0,29-12,85) мм<sup>2</sup>, с тенденцией к уменьшению до 0,12 (0-2,77) мм<sup>2</sup> после операции (t=5,849, P=0,001). Средние баллы по шкале VFQ-25 увеличились до 88,54±12,74 с исходного уровня 71,44±12,77 (t=11,82,

$P=0,001$ ). Корреляционный анализ показал, что теневые области плавающих помутнений отрицательно коррелировали с баллами VFQ-25 до ( $r=-0,73$ ,  $P=0,001$ ) и после ( $r=-0,72$ ,  $P=0,001$ ) лечения. ИАГ-лазерный витреолизис, по мнению авторов исследования, является эффективным и безопасным методом лечения пациентов с симптомами, вызванными плавающими помутнениями стекловидного тела. При этом количественная оценка тени от помутнений на инфракрасной фотографии глазного дна может служить объективным показателем для оценки эффективности данного метода хирургического лечения [135].

Вместе с тем, до недавнего времени в научной литературе имелось недостаточно данных относительно безопасности ИАГ-лазерного витреолизиса. В связи с этим, рядом авторов проведена оценка толщины перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки. В результате, после лазерного лечения плавающих помутнений стекловидного тела значимых изменений данного показателя не выявлено [86,110]. Это свидетельствует о достаточной степени безопасности ИАГ-лазерного витреолизиса.

Как уже отмечалось, осложнения при лазерном витреолизисе возникают достаточно редко. Основными из них являются: травматическая катаракта, которая встречается в 0,05-8,5 % случаев [102,117,134]; ретинальный разрыв с отслойкой сетчатки – в 0-1,7 % [106,117]; кровоизлияние в сетчатку – в 6,8 % [104]. Кроме того, при лечении плавающих помутнений стекловидного тела методом витреолизиса у ряда пациентов возникала глазная гипертензия [77]. Многие авторы отмечают, что ятрогенные осложнения ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела встречались на начальном этапе освоения данной технологии [75,76,95,98,102,113,117,118,130].

При использовании ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов с наличием рубцов после радиальной кератомии ряд авторов отмечает существенные технические сложности во время лечения [45,46]. В частности, затруднения у офтальмохиругов вызывает фокусировка лазерного луча, что



обычно преодолевается с помощью методики гидродинамического перемещения плавающих помутнений стекловидного тела (ППСТ) в зону проекции оптического центра роговицы.

Как известно, сопутствующая общесоматическая патология снижает прозрачность стекловидного тела, вызывая его деструкцию [9]. Использование ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов с пролиферативной диабетической ретинопатией и рецидивирующими гемофтальмами показало, что лазерное воздействие на сохраняющиеся фиброзные структуры не приводило к их существенной деструкции [81]. Следовательно, данный метод может с успехом применяться для малоинвазивного лечения гемофтальма в стадии организации у пациентов с сахарным диабетом [116,119,123,151,155].

ИАГ-лазерное воздействие на стекловидное тело показывает высокую эффективность при лечении пациентов с гемофтальмом [133]. При этом указанная операция может быть как основным методом лечения, так и дополнительным при хирургическом или консервативном ведении гемофтальма. По мнению Иванова А.Н. после предварительного ИАГ-лазерного разрушения гемофтальма значительно облегчается витрэктомия. Сроки лечения гемофтальма, а также объём используемых медикаментозных препаратов значительно сокращаются при использовании витреолизиса [31-33].

При сравнительном анализе результатов лечения больных с первичными помутнениями стекловидного тела различными методами Б.А. Нормаев с соавторами подтвердили высокую эффективность ИАГ-лазерного витреолизиса. В частности, в основной группе пациентов с ППСТ (кольцо Вейса, облаковидные помутнения, мембранозные помутнения), которым проводился ИАГ-лазерный витреолизис, было выявлено улучшение контрастной чувствительности, а также субъективных ощущений в течение года после проведения процедуры. В то же время у пациентов контрольной группы с естественным течением патологического процесса отмечалось

снижение контрастной чувствительности и ухудшение субъективных ощущений за тот же временной интервал [51,53].

При оценке эффективности ИАГ-лазерного витреолизиса в качестве метода лечения пациентов с дистрофическими заболеваниями стекловидного тела отмечалось повышение МКОЗ в 73,3 % случаев. Снижение жалоб зарегистрировано у 90 % пациентов, в том числе у 63,3 % – отмечено значительное уменьшение количества плавающих помутнений, у 16,7 % – как среднее, у 10 % – как слабо выраженное. Вместе с тем, у 6,7 % пациентов отсутствовала положительная динамика, у 3,3 % – имелись жалобы на увеличение общего количества ПП в поле зрения, но уменьшение их размера [42,43].

ИАГ-лазерный витреолизис широко используется при лечении пациентов с первичной деструкцией стекловидного тела и наличием плавающих помутнений. Большинство авторов отмечает высокую эффективность и безопасность данного метода [72,118]. Для оценки безопасности ИАГ-лазерного витреолизиса применяются инструментальные методы, оценивающие выраженность воспалительной реакции тканей глаза. В частности, весьма информативным методом является лазерная тиндалеметрия [72]. Контроль содержания белка и клеток в водянистой влаге передней камеры глаза показал, что уже к третьему дню после операции значения указанных показателей не отличались от таковых до проведения лазерной хирургии.

ИАГ-лазерное вмешательство используется не только при проведении витреолизиса в рамках лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела. Данный метод также широко применяется при ретиномии, швартотомии, гиалоидотомии, ангиотомии [22].

Наряду с тем, что ИАГ-лазерный витреолизис является весьма распространённым и эффективным способом микрохирургического вмешательства при деструкции стекловидного тела различного генеза,

некоторые авторы считают данный метод лишь этапом лечения с последующим проведением хирургической витрэктомии [29-33].

Однако большинство авторов придерживаются точки зрения, согласно которой ИАГ-лазерный витреолизис является операцией выбора и самостоятельным методом микрохирургического вмешательства при плавающих помутнениях стекловидного тела, клапанных разрывах, швартках. При этом сроки восстановления после операции значительно меньше, чем при витрэктомии [21,22,47,65].

При оценке клинико-функциональных результатов лечения различных видов плавающих помутнений стекловидного тела было показано, что для основной группы пациентов, получавших лечение с помощью ИАГ-лазерного витреолизиса, по данным стандартных и специальных методов исследования отмечаются лучшие показатели по сравнению с контрольной группой, в которой проводилось лишь наблюдение естественного течения процесса [21].

Современными методами лечения ППСТ являются витрэктомия и витреолизис. Сравнительная характеристика данных видов лечения говорит о том, что по безопасности, эффективности, риску развития таких осложнений, как эндофтальмит, разрыв и отслойка сетчатки, катаракта, ИАГ-лазерный витреолизис является более предпочтительным методом лечения [64,65].

Для выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела в мире применяется лазерная установка «Ultra Q Reflex» (Ellex, Австралия), преимуществом которой является коаксиальность осветителя и лазерного луча [15,40,41,59].

По результатам стандартного офтальмологического обследования у пациентов с не инвазивным лечением деструкции стекловидного тела отмечалось значительное улучшение центрального и периферического зрения по сравнению с исходным уровнем [40,41].

При анализе эффективности ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с различными видами ППСТ показано, что у большинства пациентов отмечаются положительные результаты. Вместе с тем, в ряде

случаев проведение витреолизиса оказывалось затруднительным из-за большого количества плавающих помутнений стекловидного тела и их выраженной мобильности. В связи с этим требовалось от 2 до 5 сеансов витреолизиса в сочетании с инстилляцией нестероидных противовоспалительных препаратов. У некоторых пациентов с плавающим кольцом Вейса в оптической зоне сетчатки наблюдалось ятрогенное повреждение капсулы хрусталика [45].

При оценке клинико-функциональных результатов применения ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела показано, что на фоне данной терапии клинико-функциональные показатели значительно улучшались по сравнению с пациентами контрольной группы, в которой осуществлялось лишь наблюдение естественного течения патологического процесса. В частности, у пациентов с ППСТ на сроках наблюдения 1 неделя после операции, а также 3, 6, 9, 12 месяцев после лечения на лазерной установке «Ultra Q Reflex» отмечалось достоверное улучшение всех показателей стандартных и специальных методов обследования, в том числе контрастной чувствительности, результатов анкетирования и объективной оценки стекловидного тела с помощью компьютерной программы Image J [20, 23].

При оценке эффективности ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела показано, что данный метод дает хорошие результаты в ближайшей и отдалённой перспективе при высоком уровне безопасности. При этом в качестве традиционных и дополнительных методов обследования используются ультразвукография, оптическая биометрия, спектральная оптическая когерентная томография, сканирующая лазерная офтальмоскопия [2-4,64,66,67,143], Шаймпфлюг-анализ переднего отрезка глазного яблока с проведением денситометрии капсулы и вещества хрусталика [38].

Для лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела применяют также ИАГ-лазерную установку DIXION LPULSA SYL-9000

(Тайвань) с коаксиальным делителем света. По результатам комплексного офтальмологического обследования, которое включало в себя визометрию, авторефрактометрию, пневмотонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, ультразвуковую эхобиометрию, ультразвуковое В-сканирование, показано, что ИАГ-лазерный витреолизис является эффективной микрохирургической операцией при ППСТ [7-8].

Анализ литературы по проблеме объективной и комплексной оценки результатов ИАГ-лазерного витреолизиса показал, что данный метод является не только высокоэффективным, но и безопасным способом лечения пациентов с ППСТ.

#### **1.4. Ультразвуковая биомикроскопия глаза**

Ультразвуковая биомикроскопия – современный ультразвуковой метод с высокой разрешающей способностью, предназначенный для исследования структур переднего сегмента глаза, в том числе роговицы, радужной оболочки, хрусталика, угла передней камеры, а также структур задней камеры глаза: цилиарного тела, задней поверхности и среза радужки, боковых отделов хрусталика [136]. Метод ультразвуковой биомикроскопии, разработанный Ch. Pavlin с соавт. (1995), значительно расширяет возможности исследования структур переднего отрезка глаза [2, 10, 133].

При изучении состояния витреоретинального интерфейса при осложнённых периферических разрывах сетчатки ультразвуковая биомикроскопия является одним из основных диагностических методов [48]. В сочетании с общепринятыми способами офтальмоскопии, а также специальными методами диагностики (фоторегистрация глазного дна, оптическая когерентная томография, мультиспектральное лазерное сканирование периферии сетчатки) ультразвуковая биомикроскопия дает морфометрическую характеристику разрывов сетчатки, позволяет определить тактику дальнейшего лазерного воздействия (витреолизис и/или ретиномия).

Ультразвуковая биомикроскопия успешно используется при оценке изменений сетчатки при периферических хориоретинальных дистрофиях. В частности, при исследовании периферических отделов сетчатки и прилежащего стекловидного тела УБМ позволяет обнаружить изменения сетчатки по типу ретиношизиса, который в 86 % случаев сопутствует клинически диагностируемым периферическим дистрофиям сетчатки. Изменения пристеночного стекловидного тела, выявленные с помощью метода ультразвуковой биомикроскопии, в 78,6 % случаев диагностировались не только при решетчатой дистрофии, но и при других видах периферических хориоретинальных дистрофий [26, 90].

### **1.5. Исследование слёзной жидкости на интерлейкины**

Одним из информативных методов обнаружения признаков воспаления внутри глазного яблока является исследование слёзной жидкости на интерлейкины, с целью обнаружения признаков воспалительного процесса в глазном яблоке.

По данным Н.М. Агаркова с соавт. (2020), при оценке местного интерлейкинового профиля у пациентов с закрытоугольной формой глаукомы наиболее информативным является повышение в слёзной жидкости количества противовоспалительных ИЛ-2, ИЛ-8 и ИЛ-17 при снижении количества ИЛ-10. По мнению автора данного исследования, указанные интерлейкины имеют научно-практическое значение для изучения патогенеза, диагностики и обоснования селективной иммунотерапии у рассматриваемой группы пациентов [6].

Высокая диагностическая значимость локального интерлейкинового статуса слёзной жидкости подтверждена многими современными исследованиями [137,144,148].

При определении концентрации провоспалительных и проангиогенных цитокинов у пациентов с открытоугольной формой глаукомы обнаружено, что ряд показателей интерлейкинового статуса слёзной жидкости имеет высокую

информативность. В частности, после трабекулэктомии наблюдалось повышение ИЛ-6 и ИЛ-8, а также изоформ 121 и 165 VEGF-A в базальной слезе по сравнению с аналогичными показателями до операции [16].

При исследовании уровня цитокинов у пациентов с окклюзией вен сетчатки на фоне антиангиогенной терапии показано, что вне зависимости от типа окклюзии достоверно повышается концентрация фактора роста эндотелия сосудов в слёзной жидкости по сравнению с контрольными значениями [25]. Кроме того, выявлена положительная взаимосвязь уровня фактора роста эндотелия сосудов и ИЛ-1, ИЛ-6, эндотелина-1 в слёзной жидкости.

В литературе не выявлено работ по изучению уровня интерлейкинов в слезной жидкости при проведении процедуры витреолизиса, что послужило выбором одного из способов оценки безопасности процедуры витреолизиса с помощью иммуноферментного анализа слезы на наличие провоспалительных факторов.

### **1.6. Денситометрия хрусталика**

Качанов А.Б. изучил денситометрические показатели роговицы и хрусталика, полученные с помощью системы «Pentacam» на здоровых глазах пациентов с миопией, а, также, до и после эксимерной лазерной рефракционной хирургии [36]. В литературе не встречается данных об использовании денситометрии хрусталика и ЗКХ для оценки степени его прозрачности до и после воздействия ИАГ-лазерного импульса. Данный метод может быть использован для контроля безопасности ИАГ-лазерного витреолизиса.

Таким образом, недостаточно изучена возможность применения комплексного офтальмологического обследования пациентов с целью количественной оценки помутнений стекловидного тела для персонализированного лечения пациентов, индивидуального подбора лазерной энергии при проведении ИАГ-лазерного витреолизиса с целью повышения его эффективности и безопасности выполнения процедуры.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Характеристика групп обследованных пациентов

Исследование проведено в Клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России. В соответствии с поставленными задачами были обследованы 318 пациентов (318 глаз), которые составили 2 группы. В первую группу вошли 158 пациентов (158 глаз) с первичными помутнениями стекловидного тела (ПСТ) – контрольная группа. В контрольной группе проводилась комплексная диагностика и выполнялась стандартная технология ИАГ-лазерного витреолизиса ПСТ. Во вторую группу вошли 160 пациентов (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела, которые сформировали основную группу. В основной группе у пациентов для регистрации ПСТ применяли разработанный фотооптический метод в комплексной диагностике до и после применения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, а также при проведении последующего мониторинга и оценки эффективности лечения. Возраст пациентов был от 20-ти до 88-и лет. Средний возраст составлял  $57,9 \pm 11,8$  лет ( $M \pm \sigma$ ).

Характеристика обследованных групп представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика обследованных групп

№	Группы	Количество глаз
1.	1-я группа (контрольная) – пациенты с помутнениями стекловидного тела при применении стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса ПСТ	158
2.	2-я группа (основная) – пациенты с помутнениями стекловидного тела при применении фотооптического метода и оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса ПСТ	160
3	Итого:	318



Все пациенты были информированы о проводимом исследовании и дали письменное добровольное согласие на диагностическое обследование, лечение и обработку персональных данных.

Критерии включения пациентов в группы исследования: жалобы пациента на длительно существующие (более 3 месяцев) плавающие помутнения, влияющие на качество зрения; наличие ПСТ на расстоянии более 3 мм от сетчатки и задней капсулы хрусталика, хорошая визуализация помутнения врачом, умеренная смещаемость помутнения при движении глазного яблока, отсутствие факторов риска развития отслойки сетчатки, в том числе после периферической лазеркоагуляции сетчатки. Наличие задней отслойки стекловидного тела имело важное значение, но не влияло на критерии отбора пациента для ИАГ-лазерного витреолизиса. От момента появления фотопсии и ППСТ по данным анамнеза пациента, должно пройти не менее 3-х месяцев.

Критериями исключения пациентов из исследования были воспалительные заболевания переднего и заднего отрезка глаза, отслойка сетчатки, сосудистые заболевания сетчатки, наличие помутнений роговицы, в том числе и кератотомические рубцы, помутнения хрусталика и факосклероз, затрудняющий фокусировку лазерной установки, наличие помутнений стекловидного тела на расстоянии менее 3 мм от сетчатки и задней капсулы хрусталика, наличие периферической витреохориоретинальной дистрофии с факторами риска развития отслойки сетчатки.

***1-я группа (контрольная) – пациенты с помутнениями стекловидного тела до и после комплексного офтальмологического обследования и применения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.***

В контрольную группу были включены 158 пациентов с помутнениями стекловидного тела (158 глаз). Данная группа была выделена для проведения сравнительного анализа с результатами обследования, лечения и наблюдения

пациентов основной группы. Средний возраст пациентов в контрольной группе составил  $57,2 \pm 12,5$  лет, ( $M \pm \sigma$ ).

***2-я группа (основная) – пациенты с помутнениями стекловидного тела до и после комплексного офтальмологического обследования с применением фотооптического метода и оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса ПСТ.***

Во 2-ю группу были включены 160 пациентов с помутнениями стекловидного тела (160 глаз). Средний возраст пациентов в основной группе составил  $58,5 \pm 11,6$  лет ( $M \pm \sigma$ ).

Сравнительная характеристика контрольной и основной групп представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика контрольной и основной групп (318 глаз),  $M \pm \sigma$

<i>Показатели</i>	<i>Контрольная</i>	<i>Основная</i>	<i>Итого</i>
Количество глаз	158	160	318
Возраст, лет	$57,2 \pm 12,5$	$58,5 \pm 11,6$	$57,9 \pm 11,8$
Пол (м/ж)	68/90	67/93	135/183

Различие между средними значениями возраста пациентов, а также по гендерному признаку между 1-ой и 2-ой группами, было статистически недостоверным, что указывает на их однородность.

Все пациенты 1-ой и 2-ой групп с помутнениями стекловидного тела (318 глаз) были разделены также в зависимости от формы помутнения (Таблица 3): точки (73 глаза; 23%), пятна (92 глаза; 28,9%), кольцо, полукольцо (77 глаз; 24,2%) и тяжи (76 глаз; 23,9%). Для выделения форм учитывали площадь помутнений: при точечном помутнении его площадь не превышала  $0,5 \text{ мм}^2$ , при помутнении в виде пятна – свыше  $0,5 \text{ мм}^2$ .

В таблице 3 представлена характеристика помутнений стекловидного тела у пациентов 1-й и 2-й групп. Из таблицы 3 видно, что контрольная и

основная группы были сопоставимы по распределению формы помутнений стекловидного тела. Наиболее редкой причиной обращения пациентов для выполнения ИАГ- лазерного витреолизиса являются помутнения в виде точек.

Наиболее частой причиной обращений пациентов и последующего проведения лечения являются помутнения стекловидного тела с наличием пятна, полукольца, кольца или тяжа, оказывающие более выраженное влияние на качество зрения пациента.

Таблица 3 - Характеристика помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной и основной групп

№	Группы	Форма помутнений	Количество глаз	%
1.	1-я группа (контрольная)	Точки	37	23,4
		Пятна	44	27,9
		Кольцо, полукольцо	38	24
		Тяж	39	24,7
Итого по 1-ой группе			158	100%
2.	2-я группа (основная)	Точки	36	22,5
		Пятна	48	30
		Кольцо, полукольцо	39	24,4
		Тяж	37	23,1
Итого по 2-ой группе			160	100%

Обследования пациентов проводили до и после ИАГ-лазерного витреолизиса: первые сутки после операции и через 1 месяц после каждого сеанса лечения (количество сеансов от 1 до 5), а также через 3, 6 и 12 месяцев. Срок наблюдения составил от 1 года до 3 лет.

## 2.2. Клинические методы исследования

У всех обследуемых проводилось комплексное офтальмологическое обследование: визометрия, рефрактометрия, офтальмобиомикроскопия, сканирующая офтальмоскопия, микропериметрия, пахиметрия, ультразвуковая биометрия, тонометрия, тонография, денситометрия, ультразвуковая биомикроскопия глазного яблока, исследование слезной жидкости на интерлейкины 1 и 8.

Исследование остроты зрения выполнялось по общепринятой методике с использованием проектора знаков «Reichert AP-250» (Reichert Inc., США), проводилось измерение некорректируемой (НКОЗ) и максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ).

Исследование клинической рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии выполнялось с использованием авторефрактометра «Canon RK-F1» (Canon, Япония).

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

Цветную фоторегистрацию помутнений стекловидного тела выполняли на приборе «Canon-CX 1», Canon, Япония. Фотографии помутнений стекловидного тела у пациентов в дальнейшем сравнивали по информативности с результатами фоторегистрации, полученными на сканирующем лазерном офтальмоскопе (F-10, Nidek, Япония).



Рисунок 1 - Фундус-камера «Canon-CX 1», Canon, Япония

Сканирующая офтальмоскопия проводилась для характеристики помутнения: определения площади и интенсивности помутнения стекловидного тела. Обследование глазного дна выполнялось на сканирующем лазерном офтальмоскопе (F-10, Nidek, Япония).



Рисунок 2 - Сканирующий лазерный офтальмоскоп F-10, Nidek, Япония

Основной принцип работы сканирующего офтальмоскопа основан на точечном лазерном сканировании сетчатки и регистрации отражённого или поглощённого излучения от лазерных источников с разной длиной волны. В данном приборе реализована возможность исследования сетчатки четырьмя

лазерными источниками – синий лазер (490 нм), зелёный лазер (532 нм), красный лазер (660 нм) и инфракрасный лазер (790 нм). В исследовании применялся инфракрасный лазер (790 нм). В режиме реального времени выполнялось несколько снимков с интервалом 0,5-1 сек в количестве, требуемом для оценки подвижности и площади помутнения стекловидного тела, его проекции на линии взора.

Для оценки светочувствительности сетчатки у всех пациентов до и после ИАГ-лазерного витреолизиса выполняли микропериметрию на фундус-микропериметре МАІА (CenterVue, Италия). Микропериметрия позволяла оценить порог светочувствительности сетчатки в конкретной точке макулярной или парамакулярной зон, с отображением этих данных на инфракрасном снимке глазного дна, определить точку или точки фиксации. Важной особенностью современной микропериметрии является использование микропериметрами технологии лазерного сканирующего офтальмоскопа, конфокальной оптики и ретинального трекинга, которые позволяют наблюдать за сетчаткой в реальном времени в процессе функционального исследования и проецировать световой стимул на строго заданную точку сетчатки, что позволяет использовать её также и при помутнениях стекловидного тела (рисунок 3).



Рисунок 3 - Микропериметр МАІА, CenterVue, Италия

Определение оптической плотности хрусталика и его капсулы в относительных единицах проводилось с помощью денситометрии (WaveLight Oculyzer II, Германия). Исследование выполнялось в условиях медикаментозного мидриаза с целью захвата большей площади хрусталика для оценки параметров плотности и прозрачности. У пациентов определяли среднее значение оптической плотности, которое имеет положительную корреляционную связь со степенью плотности ядра хрусталика, оцененной при биомикроскопии. Денситометрию проводили у пациентов до и через сутки после ИАГ-лазерного витреолизиса для оценки безопасности воздействия на хрусталик.

Измерение толщины роговицы в центральной оптической зоне и переднезаднего размера (ПЗО) глазного яблока проводилось с использованием оптического биометра OA-2000 Tomey, Германия-Япония (рисунок 5).

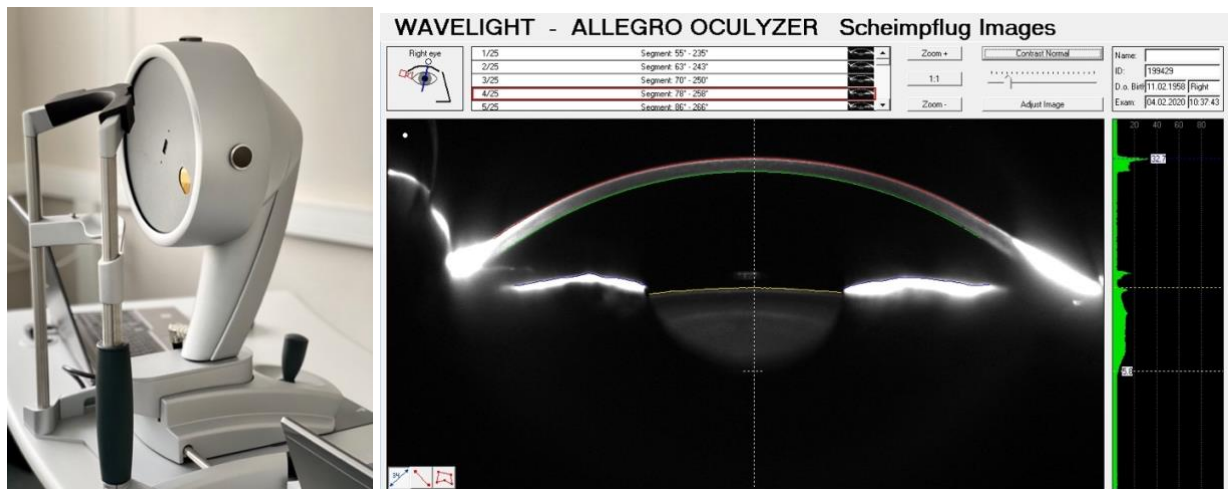


Рисунок 4 - Проведение денситометрии у пациента на устройстве WaveLight Oculyzer II, Германия



Рисунок 5 - Проведение оптической биометрии у пациента на приборе  
ОА-2000 Tomey (Германия-Япония)

Ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) глазного яблока проводилась на приборе В scan plus UBM, Accutome, (США) с датчиком 35 и 50 МГц. Ультразвуковая биомикроскопия – это метод высокоточного ультразвукового исследования переднего отрезка глазного яблока, позволяющий исследовать передний отрезок глаза, в том числе недоступные отделы глазного яблока на микроструктурном уровне: угол передней камеры, заднюю камеру, структуру радужной оболочки, цилиарное тело, хрусталик, состояние связочного аппарата хрусталика и ретрохрусталиковое пространство.



А

Б

Рисунок 6 - УБМ глазного яблока на приборе В scan plus UBM, Accutome,  
(США)



Ультразвуковое В-сканирование глазного яблока у пациентов проводилось на приборе AVISO, Quantel Medical (Франция) с датчиком 10 МГц и с максимальной мощностью 0,208 мВт. В современных ультразвуковых приборах имеется индикация уровня излучаемой мощности относительно максимально возможной (в процентах или в децибелах) и есть возможность контроля уровня мощности с помощью регулятора, на котором указан относительный уровень. Децибел — это логарифм соотношения двух величин. Эта относительная величина, которая показывает во сколько одно значение больше или меньше другого (базового) и определяется как десятичный логарифм отношения двух мощностей:  $G \text{ (дБ)} = 10 * \log P_1/P_2$ , где G - усиление или ослабление сигнала,  $P_1$  и  $P_2$  - мощность сигнала.



Рисунок 7 - Определение акустической плотности помутнений стекловидного тела (ПСТ) у пациента на приборе AVISO, Quantel Medical (Франция)

С помощью прибора AVISO, Quantel Medical (Франция) с датчиком 10 МГц определялась акустическая плотность помутнений стекловидного тела (ПСТ). Исследование проводилось при мощности ультразвука 101 дБ, что позволяло визуализировать не только склеру и сетчатку, но также деструкцию стекловидного тела. Максимальная мощность датчика при В-сканировании составляла 0,208 мВт при частоте 10 МГц, что соответствовало 101 дБ.

Для определения акустической плотности ПСТ уменьшали величину мощности ультразвука до исчезновения визуализации помутнений.

Акустическую плотность ПСТ определяли как разницу между мощностью ультразвука при исследовании (101 дБ) и величиной мощности ультразвука при исчезновении визуализации помутнений. Расстояние от помутнения до сетчатки, задней капсулы хрусталика и роговицы определяли также на AVISO, Quantel Medical (Франция).

С целью оценки влияния ИАГ-лазерного витреолизиса на показатели гидродинамики глаза у пациентов выполняли тонографию на приборе Глаутест-60 (Россия). Данный метод позволял определить основные показатели гидродинамики глаза: коэффициент легкости оттока ( $C$ , мм<sup>3</sup>/мм рт. ст.×мин), минутный объем водянистой влаги ( $F$ , мм<sup>3</sup>/мин), уровень истинного внутриглазного давления ( $P_0$ , мм рт. ст.).

Для оценки безопасности при ИАГ-лазерного витреолизиса проводили исследование слезной жидкости на интерлейкины 1 и 8. Исследования проводили до и после операции. Для забора слезной жидкости был использован одноканальный пипеточный дозатор. Слезу собирали из нижнего конъюнктивального мешка в стерильные пробирки в объеме 100 мкл за 20 мин до операции и на всех сроках наблюдения. Предварительную анестезию конъюнктивы и глазного яблока не проводили. Химические вещества, стимулирующие слезоотделение, не применяли. Биологический материал исследовали на уровень интерлейкинов 1 и 8 с помощью иммуноферментного анализатора Infinite F50 (Tecan, Австрия).

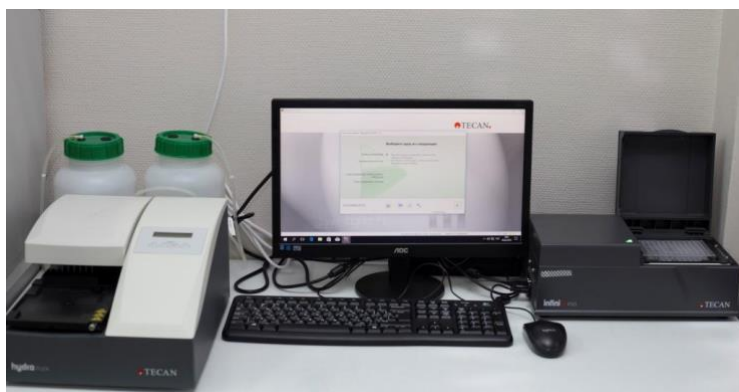


Рисунок 8 - Иммуноферментный анализатор Infinite F50 (Tecan, Австрия)

### 2.3. Стандартная методика выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса

В условиях медикаментозного мидриаза на роговицу пациента под местной инстилляционной анестезией устанавливалась контактная линза, в зависимости от локализации плавающих помутнений стекловидного тела: «Reuman 18 mm» (Ocular, США) – для ППСТ в передней трети витреальной полости, «Karickhoff 23» (Ocular, США) – для помутнений стекловидного тела в средней трети витреальной полости, «Karickhoff 25 mm Off-Axis» (Ocular, США) – для помутнений стекловидного тела в задней трети витреальной полости, а также не центрально расположенных помутнений стекловидного тела относительно зрительной оси.



Рисунок 9 - Выполнение YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациента

ИАГ-лазерный витреолизис выполнялся на приборе «Ultra Q Reflex» (Ellex, Австралия) с техническими параметрами: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 8 мкм, длительность импульса 4 нс. Подбор энергии в стандартной методике проводился с учётом положения плавающих помутнений стекловидного тела: в передней трети витреальной полости - 2,0-3,0 мДж, в средней трети витреальной полости - 3,5-5,0 мДж и в задней трети

витреальной полости до 7,5 мДж. За один сеанс ИАГ-лазерного витреолизиса производилось от 30 до 150 импульсов с энергией от 2 до 7,5 мДж (Karickhoff J. R., 2005) [94].

#### **2.4. Методы статистической обработки полученных результатов**

Полученные в результате проведенных исследований цифровые значения рефракции, тонометрии, тонографии, результаты микропериметрии, площадь и акустическая плотность плавающих помутнений стекловидного тела, индекс интенсивности затемнения обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0, компании StatSoft, Inc. Для оценки достоверности различия между средними значениями ( $M \pm \sigma$ ) рассчитывался доверительный коэффициент Стьюдента ( $t$ ) и, при его величине от 2,0 и выше и показателе достоверности различия ( $p$ ) менее 0,05 ( $p < 0,05$ ), различие расценивалось как статистически значимое. Для изучения взаимосвязи между исследуемыми показателями проводили корреляционный анализ.

### **ГЛАВА 3. ФОТООПТИЧЕСКИЙ И АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ В ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИАГ-ЛАЗЕРНОГО ВИТРЕОЛИЗИСА ПОМУТНЕНИЙ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА**

Целью данной главы является повышение эффективности лечения помутнений стекловидного тела путем разработки фотооптического метода для оптимизации и эффективности технологии ИАГ-лазерного витреолизиса с подбором энергии лазерного импульса по акустической плотности помутнения.

Для достижения поставленной цели на основе клинических исследований было нужно разработать объективный способ визуализации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнений и интенсивности затемнения сетчатки, а также комплексного анализа акустической плотности по данным ультразвукового исследования для персонализированного подбора энергии при выполнении ИАГ-лазерного витреолизиса с последующей оценкой эффективности лечения и решением вопроса о необходимости выполнения повторных сеансов лечения у пациента.

#### **3.1. Разработка объективного способа визуализации помутнений стекловидного тела на основе анализа данных фотооптического метода**

Для повышения эффективности лечения плавающих помутнений стекловидного тела нужно было разработать способ визуализации помутнений стекловидного тела с возможностью их количественного анализа: с оценкой площади помутнений и интенсивности затемнения сетчатки. Решение данной задачи стало возможным путем использования сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония). Данный способ визуализации помутнений стекловидного тела основан на их фоторегистрации в инфракрасном режиме на фоне глазного дна. Фоторегистрация проводилась при помощи лазерной сканирующей офтальмоскопии в инфракрасном режиме длиной волны 790 нм с оценкой

расположения и площади помутнений. По результатам фоторегистрации определялась площадь помутнения и оценивалась степень затемнения сетчатки. Для оценки степени затемнения сетчатки проводился колориметрический анализ по шкале яркости фона глазного дна и среднего цвета выбранных зон площади помутнения в графическом редакторе. Показатель затемнения (dimming factor – DF) определялся как разница между яркостью цвета фона глазного дна ( $L_{\text{фона}}$ ) в диапазоне от белого до черного и яркостью среднего цвета выбранных зон площади помутнения ( $L_{\text{помутнения}}$ ):

$$DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}}. \quad (1)$$

Далее осуществлялся расчет индекса интенсивности затемнения ( $\text{Index}_{DF}$ ) как произведение полученного показателя затемнения (DF) на площадь помутнений стекловидного тела

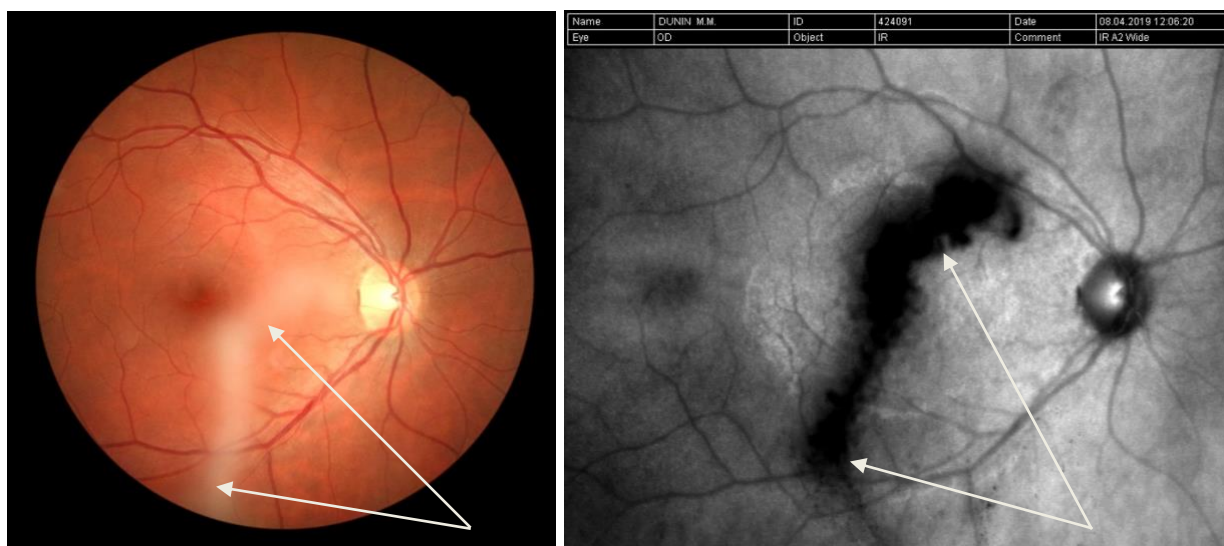
$$(S): \text{Index}_{DF} = DF \times S. \quad (2)$$

Данный фотооптический метод оценки помутнений стекловидного тела применялся у пациентов контрольной и основной групп до и после проведения YAG – лазерного витреолизиса (патент РФ на изобретение №2674926 «Способ оценки эффективности витреолизиса помутнений стекловидного тела» от 01.02.2018 г.) После выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела повторное применение фотооптического метода для оценки эффективности процедуры и необходимости проведения повторного этапа лечения осуществляли только у пациентов основной группы.

На рисунке 10 представлена цветная фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, с плавающим помутнением в стекловидном теле, выполненная на фундус-камере (рис. 10 А) и с использованием сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10, Япония (рис. 10 Б). Помутнение стекловидного тела обозначено стрелками. Если на цветной фотографии (рис. 10 А) плавающее помутнение визуализируется в виде светло-серого полупрозрачного тяжа, то на фотографии в инфракрасном режиме (рис. 10 Б) определяется плавающее помутнение черного цвета с более четкими границами и лучшей детализацией. Возможности сканирующего

лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 (Япония) позволяют определить площадь помутнения, а колориметрический анализ – оценить степень затемнения сетчатки, вызванного помутнением стекловидного тела, относительно окружающего фона. Так, площадь помутнения составила  $9,04 \text{ мм}^2$ . По данным колориметрического анализа, при яркости фона 57 и яркости объекта 4, показатель затемнения (DF) составил  $DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}} = 57 - 4 = 53$ . Далее, был определен индекс интенсивности затемнения:

$$\text{Index}_{DF} = DF \times S = 9,04 \times 53 = 479,23.$$



А цветная фотография

Б – фотография глазного дна в инфракрасном режиме

Рисунок 10 - Фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, с плавающим помутнением в стекловидном теле

На рисунке 11 А, Б представлена цветная фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28 лет, выполненная на фундус-камере (рис. 11 А) после выполнения второго этапа ИАГ-лазерного витреолизиса плавающего помутнения стекловидного тела, а также с использованием сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10, Япония (рис. 11 Б). Помутнение стекловидного тела обозначено стрелками. Применение сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10

(Япония) после второго этапа ИАГ-лазерного витреолизиса позволило определить, что площадь плавающего помутнения уменьшилась в 2,3 раза – до 3,89 мм<sup>2</sup>. По данным колориметрического анализа яркость фона составила 54, а яркость объекта - 29. Как следствие, показатель затемнения (DF) стал равен 25, а индекс интенсивности затемнения Index<sub>DF</sub> уменьшился в 4,9 раза и стал равен 97,25.

В отличие от цветной фотографии фотооптический метод с использованием сканирующего лазерного офтальмоскопа и лазерного ангиографа NIDEK F-10 позволяет количественно определить площадь помутнения, показатель затемнения (DF) и индекс интенсивности затемнения (Index<sub>DF</sub>), а также проанализировать изменение данных показателей после выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.



А – цветная фотография

Б – фотография глазного дна в инфракрасном режиме

Рисунок 11 А, Б - Фотография глазного дна правого глаза пациента Д., 28лет, после ИАГ-лазерного витреолизиса плавающего помутнения стекловидного тела

Все пациенты 1-ой и 2-ой групп с помутнениями стекловидного тела (318 глаз) были разделены также в зависимости от форм помутнений (Таблица 4): точки (73 глаза; 23%), пятна (92 глаза; 28,9%), кольца, полукольца (77 глаз; 24,2%) и тяжи (76 глаз; 23,9%). Для выделения форм учитывали площадь



помутнений: при точечном помутнении его площадь не превышала 0,5 мм<sup>2</sup>, при помутнении в виде пятна – свыше 0,5 мм<sup>2</sup>.

В таблице 4 представлена характеристика помутнений стекловидного тела у пациентов 1-й и 2-й групп. Из таблицы 4 видно, что контрольная и основная группы были сопоставимы по распределению форм помутнений стекловидного тела. Наиболее редкой причиной обращения пациентов для выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса являются помутнения в виде точек.

Таблица 4 - Характеристика помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной и основной групп

№	Группы	Форма помутнений	Количество глаз	%
1.	1-я группа (контрольная)	Точки	37	23,4
		Пятна	44	27,9
		Кольцо, полукольцо	38	24
		Тяж	39	24,7
Итого по 1-ой группе			158	100%
2.	2-я группа (основная)	Точки	36	22,5
		Пятна	48	30
		Кольцо, полукольцо	39	24,4
		Тяж	37	23,1
Итого по 2-ой группе			160	100%

Наиболее частой причиной обращений пациентов и последующего проведения лечения являются помутнения стекловидного тела с наличием пятна, полукольца, кольца или тяжа, оказывающие более выраженное влияние на качество зрения пациента.

Обследования пациентов проводили до и после ИАГ-лазерного витреолизиса: первые сутки после операции и через 1 месяц после каждого сеанса лечения (количество сеансов от 1 до 3), а также через 3, 6 и 12 месяцев. Срок наблюдения составил от 1 года до 2 лет.

Влияние форм помутнений стекловидного тела на результаты фотооптического метода у пациентов основной и контрольной групп представлено в таблице 5.

Таблица 5 - Результаты фотооптического метода у пациентов основной и контрольной групп (318 глаз) в зависимости от форм помутнений стекловидного тела,  $M \pm \sigma$

Показатели формы помутнений	Площадь помутнений $S, \text{мм}^2$	Яркость фона, $L_{\text{фона}}$	Яркость объекта, $L_{\text{помутнения}}$	Показатель затемнения DF	Индекс интенсивности затемнения, $\text{Index}_{\text{DF}}$
Точки	$0,29 \pm 0,11$	$44,8 \pm 34,7$	$15,8 \pm 29,7$	$29,1 \pm 12,1$	$8,3 \pm 4,2$
Пятна	$2,1 \pm 2,9$	$36,1 \pm 20$	$7,9 \pm 7,4$	$28,2 \pm 15,8$	$51,4 \pm 49,9$
Тяж	$2,4 \pm 2,5$	$37,4 \pm 17,7$	$13 \pm 13,9$	$24,4 \pm 14,5$	$75,3 \pm 152$
Кольцо, полукольцо	$5,9 \pm 10,4$	$30,4 \pm 15,6$	$9,3 \pm 7,1$	$22 \pm 12,5$	$99,7 \pm 128,8$

Из таблицы 5 видно, что наибольшие значения площади помутнения стекловидного тела и индекса интенсивности затемнения сетчатки по данным фотооптического метода отмечались у пациентов при форме помутнения в виде кольца (полукольца), затем тяжа, пятна, а наименьшие - в виде точек. При этом, наиболее разнообразными по площади помутнений и индексу интенсивности затемнения сетчатки были помутнения стекловидного тела в виде тяжа и кольца (полукольца). Различие между средними значениями помутнений стекловидного тела в виде точек и пятен по площади и индексу интенсивности затемнения  $\text{Index}_{\text{DF}}$  было статистически достоверным ( $t = 7,4$ ;  $p = 0,001$  и  $t = 10,7$ ;  $p = 0,001$ , соответственно). Различие между данными

показателями при сравнении форм помутнений в виде пятна и тяжа было статистически недостоверным ( $p > 0,05$ ).

Достоверные различия между средними значениями площади помутнений и  $Index_{DF}$  отмечались при сравнении форм помутнений стекловидного тела в виде пятна и кольца ( $t = 4,4$ ;  $p = 0,001$  и  $t = 4,39$ ;  $p = 0,001$ , соответственно). Различие между средними значениями индекса интенсивности затемнения  $Index_{DF}$  при сравнении форм помутнений стекловидного тела в виде тяжа и кольца было статистически недостоверным ( $p > 0,05$ ), что было связано с более выраженным их разнообразием по площади помутнений и степени затемнения сетчатки.

В таблице 6 представлены средние значения показателей микропериметрии и фотооптического метода у пациентов контрольной и основной групп с помутнениями стекловидного тела.

Таблица 6 - Средние значения показателей микропериметрии и фотооптического метода у пациентов основной и контрольной групп с помутнениями стекловидного тела, 318 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели группы	Светочувствительность сетчатки, дБ	Фиксация взора, %	Площадь помутнений, S, мм <sup>2</sup>	Индекс интенсивности затемнения, $Index_{DF}$
Основная группа, 160 глаз	$26,1 \pm 2,6$	$96,7 \pm 4,7$	$1,96 \pm 3,2$	$58,8 \pm 103,8$
Контрольная группа, 158 глаз	$26,1 \pm 2,2$	$96,9 \pm 3,9$	$1,58 \pm 1,6$	$44,2 \pm 53,6$

Различие между средними значениями в группах по светочувствительности сетчатки, фиксации взора, площади помутнений стекловидного тела и индексу интенсивности затемнения сетчатки были статистически недостоверны ( $p < 0,05$ ), что указывает на однородность контрольной и основной групп по данным показателям.

Зависимость светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии от площади помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной и основной групп (318 глаз) представлена на рисунке 12.

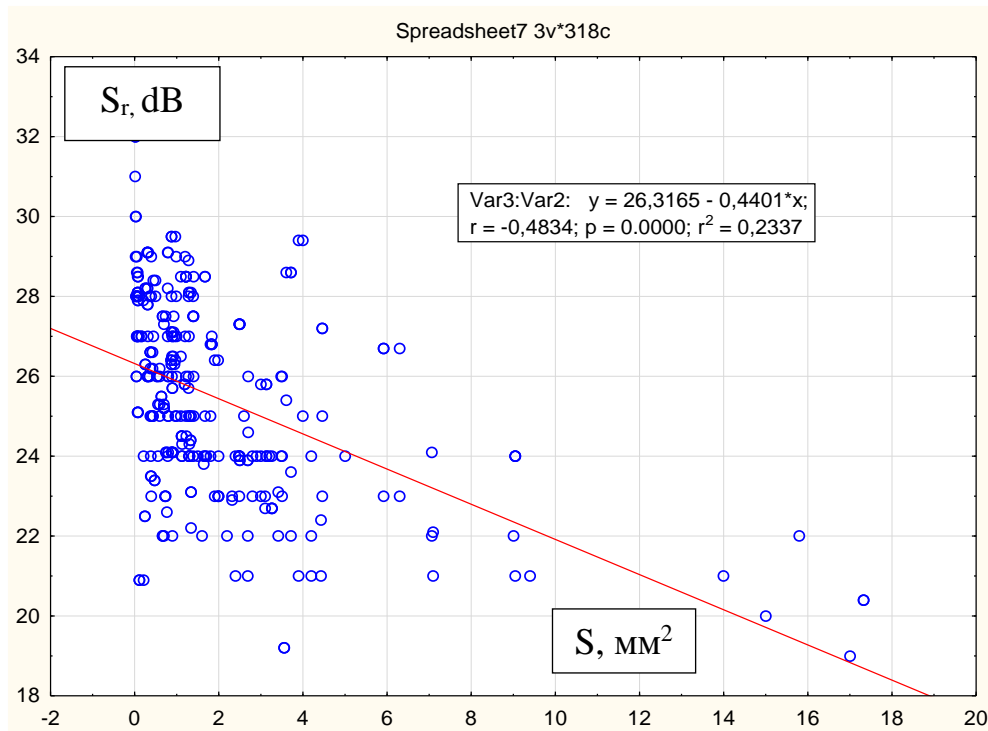


Рисунок 12 - Зависимость светочувствительности сетчатки от площади помутнений стекловидного тела у пациентов с помутнениями стекловидного тела

Зависимость между светочувствительностью сетчатки и площадью помутнений стекловидного тела характеризовалось формулой:

$$S_r = 26,32 - 0,44 \times S, \quad (3)$$

где  $S_r$  – светочувствительность сетчатки,

$S$  – площадь помутнений стекловидного тела.

Между данными показателями отмечалась обратная корреляционная зависимость. С увеличением площади помутнений стекловидного тела по данным микропериметрии отмечалось снижение светочувствительности сетчатки. Коэффициент корреляции равен  $r_{x/y} = -0,48$  ( $p = 0,0001$ ).

Зависимость между светочувствительностью сетчатки по данным микропериметрии от индекса интенсивности затемнения сетчатки ( $Index_{DF}$ ) по

данным фотооптического метода у пациентов основной и контрольной групп (318 глаз) представлена на рисунке 13 и характеризовалась формулой:

$$S_r = 26 - 0,01 \times \text{Index}_{DF}, \quad (4)$$

где  $S_r$  – светочувствительность сетчатки,

$\text{Index}_{DF}$  – индекс интенсивности затемнения сетчатки помутнением стекловидного тела. Между данными показателями отмечалась обратная корреляционная зависимость. С увеличением величины индекса интенсивности затемнения сетчатки у пациентов снижалась светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии (рисунок 13). Коэффициент корреляции равен  $r_{x/y} = -0,397$  ( $p = 0,0001$ ).

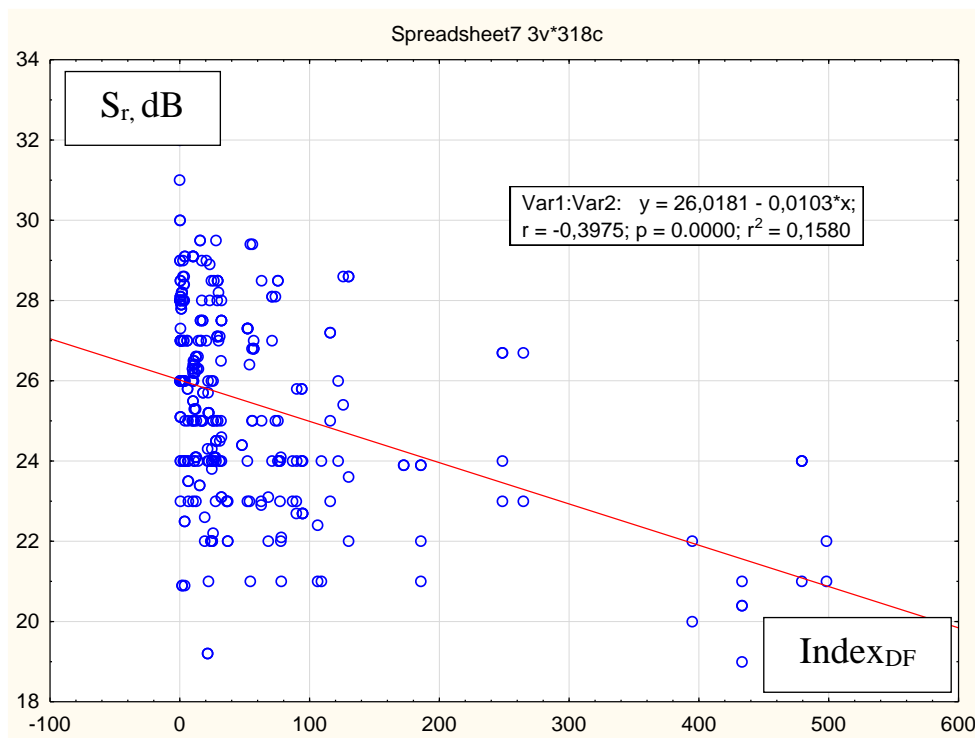


Рисунок 13 - Зависимость индекса интенсивности затемнения сетчатки  $\text{Index}_{DF}$  у пациентов с помутнениями стекловидного тела от светочувствительности сетчатки ( $S_r$ )

Таким образом, с целью повышения эффективности лечения пациентов с помутнениями стекловидного тела был разработан объективный способ визуализации помутнений - фотооптический метод, который позволил количественно определить площадь помутнений, показатель затемнения (DF)

и индекс интенсивности затемнения ( $\text{Index}_{\text{DF}}$ ) сетчатки. Данные объективные количественные показатели были использованы при мониторинге пациентов до и после ИАГ-лазерного витреолизиса ПСТ, а также при оценке эффективности выполненной лазерной операции.

### **3.2. Разработка акустического метода при обследовании пациентов с помутнениями стекловидного тела**

Для повышения эффективности лечения пациентов с помутнениями стекловидного тела необходимо было разработать способ определения плотности ПСТ, а также оценить влияние глубины их расположения относительно задней поверхности хрусталика на подбор необходимого минимального уровня лазерной энергии для проведения ИАГ-лазерного витреолизиса.

Основными задачами данной части работы стало определение локализации и акустической плотности плавающих помутнений стекловидного тела у пациентов, а также исследование влияния данных параметров на величину подбора лазерной энергии.

У пациентов контрольной группы (158 глаз) помутнения стекловидного тела располагались на 85 глазах (53,8%) в средней трети стекловидного тела, а на 73 глазах (46,2%) – в задней трети стекловидного тела. Среднее значение расположения помутнений в стекловидном теле от задней поверхности хрусталика составляло  $13,2 \pm 2,1$  мм, (от 9,4 мм до 18,9 мм),  $M \pm \sigma$ .

У пациентов основной группы (160 глаз) помутнения располагались на 83 глазах (51,9%) в средней трети стекловидного тела, а на 77 глазах (48,1%) - в задней трети стекловидного тела. Среднее значение расположения помутнений в стекловидном теле от задней поверхности хрусталика составляло  $13,4 \pm 1,98$  мм,  $M \pm \sigma$  (от 9,5 мм до 19,5 мм). Различия по глубине расположения между группами было статистически недостоверным ( $t=0,87$ ;  $p>0,05$ ), что указывало на их однородность по данному показателю.

В таблице 7 представлены значения глубины расположения помутнений стекловидного тела относительно роговицы, задней поверхности хрусталика и сетчатки у пациентов контрольной и основной групп.

Таблица 7 - Значения глубины расположения помутнений стекловидного тела относительно роговицы, задней поверхности хрусталика и сетчатки у пациентов контрольной и основной групп, 318 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели	$M \pm \sigma$	Min	Max
Группа	Контрольная		
Глубина расположения ПСТ от роговицы, мм	$20,2 \pm 1,9$	16,3	26,1
Глубина расположения ПСТ от хрусталика, мм	$13,2 \pm 2,1$	9,4	18,9
Глубина расположения ПСТ от сетчатки, мм	$5,1 \pm 1,2$	3,4	9,8
Группа	Основная		
Глубина расположения ПСТ от роговицы, мм	$20,5 \pm 2,1$	16,5	26,5
Глубина расположения ПСТ от хрусталика, мм	$13,4 \pm 1,98$	9,5	19,5
Глубина расположения ПСТ от сетчатки, мм	$4,8 \pm 1,27$	3,2	9,7

Минимальное расстояние от ПСТ до сетчатки в обеих группах превышало 3 мм, что соответствовало основному критерию отбора пациентов для выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса.

В таблице 8 представлены значения акустической плотности помутнений стекловидного тела в зависимости от их формы у пациентов контрольной группы.

Различия между средними значениями акустической плотности при различных формах помутнений стекловидного тела статистически недостоверны ( $p < 0,05$ ).

Таблица 8 - Значения акустической плотности в зависимости от формы помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы, 158 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели формы помутнений	Среднее значение акустической плотности, дБ, $M \pm \sigma$	Min	Max
Точки	$22,4 \pm 6,9$	12	36
Пятна	$23,4 \pm 9,6$	8	41
Тяж	$24 \pm 7,3$	10	38
Кольцо, полукольцо	$22,8 \pm 7,2$	8	36

В таблице 9 представлены значения акустической плотности помутнений стекловидного тела в зависимости от их формы у пациентов основной группы.

Таблица 9 – Средние значения акустической плотности в зависимости от формы помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы, 160 глаз

Показатели формы помутнений	Среднее значение акустической плотности, дБ, $M \pm \sigma$	Min	Max
Точки	$22,7 \pm 7,2$	10	35
Пятна	$24,2 \pm 9,4$	7	42
Тяж	$24,8 \pm 8,2$	8	40
Кольцо, полукольцо	$24,1 \pm 7,8$	9	39



Различия между средними значениями акустической плотности при различных формах помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы были также статистически недостоверны ( $p < 0,05$ ).

Это означает, что у пациентов контрольной и основной групп отсутствовала зависимость между акустической плотностью и формой помутнения стекловидного тела. При точечных помутнениях стекловидного тела акустическая плотность варьировалась в диапазоне от 10 до 36 дБ. При формах помутнений стекловидного тела в виде пятна, тяжа и кольца - диапазон значений акустической плотности от минимальной до максимальной величин составлял от 7-9 дБ до 39-42 дБ.

Таким образом, исследование акустической плотности не позволило количественно оценить формы помутнений, но дополняло фотооптический метод не только оценкой плотности помутнений, но и глубиной их расположения относительно хрусталика. Данные показатели ультразвукового исследования учитывались при выполнении технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

### **3.3 Разработка хирургического этапа ИАГ-лазерного витреолизиса на основе подбора энергии лазерного импульса по данным ультразвукового исследования стекловидного тела**

Основной задачей данной части работы стало определение алгоритма подбора лазерной энергии на основе определения глубины расположения и акустической плотности помутнений стекловидного тела.

Для этого первоначально была исследована зависимость между минимальной лазерной энергией и глубиной расположения помутнений стекловидного тела у 50 пациентов (50 глаз) с помутнениями стекловидного тела основной группы (рисунок 14).

На основании корреляционного анализа достоверной зависимости у пациентов между глубиной расположения ПСТ и минимальной лазерной энергией при выполнении ИАГ-лазерного витреолизиса не установлено.

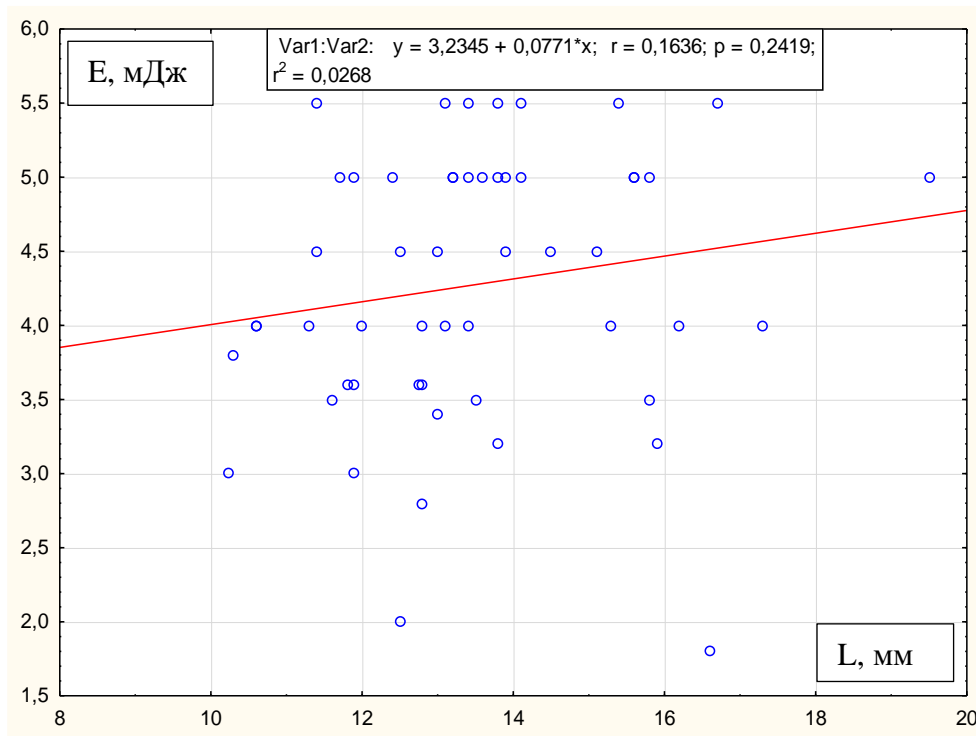


Рисунок 14 - Зависимость выбора лазерной энергии от глубины расположения помутнений стекловидного тела

Так, зависимость между глубиной расположения помутнений стекловидного тела от задней поверхности хрусталика и энергией при проведении лазерного витреолизиса определялась у данных пациентов по формуле:

$$E = 3,2345 + 0,771 * L, \quad (5)$$

где  $L$  – глубина расположения помутнений стекловидного тела, мм;  
 $E$  – величина лазерной энергии, мДж.

При этом коэффициент корреляции  $r_{x/y} = 0,16$  при  $p = 0,24 > 0,05$ , что указывает на отсутствие достоверной зависимости между минимальным уровнем лазерной энергии при выполнении ИАГ-лазерного витреолизиса и глубиной расположения ПСТ.

Для определения влияния глубины расположения помутнения стекловидного тела на величину лазерной энергии были выполнены также

вычисления интенсивности поглощения лазерной энергии в жидкой среде (воде) по закону Бугера-Ламберта-Бера – физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде. Лазерное излучение является высокомонохроматичным и когерентным.

Закон Бугера-Ламберта-Бера позволяет определить интенсивность лазерного излучения, ( $I$ ) прошедшего через среду по формуле:

$$I = I_0 * e^{(-k*L)}, \quad (6)$$

где  $I_0$  – исходный уровень интенсивности лазерного излучения,  $L$  – длина прохождения лазерного излучения в среде и  $k$  – коэффициент поглощения.

Тогда, интенсивность поглощенного лазерного излучения может быть определена по формуле:

$$I_{\text{погл}} = I_0 - I = I_0 * (1 - e^{(-k*L)}),$$

где  $I_0$  – исходный уровень интенсивности лазерного излучения,  $I$  – уровень интенсивности лазерного излучения при прохождении среды.

Исходя из полученных данных у пациентов основной группы, среднее расстояние от роговицы до ПСТ составляло  $20,5 \pm 2,1$  мм ( $M \pm \sigma$ ). Тогда минимальные и максимальные значения находились пределах  $2\sigma$  от среднего значения:  $20,5 \pm 4,2$  мм или  $2,05 \pm 0,42$  см.

Таким образом, если определить интенсивность поглощения лазерной энергии в двух точках среды на глубине среднего значения  $2,05$  см и максимального значения  $2,47$  см, можно будет определить между ними разность и оценить влияние глубины расположения ПСТ на уровень энергии при проведении лазерной процедуры. Тогда интенсивность поглощения лазерной энергии в первой точке будет определяться по формуле:

$I_{\text{погл } 1} = I_0 - I_1 = I_0 * (1 - e^{(-k*L_1)})$ , а интенсивность поглощения во второй точке по формуле:  $I_{\text{погл } 2} = I_0 - I_2 = I_0 * (1 - e^{(-k*L_2)})$ .

Тогда, разность поглощения лазерной энергии между двумя точками будет определяться по формуле:  $\Delta I_{\text{погл}} = I_{\text{погл } 2} - I_{\text{погл } 1} = I_0 * (e^{(-k*L_1)} - e^{(-k*L_2)})$ .

Учитывая, что для водной среды  $k = 0,1 \text{ см}^{-1}$  при  $\lambda = 1,064 \text{ мкм}$ , а первая точка находится на глубине  $L_1 = 2,05 \text{ см}$ , вторая точка на глубине  $L_2 = 2,47 \text{ см}$ , то  $\Delta I_{\text{погл}} = I_0 \cdot (0,81 - 0,78) = I_0 \cdot 0,03$ . Это означает, что разность в поглощении лазерной энергии между двумя точками будет составлять всего 3%.

Таким образом, разность поглощенной энергии в точке 1 и точке 2 составила всего 3% от исходного уровня энергии лазерного излучения, а поэтому оказывала слабое влияние на величину подбора лазерной энергии у пациентов основной группы, и следовательно, данным влиянием можно пренебречь.

Для разработки оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса была исследована также зависимость между минимальной лазерной энергией и акустической плотностью помутнений стекловидного тела у 50 пациентов (50 глаз) с помутнениями стекловидного тела основной группы (рисунок 15).

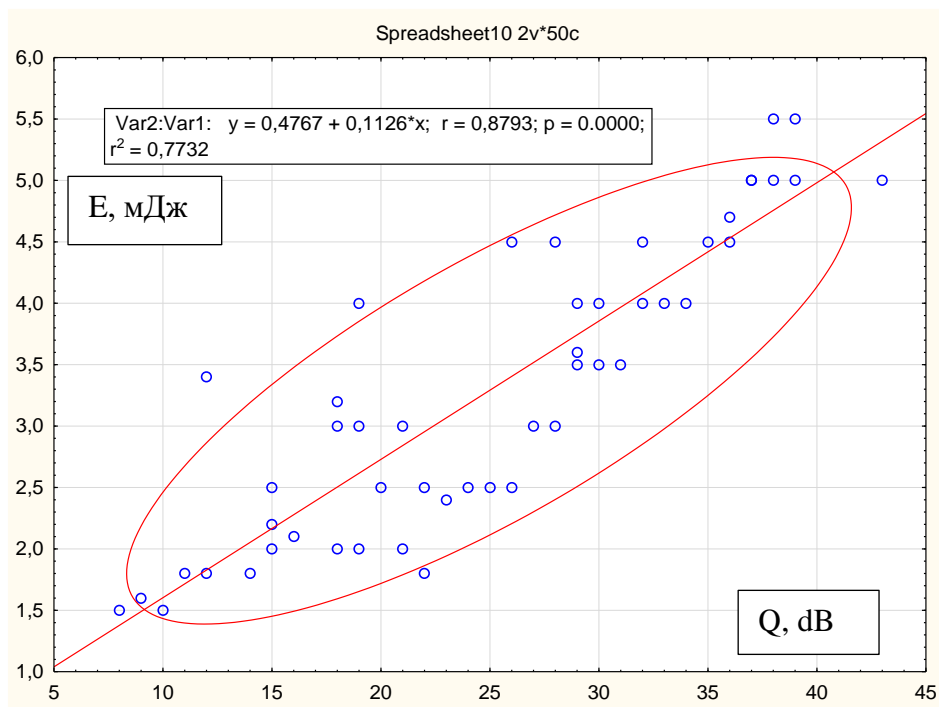


Рисунок 15 - Зависимость выбора лазерной энергии от акустической плотности помутнений стекловидного тела

Зависимость между плотностью помутнений стекловидного тела и энергией при проведении лазерного витреолизиса определялась у данных

пациентов по формуле:  $E=0,4767+0,1126*Q$ , (5)

где  $Q$  – акустическая плотность помутнений стекловидного тела,

$E$  – величина лазерной энергии.

Отмечалась прямая сильная корреляционная связь между акустической плотностью помутнений и энергией лазерного импульса. Коэффициент корреляции  $r_{x/y} = 0,89$  при  $p = 0,00001$ .

На основании полученной формулы была разработана таблица и способ подбора лазерной энергии с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела.

Таблица 10

Определение энергии минимального лазерного импульса с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела ( $Q$ )

<b>Q, дБ</b>	<b>E, мДж</b>	<b>Q, дБ</b>	<b>E, мДж</b>	<b>Q, дБ</b>	<b>E, мДж</b>	<b>Q, дБ</b>	<b>E, мДж</b>
<b>5</b>	1,1	<b>16</b>	2,3	<b>27</b>	3,5	<b>38</b>	4,8
<b>6</b>	1,2	<b>17</b>	2,4	<b>28</b>	3,6	<b>39</b>	4,9
<b>7</b>	1,3	<b>18</b>	2,5	<b>29</b>	3,7	<b>40</b>	5,0
<b>8</b>	1,4	<b>19</b>	2,6	<b>30</b>	3,9	<b>41</b>	5,1
<b>9</b>	1,5	<b>20</b>	2,7	<b>31</b>	4,0	<b>42</b>	5,2
<b>10</b>	1,6	<b>21</b>	2,8	<b>32</b>	4,1	<b>43</b>	5,3
<b>11</b>	1,7	<b>22</b>	3,0	<b>33</b>	4,2	<b>44</b>	5,4
<b>12</b>	1,8	<b>23</b>	3,1	<b>34</b>	4,3	<b>45</b>	5,5
<b>13</b>	1,9	<b>24</b>	3,2	<b>35</b>	4,4	<b>46</b>	5,7
<b>14</b>	2,1	<b>25</b>	3,3	<b>36</b>	4,5	<b>47</b>	5,8
<b>15</b>	2,2	<b>26</b>	3,4	<b>37</b>	4,6	<b>48</b>	5,9

В таблице 10 находятся слева: значения акустической плотности помутнения стекловидного тела, а справа: значения минимальной энергии лазерного импульса, необходимой для проведения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса на установке «Ultra Q Reflex» (Ellex,

Австралия при оптическом пробое в воздухе с энергией импульса 2,0 мДж.

На основании полученной зависимости был разработан способ оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса на основании персонализированного подбора энергии в зависимости от акустической плотности помутнений (патент РФ № 2726468 от 07.08.2020 г.)

Способ оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела заключался в следующем, во-первых: в условиях медикаментозного мидриаза на роговицу пациента под местной инстилляционной анестезией устанавливалась контактная линза, в зависимости от локализации и его лучшей визуализации: «Reuman 18 mm» (Ocular, США) – для ППСТ в передней трети витреальной полости, «Karickhoff 23» (Ocular, США) – для ППСТ в средней трети витреальной полости, «Karickhoff 25 mm Off-Axis» (Ocular, США) – для ППСТ в задней трети витреальной полости, а также для парацентрально расположенных ПСТ относительно зрительной оси использовалась линза «Reichel-Mainster 1X Retina». Во-вторых, ИАГ-лазерный витреолизис выполнялся на установке «Ultra Q Reflex» (Ellex, Австралия) с техническими параметрами: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 8 мкм, длительность импульса 4 нс. За один сеанс YAG-лазерного витреолизиса производилось от 30 до 150 импульсов с энергией в диапазоне от 1,5 до 5,5 мДж. Подбор лазерной энергии проводился исходя из акустической плотности помутнения стекловидного тела. Индивидуальный подбор энергии позволил выполнять ИАГ-лазерный витреолизис ПСТ в щадящем для окружающих тканей режиме.

Таким образом, разработан фотооптический метод объективной визуализации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнения и индекса интенсивности затемнения сетчатки, а также способ определения акустической плотности ПСТ по данным ультразвукового исследования глаза для подбора минимального уровня лазерной энергии, который необходим для выполнения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

## **ГЛАВА 4. АНАЛИЗ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИАГ – ЛАЗЕРНОГО ВИТРЕОЛИЗИСА**

Целью данной части работы было проведение анализа эффективности и безопасности применения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы в сравнении со стандартной технологией у пациентов контрольной группы.

Для выполнения данной цели необходимо было решить следующие задачи:

- на основе комплексного анализа клинико-функциональных показателей, в том числе фотооптического и акустического методов, оценить эффективность стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов контрольной группы;
- на основе комплексного анализа клинико-функциональных показателей, в том числе фотооптического и акустического методов, оценить эффективность оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов основной группы;
- провести сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения разработанной оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

### **4.1. Анализ клинико-функциональных результатов до и после стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы**

Исходные клинико-функциональные результаты обследования пациентов контрольной группы с помутнениями стекловидного тела до проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Клинико-функциональные результаты обследования пациентов контрольной группы с помутнениями стекловидного тела до проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, 158 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели	$M \pm \sigma$	Min	Max
МКОЗ	$0,63 \pm 0,19$	0,2	1
Рефракция на фоне медикаментозной циклоплегии, дптр	$-3,5 \pm 4,1$	-15,0	1,0
Передне-задний размер глазного яблока, мм	$24,9 \pm 1,9$	22,1	28,6
Светочувствительность макулы, дБ	$24,5 \pm 2,5$	20,3	29,7
Показатель фиксации взора, %	$96,9 \pm 3,2$	89,5	100
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$23,8 \pm 8,6$	9	41

В контрольной группе преобладали пациенты с миопической рефракцией, составлявшей в среднем от  $-3,5 \pm 4,1$  дптр, и передне-задним размером глазного яблока -  $24,9 \pm 1,9$  мм, ( $M \pm \sigma$ ). Среднее значение светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии составляло 25,7 дБ, что соответствует норме, однако её диапазон варьировал от 20,3 до 29,7 дБ. Известно, что у здоровых лиц диапазон светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии должен превышать 25 дБ [49, 86].

В таблице 12 представлены средние значения фотооптического метода у пациентов контрольной группы до выполнения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса плавающих помутнений стекловидного тела.

Следует отметить, что у пациентов контрольной группы отмечался значительный разброс от минимальных до максимальных значений по показателям фотооптического метода, что указывало на широкую исходную вариабельность помутнений стекловидного тела.



Таблица 12 - Средние значения показателей фотооптического метода у пациентов контрольной группы (158 глаз) до ИАГ-лазерного витреолизиса плавающих помутнений стекловидного тела,  $M \pm \sigma$

Показатель	$M \pm \sigma$	Min	Max
Площадь помутнения (мм <sup>2</sup> )	$3,4 \pm 5,9$	0,2	34,4
Яркость фона (дБ)	$35,7 \pm 20,1$	9	110
Яркость объекта (дБ)	$11,3 \pm 13,3$	2	72
Показатель затемнения (дБ)	$24,3 \pm 12,9$	7	73
Индекс интенсивности затемнения	$69,4 \pm 84,6$	1,4	394

В таблице 13 представлены значения акустической плотности помутнений стекловидного тела с учетом их форм.

Таблица 13 - Значения акустической плотности в зависимости от формы помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы, 158 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели формы помутнений	Среднее значение акустической плотности, дБ, $M \pm \sigma$	Min	Max
Точки	$22,4 \pm 6,9$	12	36
Пятна	$23,4 \pm 9,6$	8	41
Тяж	$24 \pm 7,3$	10	38
Кольцо, полукольцо	$22,8 \pm 7,2$	8	36

Различия между средними значениями акустической плотности при различных формах помутнений стекловидного тела статистически

недостовверны ( $p < 0,05$ ). Это означает, что зависимость между акустической плотностью и формой помутнения стекловидного тела отсутствует. Даже при точечных помутнениях стекловидного тела акустическая плотность была различна: от 12 до 36 дБ. При формах помутнений стекловидного тела в виде пятна, тяжа и кольца, диапазон значений акустической плотности от минимальной до максимальной величин совпадал: от минимальных значений 8-10 дБ до максимальных значений – 36-41 дБ.

Ультразвуковое исследование (в-сканирование) позволило определить глубину расположения помутнений относительно задней поверхности хрусталика. На 85 глазах (53,8%) помутнения у пациентов контрольной группы располагались в средней трети стекловидного тела, а на 73 глазах (46,2%) – в задней трети стекловидного тела.

В таблице 14 представлены значения лазерной энергии, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы.

Таблица 14 - Значения лазерной энергии импульса, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении 1-го сеанса стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы, 158 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели	Среднее значение	Min	Max
Энергия импульса	$5,5 \pm 1,2$	3,0	7,8
Количество импульсов	$72,4 \pm 22$	16	150
Суммарная энергия	$394,1 \pm 147,2$	99,9	689
Количество сеансов выполнения процедуры	$1,95 \pm 0,9$	1	3

Изменение значений суммарной энергии при проведении многоэтапного лечения (1-3 сеансов) представлено на рисунке 15.

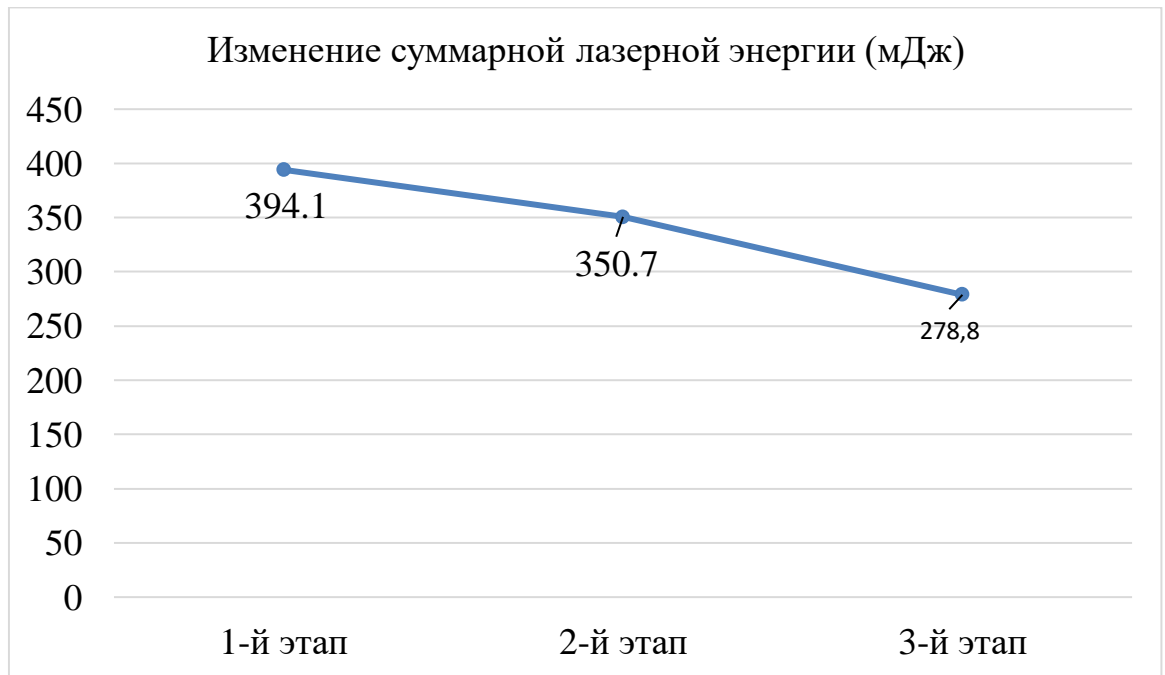


Рисунок 15 - Изменение значений суммарной энергии при проведении поэтапного ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы (1-3 сеансов)

При неэффективности первого этапа ИАГ-лазерного витреолизиса, сохранении остаточных плавающих помутнений в стекловидном теле, проводилась повторная лазерная хирургия через месяц после предыдущего этапа. Всего выполнялось не более 3 сеансов лечения. Второй сеанс лазерной хирургии был выполнен на 60 глазах (в 38% случаев), третий сеанс – на 39 глазах (в 24,7% случаев).

При проведении повторных сеансов требовалась меньшая энергия вследствие уменьшения плотности и площади помутнений.

В таблице 15 представлены клинико-функциональные показатели обследования пациентов контрольной группы до и после проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

Достоверное улучшение состояния стекловидного тела после ИАГ-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов контрольной группы уже на

первые сутки после операции: регистрировалось уменьшение средней величины площади помутнений ( $t = 2,06$ ;  $p < 0,05$ ), показателя затемнения ( $t = 4,17$ ;  $p = 0,001$ ) и индекса интенсивности затемнения сетчатки ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$ ), а также среднего значения акустической плотности помутнений стекловидного тела ( $t = 5,3$ ;  $p = 0,001$ ). Достоверное улучшение результатов по данным показателям отмечались уже через 1 месяц после операции. Достоверное повышение светочувствительности макулы по данным микропериметрии и повышение остроты зрения отмечалось через 1 и 3 месяца после операции ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$  и  $t = 2,0$ ;  $p < 0,05$ ).

Таблица 15 - Клинико-функциональные результаты у пациентов контрольной группы (158 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и после проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса,  $M \pm \sigma$

Показатели	До операции	Через 24 часа после операции	Через 1 мес. после операции	Через 3 мес. после операции
МКОЗ	$0,63 \pm 0,19^*$	$0,6 \pm 0,21^*$	$0,67 \pm 0,17^{**}$	$0,72 \pm 0,15^{**}$
Светочувствительность макулы, дБ	$24,5 \pm 2,5^*$	$24,8 \pm 2,3^*$	$25,4 \pm 3,8^{**}$	$25,6 \pm 3,8^{**}$
Показатель фиксации взора, %	$96,9 \pm 1,6^*$	$97 \pm 1,8^*$	$97 \pm 1,8^*$	$97 \pm 1,7^*$
Площадь помутнения, мм <sup>2</sup>	$2,9 \pm 5,9^*$	$1,6 \pm 5,3^{**}$	$1,4 \pm 1,9^{**}$	$0,9 \pm 1,9^{**}$
Показатель затемнения	$24,3 \pm 13,2^*$	$18,3 \pm 12,5^{**}$	$16,3 \pm 10,8^{**}$	$16,2 \pm 10,7^{**}$
Индекс интенсивности затемнения сетчатки	$69,4 \pm 84,6^*$	$48,5 \pm 68,3^{**}$	$15,5 \pm 19,4^{**}$	$15,4 \pm 19,6^{**}$
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$23,8 \pm 8,6^*$	$18,8 \pm 8,2^{**}$	$16,9 \pm 9,1^{**}$	$16,4 \pm 9,2^{**}$

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

Достоверное улучшение клинико-функциональных показателей после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела отмечалось через 1-3 месяца после операции.

В таблице 16 представлены клинико-функциональные показатели пациентов контрольной группы (158 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и через 6, 12 и 24 мес. после проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

Таблица 16 - Клинико-функциональные результаты обследования пациентов контрольной группы (158 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и через 6, 12 и 24 мес. после проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса,  $M \pm \sigma$

Показатели	До операции	Через 6 мес. после операции	Через 12 мес. после операции	Через 24 мес. после операции
МКОЗ	$0,63 \pm 0,19^*$	$0,7 \pm 0,14^{**}$	$0,73 \pm 0,16^{**}$	$0,72 \pm 0,14^{**}$
Светочувствительность макулы, дБ	$24,5 \pm 2,5^*$	$25,4 \pm 3,6^{**}$	$25,6 \pm 3,8^{**}$	$25,6 \pm 3,8^{**}$
Показатель фиксации взора, %	$96,9 \pm 1,6^*$	$97,2 \pm 1,6^*$	$97 \pm 1,7^*$	$97 \pm 1,7^*$
Площадь помутнения, мм <sup>2</sup>	$2,9 \pm 5,9^*$	$0,88 \pm 1,7^{**}$	$0,9 \pm 1,9^{**}$	$0,9 \pm 1,9^{**}$
Показатель затемнения	$24,3 \pm 13,2^*$	$15,8 \pm 10,8^{**}$	$16,0 \pm 10,5^{**}$	$16,2 \pm 9,8^{**}$
Индекс интенсивности затемнения сетчатки	$69,4 \pm 84,6^*$	$15,6 \pm 18,7^{**}$	$15,5 \pm 19,2^{**}$	$15,4 \pm 19,6^{**}$
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$23,8 \pm 8,6^*$	$16,0 \pm 8,8^{**}$	$16,2 \pm 9,4^{**}$	$16,4 \pm 9,5^{**}$

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

Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений МКОЗ, светочувствительности макулы, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела, которые достоверно отличались от исходных значений, которые были у пациентов до операции.

В раннем послеоперационном периоде, через 1 час после операции, на 28 глазах (в 17,7% случаев) было зафиксировано повышение уровня внутриглазного давления на 3-5 мм рт. ст., которое было обусловлено повышением продукции водянистой влаги с  $0,95 \pm 0,3$  мм<sup>3</sup>/мин до  $2,0 \pm 0,3$  мм<sup>3</sup>/мин ( $t = 15,6$ ;  $p < 0,001$ ). У пациентов данной подгруппы (28 глаз) истинное внутриглазное давление достоверно повысилось с  $14,9 \pm 1,3$  мм рт. ст. до  $18,4 \pm 1,3$  мм рт. ст. ( $t = 10,0$ ;  $p < 0,001$ ), таблица 17.

Таблица 17 - Показатели гидродинамики глаза до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы (28 глаз) с повышением офтальмотонуса через 1 час после операции,  $M \pm \sigma$

Периоды наблюдений	Показатели тонографии			
	P <sub>0</sub>	C	F	P <sub>0</sub> /C
До операции	$14,9 \pm 1,3^*$	$0,22 \pm 0,02$	$0,95 \pm 0,6^*$	$68,4 \pm 8,9$
Через 1 час после операции	$18,4 \pm 1,3^{**}$	$0,24 \pm 0,03$	$2,0 \pm 0,6^{**}$	$78,1 \pm 7,3$
Через 1 час после медикаментозного лечения	$16,2 \pm 0,9$	$0,23 \pm 0,029$	$1,3 \pm 0,27$	$70,5 \pm 7,6$

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

Назначение инстилляций 0,5% раствора  $\beta$ -блокаторов или ингибиторов карбоангидразы (1% раствора Brinzolamidi или 2% раствора Dorzolamidi)

после операции приводило к нормализации внутриглазного давления и показателей гидродинамики глаза (таблица 17).

В таблице 18 представлены показатели гидродинамики глаза до и через 1 сутки и 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. Различия между средними значениями показателей гидродинамики глаза до операции, через 1 сутки и через 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы были статистически недостоверными ( $t < 2,0$ ;  $p > 0,05$ ).

У пациентов контрольной группы до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела (158 глаз) по данным ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза в верхнем, наружном, внутреннем и нижнем отделах не обнаружены структурные изменения ( $p > 0,05$ ) со стороны ширины угла передней камеры глаза, толщины цилиарного тела и длины цинновых связок (таблица 19).

Таблица 18 - Показатели гидродинамики глаза до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы,  $M \pm \sigma$

Периоды наблюдений	Показатели тонографии			
	$P_0$	C	F	$P_0/C$
До операции	$14,8 \pm 0,9$	$0,22 \pm 0,03$	$0,87 \pm 0,22$	$65,7 \pm 7,3$
Через 1 сутки	$14,7 \pm 0,9$	$0,23 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,3$	$64,3 \pm 8,9$
Через 1 мес. после 1-го этапа	$13,4 \pm 1,03$	$0,24 \pm 0,029$	$0,78 \pm 0,23$	$55,4 \pm 7,6$

В послеоперационном периоде у пациентов контрольной группы не выявлены осложнения воспалительного или ятрогенного характера, связанные с повреждением различных структур глазного яблока (хрусталика, сетчатки, зрительного нерва и структур переднего сегмента глаза).

Таблица 19 - Показатели ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза у пациентов контрольной группы до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела, 158 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатель	Нижний отдел			Верхний отдел			Внутренний отдел			Наружный отдел		
	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цилиарных связок	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цилиарных связок	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цилиарных связок	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цилиарных связок
До	0,67 ± 0,04	37,8 ± 1,2	0,96 ± 0,08	0,71 ± 0,03	36,6 ± 1,7	1,02 ± 0,09	0,7 ± 0,02	37,7 ± 0,70	0,92 ± 0,07	0,69 ± 0,035	38,9 ± 0,8	0,97 ± 0,055
Через 1 сутки	0,68 ± 0,03	37,7 ± 1,3	0,97 ± 0,08	0,70 ± 0,02	36,1 ± 1,5	0,98 ± 0,09	0,69 ± 0,03	37,4 ± 0,8	0,94 ± 0,06	0,70 ± 0,033	38,6 ± 0,9	0,98 ± 0,05
Через 1 месяц после 1 этапа	0,68 ± 0,09	36,7 ± 2,8	0,93 ± 0,1	0,68 ± 0,05	37,2 ± 2,6	0,97 ± 0,09	0,69 ± 0,04	36,7 ± 2,0	0,88 ± 0,07	0,71 ± 0,029	38,6 ± 1,8	0,97 ± 0,09
Через 1 месяц после лечения	0,69 ± 0,04	36,3 ± 1,7	0,98 ± 0,08	0,70 ± 0,03	36,2 ± 1,7	1,0 ± 0,09	0,7 ± 0,03	36,4 ± 1,2	0,93 ± 0,07	0,70 ± 0,032	38,2 ± 1,4	0,97 ± 0,06



Достоверное повышение светочувствительности макулы по данным микропериметрии и повышение остроты зрения отмечались через 1 и 3 месяца после операции ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$  и  $t = 2,0$ ;  $p < 0,05$ , соответственно).

Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений МКОЗ, светочувствительности макулы, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела, которые достоверно отличались от исходных значений, которые были у пациентов до операции.

В раннем послеоперационном периоде, через 1 час после операции, на 28 глазах (в 17,7% случаев) было зафиксировано повышение уровня внутриглазного давления на 3-5 мм рт. ст., которое было обусловлено повышением продукции водянистой влаги с  $0,95 \pm 0,3$  мм<sup>3</sup>/мин до  $2,0 \pm 0,3$  мм<sup>3</sup>/мин ( $t = 15,6$ ;  $p < 0,001$ ). У пациентов данной подгруппы (28 глаз) истинное внутриглазное давление достоверно повысилось с  $14,9 \pm 1,3$  мм рт. ст. до  $18,4 \pm 1,3$  мм рт. ст. ( $t = 10,0$ ;  $p < 0,001$ ).

В послеоперационном периоде у пациентов контрольной группы осложнения воспалительного или ятрогенного характера, связанные с повреждением различных структур глазного яблока (хрусталика, сетчатки, зрительного нерва и структур переднего сегмента глаза) не выявлены.

Таким образом, фотооптический метод позволил определить интенсивность затемнения сетчатки в зависимости от площади помутнений стекловидного тела и достоверно охарактеризовать форму данных помутнений. Применение ультразвукового исследования ( $\beta$ -сканирование) позволило количественно оценить акустическую плотность помутнений и глубину их расположения относительно задней поверхности хрусталика. Достоверное улучшение состояния стекловидного тела после стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов на первые сутки: регистрировалось уменьшение средней величины площади помутнений ( $t = 2,06$ ;  $p < 0,05$ ), показателя затемнения ( $t = 4,17$ ;  $p = 0,001$ ) и индекса

интенсивности затемнения сетчатки ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$ ), а также акустической плотности помутнений ( $t = 5,3$ ;  $p = 0,001$ ).

#### 4.2. Анализ клинико-функциональных результатов до и после оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы

Исходные клинико-функциональные результаты обследования пациентов основной группы с помутнениями стекловидного тела до проведения ИАГ-лазерного витреолизиса представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Средние значения клинико-функциональных показателей обследования пациентов основной группы с помутнениями стекловидного тела, 160 глаз

Показатель	$M \pm \sigma$	Min	Max
МКОЗ	$0,69 \pm 0,24$	0,1	1
Рефракция на фоне медикаментозной циклоплегии, дптр	$-3,8 \pm 4,25$	-18,0	1,25
Передне-задний размер глазного яблока, мм	$25,1 \pm 1,9$	21,8	30,5
Светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии, дБ	$25,5 \pm 2,6$	19,2	30,8
Фиксация взора по данным микропериметрии, %	$96,7 \pm 3,4$	84,5	100
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$24,7 \pm 7,6$	11	36

Среди пациентов основной группы, как и у лиц контрольной группы, преобладали пациенты с миопической рефракцией, составлявшей в среднем  $-3,8 \pm 4,25$  дптр, и передне-задним размером глазного яблока, равнявшимся  $25,1 \pm 1,9$  мм ( $M \pm \sigma$ ). Среднее значение светочувствительности сетчатки по

данным микропериметрии составило  $25,5 \pm 2,6$  дБ, а её диапазон варьировал от 19,2 до 30,8 дБ.

В таблице 21 представлены средние значения показателей фотооптического метода у пациентов основной группы (160 глаз) до выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

Таблица 21 – Значения показателей фотооптического метода у пациентов основной группы, 160 глаз

Показатель	$M \pm \sigma$	Min	Max
Площадь помутнения (мм <sup>2</sup> )	$3,2 \pm 5,8$	0,132	33,2
Яркость фона (дБ)	$34,9 \pm 19,2$	7	113
Яркость объекта (дБ)	$10,2 \pm 12,1$	1	80
Показатель затемнения (дБ)	$24,4 \pm 12,5$	5	69
Индекс интенсивности затемнения	$66,1 \pm 92,7$	1,58	479,2

У пациентов основной группы, как и в контрольной группе, отмечался значительный разброс от минимальных до максимальных значений по показателям фотооптического метода, что указывало на широкую исходную их вариабельность.

В таблице 22 представлено влияние форм помутнений на их акустическую плотность.

Различия между средними значениями акустической плотности при различных формах помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы были также статистически недостоверны ( $p < 0,05$ ). Это означает, что зависимость между акустической плотностью и формой помутнения стекловидного тела отсутствует. При точечных помутнениях стекловидного тела акустическая плотность варьировалась в диапазоне от 10 до 35 дБ. При формах помутнений стекловидного тела в виде пятна, тяжа и кольца - диапазон значений акустической плотности от минимальной до максимальной величин составлял от 7-9 дБ до 39-42 дБ.

Таблица 22 – Средние значения акустической плотности в зависимости от формы помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы, 160 глаз

Показатели формы помутнений	Среднее значение акустической плотности, дБ, $M \pm \sigma$	Min	Max
Точки	$22,7 \pm 7,2$	10	35
Пятна	$24,2 \pm 9,4$	7	42
Тяж	$24,8 \pm 8,2$	8	40
Кольцо, полукольцо	$24,1 \pm 7,8$	9	39

На 83 глазах (51,9%) помутнения располагались в средней трети стекловидного тела, а на 77 глазах (48,1%) - в задней трети стекловидного тела.

В таблице 23 представлены значения лазерной энергии, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы.

Таблица 23 – Значения лазерной энергии импульса, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы, 160 глаз

Показатели	Среднее значение, $M \pm \sigma$	Min	Max
Энергия импульса	$4,24 \pm 0,9$	1,8	5,5
Количество импульсов	$76,7 \pm 27$	18	150
Суммарная энергия	$333,1 \pm 152,6$	36	750
Количество этапов выполнения процедуры	$3,1 \pm 0,9$	1	5

При неэффективности первого сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса, сохранении остаточных помутнений в стекловидном теле, проводилась повторно лазерное вмешательство через месяц после предыдущего сеанса. Всего выполнялось не более 5 сеансов лечения.

Второй сеанс лазерной хирургии был выполнен на 87 глазах (в 54,4% случаев), третий сеанс – на 56 глазах (в 35% случаев), четвертый сеанс – на 35 глазах (в 21,9% случаев), пятый сеанс – 14 глазах (в 8,8% случаев). Изменение значений суммарной энергии при проведении многоэтапного лечения (1-5 сеансов) у пациентов основной группы представлено на рисунке 16.

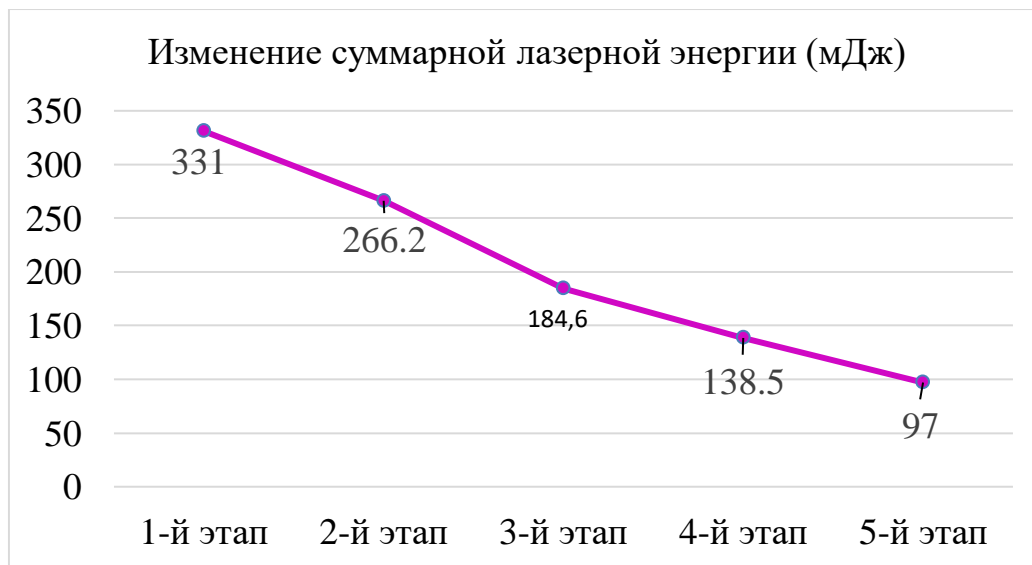


Рисунок 16 - Изменение значений суммарной энергии при проведении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы (1-5 сеансов) с учетом акустической плотности

При проведении повторных сеансов требовалась меньшая энергия импульса вследствие уменьшения количества, плотности и площади помутнений.

В таблице 24 представлены клиничко-функциональные показатели обследования пациентов контрольной группы до и после проведения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

Таблица 24 – Клинико-функциональные результаты обследования пациентов основной группы (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и после проведения стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса,  $M \pm \sigma$

Показатели	До операции	Через 24 часа	Через 1 мес.	Через 3 мес.
МКОЗ	$0,69 \pm 0,24$	$0,7 \pm 0,2^*$	$0,74 \pm 0,16^{**}$	$0,75 \pm 0,13^{**}$
Светочувствительность макулы, дБ	$25,5 \pm 2,6$	$25,8 \pm 2,7^*$	$26,3 \pm 2,8^{**}$	$26,7 \pm 2,7^{**}$
Показатель фиксации взора, %	$96,7 \pm 3,4$	$96,8 \pm 1,8^*$	$97 \pm 1,9^*$	$97,2 \pm 1,6^*$
Площадь помутнения, мм <sup>2</sup>	$3,2 \pm 5,8$	$1,3 \pm 3,3^{**}$	$1,1 \pm 1,8^{**}$	$0,8 \pm 1,5^{**}$
Показатель затемнения	$24,4 \pm 12,5$	$15,2 \pm 11,4^{**}$	$14,6 \pm 9,6^{**}$	$14,1 \pm 10,2^{**}$
Индекс интенсивности затемнения сетчатки	$66,1 \pm 92,7$	$38,8 \pm 18,3^{**}$	$13,7 \pm 9,4^{**}$	$10 \pm 8,9^{**}$
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$24,7 \pm 7,6$	$16,7 \pm 9,1^{**}$	$14,2 \pm 8,9^{**}$	$12,4 \pm 9,4^{**}$

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

Достоверное улучшение состояния стекловидного тела после ИАГ-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов основной группы также на первые сутки после операции: регистрировалось уменьшение средней величины площади помутнений ( $t = 3,58$ ;  $p < 0,01$ ), показателя затемнения ( $t = 6,8$ ;  $p = 0,001$ ) и индекса интенсивности затемнения сетчатки ( $t = 3,0$ ;  $p < 0,001$ ), а также среднего значения акустической плотности помутнений стекловидного тела ( $t = 8,5$ ;  $p = 0,001$ ).

Достоверное улучшение клинико-функциональных результатов отмечалось через 1 месяц после операции. Достоверное повышение светочувствительности макулы по данным микропериметрии и повышение остроты зрения отмечалось через 1 мес. и 3 мес. после операции ( $t=2,7$ ;  $p<0,05$  и  $t=2,19$ ;  $p<0,05$ , соответственно).

В таблице 25 представлены клинико-функциональные показатели пациентов основной группы (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и через 6, 12 и 24 мес. после проведения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

Достоверное улучшение клинико-функциональных показателей после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела отмечалось уже через 1-3 месяца после операции. Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений МКОЗ, светочувствительности макулы, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела, которые достоверно отличались от исходных значений перед операцией.

В раннем послеоперационном периоде, через 1 час после операции, было зафиксировано повышение уровня внутриглазного давления на 3 мм рт.ст. только на 4 глазах (в 2,5% случаев). Назначение однократной инстилляцией 0,5% раствора  $\beta$ -блокаторов или ингибиторов карбоангидразы (1% раствора Brinzolamidi или 2% раствора Dorzolamidi) после операции приводило через час к нормализации внутриглазного давления и показателей гидродинамики глаза.

В таблице 26 представлены показатели гидродинамики глаза до и через 1 сутки и 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. Различия между средними значениями показателей гидродинамики глаза до операции, через 1 сутки и через 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы были статистически недостоверны ( $t<2,0$ ;  $p>0,05$ ).

Таблица 25 – Клинико-функциональные результаты обследования пациентов основной группы (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела до и через 3, 6 и 12 мес. после проведения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса,  $M \pm \sigma$

Показатели	До операции	Через 6 мес.	Через 12 мес.	Через 24 мес.
МКОЗ	$0,69 \pm 0,24$	$0,76 \pm 0,14^{**}$	$0,76 \pm 0,15^{**}$	$0,77 \pm 0,13^{**}$
Светочувствительность макулы, дБ	$25,5 \pm 2,6$	$26,8 \pm 2,4^{**}$	$26,9 \pm 2,8^{**}$	$26,9 \pm 2,5^{**}$
Показатель фиксации взора, %	$96,7 \pm 3,4$	$97,2 \pm 1,6^*$	$97 \pm 1,7^*$	$97,2 \pm 1,6^*$
Площадь помутнения, мм <sup>2</sup>	$3,2 \pm 5,8$	$0,8 \pm 1,5^{**}$	$0,7 \pm 1,4^{**}$	$0,5 \pm 1,1^{**}$
Показатель затемнения	$24,4 \pm 12,5$	$13,2 \pm 10,8^{**}$	$13,0 \pm 10,7^{**}$	$12,2 \pm 10,2^{**}$
Индекс интенсивности затемнения сетчатки	$66,1 \pm 92,7$	$10 \pm 8,9^{**}$	$9,6 \pm 9,2^{**}$	$8,6 \pm 9,4^{**}$
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$24,7 \pm 7,6$	$11,7 \pm 8,5^{**}$	$10,2 \pm 8,2^{**}$	$9,6 \pm 8,1^{**}$

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



Таблица 26 - Показатели гидродинамики глаза до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы после 1-го этапа,  $M \pm \sigma$

Периоды наблюдений	Показатели тонографии			
	$P_0$	$C$	$F$	$P_0/C$
До операции	$15,6 \pm 1,8$	$0,21 \pm 0,026$	$0,96 \pm 0,4$	$71,2 \pm 13,4$
Через 1 сутки	$15,8 \pm 1,7$	$0,23 \pm 0,03$	$1,1 \pm 0,3$	$67,3 \pm 12,9$
Через 1 мес.	$15,5 \pm 1,9$	$0,22 \pm 0,024$	$0,99 \pm 0,4$	$63,7 \pm 14,4$

В послеоперационном периоде у пациентов основной группы не выявлены осложнения воспалительного или ятрогенного характера, связанные с повреждением различных структур глазного яблока (хрусталика, сетчатки, зрительного нерва и структур переднего сегмента глаза).

Данные ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза у пациентов основной группы до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела представлены в таблице 27.

У пациентов основной группы до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела (160 глаз) по данным ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза в верхнем, наружном, внутреннем и нижнем отделах структурные изменения ( $p > 0,05$ ) со стороны ширины угла передней камеры глаза, толщины цилиарного тела и длины цинновых связок не обнаружены.

При неэффективности первого этапа ИАГ-лазерного витреолизиса, сохранении остаточных помутнений в стекловидном теле, проводилась повторная лазерная хирургия через месяц после предыдущего сеанса. Всего выполнялось не более 5 сеансов лечения. При проведении повторных сеансов требовалась меньшая энергия вследствие уменьшения количества, плотности и площади помутнений.

Таблица 27 – Показатели ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза у пациентов основной группы до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела, 160 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели	Нижний отдел			Верхний отдел			Внутренний отдел			Наружный отдел		
	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цинновых связок	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цинновых связок	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цинновых связок	Толщина цилиарного тела	Ширина угла передней камеры	Длина цинновых связок
До	0,68 ± 0,03	38,84 ± 1,13	0,96 ± 0,07	0,69 ± 0,03	36,66 ± 1,21	1,01 ± 0,08	0,71 ± 0,02	37,68 ± 0,70	0,95 ± 0,06	0,70 ± 0,03	38,85 ± 0,77	0,98 ± 0,055
Через 1 сутки	0,69 ± 0,03	38,74 ± 1,17	0,97 ± 0,07	0,70 ± 0,02	36,13 ± 1,07	0,99 ± 0,08	0,71 ± 0,02	37,28 ± 0,83	0,94 ± 0,06	0,70 ± 0,03	38,71 ± 0,8	0,97 ± 0,05
Через 1 месяц после 1 этапа	0,66 ± 0,083	36,83 ± 3,203	0,83 ± 0,12	0,68 ± 0,046	37,33 ± 2,655	0,90 ± 0,1	0,66 ± 0,035	35,70 ± 1,997	0,83 ± 0,073	0,70 ± 0,029	36,57 ± 1,757	0,87 ± 0,088
Через 3 месяца после лечения	0,70 ± 0,03	36,42 ± 1,52	0,98 ± 0,07	0,70 ± 0,02	35,15 ± 1,36	1,02 ± 0,08	0,71 ± 0,02	36,18 ± 1,16	0,94 ± 0,06	0,71 ± 0,03	37,18 ± 1,27	0,97 ± 0,06

Достоверное улучшение состояния стекловидного тела после ИАГ-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов основной группы на первые сутки после операции: регистрировалось уменьшение средней величины площади помутнений ( $t=3,58$ ;  $p<0,01$ ), показателя затемнения ( $t=6,8$ ;  $p=0,001$ ) и индекса интенсивности затемнения сетчатки ( $t=3,0$ ;  $p<0,001$ ), а также среднего значения акустической плотности помутнений стекловидного тела ( $t=8,5$ ;  $p=0,001$ ).

Достоверное повышение светочувствительности макулы по данным микропериметрии и повышение остроты зрения отмечалось через 1 мес. и 3 мес. после операции ( $t=2,7$ ;  $p<0,05$  и  $t=2,19$ ;  $p<0,05$ , соответственно). Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений МКОЗ, светочувствительности макулы, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела, которые достоверно отличались от исходных значений перед операцией.

В послеоперационном периоде не обнаружены достоверные изменения показателей гидродинамики глаза, а также осложнения воспалительного или ятрогенного характера, связанные с повреждением различных структур глазного яблока (хрусталика, сетчатки, зрительного нерва и структур переднего сегмента глаза).

Таким образом, использование фотооптического метода позволило у пациентов основной группы определить интенсивность затемнения сетчатки в зависимости от площади помутнений стекловидного тела и достоверно охарактеризовать формы данных помутнений. Применение ультразвукового исследования ( $\beta$ -сканирования) позволило количественно оценить акустическую плотность помутнений и глубину их расположения относительно роговицы, задней поверхности хрусталика и сетчатки. Данные, полученные в результате проведения ультразвукового исследования, позволили оптимизировать технологию ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела за счет эффективности персонализированного подбора минимальной величины лазерной энергии, которая определялась с учетом акустической плотности помутнений.

### 4.3. Сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения разработанной оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса

Анализ исходного состояния стекловидного тела у пациентов контрольной и основной групп до проведения ИАГ-лазерного витреолизиса представлен в таблицах 28 и 29. В таблице 29 представлен сравнительный анализ исходного состояния стекловидного тела у пациентов по данным фотооптического метода. Следует отметить, что различие между средними значениями площади помутнений стекловидного тела, показателя затемнения и индекса интенсивности затемнения сетчатки у пациентов основной и контрольной группы с помутнениями стекловидного тела было статистически недостоверным ( $t < 2,0$ ;  $p > 0,05$ ), что указывает на однородность групп по данным показателям.

Таблица 28 – Сравнительный анализ показателей фотооптического метода у пациентов основной (160 глаз) и контрольной (158 глаз) групп с помутнениями стекловидного тела,  $M \pm \sigma$

Показатель	Контрольная	Основная	T	p
Площадь помутнения (мм <sup>2</sup> )	2,9 ± 5,9	3,2 ± 5,8	0,33	>0,05
Яркость фона	35,7 ± 20,1	34,9 ± 19,2	0,24	>0,05
Яркость объекта	11,3 ± 13,3	10,2 ± 12,1	0,5	>0,05
Показатель затемнения	24,3 ± 12,9	24,7 ± 12,5	0,18	>0,05
Индекс интенсивности затемнения	69,4 ± 84,6	66,1 ± 92,7	0,23	>0,05

В таблице 29 представлен сравнительный анализ значений акустической плотности помутнений стекловидного тела у пациентов основной и контрольной групп в зависимости от формы помутнения.

Таблица 29 – Сравнительный анализ акустической плотности помутнений стекловидного тела у пациентов основной (160 глаз) и контрольной (158 глаз) групп в зависимости от формы помутнения,  $M \pm \sigma$

Показатели формы помутнений	Контрольная группа	Основная группа	T	p
Точки	22,4 ± 6,9	22,7 ± 7,2	0,38	>0,05
Пятна	23,4 ± 9,6	24,2 ± 9,4	0,75	>0,05
Тяж	24 ± 7,3	24,8 ± 8,2	0,9	>0,05
Кольцо, полукольцо	22,8 ± 7,2	24,1 ± 7,8	1,54	>0,05

Различие между средними значениями акустической плотности помутнений стекловидного тела у пациентов основной и контрольной группы с помутнениями стекловидного тела до выполнения YAG-лазерного витреолизиса было также статистически недостоверным ( $t < 2,0$ ;  $p > 0,05$ ), что указывает также на однородность групп по данному показателю.

Сравнительный анализ лазерной энергии при выполнении первого сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной и основной групп представлен в таблице 30.

В отличие от стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, которая применялась у пациентов контрольной группы, при оптимизированной технологии лазерной процедуры у пациентов основной группы затрачивалось достоверно меньше суммарной лазерной энергии на выполнение первого этапа лечения ( $t = 3,6$ ;  $p < 0,001$ ) – ниже на 15,5 %. Это было обусловлено более низким уровнем энергии лазерного импульса при оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, подбираемым с учетом акустической плотности помутнений. Различие между средними значениями энергии лазерного импульса у пациентов контрольной и основной групп было статистически достоверным ( $t = 10,6$ ;  $p < 0,001$ ) при практически одинаковом числе лазерных импульсов ( $t = 1,6$ ;  $p > 0,05$ ).

Таблица 30 – Значения энергии лазерного импульса, количества импульсов и суммарной энергии при выполнении 1-го сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной и основной групп, 318 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели	Контрольная группа, 158 глаз	Основная группа, 160 глаз	T	p
Энергия импульса, мДж	$5,5 \pm 1,2$	$4,24 \pm 0,9$	10,6	$<0,001$
Количество импульсов	$72,4 \pm 22$	$76,7 \pm 27$	1,6	$>0,05$
Суммарная энергия, мДж	$394,1 \pm 147,2$	$333,1 \pm 152,6$	3,6	$<0,001$
Количество этапов выполнения процедуры	$1,95 \pm 0,9$	$3,1 \pm 0,9$	11,5	$<0,001$

Следует отметить, что применение фотооптического метода при контроле за эффективностью ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела и при последующем мониторинге пациентов основной группы привело, вследствие лучшей визуализации ПСТ, к необходимости выполнения большего числа этапов лечения для достижения наилучшего клинического эффекта. Среднее число этапов лечения при проведении оптимизированной технологии было достоверно больше, чем при стандартной методике ( $t = 11,5$ ;  $p < 0,001$ ).

На рисунке 17 представлена динамика изменения площади помутнений стекловидного тела по данным фотооптического метода.

После первого сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса среднее значение площади помутнений уменьшилась с  $3,2 \pm 5,8$  мм<sup>2</sup> до  $2,7 \pm 2,6$  мм<sup>2</sup> ( $M \pm \sigma$ ) – на 15,6 %, после второго сеанса лазерной хирургии уменьшилась до  $2,29 \pm 2,6$  мм<sup>2</sup> – на 15,2 %, после третьего сеанса лечения – до  $1,4 \pm 1,1$  мм<sup>2</sup> – на 38,9 % ( $t = 3,8$ ;  $p < 0,001$ ), после четвертого сеанса лечения – до  $0,8 \pm 0,5$  мм<sup>2</sup> – на 42,8 % ( $t = 5,2$ ;  $p < 0,001$ ) и после пятого сеанса площадь помутнений уменьшилась до  $0,6 \pm 0,4$  мм<sup>2</sup>

( $t = 6,3$ ;  $p < 0,001$ ) – на 25 %. В итоге среднее значение площади помутнений при проведении всех сеансов ИАГ-лазерного витреолизиса уменьшилась в 5,3 раза.

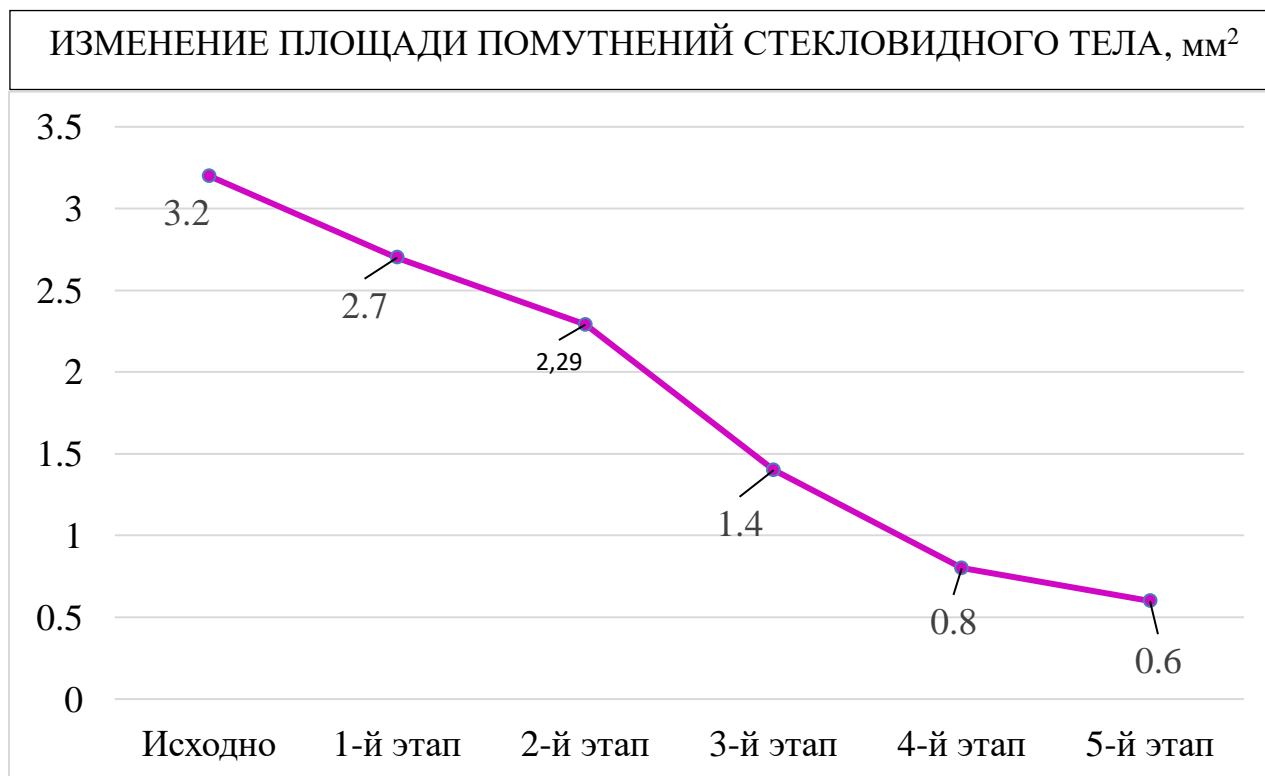


Рисунок 17 - Изменение среднего значения площади помутнений стекловидного тела при проведении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов основной группы (1-5 сеансов)

Следует отметить, что оптимизированная технология проведения ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела, в отличие от стандартного метода, характеризовалась меньшим уровнем энергии лазерного импульса и меньшей суммарной лазерной энергией, но большим количеством выполненных сеансов, что было обусловлено применением фотооптического метода, как одного из основных методов контроля за эффективностью выполненной лазерной хирургии, который позволял лучше визуализировать ПСТ при мониторинге пациентов.

Ниже приведены результаты ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела на клинических примерах с применением стандартной (клинический пример 1) и оптимизированной (клинический пример 2) технологий.

### Клинический пример 1.

Пациент Б., 1974 г. рождения, обратился в Клинику Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России 12.11.2017 г. с жалобами на плавающие помутнения перед левым глазом, которые появились 2 года назад без явной причины.

При обследовании пациента Б. получены следующие результаты:

VOD = 0,05 sph. concav -18 дптр = 0,5; VOS = 0,05 sph. concav -16 дптр = 0,5.

По данным офтальмобиомикроскопии в стекловидном теле на левом глазу выявлены плавающие помутнения в виде точек и крупного овального пятна. При проведении ультразвукового исследования ( $\beta$ -сканирование) на левом глазу в средней трети стекловидного тела выявлено помутнение с акустической плотностью 24 дБ, располагающееся на глубине 18,9 мм от передней поверхности роговицы. Передне-задний размер левого глаза был равен 28,8 мм. На рисунке 18 представлены фотографии помутнений стекловидного тела у пациента Б. на левом глазу, полученные с применением ультразвукового исследования.

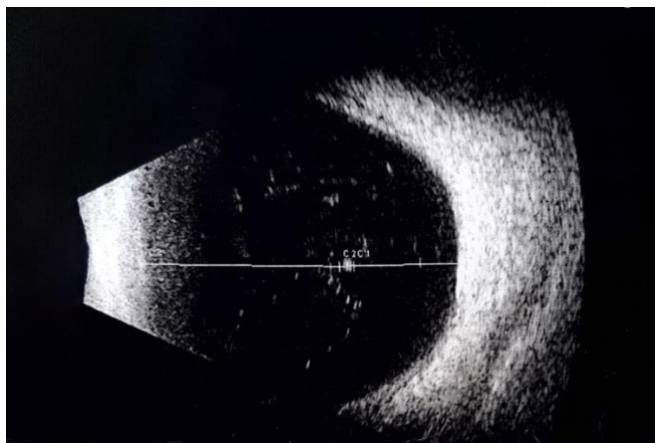


Рисунок 18 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным ультразвукового исследования

На рисунке 19 представлены фотографии помутнений стекловидного тела у пациента Б. на левом глазу, полученные с помощью фотооптического метода.



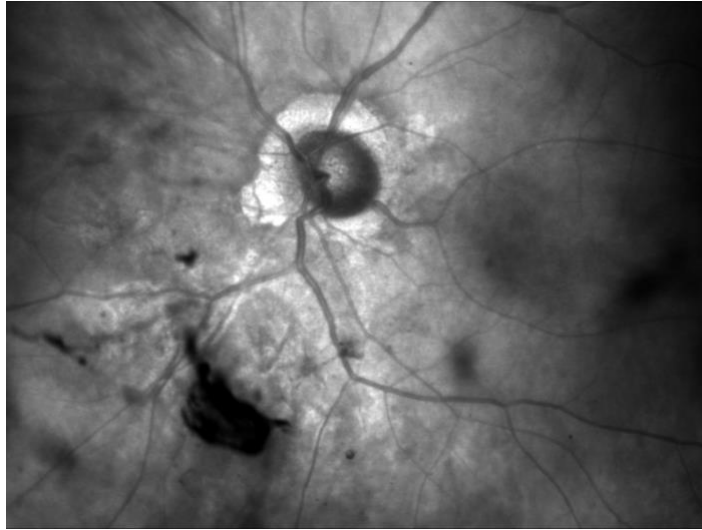


Рисунок 19 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным фотооптического метода

По данным фотооптического метода на левом глазу выявлено помутнение площадью 1,278 мм<sup>2</sup> с величиной индекса интенсивности затемнения сетчатки, равной 21,73. По данным микропериметрии световая чувствительность сетчатки составила на левом глазу 25,7 дБ (рисунок 20).

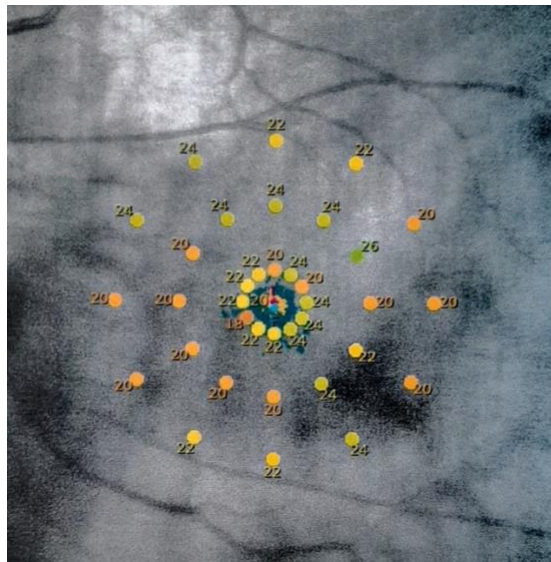


Рисунок 20 - Результаты микропериметрии у пациента Б., 1974 г. рождения, с помутнениями стекловидного тела левого глаза

12.12.2017 г. выполнен первый сеанс ИАГ-лазерного витреолизиса помутнения стекловидного тела. В ходе стандартной лазерной процедуры

применялась энергия лазерного импульса 3,0 мДж, количество импульсов – 137. Суммарная лазерная энергия составила 411 мДж.

На рисунке 1 представлена фотография помутнений стекловидного тела через 1 месяц.

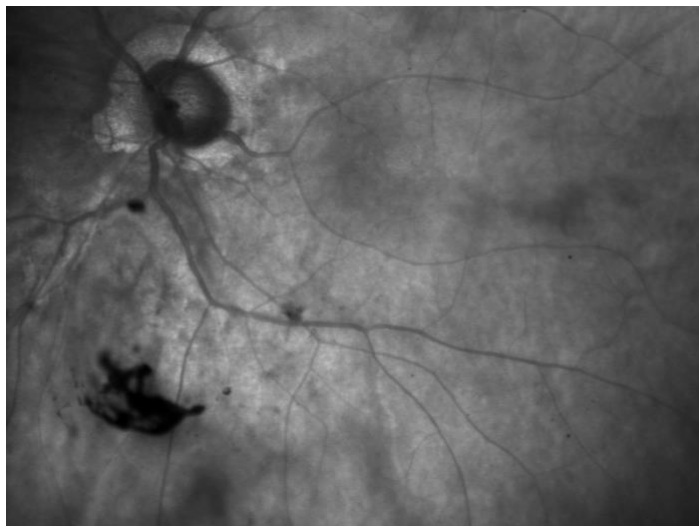


Рисунок 21 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным фотооптического метода через 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса

Через 1 месяц, 23.01.2018 г., по данным фотооптического метода помутнение стекловидного тела уменьшилось до 1,018 мм<sup>2</sup> (рисунок 21), акустическая плотность составила 20 дБ (рисунок 22), световая чувствительность сетчатки по данным микропериметрии – 25,8 дБ.

Учитывая остаточное помутнение стекловидного тела, был выполнен второй сеанс ИАГ-лазерного витреолизиса: энергия лазерного импульса 2,4 мДж, количество импульсов – 92, суммарная энергия – 220,8 мДж.

Повторный осмотр пациента с оценкой клинико-функциональных показателей проведен через месяц – 22.02.2019 г.

Острота зрения: VOD = 0,05 sph. concav -18 дптр = 0,5;

VOS = 0,05 sph. concav -16 дптр = 0,5.

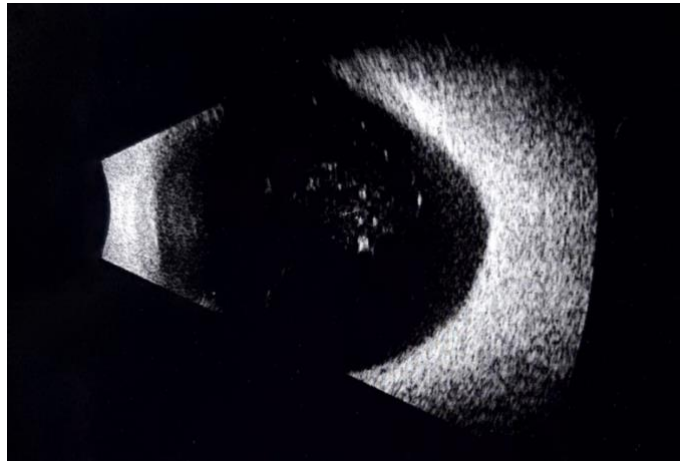


Рисунок 22 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным ультразвукового исследования через 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса

Световая чувствительность на правом глазу составила 24,1 дБ, на левом глазу 25,8 дБ. Площадь помутнения уменьшилась до 0,721 мм<sup>2</sup> (рисунок 23), акустическая плотность помутнения уменьшилась до 19 дБ (рисунок 24).



Рисунок 23 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным фотооптического метода через 1 месяц после второго сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

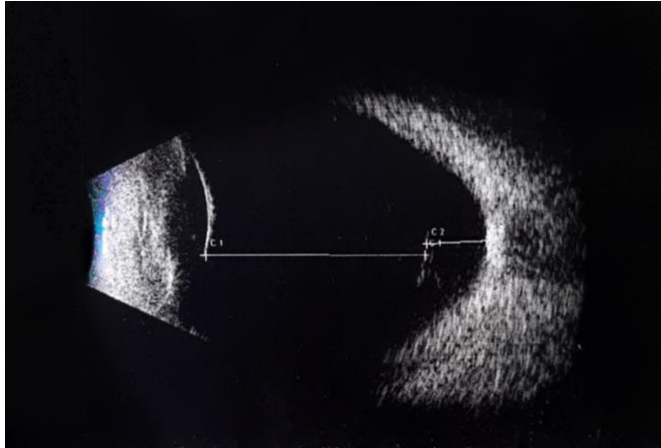


Рисунок 24 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным ультразвукового исследования через 1 месяц после второго сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

25.02.2019 г. выполнен третий этап ИАГ-лазерного витреолизиса помутнения стекловидного тела. В ходе выполнения 3-его сеанса лазерной процедуры применялась энергия лазерного импульса 2,2 мДж, количество импульсов – 84. Суммарная лазерная энергия составила 184,8 мДж. Через 1 месяц после 3-его этапа отмечалось уменьшение площади помутнения стекловидного тела. При использовании фотооптического метода площадь помутнения составила 0,64 мм<sup>2</sup>.

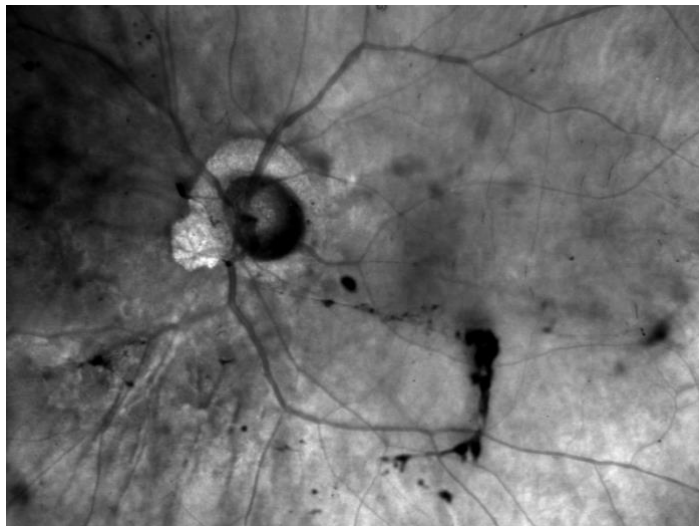


Рисунок 25 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным фотооптического метода через 1 месяц после третьего этапа ИАГ-лазерного витреолизиса

Акустическая плотность помутнения уменьшилась до 19 дБ (рисунок 26).  
Световая чувствительность сетчатки на левом глазу составила 25,8 дБ (рисунок 27).

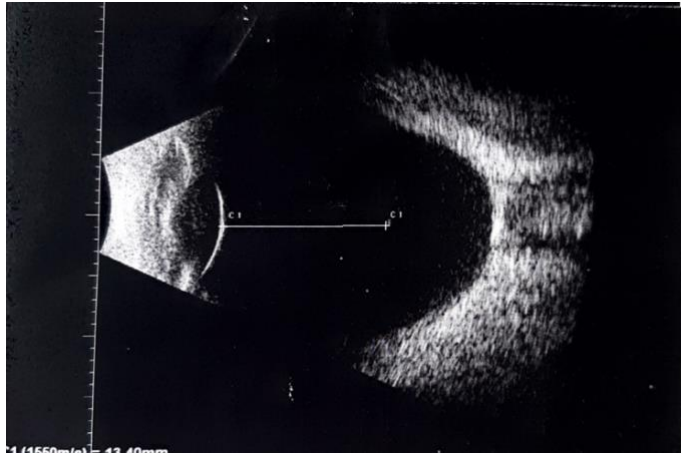


Рисунок 26 - Фотография помутнений стекловидного тела левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, по данным ультразвукового исследования через 1 месяц после третьего сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

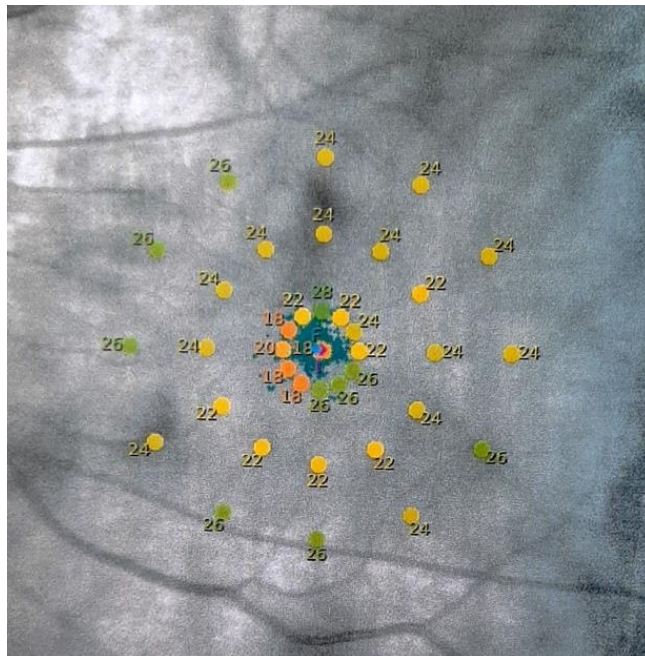


Рисунок 27 – Результаты микропериметрии левого глаза у пациента Б., 1974 г. рождения, через 1 месяц после третьего сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

### Клинический пример 2.

Пациент Ш., 1964 г. рождения, обратился в Клинику Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России 09.07.2020 г. с жалобами на плавающие помутнения перед правым глазом, которые появились 2 года назад без явной причины.

При обследовании пациента Ш. получены следующие результаты:

VOD = 1,0; VOS = 1,0.

По данным офтальмобиомикроскопии в стекловидном теле на правом глазу выявлены плавающие помутнения в виде овального кольца. При проведении ультразвукового исследования (В-сканирование) на правом глазу в задней трети стекловидного тела выявлено помутнение с акустической плотностью 27 дБ, располагающееся на глубине 18,05 мм от задней поверхности хрусталика (рисунок 28). Передне-задний размер правого глаза был равен 24,5 мм.

На рисунке 29 представлены фотографии фотооптического метода исследования помутнений стекловидного тела у пациента Ш. на правом глазу. По данным фотооптического метода на правом глазу выявлено помутнение в виде кольца площадью 0,875 мм<sup>2</sup> с величиной индекса интенсивности затемнения сетчатки, равной 28,9.

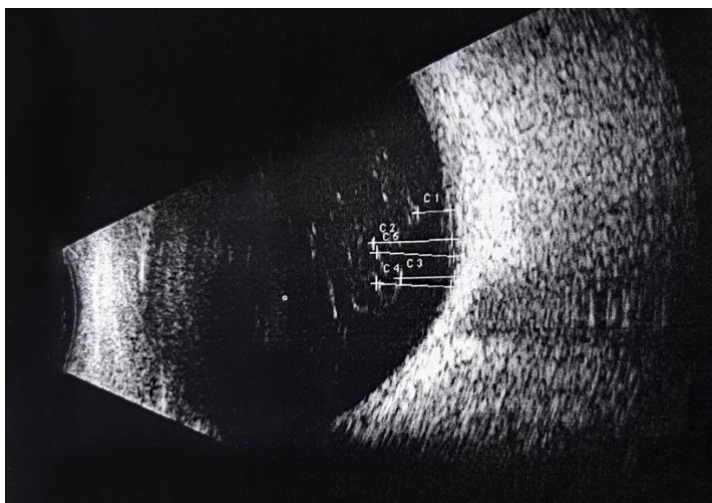


Рисунок 28 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, по данным ультразвукового исследования



Рисунок 29 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, по данным фотооптического метода

По данным микропериметрии световая чувствительность сетчатки составила на правом глазу – 26,4 дБ (рисунок 30).

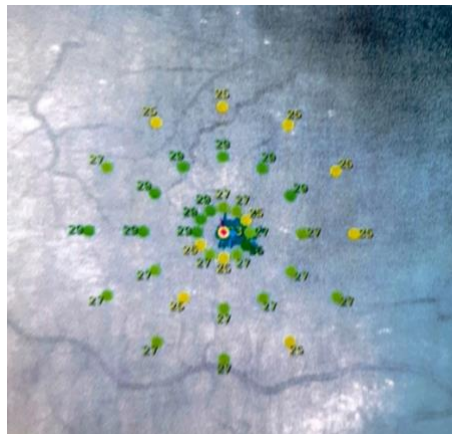


Рисунок 30 - Результаты микропериметрии правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, до ИАГ-лазерного витреолизиса

Учитывая значения акустической плотности помутнений стекловидного тела, согласно разработанной технологии подбора энергии лазерного импульса, у пациента по формуле определен оптимальный уровень энергия лазерного импульса, которая составила 3,4 мДж. 10.07.2020 г. выполнен первый этап ИАГ-

лазерного витреолизиса помутнения стекловидного тела. В ходе лазерной процедуры применялась энергия лазерного импульса 3,4 мДж, количество импульсов – 64. Суммарная лазерная энергия составила 217,6 мДж.

На рисунке 31 представлена фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, через 1 мес. после ИАГ-лазерного витреолизиса. Через 1 мес., 10.08.2020 г., помутнение стекловидного тела уменьшилось до данным фотооптического метода до 0,134 мм<sup>2</sup>. Акустическая плотность составила 18 дБ (рисунок 32), световая чувствительность сетчатки по данным микропериметрии – 26,6 дБ.

Учитывая акустическую плотность помутнения стекловидного тела, был выполнен второй сеанс ИАГ-лазерного витреолизиса: энергия лазерного импульса 2,4 мДж, количество импульсов – 68, суммарная энергия – 163,2 мДж.

Повторный осмотр пациента с оценкой клинико-функциональных показателей проведен через 1 месяц – 11.08.2020 г. Острота зрения: VOD = 1,0; VOS = 1,0. Площадь помутнения уменьшилась на правом глазу до 0,099 мм<sup>2</sup> (рисунок 33).



Рисунок 31 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, по данным фотооптического метода через 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса



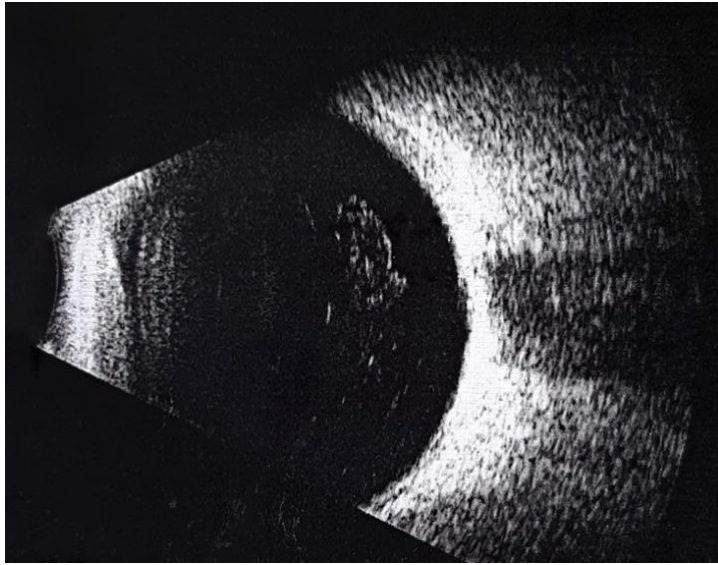


Рисунок 32 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, по данным ультразвукового исследования через 1 месяц после ИАГ-лазерного витреолизиса



Рисунок 33 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш. по данным фотооптического метода через 1 месяц после второго сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

Акустическая плотность помутнения уменьшилась до 16 дБ. Световая чувствительность сетчатки на правом глазу повысилась до 27,3 дБ.

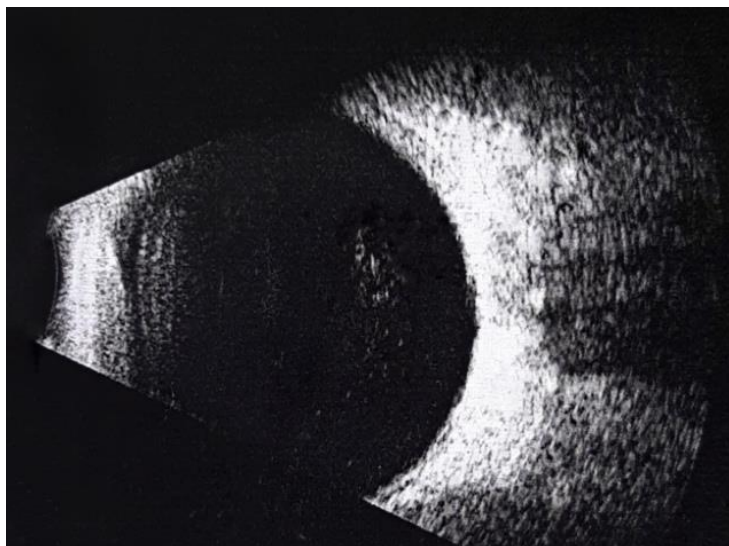


Рисунок 34 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, по данным ультразвукового исследования через 1 мес. после второго сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

14.08.2020 г. выполнен третий этап ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. В ходе выполнения 3-его сеанса лазерной процедуры применялась энергия лазерного импульса 2,2 мДж, количество импульсов – 66. Суммарная лазерная энергия составила 145,2 мДж. Через 1 месяц после 3-его сеанса отмечалось значительное уменьшение площади помутнения стекловидного тела. При обычном осмотре помутнения были незначимыми и недостаточно различимыми. Однако при использовании фотооптического метода было выявлено, что площадь помутнения 0,043 мм<sup>2</sup>, а акустическая плотность помутнения уменьшилась до 12 дБ.

Учитывая данные фотооптического метода и акустическую плотность помутнения, был проведен четвертый сеанс: энергия лазерного импульса 1,8 мДж, количество импульсов – 60. Суммарная лазерная энергия составила 90,1 мДж.

Через 1 мес. после 4-ого сеанса отмечалось отсутствие помутнений стекловидного тела в зоне выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса (рисунок 35).

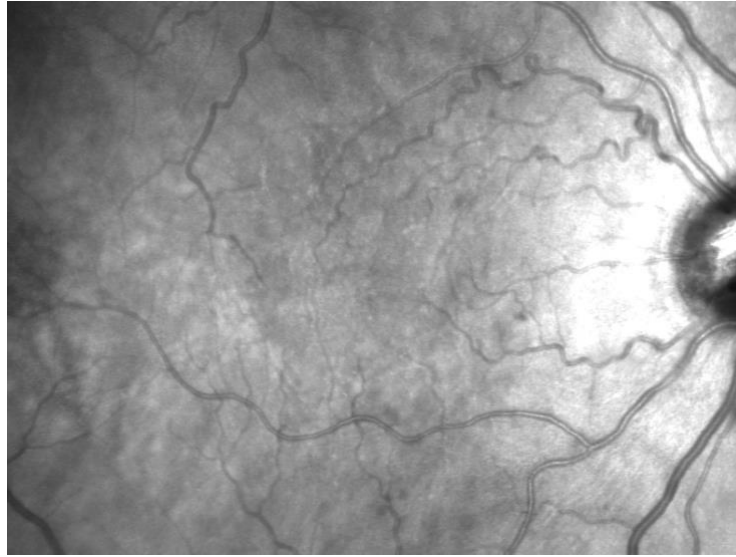


Рисунок 35 - Фотография стекловидного тела правого глаза у пациента Ш. по данным фотооптического метода через 1 месяц после четвертого сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

На рисунке 36 представлена фотография ультразвукового исследования ( $\beta$ -сканирование) через 1 месяц после четвертого этапа ИАГ-лазерного витреолизиса – помутнения в стекловидном теле не обнаружены.

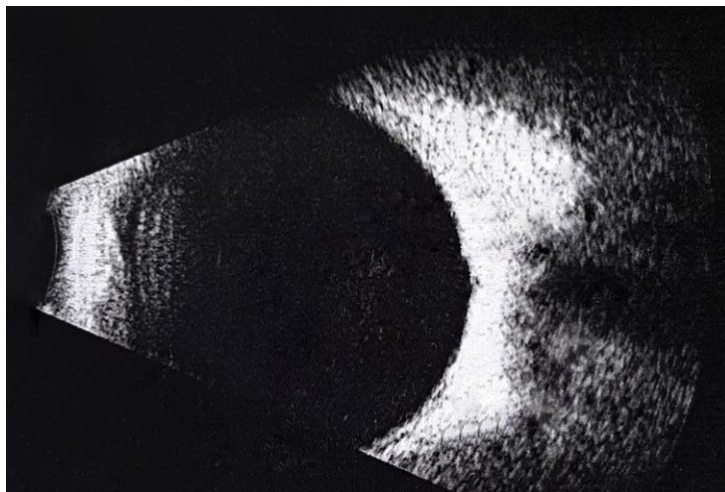


Рисунок 36 - Фотография помутнений стекловидного тела правого глаза у пациента Ш. по данным ультразвукового исследования через 1 месяц после четвертого сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса

Световая чувствительность на правом глазу составила 27,3 дБ (рисунок 37).

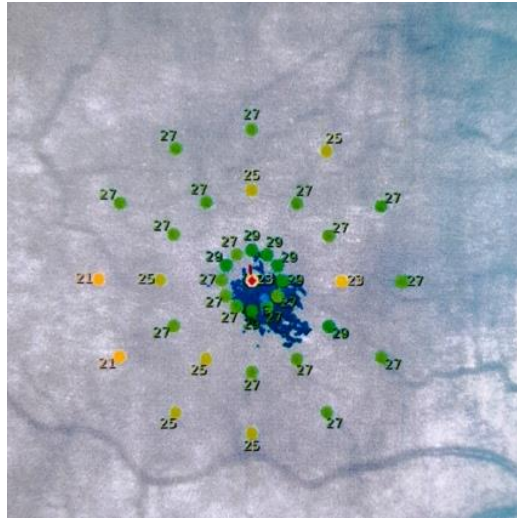


Рисунок 37 - Результаты микропериметрии правого глаза у пациента Ш., 1964 г. рождения, после этапов ИАГ-лазерного витреолизиса

Следует подчеркнуть, что применение фотооптического и акустического методов исследования помутнений стекловидного тела позволило наиболее точно измерять площадь помутнений, их акустическую плотность, определять индекс интенсивности затемнения сетчатки, подбирать оптимальную энергию с учетом акустической плотности помутнения, а также оценивать эффективность выполнения каждого этапа ИАГ-лазерного витреолизиса, что в итоге позволяет добиться при применении оптимизированной технологии лучших клинических результатов по сравнению со стандартной технологией лазерной хирургии.

Сравнительный анализ клинко-функциональных результатов показал преимущество оптимизированной персонализированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела по сравнению со стандартной технологией через 24 месяца (таблица 31).

Следует отметить, что при применении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела отмечены достоверно лучшие значения клинко-функциональных показателей по МКОЗ, светочувствительности сетчатки, площади помутнений, показателю затемнения,

индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы через 24 месяца в отличие от стандартной технологии, которая была выполнена у пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Это было обусловлено, во-первых, применением фотооптического метода как одного из основных методов контроля за эффективностью лазерной хирургии, во-вторых, оптимальным подбором лазерной энергии для выполнения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела.

Таблица 31 – Средние значения клиничко-функциональных показателей после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела через 24 месяца у пациентов контрольной и основной групп, 318 глаз,  $M \pm \sigma$

Показатели	Контрольная группа, 158 глаз	Основная группа, 160 глаз	T	p
МКОЗ	$0,72 \pm 0,14^{**}$	$0,77 \pm 0,13^{**}$	3,3	$<0,01$
Светочувствительность макулы, дБ	$25,6 \pm 3,8^{**}$	$26,9 \pm 2,5^{**}$	3,6	$<0,001$
Показатель фиксации взора, %	$97 \pm 1,7^*$	$97,2 \pm 1,6^*$	1,05	$>0,05$
Площадь помутнения, мм <sup>2</sup>	$0,9 \pm 1,9^{**}$	$0,5 \pm 1,1^{**}$	2,3	$<0,05$
Показатель затемнения	$16,2 \pm 9,8^{**}$	$12,2 \pm 10,2^{**}$	3,57	$<0,01$
Индекс интенсивности затемнения сетчатки	$15,6 \pm 19,1^{**}$	$8,6 \pm 9,4^{**}$	4,15	$<0,001$
Акустическая плотность помутнений стекловидного тела, дБ	$16,4 \pm 9,5^{**}$	$9,6 \pm 8,1^{**}$	6,9	$<0,001$

Анализируя влияние ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела на показатели гидродинамики глаза было установлено различие между пациентами контрольной и основной групп. У пациентов контрольной группы в 7 раз чаще отмечалось повышение ВГД на 3-5 мм рт. ст. (в 17,7% случаев) через час после лазерной хирургии, обусловленное усилением продукции водянистой влаги при более высоких значениях энергии лазерного импульса и суммарной лазерной энергии, в отличие от пациентов основной группы (в 2,5% случаев).

Средние показатели денситометрии у пациентов контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Средние показатели денситометрии у пациентов контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела,  $M \pm \sigma$

Показатели	Контрольная группа, 158 глаз	Основная группа, 160 глаз	T	p
До лечения	8,1 ± 2,6	7,7 ± 2,3	1,4	>0,05
Первые сутки после лазерной хирургии	8,3 ± 3,0	7,8 ± 2,4	1,6	>0,05
Через 1 мес. после первого этапа	8,5 ± 3,1	8,2 ± 2,5	0,94	>0,05
Через 1 мес. после завершения лечения	8,9 ± 2,9	8,5 ± 2,4	1,3	>0,05

Сравнительный анализ средних значений результатов денситометрии показал отсутствие достоверного различия между пациентами контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

Средние значения показателей интерлейкинов 1 и 8 в слезной жидкости до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной и контрольной групп представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Средние значения интерлейкинов 1 и 8 у пациентов контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела,  $M \pm \sigma$

Показатели	Контрольная группа, 158 глаз		Основная группа, 160 глаз	
	Интерлейкин 1	Интерлейкин 8	Интерлейкин 1	Интерлейкин 8
До лечения	14,1 ± 40,2	84,9 ± 275	15,1 ± 38,8	86,8 ± 287,1
Первые сутки после лазерной хирургии	15,3 ± 38,9	83,3 ± 267,5	14,3 ± 39,9	81,3 ± 259,3
Через 1 мес. после первого этапа	14,3 ± 40,2	85,9 ± 262,5	13,4 ± 38,9	86,8 ± 288,4
Через 1 мес. после завершения лечения	16,6 ± 42,7	89,2 ± 450,9	17,5 ± 45,5	92,2 ± 568

Сравнительный анализ средних значений интерлейкинов 1 и 8 в слезной жидкости показал отсутствие достоверного различия между пациентами контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

Изучение показателей УБМ глаза, представленных в третьей главе, не выявило достоверных изменений по толщине цилиарного тела, ширине угла передней камеры глаза и длине цинновых связок между пациентами контрольной и

основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. Это означает, что технология ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела не вызывает структурных и морфологических изменений со стороны переднего сегмента глазного яблока.

Таким образом, при проведении анализа клинико-функциональных показателей оптимизированной технологии лазерной процедуры у пациентов основной группы затрачивалось достоверно меньше суммарной лазерной энергии на выполнение первого этапа лечения в отличие от стандартной технологии – ниже на 15,5 % ( $p < 0,001$ ). Это было обусловлено более низким уровнем энергии лазерного импульса ( $p < 0,001$ ) при оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, подбираемым с учетом акустической плотности помутнений. При применении оптимизированной персонализированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела отмечены достоверно лучшие значения клинико-функциональных показателей по МКОЗ, светочувствительности сетчатки, площади помутнений, показателю затемнения, индексу интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы через 24 месяца в отличие от пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Это было обусловлено, во-первых, применением фотооптического метода как одного из основных методов контроля за эффективностью лазерной хирургии, во-вторых, оптимальным подбором лазерной энергии для выполнения оптимизированной персонализированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела. Безопасность оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела подтверждена при изучении гидродинамических, анатомо-структурных характеристик переднего отрезка глазного яблока и при оценке факторов воспаления в слезной жидкости в сравнении со стандартной методикой.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Помутнения стекловидного тела, которые возникают с возрастом являются следствием нарушения структуры стекловидного тела из-за процессов его деструкции, разжижения и сморщивания (синхазис и синерезис) и являются на сегодняшний день актуальной проблемой офтальмологии, определяющей качество жизни пациентов. По данным литературы около 76% людей имеют плавающие «мушки» перед глазами, а 33% связывают с ними снижение зрения [146].

Помутнения стекловидного тела – одно из проявлений деструкции стекловидного тела с формированием уплотнений, экранирующих свет, отбрасывающих тень на сетчатку, и, как следствие, снижающих не только качество зрения пациентов, но и качество их жизни в целом [18, 100, 114, 146].

Деструкция стекловидного тела является весьма распространённой глазной патологией, при которой фибриллы стекловидного тела подвергаются разрушению, что может привести к отслойке сетчатки [131].

Разработка новых методов диагностики и лечения помутнений стекловидного тела требует современного подхода, прежде всего, к их визуализации на основе углубленного знания анатомии и физиологии органа зрения, а также совершенствования представлений об этиологии и патогенезе деструкции стекловидного тела [38, 87, 109, 122, 127, 152].

Одним из эффективных методов выявления структурных нарушений стекловидного тела является ультразвуковое исследование (УЗИ), так оно позволяет с высокой точностью определить расположение, объём и плотность помутнений [111], безопасное расстояние от помутнения до сетчатки и хрусталика (по данным ряда авторов оно составляет 3 мм и более) [94, 142]. Однако, отсутствие международного стандарта в протоколе описания плавающих помутнений стекловидного тела (ППСТ), ограничивает их количественную и качественную характеристики.

Среди наиболее точных и информативных методов визуализации плавающих помутнений стекловидного тела выделяют сканирующую лазерную офтальмоскопию (СЛО) и оптическую когерентную томографию (ОКТ) сетчатки. СЛО даёт информацию о локализации, площади и интенсивности теней, возникающих на сетчатке из-за ППСТ; ОКТ позволяет качественно и количественно оценить помутнения стекловидного тела, расположенные вблизи сетчатки за счет артефактной тени, падающей на сетчатку и скотомы от плавающих помутнений — «floater scotoma» [96,114,126-128].

Шаимова В.А. (2019) разработала метод количественной оценки площади артефактной тени плавающих помутнений стекловидного тела, проявляющейся на ОКТ-ангиограммах в виде ложной зоны неперфузии [67].

Одним из современных и наиболее информативных методов определения функциональных резервов сетчатки является микропериметрия [48,125]. В отличие от классической статической периметрии и визиометрии микропериметрия позволяет более точно локализовать центральные дефекты поля зрения.

В связи с тем, что операция витрэктомия зачастую сопровождается большим количеством послеоперационных осложнений, ИАГ-лазерный витреолизис рассматривается как альтернативный метод лечения пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела [97,106,129]. Основными преимуществами данного метода являются малоинвазивный характер процедуры, невысокий процент осложнений, отсутствие ограничений в послеоперационном периоде, а также экономическая целесообразность [68,98,129]. По мнению многих авторов, ИАГ-лазерный витреолизис является наиболее эффективной методикой лечения помутнений стекловидного тела [14,20,52,68,76,85,91, 101,117,130].

Большинство авторов отмечают эффективность и безопасность данного метода. Янилкина Ю.Е. с соавторами в 2018 году использовала тиндалеметрию для оценки воспалительной реакции на витреолизис. Результаты показали минимально выраженное изменение прозрачности, а следовательно, подтвердили безопасность процедуры ИАГ-лазерного витреолизиса [72,117].

С помощью ОКТ-ангиографии оценивают площадь артефактной тени плавающих помутнений стекловидного тела, что позволяет провести количественную оценку плавающих помутнений стекловидного тела и более точно оценить эффективность ИАГ-лазерного витреолизиса, а также уточнить показания к данной операции [67].

Б.А. Нормаев с соавторами (2019) при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела методом ИАГ-лазерного витреолизиса отметил достоверное повышение контрастной чувствительности и снижение уровня жалоб пациентов по сравнению с контрольной группой, не получавшей указанного лечения [50,52].

Осложнения при лазерном витреолизисе возникают достаточно редко. Основными из них являются: травматическая катаракта, которая встречается в 0,05-8,5 % случаев [102, 117, 134]; ретинальный разрыв с отслойкой сетчатки – в 1,7 % [106,117]; кровоизлияние в сетчатку – в 6,8 % [106]. Кроме того, при лечении плавающих помутнений стекловидного тела методом витреолизиса у некоторых пациентов возникала реактивная глазная гипертензия [77,91]. Многие авторы отмечают, что ятрогенные осложнения ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела присущи начальному этапу освоения данной технологии [75, 76,95,98,102,113,117,118,130].

Однако отсутствуют методы, позволяющие дать количественную характеристику помутнениям стекловидного тела до и после выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса, в частности, основанные на фоторегистрации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнений и степени их выраженности.

Недостаточно изучена возможность комплексного анализа результатов исследования помутнений стекловидного тела для персонализированного лечения пациентов, основанного на индивидуальном подборе энергии лазерного импульса с учетом акустической плотности помутнений с целью повышения эффективности и безопасности выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса.

Всё вышеизложенное позволило сформулировать цель настоящего

исследования: разработать оптимизированную технологию ИАГ-лазерного витреолизиса с использованием фотооптического и ультразвукового методов количественной оценки помутнений стекловидного тела.

В соответствии с поставленными задачами были обследованы 318 пациентов с ПСТ (318 глаз), которые были разделены на 2 группы. В первую группу вошли 158 пациентов (158 глаз) с помутнениями стекловидного тела (ПСТ) – контрольная группа. В контрольной группе проводилась комплексная диагностика и выполнялась стандартная технология YAG-лазерного витреолизиса ПСТ.

Во вторую группу вошли 160 пациентов (160 глаз) с помутнениями стекловидного тела (ПСТ), которые составили основную группу. В основной группе у пациентов для регистрации ПСТ применяли разработанный фотооптический метод в комплексной диагностике до и после применения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, а также при проведении последующего мониторинга и оценки эффективности лечения. Возраст пациентов варьировал в диапазоне от 20-ти до 88-и лет. Средний возраст составлял  $57,9 \pm 11,8$  лет ( $M \pm \sigma$ ).

Критерии включения пациентов в группы исследования: жалобы пациента на длительно существующие (более 3 месяцев) плавающие помутнения, влияющие на качество зрения; наличие ПСТ на расстоянии более 3 мм от сетчатки и задней капсулы хрусталика, хорошая визуализация помутнения врачом, умеренная смещаемость помутнения при движении глазного яблока, отсутствие факторов риска развития отслойки сетчатки, в том числе, и устраненных периферической лазеркоагуляцией сетчатки. Наличие свершившийся задней отслойки стекловидного тела имело важно значение, но не влияло на критерии отбора пациента для ИАГ-лазерного витреолизиса. От момента появления фотопсии и ППСТ по данным анамнеза пациента должно пройти не менее 3-х месяцев.

Критериями исключения пациентов из исследования были воспалительные заболевания переднего и заднего отрезка глаза, отслойка сетчатки, сосудистые заболевания сетчатки, наличие помутнений роговицы, в том числе и

кератотомические рубцы, помутнения хрусталика и факосклероз, затрудняющий фокусировку лазерной установки наличие помутнений стекловидного тела на расстоянии менее 3 мм от сетчатки и задней капсулы хрусталика, наличие периферической витреохориоретинальной дистрофии с факторами риска развития отслойки сетчатки.

Все пациенты 1-ой и 2-ой групп с помутнениями стекловидного тела (318 глаз) также были распределены в зависимости от форм помутнений: точки (73 глаза; 23%), пятна (92 глаза; 28,9%), кольцо, полукольцо (77 глаз; 24,2%) и тяжи (76 глаз; 23,9%). Для выделения формы учитывали площадь помутнений: при точечном помутнении его площадь не превышала 0,5 мм<sup>2</sup>, при помутнении в виде пятна – затрагивала область более 0,5 мм<sup>2</sup>. Контрольная и основная группы были сопоставимы по распределению формы помутнений стекловидного тела.

Обследования пациентов проводили до и после ИАГ-лазерного витреолизиса: первые сутки после операции и через 1 месяц после каждого этапа лечения (количество этапов от 1 до 5), а также через 3, 6 и 12 месяцев. Срок наблюдения составил от 1 года до 3 лет.

У всех обследуемых проводилось комплексное офтальмологическое обследование: визометрия, рефрактометрия, офтальмобиомикроскопия, сканирующая офтальмоскопия, пахиметрия, ультразвуковая биометрия, тонометрия, тонография, денситометрия, ультразвуковая биомикроскопия глазного яблока.

Для определения акустической плотности ПСТ проводилось уменьшение мощности ультразвука до исчезновения визуализации помутнений. Акустическую плотность помутнений стекловидного тела определяли как разницу между мощностью ультразвука при исследовании (101 дБ) и величиной мощности ультразвука при исчезновении визуализации помутнений. Расстояние от помутнения до сетчатки и задней капсулы хрусталика определяли с использованием прибора AVISO, Quantel Medical (Франция).

С целью оценки влияния ИАГ-лазерного витреолизиса на показатели

гидродинамики глаза пациентам выполнялась тонографию на приборе Глаутест-60 (Россия). Данный метод позволял определить основные показатели гидродинамики глаза: коэффициент легкости оттока ( $C$ , мм<sup>3</sup>/мм рт. ст.×мин), минутный объем водянистой влаги ( $F$ , мм<sup>3</sup>/мин), уровень истинного внутриглазного давления ( $P_0$ , мм рт. ст.).

Для оценки безопасности при проведении ИАГ-лазерного витреолизиса проводили исследование уровня интерлейкинов 1 и 8 в слезной жидкости. Для забора слезной жидкости был использован одноканальный пипеточный дозатор. Слезу собирали из нижнего конъюнктивального мешка в стерильные пробирки в объеме 100 мкл за 20 минут до операции и на всех сроках наблюдения. Предварительную анестезию конъюнктивы и глазного яблока не проводили. Химические вещества, стимулирующие слезоотделение, не применяли. Биологический материал исследовали на уровень интерлейкинов 1 и 8 с использованием иммуноферментного анализатора Infinite F50 (Tecan, Австрия).

У пациентов контрольной группы проводили стандартную технологию YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. В условиях медикаментозного мидриаза на роговицу пациента под местной инстилляционной анестезией устанавливалась контактная линза, в зависимости от локализации плавающих помутнений стекловидного тела: «Reuman 18 mm» (Ocular, США) – для ППСТ в передней трети витреальной полости, «Karickhoff 23» (Ocular, США) – для помутнений стекловидного тела в средней трети витреальной полости, «Karickhoff 25 mm Off-Axis» (Ocular, США) – для помутнений стекловидного тела в задней трети витреальной полости, а также для не центрально расположенных помутнений стекловидного тела относительно зрительной оси. YAG-лазерный витреолизис выполнялся на приборе «Ultra Q Reflex» (Ellex, Австралия) с техническими параметрами: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 8 мкм, длительность импульса 4 нс. Подбор энергии в стандартной методике проводился с учётом положения плавающих помутнений стекловидного тела: в передней трети витреальной полости -2,0-3,0 мДж, в средней трети витреальной полости -3,5-5,0 мДж и в задней

трети витреальной полости до 7,5 мДж. За один сеанс YAG-лазерного витреолизиса производилось от 30 до 150 импульсов с энергией от 2 до 7,5 мДж.

Полученные в результате проведенных исследований цифровые значения рефракции, тонометрии, тонографии, микропериметрии, площади и акустической плотности плавающих помутнений стекловидного тела, индекса интенсивности затемнения обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0 компании StatSoft, Inc. Для оценки достоверности различий между средними значениями ( $M \pm \sigma$ ) рассчитывался доверительный коэффициент Стьюдента ( $t$ ) и при его величине от 2,0 и выше и показателе достоверности различия ( $p$ ) менее 0,05 ( $p < 0,05$ ), различие расценивалось как статистически значимое. Для изучения взаимосвязи между исследуемыми показателями проводили корреляционный анализ.

Для разработки способа объективной визуализации помутнений стекловидного тела с оценкой площади помутнений и интенсивности затемнения сетчатки был использован сканирующий лазерный офтальмоскоп и лазерный ангиограф NIDEK F-10 (Япония), позволивший проводить фоторегистрацию помутнений в инфракрасном режиме на фоне глазного дна при длине волны 790 нм. Степень затемнения сетчатки определялась путем проведения колориметрического анализа по шкале яркости фона глазного дна и среднего цвета выбранных зон площади помутнения в графическом редакторе. Показатель затемнения (dimming factor – DF) определяли как разницу между яркостью цвета фона глазного дна ( $L_{\text{фона}}$ ) в диапазоне от белого до черного и яркостью среднего цвета выбранных зон площади помутнения ( $L_{\text{помутнения}}$ ):

$$DF = L_{\text{фона}} - L_{\text{помутнения}}.$$

Далее осуществлялся расчет индекса интенсивности затемнения ( $\text{Index}_{DF}$ ) как произведение полученного показателя затемнения (DF) на площадь помутнений стекловидного тела

$$(S): \text{Index}_{DF} = DF \times S.$$

Указанный фотооптический метод оценки помутнений стекловидного тела применялся у пациентов контрольной и основной групп до и после проведения ИАГ – лазерного витреолизиса (патент РФ на изобретение № 2674926 «Способ оценки эффективности витреолизиса помутнений стекловидного тела» от 01.02.2018 г.) После проведения ИАГ-лазерного витреолизиса ПСТ повторное применение фотооптического метода для оценки эффективности процедуры и определения необходимости повторного этапа лечения выполняли только у пациентов основной группы.

Наибольшие значения площади помутнения стекловидного тела и индекса интенсивности затемнения сетчатки по данным фотооптического метода отмечались у пациентов с помутнениями в форме кольца (полукольца), затем тяжа и пятна и наименьшие – при помутнениях в виде точек. При этом наиболее разнообразными по площади помутнений и индексу интенсивности затемнения сетчатки были помутнения стекловидного тела в виде тяжа и кольца (полукольца). Различие между средними значениями помутнений стекловидного тела в виде точек и пятен по площади и индексу интенсивности затемнения  $Index_{DF}$  было статистически достоверным ( $t = 7,4$ ;  $p = 0,001$  и  $t = 10,7$ ;  $p = 0,001$ , соответственно). Достоверные различия между средними значениями площади помутнений и  $Index_{DF}$  отмечались при сравнении форм помутнений стекловидного тела в виде пятна и кольца ( $t = 4,4$ ;  $p = 0,001$  и  $t = 4,39$ ;  $p = 0,001$ , соответственно).

На основании корреляционного анализа была установлена зависимость между светочувствительностью сетчатки и площадью помутнений стекловидного тела, которая характеризовалась формулой:

$$S_r = 26,32 - 0,44 \times S,$$

где  $S_r$  – светочувствительность сетчатки,

$S$  – площадь помутнений стекловидного тела.

С увеличением площади помутнений стекловидного тела по данным микропериметрии отмечалось снижение светочувствительности сетчатки. Коэффициент корреляции равен  $r_{x/y} = -0,48$  ( $p = 0,0001$ ).



Кроме того, была выявлена зависимость между светочувствительностью сетчатки в соответствии с данными микропериметрии и индексом интенсивности затемнения сетчатки ( $Index_{DF}$ ) по данным фотооптического метода у пациентов основной и контрольной групп (318 глаз), характеризовавшаяся формулой:

$$S_r = 26 - 0,01 \times Index_{DF},$$

где  $S_r$  – светочувствительность сетчатки,

$Index_{DF}$  – индекс интенсивности затемнения сетчатки помутнением стекловидного тела.

Коэффициент корреляции равен  $r_{x/y} = -0,397$  ( $p = 0,0001$ ).

У пациентов с увеличением величины индекса интенсивности затемнения сетчатки снижалась светочувствительность сетчатки по данным микропериметрии.

Одной из основных задач работы стало определение локализации, площади и плотности плавающих помутнений стекловидного тела на основе комплексного офтальмологического обследования, а также разработка алгоритма подбора лазерной энергии и оценка эффективности лечения при проведении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов основной группы.

На основании клинико-экспериментальной части исследования было установлено, что на выбор уровня лазерной энергии при проведении ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела оказывает влияние акустическая плотность помутнений стекловидного тела ( $r_{x/y} = 0,89$  при  $p = 0,00001$ ). Подбор лазерной энергии в оптимизированной методике проводился исходя из акустической плотности помутнения и определялся по формуле:

$$E = 0,4767 + 0,1126 * Q,$$

где  $E$  – энергия YAG-лазера, требуемая для разрушения помутнения,

$Q$  – акустическая плотность помутнения стекловидного тела.

Локализация (глубина расположения) ПСТ не оказывала достоверного влияния на выбор уровня лазерной энергии ( $p > 0,05$ ). При расчете по закону Бугера-Ламберта-Бера разность в поглощении лазерной энергии между двумя точками в

диапазоне расстояний при выполнении ИАГ-лазерного витреолизиса составляла всего 3%.

На основании установленной зависимости уровня лазерной энергии от акустической плотности помутнений стекловидного тела была разработана таблица для быстрого определения минимального уровня лазерной энергии при проведении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса.

В контрольной группе преобладали пациенты с миопической рефракцией, составлявшей в среднем  $-3,5 \pm 4,1$  дптр, и передне-задним размером глазного яблока, равнявшимся  $24,9 \pm 1,9$  мм ( $M \pm \sigma$ ). При этом среднее значение светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии составляло 25,7 дБ, что соответствует норме, однако её диапазон колебался от 20,3 до 29,7 дБ. Известно, что у здоровых лиц диапазон светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии должен быть не ниже 25 дБ.

Ультразвуковое исследование (В-сканирование) позволило определить глубину расположения помутнений относительно задней поверхности хрусталика. На 85 глазах (53,8%) помутнения располагались в средней трети стекловидного тела, а на 73 глазах (46,2%) – в задней трети стекловидного тела. Среднее значение расположения помутнений в стекловидном теле от задней поверхности хрусталика составляло  $13,2 \pm 2,1$  мм (от 9,4 мм до 18,9 мм). Среднее значение площади помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы до проведения ИАГ-лазерного витреолизиса составляло  $3,4 \pm 5,9$  мм<sup>2</sup> (от 0,2 до 34,4 мм<sup>2</sup>), а средний показатель индекса интенсивности затемнения сетчатки -  $69,4 \pm 84,6$  (от 1,4 до 394). При исследовании акустической плотности помутнений стекловидного тела было установлено отсутствие зависимости акустической плотности от формы помутнения. При формах помутнений стекловидного тела в виде пятна, тяжа и кольца диапазон значений акустической плотности от минимальной до максимальной величин совпадал: от минимальных значений 8-10 дБ до максимальных значений – 36-41 дБ.

При неэффективности первого сеанса ИАГ-лазерного витреолизиса, сохранении остаточных плавающих помутнений в стекловидном теле, через месяц проводилась повторная лазерная хирургия.

У пациентов контрольной группы (158 глаз) было выполнено не более 3 сеансов лечения. Второй сеанс лазерного вмешательства был выполнен на 60 глазах (в 38% случаев), третий сеанс – на 39 глазах (в 24,7% случаев). Достоверное улучшение после ИАГ-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов контрольной группы уже на первые сутки после операции: регистрировалось уменьшение средней величины площади помутнений ( $t = 2,06$ ;  $p < 0,05$ ), показателя затемнения ( $t = 4,17$ ;  $p = 0,001$ ) и индекса интенсивности затемнения сетчатки ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$ ), а также среднего значения акустической плотности помутнений стекловидного тела ( $t = 5,3$ ;  $p = 0,001$ ). Достоверное улучшение клинико-функциональных результатов отмечались через 1 месяц после операции. При проведении стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела отмечалось достоверное повышение МКОЗ с  $0,63 \pm 0,19$  до  $0,67 \pm 0,17$  ( $t = 2,0$ ;  $p < 0,05$ ) и светочувствительности макулы с  $24,5 \pm 2,5$  дБ до  $25,4 \pm 3,8$  ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$ ), уменьшение акустической плотности помутнений с  $23,8 \pm 8,6$  дБ до  $16,9 \pm 9,1$  дБ ( $t = 6,9$ ;  $p < 0,001$ ) и площади помутнений с  $3,4 \pm 5,9$  мм<sup>2</sup> до  $1,4 \pm 1,9$  мм<sup>2</sup> ( $t = 4,0$ ;  $p < 0,001$ ), индекса интенсивности затемнения сетчатки с  $69,4 \pm 84,6$  до  $15,5 \pm 19,4$  ( $t = 7,8$ ;  $p < 0,001$ ). Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений МКОЗ, светочувствительности макулы, индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности помутнений стекловидного тела, которые достоверно отличались от исходных значений, зарегистрированных у пациентов до операции. Среднее значение площади помутнений стекловидного тела после выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса у пациентов контрольной группы составляло  $0,9 \pm 1,9$  мм<sup>2</sup>, а индекса интенсивности затемнения сетчатки -  $15,4 \pm 19,6$ .

В раннем послеоперационном периоде у пациентов контрольной группы, через 1 час после операции, на 28 глазах (в 17,7% случаев) было зафиксировано

повышение уровня внутриглазного давления на 3-5 мм рт. ст., которое было обусловлено усилением продукции водянистой влаги с  $0,95 \pm 0,3$  мм<sup>3</sup>/мин до  $2,0 \pm 0,3$  мм<sup>3</sup>/мин ( $t = 15,6$ ;  $p < 0,001$ ). У пациентов данной подгруппы (28 глаз) истинное внутриглазное давление достоверно повысилось с  $14,9 \pm 1,3$  мм рт. ст. до  $18,4 \pm 1,3$  мм рт. ст. ( $t = 10,0$ ;  $p < 0,001$ ). Назначение инстилляций 0,5% раствора  $\beta$ -блокатора или ингибитора карбоангидразы (1% раствора Brinzolamidi или 2% раствора Dorzolamidi) через час после операции вело к нормализации внутриглазного давления и показателей гидродинамики глаза.

У основной группы, как и у лиц контрольной группы, преобладали пациенты с миопической рефракцией, которая составила в среднем  $-3,8 \pm 4,25$  дптр, а передне-задний размер глазного яблока был равен  $25,1 \pm 1,9$  мм, ( $M \pm \sigma$ ). Среднее значение светочувствительности сетчатки по данным микропериметрии составило  $25,5 \pm 2,6$  дБ, а её диапазон был от 19,2 до 30,8 дБ. Среднее значение площади помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы до проведения ИАГ-лазерного витреолизиса составляло  $3,2 \pm 5,8$  мм<sup>2</sup> (от 0,13 до 33,2 мм<sup>2</sup>), а индекса интенсивности затемнения сетчатки -  $66,1 \pm 92,7$  (от 1,58 до 479,2). Различия между средними значениями площади помутнений стекловидного тела, показателя затемнения и индекса интенсивности затемнения сетчатки у пациентов основной и контрольной группы с помутнениями стекловидного тела до ИАГ-лазерного витреолизиса было статистически недостоверным ( $t < 2,0$ ;  $p > 0,05$ ), что указывает на однородность групп по данным показателям.

У пациентов основной группы, как и у лиц контрольной группы, отсутствовала зависимость между акустической плотностью и формой помутнения стекловидного тела. При точечных помутнениях стекловидного тела акустическая плотность находилась от 10 до 35 дБ. При формах помутнений стекловидного тела в виде пятна, тяжа и кольца диапазон значений акустической плотности от минимальной до максимальной величин практически совпадал и был в пределах от 7-9 дБ до 39-42 дБ. Различия между средними значениями акустической плотности помутнений стекловидного тела у пациентов основной и контрольной группы с

помутнениями стекловидного тела до выполнения ИАГ-лазерного витреолизиса было статистически недостоверным ( $t < 2,0$ ;  $p > 0,05$ ), что указывает на однородность групп по данному показателю.

По данным ультразвукового В-сканирования на 83 глазах (51,9%) помутнения располагались в средней трети стекловидного тела, а на 77 глазах (48,1%) - в задней трети стекловидного тела. Среднее значение расположения помутнений в стекловидном теле от задней поверхности хрусталика составляло  $13,4 \pm 1,98$  мм (от 9,5 мм до 19,5 мм).

Использование ультразвукового исследования позволило оптимизировать технологию ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела за счет эффективного оптимального подбора минимальной величины лазерной энергии, определявшейся с учетом акустической плотности помутнений. Была исследована зависимость между минимальной лазерной энергией и акустической плотностью помутнений стекловидного тела у 50 пациентов (50 глаз) основной группы. Зависимость между плотностью помутнений стекловидного тела и энергией при проведении лазерного витреолизиса определялась у данных пациентов по формуле:

$$E = 0,4767 + 0,1126 * Q,$$

где Q – акустическая плотность помутнений стекловидного тела,

E – величина лазерной энергии.

Коэффициент корреляции  $r_{x/y} = 0,89$  при  $p = 0,00001$ . С учетом полученной зависимости был разработан метод оптимизированной технологии на основании персонализированного подбора энергии в зависимости от акустической плотности помутнений (патент РФ на изобретение № 2726468 от 07.08.2020 г.).

Метод оптимизированной технологии на основе персонализированного подбора энергии в зависимости от акустической плотности помутнений заключался в следующем, во-первых: в условиях медикаментозного мидриаза на роговицу пациента под местной инстиляционной анестезией устанавливалась контактная линза, в зависимости от локализации помутнения для его лучшей визуализации: «Reuman 18 mm» (Ocular, США) – для ППСТ в передней трети витреальной

полости, «Karickhoff 23» (Ocular, США) – для ППСТ в средней трети витреальной полости, «Karickhoff 25 mm Off-Axis» (Ocular, США) – для ППСТ в задней трети витреальной полости, а также для ППСТ, парацентрально расположенных относительно зрительной оси, использовалась линза «Reichel-Mainster 1X Retina». YAG-лазерный витреолизис выполнялся на приборе «Ultra Q Reflex» (Ellex, Австралия) с техническими параметрами: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 8 мкм, длительность импульса 4 нс.

За один сеанс ИАГ-лазерного витреолизиса проводилось от 30 до 150 импульсов с энергией в диапазоне от 2 до 5,5 мДж.

В отличие от стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса, которая применялась у пациентов контрольной группы, при оптимизированной персонализированной технологии лазерной процедуры у пациентов основной группы на выполнение первого сеанса лечения затрачивалось достоверно меньше суммарной лазерной энергии ( $t=3,6$ ;  $p<0,001$ ) – этот показатель был ниже на 15,5%, что было обусловлено более низким уровнем энергии лазерного импульса, подбираемого с учетом акустической плотности помутнений. Различие между средними значениями энергии лазерного импульса у пациентов контрольной и основной групп было статистически достоверным ( $t=10,6$ ;  $p<0,001$ ) при практически одинаковом числе лазерных импульсов ( $t=1,6$ ;  $p>0,05$ ).

Следует отметить, что применение фотооптического метода при контроле за эффективностью оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела и при последующем мониторинге пациентов основной группы привело к необходимости выполнения большего числа сеансов лечения для достижения наилучшего клинического эффекта. Среднее число этапов лечения при проведении оптимизированной технологии было достоверно больше, чем при стандартной методике ( $t=11,5$ ;  $p<0,001$ ). Выполнялось до 5 сеансов лечения. Второй сеанс лазерной хирургии был выполнен на 87 глазах (в 54,4% случаев), третий сеанс – на 56 глазах (в 35% случаев), четвертый сеанс – на 35 глазах (в 21,9% случаев), пятый сеанс – 14 глазах (в 8,8% случаев). После первого

сеанса оптимизированной методики ИАГ-лазерного витреолизиса среднее значение площади помутнений уменьшилось с  $3,2 \pm 5,8 \text{ мм}^2$  до  $2,7 \pm 2,6 \text{ мм}^2$  ( $M \pm \sigma$ ) – на 15,6 %, после второго сеанса лазерной хирургии сократилось до  $2,29 \pm 2,6 \text{ мм}^2$  - на 15,2 %, после третьего сеанса – до  $1,4 \pm 1,1 \text{ мм}^2$  - на 38,9 % ( $t=3,8$ ;  $p<0,001$ ), после четвертого сеанса – до  $0,8 \pm 0,5 \text{ мм}^2$  - на 42,8 % ( $t=5,2$ ;  $p<0,001$ ) и после пятого сеанса площадь помутнений уменьшилась до  $0,5 \pm 0,4 \text{ мм}^2$  ( $t=6,3$ ;  $p<0,001$ ) - на 25 %. В итоге среднее значение площади помутнений при проведении всех этапов ИАГ-лазерного витреолизиса уменьшилось в 5,3 раза.

Достоверное улучшение состояния стекловидного тела после оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса отмечалось у пациентов основной группы также на первые сутки после операции: регистрировалось уменьшение средней величины площади помутнений ( $t=3,58$ ;  $p<0,01$ ), показателя затемнения ( $t=6,8$ ;  $p=0,001$ ) и индекса интенсивности затемнения сетчатки ( $t=3,0$ ;  $p<0,001$ ), а также среднего значения акустической плотности помутнений стекловидного тела ( $t=8,5$ ;  $p=0,001$ ).

При выполнении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы через 1 месяц отмечалось достоверное повышение МКОЗ с  $0,69 \pm 0,24$  до  $0,74 \pm 0,16$  ( $t=2,7$ ;  $p<0,05$ ) и светочувствительности макулы с  $25,5 \pm 2,6 \text{ дБ}$  до  $26,3 \pm 2,8$  ( $t=2,19$ ;  $p<0,05$ ), уменьшение акустической плотности помутнений с  $24,7 \pm 7,6 \text{ дБ}$  до  $14,2 \pm 8,9 \text{ дБ}$  ( $t=11,3$ ;  $p<0,001$ ) и площади помутнений, с  $3,2 \pm 5,8 \text{ мм}^2$  до  $1,1 \pm 1,8 \text{ мм}^2$  ( $t=4,58$ ;  $p<0,001$ ), индекса интенсивности затемнения сетчатки с  $66,1 \pm 92,7$  до  $13,7 \pm 9,4$  ( $t=7,1$ ;  $p<0,001$ ).

Через 6, 12 и 24 месяца отмечалась стабилизация значений МКОЗ, светочувствительности макулы, которые достоверно отличались от исходных значений перед операцией, что соответствует данным литературы. В свою очередь значения индекса интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности

помутнений стекловидного тела - уменьшались через 6, 12, и 24 месяца после операции.

В раннем послеоперационном периоде, через 1 час после операции, было зафиксировано повышение уровня внутриглазного давления на 3 мм рт.ст. у пациентов основной группы только на 4 глазах (в 2,5% случаев).

У пациентов контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела по данным ультразвуковой биомикроскопии переднего сегмента глаза в верхнем, наружном, внутреннем и нижнем отделах структурные изменения ( $p > 0,05$ ) со стороны ширины угла передней камеры глаза, толщины цилиарного тела и длины цинновых связок не обнаружены.

В послеоперационном периоде у пациентов контрольной и основной групп не выявлены осложнения воспалительного или ятрогенного характера, связанные с повреждением различных структур глазного яблока (хрусталика, сетчатки, зрительного нерва и структур переднего сегмента глаза).

Оптимизированная технология проведения ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела, в отличие от стандартного метода, характеризовалась меньшим уровнем энергии лазерного импульса и меньшей суммарной лазерной энергией, но большим количеством выполненных процедур, что было обусловлено применением фотооптического метода, как одного из основных способов контроля за эффективностью выполненной лазерной операции с целью достижения наилучшего клинического результата.

Применение фотооптического и акустического методов исследования помутнений стекловидного тела позволяет наиболее точно измерять площадь помутнений, их акустическую плотность, определять индекс интенсивности затемнения сетчатки, подбирать оптимальную энергию с учетом акустической плотности помутнения, а также оценивать эффективность выполнения каждого этапа ИАГ-лазерного витреолизиса, что в итоге позволяет добиться при



применении оптимизированной технологии лучших клинических результатов по сравнению со стандартной технологией лазерной хирургии.

В результате анализа влияния ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела на показатели гидродинамики глаза было выявлено различие между пациентами контрольной и основной групп. У пациентов контрольной группы через час после лазерной операции в 7 раз чаще отмечалось повышение ВГД на 3-5 мм рт.ст. (в 17,7% случаев), что было обусловлено усилением продукции водянистой влаги ввиду использования более высоких значений энергии лазерного импульса и суммарной лазерной энергии, в отличие от пациентов основной группы (в 2,5% случаев). Ни в одном случае мы не получили стойкого повышения внутриглазного давления, развития глаукомы. Cowan L. A. (2015) и Hahn P. (2017) определяли у пациентов после выполнения стандартной технологии витреолизиса глазную гипертензию [77,91].

Изучение показателей УБМ глаза, представленных в четвертой главе, не выявило достоверных изменений по толщине цилиарного тела, ширине угла передней камеры глаза и длине цинновых связок между пациентами контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела. Это означает, что технология ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела не вызывает структурных и морфологических изменений со стороны переднего сегмента глазного яблока.

Сравнительный анализ средних значений интерлейкинов 1 и 8 в слезной жидкости показал отсутствие достоверного различия между пациентами контрольной и основной групп до и после ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела.

Таким образом, после применения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела выявлены достоверно лучшие значения клиничко-функциональных показателей по МКОЗ, светочувствительности сетчатки, площади помутнений, показателю затемнения, индексу интенсивности затемнения сетчатки и акустической плотности

помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы через 24 месяца в отличие от пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Это было обусловлено, во-первых, применением фотооптического метода как одного из основных методов контроля за эффективностью лазерной операции, во-вторых, оптимальным подбором лазерной энергии для выполнения оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса с учетом акустической плотности помутнений стекловидного тела.

Безопасность оптимизированной персонализированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела подтверждена при изучении гидродинамических, анатомо-структурных характеристик переднего отрезка глазного яблока и при оценке факторов воспаления в слезной жидкости в сравнении со стандартной методикой.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанный объективный способ визуализации помутнений стекловидного тела на основе применения фотооптического метода, позволил количественно оценить площадь помутнения и индекс интенсивности затемнения сетчатки до и после сеансов ИАГ-лазерного витреолизиса;

2. Разработанная оптимизированная технология ИАГ-лазерного витреолизиса, основанная на подборе величины лазерной энергии с учетом акустической плотности помутнения стекловидного тела, которая выполнялась при достоверно ( $p < 0,001$ ) более низком уровне энергии лазерного импульса ( $4,24 \pm 0,9$  мДж против  $5,5 \pm 1,2$  мДж при стандартной технологии), позволяет получить высокую эффективность и оказывать незначительное влияние на повышение ВГД в раннем послеоперационном периоде (на 3 мм рт.ст. от исходного уровня) – только в 2,5% случаев, а при стандартной технологии – в 7 раз чаще (в 17,7% случаев).

3. Установлено, что при выполнении стандартной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы через 1 месяц отмечалось достоверное повышение МКОЗ с  $0,63 \pm 0,19$  до  $0,67 \pm 0,17$  ( $t=2,0$ ;  $p < 0,05$ ) и светочувствительности макулы с  $24,5 \pm 2,5$  дБ до  $25,4 \pm 3,8$  ( $t=2,4$ ;  $p < 0,05$ ), уменьшение акустической плотности помутнений с  $23,8 \pm 8,6$  дБ до  $16,9 \pm 9,1$  дБ ( $t=6,9$ ;  $p < 0,001$ ) и площади помутнений с  $3,4 \pm 5,9$  мм<sup>2</sup> до  $1,4 \pm 1,9$  мм<sup>2</sup> ( $t=4,0$ ;  $p < 0,001$ ), индекса интенсивности затемнения сетчатки с  $69,4 \pm 84,6$  до  $15,5 \pm 19,4$  ( $t=7,8$ ;  $p < 0,001$ ) затемнения сетчатки с  $69,4 \pm 84,6$  до  $15,5 \pm 19,4$  ( $t=7,8$ ;  $p < 0,001$ ). После выполнения всех сеансов ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов контрольной группы среднее значение площади помутнений стекловидного тела составило  $0,9 \pm 1,9$  мм<sup>2</sup>, а индекса интенсивности затемнения сетчатки -  $15,4 \pm 19,6$ .

4. Доказано, что при выполнении оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы через 1 месяц отмечалось достоверное повышение МКОЗ с  $0,69 \pm 0,24$  до  $0,74 \pm 0,16$  ( $t=2,7$ ;  $p<0,05$ ) и светочувствительности макулы с  $25,5 \pm 2,6$  дБ до  $26,3 \pm 2,8$  ( $t=2,19$ ;  $p<0,05$ ), уменьшение акустической плотности помутнений с  $24,7 \pm 7,6$  дБ до  $14,2 \pm 8,9$  дБ ( $t=11,3$ ;  $p<0,001$ ) и площади помутнений с  $3,2 \pm 5,8$  мм<sup>2</sup> до  $1,1 \pm 1,8$  мм<sup>2</sup> ( $t=4,58$ ;  $p<0,001$ ), индекса интенсивности затемнения сетчатки с  $66,1 \pm 92,7$  до  $13,7 \pm 9,4$  ( $t=7,1$ ;  $p<0,001$ ). После выполнения всех сеансов ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела у пациентов основной группы среднее значение площади помутнений стекловидного тела составило  $0,5 \pm 1,1$  мм<sup>2</sup>, а индекса интенсивности затемнения сетчатки –  $8,6 \pm 9,4$  ( $M \pm \sigma$ ).

5. По результатам клинико-функциональных показателей при сравнении со стандартной технологией было определено, что применение оптимизированной технологии ИАГ-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела было более эффективным: по МКОЗ  $0,77 \pm 0,13$  против  $0,72 \pm 0,14$  ( $t=3,6$ ;  $p<0,01$ ), по светочувствительности сетчатки  $26,9 \pm 2,5$  против  $25,6 \pm 3,8$  дБ ( $t=3,3$ ;  $p<0,01$ ), по остаточной площади помутнений  $0,5 \pm 1,1$  мм<sup>2</sup> против  $0,9 \pm 1,9$  мм<sup>2</sup> ( $t=2,3$ ;  $p<0,05$ ), по индексу интенсивности затемнения сетчатки  $8,6 \pm 9,4$  против  $15,4 \pm 19,6$  ( $t=4,1$ ;  $p<0,001$ ), по акустической плотности помутнений  $9,6 \pm 8,1$  против  $16,4 \pm 9,5$  дБ ( $t=6,9$ ;  $p<0,001$ ) при равноценной безопасности лазерных процедур.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для количественного анализа помутнений стекловидного тела с определением площади помутнений, индекса интенсивности затемнения сетчатки, следует применять фотооптический метод, который позволяет оценивать эффективность каждого сеанса ИАГ - лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела

2. Предложен способ и разработана таблица для подбора минимального уровня лазерной энергии по акустической плотности ПСТ, которая позволяет безопасно и дозированно воздействовать на помутнение при проведении оптимизированной технологии ИАГ - лазерного витреолизиса.

3. Разработана комплексная система мониторинга пациентов при проведении оптимизированной технологии ИАГ - лазерного витреолизиса с учетом результатов фотооптического метода и акустической плотности помутнений стекловидного тела. Рекомендованные сроки наблюдения - 1 час после операции, при этом проводят тонометрию; 1 месяц после операции, на этом сроке выполняют контроль тонометрии, определение акустической плотности, индекса интенсивности затемнения для определения показаний к следующему сеансу витреолизиса.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ВГД – внутриглазное давление

ИАГ – иттрий-алюминиевый гранат

ИЛ – интерлейкин

КЧ – контрастная чувствительность

ОКТ – оптическая когерентная томография

ППСТ – плавающие помутнения стекловидного тела

СЛО – сканирующая лазерная офтальмоскопия

УБМ – ультразвуковая биомикроскопия

УЗИ – ультразвуковое исследование

FrACT – Freiburg Visual Acuity and Contrast Test

HRT – Heidelberg Retina Tomography

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аббасов, И. Б. Некоторые особенности восприятия и распознавания изображений / И. Б. Аббасов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 8-3 (98). – С. 116-126.
2. Аветисов, С.Э . Высокочастотная ультразвуковая биомикроскопия: современный метод визуализации переднего отрезка глаза / С. Э. Аветисов, А. Р. Амбарцумян // Российский медицинский форум – 2006: «Фундаментальная наука и практика». Тезисы докладов. – Москва, 18-20 октября 2006. – С. 4-5.
3. Аветисов, С. Э. Использование оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний сетчатки (обзор литературы) [Электронный ресурс] / С. Э. Аветисов, М. В. Кац // Universum: Медицина и фармакология: электрон. научн. журн. – 2017. – № 4. – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/4561>.
4. Аветисов, С. Э. Ультразвуковая биомикроскопия в оценке условий для проведения вторичной имплантации интраокулярной линзы при афакии / С. Э. Аветисов, А. Р. Амбарцумян // Вестн. офтальмол. – 2011. – Т. 127. – № 5. – С. 25-30.
5. Аветисов Э.С., Фридман Ф.Е., Тарутта Е.П. Акустические исследования склеры при прогрессирующей близорукости у детей и подростков /Вестник офтальмологии 1996, Т.112.-№2 - С.41-43.
6. Агарков, Н. М. Диагностика и прогнозирование первичной открытоугольной глаукомы по уровню местных цитокинов / Н. М. Агарков, А. М. Чухраев, Д. А. Коняев, Е. В. Попова// Вестник офтальмологии. – 2020. – Т. 136. – № 4. – С. 94-98.

7. Азнабаев, Б. М. Результаты лечения плавающих помутнений стекловидного тела с использованием YAG-лазерной установки с коаксиальным делителем света / Б. М. Азнабаев, Т. Р. Мухамадеев, А. А. Александров, Т. И. Дибаяев, А. С. Вафиев, И. Х. Шавалиев // Офтальмология. – 2018. – Т. 15. – № 4. – С. 411-415.

8. Азнабаев, Б. М. Ультразвуковая витрэктомия: исследование скорости удаления стекловидного тела в эксперименте и клинике / Б. М. Азнабаев, Т. И. Дибаяев, Т. Р. Мухамадеев, А. С. Вафиев, И. Х. Шавалиев // Практическая медицина. – 2018. – № 4. – С. 56-60.

9. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. Вып. 9; под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой, А. Ю. Майорова [Электронный ресурс]. – Москва: УП ПРИНТ, 2019. – Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru/view/942156855/>.

10. Амбарцумян, А. Р. Возможности ультразвуковой биомикроскопии в диагностике травм глаза с внедрением металлических инородных тел // А. Р. Амбарцумян // Вестн. офтальмол. 2011. – Т. 127. – № 4. – С. 29-33.

11. Амбарцумян, А. Р. Ультразвуковая биомикроскопия в диагностике вторичной глаукомы в артефактичных глазах / А. Р. Амбарцумян // Глаукома.– 2012. – № 1. – С. 26-30.

12. Асатрян, С. В. Структурно-функциональные особенности авитреального глаза : дис. ... канд. мед.наук 14.01.07 / Асатрян Сирануш Вардановна. –М., 2020. – 141 с.

13. Бойко, Э. В. Новые возможности оценки витреоретинальных взаимоотношений в диагностике регматогенной отслойки сетчатки: конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия и оптическая когерентная томография / Э. В. Бойко, С. В. Чурашов, А. В. Ян, А. А. Анисимов // Офтальмология Восточная Европа. – 2014. – Т. 4. – № 23. – С. 105-114.

14. Борискина, Л. Н. Анализ результатов применения лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела – перипапиллярного кольца задней



гиалоидной мембраны на фоне полной задней отслойки стекловидного тела / Л. Н. Борискина, В. Н. Потапова, О. Ш. Шарифова, А. С. Балалин // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 1. – С. 58-61.

15. Буряков, Д. А. YAG-лазерный витреолизис различных типов помутнений стекловидного тела / Д. А. Буряков, А. В. Дога, Б. А. Нормаев // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 1. – С. 61-65.

16. Волкова, Н. В. Потенциальные биомаркеры процесса заживления после фистулизирующих антиглаукоматозных операций / Н. В. Волкова, Т. Н. Юрьева, Ю. В. Курсакова, Ю. В. Малышева // Офтальмохирургия. – 2020. – № 2. – С. 69-76.

17. Голощапова, А. К. Анализ состояния витреоретинального интерфейса у пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела / А. К. Голощапова // Вестник совета молодых учёных и специалистов челябинской области. – 2018. – Т. 2. – № 3. – С. 20-23.

18. Грачева, М. А. Таблицы для оценки остроты зрения: аналитический обзор, основные термины / М. А. Грачева, А. А. Казакова, Д. Ф. Покровский, И. Б. Медведев // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2019. – Т. 74. – № 3. – С. 192-199.

19. Джаши Б.Г., Балалин С.В., Серков Ю.С. К вопросу о плотности хрусталика //Современные технологии в офтальмологии.-М., 2019.-№5.-С.24-27.

20. Дога, А. В. Анализ функциональных показателей у пациентов с помутнениями стекловидного тела после YAG-лазерного витреолизиса / А. В. Дога, Е. К. Педанова, О. Б. Клепинина, Д. А. Буряков, Б. А. Нормаев // Современные технологии в офтальмологии. – 2017. – № 1. – С. 73-77.

21. Дога, А. В. Анализ эффективности и безопасности лазерного лечения различных типов помутнений стекловидного тела / А. В. Дога, Д. А. Буряков, Б. А. Нормаев // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 1. – С. 358-362.

22. Дога, А. В. Клинико-функциональные результаты YAG-лазерного витреолизиса различных типов помутнений стекловидного тела / А. В. Дога, Д. А. Буряков, Б. А. Нормаев // Офтальмохирургия. – 2019. – № 1. – С. 44-49.

23. Дога, А. В. Плавающие помутнения стекловидного тела: современные подходы к лечению / А. В. Дога, Д. А. Буряков, Б. А. Нормаев // Новости хирургии. – 2018. – Т. 26. – № 4. – С. 482-490.

24. Дога, А. В. Хориоидальное кровоизлияние как осложнение YAG-лазерной хирургии на заднем отрезке глаза / А. В. Дога, Л. А. Крыль, М. Р. Таевере, Д. А. Буряков, Ю. Е. Янилкина, Б. А. Нормаев // Российский общенациональный офтальмологический форум. – ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава РФ, Москва. – 2020. – Т. 1. – С. 75-78.

25. Дроздова, Е. А. Исследование системного и локального уровня цитокинов при окклюзии вен сетчатки на фоне антиангиогенной терапии / Е. А. Дроздова, Д. Ю. Хохлова, Е. А. Мезенцева, К. В. Никушкина // Вестник офтальмологии. – 2018. – Т. 20. – № 3. – С. 365-372.

26. Егорова, Э. В. Ультразвуковая биомикроскопия в диагностике патологии периферии сетчатки и прилежащего стекловидного тела у пациентов с периферическими дистрофиями сетчатки / Э. В. Егорова, Д. Г. Узунян, Н. А. Винник, С. Н. Казиев // Офтальмология. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 63-66.

27. Жайлаубеков Ж. С. Экспериментальная индукция отслойки задних слоев стекловидного тела с помощью фармакологического неферментного витреолизиса / Ж. С. Жайлаубеков, Р. М. Ботабеков, М. Кулмаганбетов, М. С. Аль-Асталь // Точка зрения. Восток – запад. – 2017. – № 2. – С. 74-78.

28. Зайцев, Н. А. Состояние центральной зоны сетчатки после проведения YAG-лазерной деструкции вторичной катаракты и переднего витреолизиса по данным оптической когерентной томографии и флюоресцентной ангиографии / Н. А. Зайцев // Российский общенациональный офтальмологический форум. – ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава РФ, Москва. – 2020. – Т. 1. – С. 79-82.

29. Иванов, А. Н. YAG-лазерный витреолизис для деструкции стекловидного тела глазного яблока / А. Н. Иванов, И. Б. Алексеева,

В.Э. Танковский // Евразийское научное объединение. – 2019. – № 1-4 (47). – С. 187-189.

30. Иванов, А. Н. YAG-лазерный витреолизис: тактика при деструкции стекловидного тела / А. Н. Иванов, В. Э. Танковский, И. Б. Алексеева // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 42-44.

31. Иванов, А. Н. Помощь витреальному хирургу: Nd:YAG лазерная деструкция перед витрэктомией / А. Н. Иванов // SpittitTime. – 2018. – № 11-2018 (11). – С. 11-13.

32. Иванов, А. Н. Практические результаты YAG-лазерного витреолизиса / А. Н. Иванов // Российский общенациональный офтальмологический форум. – ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава РФ, Москва. – 2020. – Т. 1. – С. 86-89.

33. Иванов, А. Н. Тактика YAG-лазерного витреолизиса / А. Н. Иванов, И. Б. Алексеева, В. Э. Танковский // Colloquium-journal. – 2018. – Т. 10-7. – № 21. – С. 19-22.

34. Качалина Г.Ф Оценка качества зрения на основе анализа зрительной фиксации у пациентов с плавающими помутнениями стекловидного тела до и после проведения ИАГ- лазерного витреолизиса / Х. П. Тахчиди, Г. Ф. Качалина, Т. А. Касмынина, П. В. Глизница // Современные Технологии В Офтальмологии. – 2017. – № 4. – С. 180-182.

35. Качанов А.Б., Ефимов О.А., Сравнительное исследование морфометрических показателей роговицы и хрусталика с помощью шеймпфлюг-камеры «rentacam», ультразвукового а-скана «ocusacan» и оптического когерентного томографа переднего отрезка глаза «visante»/ Офтальмохирургия- №2 -2012 -с. 63

36. Кислицына Н.М., Нефёдова О.Н., Новиков С. В., Колесник С. В., Веселкова М.П. Оценка влияния факоэмульсификации на структуру

стекловидного тела методом контрастирования / // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 4. – с. 204-205.

37. Кислицына Н.М., Новиков С.В., Колесник С.В., Веселкова М.П. Анатомо-топографические особенности передних кортикальных слоев стекловидного тела // Офтальмохирургия. – 2017. - №1. – С. 66-71. 110

38. Кислицына Н.М., Новиков С.В., Шацких А.В., Колесник С.В. Исследование структур стекловидного тела с помощью суспензии «Витреоконтраст» // Офтальмохирургия. – 2013.– № 4.– С. 66-70

39. Кондрашов, В. А. Деструкция стекловидного тела: патогенез и лечение / В. А. Кондрашов, М. М. Щапкова, М. Г. Пугачева // Материалы конференции «Актуальные вопросы экономического развития современной цивилизации». – Архангельск, 2019. – С. 35-38.

40. Копаенко, А. И. YAG-лазерный витреолизис у пациентов с деструкцией стекловидного тела / А. И. Копаенко, Т. А. Поберская, М. А. Посохина, Е. Ю. Короткова, Н. Э. Ибрагимова // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 4 (35). – С. 350-351.

41. Копаенко, А. И. Эффективность YAG-лазерного витреолизиса у пациентов с деструкцией стекловидного тела / А. И. Копаенко, Т. А. Поберская, О. Г. Расин, А. Д. Мавриди // Таврический медико-биологический вестник. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 10-14.

42. Коротких, С. А. Анализ результатов фако-витрэктомии у пациентов с кристаллической деструкцией стекловидного тела / С. А. Коротких, А. Г. Гринев, М. Б. Свиридова, А. М. Данилов, И. А. Нерус // Отражение. – 2018. – № 1 (6). – С. 124-127.

43. Коротких, С. А. ИАГ-лазерный витреолизис в лечении дистрофических заболеваний стекловидного тела различного генеза / С. А. Коротких, О. И. Борзунов // Отражение. – 2018. – Т. 1. – № 6. – С. 70-72.

44. Кочергин, С. А. Некоторые аспекты применения сканирующей лазерной офтальмоскопии в диагностике офтальмопатологии / С. А. Кочергин, С. Ю.

Слонимский, А. А. Овсянко, О. Д. Гупало // Офтальмология. – 2017. – Т. 14. – № 3. – С. 227-232.

45. Кравченко, И. З. Анализ первых результатов ИАГ-лазерного витреолизиса при различных патологических состояниях стекловидного тела / И. З. Кравченко, М. В. Пшеничнов, Н. В. Помыткина, Е. Л. Сорокин // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 2. – С. 115-118.

46. Кравченко, И. З. Особенности проведения лазерного витреолизиса при наличии кератотомических рубцов и его эффективность / И. З. Кравченко, М. В. Пшеничнов, Н. В. Помыткина, Е. Л. Сорокин, В. В. Тузлаев // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 2 (33). – С. 107-110.

47. Крыль, Л. А. Возможности современных диагностических методов в изучении витреоретинального интерфейса при осложненных периферических разрывах сетчатки / Л. А. Крыль, А. В. Дога, П. Л. Володин, Ю. Е. Янилкина, Д. Г. Узунян // Современные технологии в офтальмологии. – 2017. – № 1. – С. 154-158.

48. Лисочкина, А. Б. Микропериметрия: преимущества метода и практическое применение / А. Б. Лисочкина, П. А. Нечипоренко // Офтальмологические ведомости. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 19-22.

49. Малышев, А. В. Клиническая эффективность витрэктомии при выраженных деструктивных изменениях стекловидного тела / А. В. Малышев, В. Н. Трубилин, В. Д. Семькин // Офтальмология. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 71-76.

50. Нормаев, Б. А. Комплексная оценка результатов ИАГ-лазерного витреолизиса при лечении плавающих помутнений стекловидного тела : дис. ... канд. мед.наук 14.01.07 / Нормаев Бадма Аркадьевич. – М., 2019. – 124 с.

51. Нормаев, Б. А. Сравнительная оценка энергетических параметров YAG-лазерного воздействия при лечении различных типов помутнений стекловидного тела / Б. А. Нормаев, А. В. Дога, Д. А. Буряков, О. Б. Клепинина // Современные технологии в офтальмологии. – 2017. – № 4. – С. 153-57.

52. Нормаев, Б. А. Сравнительный анализ результатов лазерного лечения различных типов плавающих помутнений стекловидного тела / Б. А. Нормаев, А.

В. Дога, Д. А. Буряков // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 1 (32). – С. 45-49.

53. Нормаев, Б. А. Эффективность YAG-лазерного витреолизиса в лечении различных типов помутнений стекловидного тела / Б. А. Нормаев, А. В. Дога, Д. А. Буряков // Практическая медицина. – 2018. – № 3 (114). – С. 136-140.

54. Патент РФ № 2371150. Способ оценки эффективности лечения плавающих помутнений стекловидного тела в проекции зрительной оси у пациентов без макулярной патологии после проведения YAG – лазерного витреолизиса / Х. П. Тахчиди, Г. Ф. Качалина, Т. А. Касмынина, Е. П. Тебина; Заявл. 25.05.2017; Оpubл. 11.07.2018 // Бюл. – 2018. – № 20. – С. 4.

55. Педанова Е. К. «Микропериметрия в оценке функционального состояния и комплексном прогнозировании результатов хирургического лечения пациентов с идиопатическим макулярным разрывом»

тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 14.00.08, кандидат медицинских наук

56. Пилягина, А. А. Информативность микропериметрии в диагностике ретиальной патологии / А. А. Пилягина, Ю. В. Ненашева, О. Л. Фабрикантов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 249-253.

57. Руководство по эксплуатации к прибору офтальмологическому ультразвуковой диагностики AVISO Quantel medical. – С. 52

58. Семькин, В. Д. Гемодинамические, электрофизиологические и биохимические особенности зрительной системы пациентов с выраженными деструктивными изменениями стекловидного тела / В. Д. Семькин, А. В. Малышев, З. Ж. Альрашид // Кубанский научный медицинский вестник. – 2015. – № 61 (166). – С. 110-112.

59. Станишевская, О. М. Эффективность и безопасность YAG-лазерного витреолизиса на установке Ultra Q Reflex и частота встречаемости осложнений после него / О. М. Станишевская, И. Ю. Ефремова, А. Е. Иванников, Г. В. Братко // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 1. – С. 328-332

60. Стебнев, С. Д. Возрастные изменения стекловидного тела / С. Д. Стебнев, В. С. Стебнев, И. В. Малов, В. М. Малов, Е. Б. Ерошевская // Казанский медицинский журнал. – 2019. – Т. 100. – № 1. – С. 170-174.
61. Степанова, И. С. Эффективность консервативной терапии в лечении деструкции стекловидного тела / И. С. Степанова, Н. А. Алдашева, З. Т. Утельбаева, А. А. Бердишева, С. К. Исмаилова, Д. С. Сулейменов, А. Ж. Дауталиева, А. Д. Сукбаева // World Science. – 2016. – Т. 2. – № 4 (8). – С. 52-53.
62. Фокин, В. П. Микропериметрия и оптическая когерентная томография в морфофункциональном анализе сетчатки у пациентов с влажной макулодистрофией / В. П. Фокин, С. В. Балалин, А. С. Балалин, С. М. Чайковская // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 1. – С. 310-314.
63. Чечин, П. П. Двухэтапная лазерная хирургия при фибропластических изменениях стекловидного тела / П. П. Чечин, К. Г. Драченко, О. В. Гузун, С. К. Драченко // Офтальмологический журнал. – 2018. – № 4 (483). – С. 7-10.
64. Шаимова, В. А. / Лазерный витреолизис плавающих помутнений стекловидного тела / В. А. Шаимова, Т. Б. Шаимов, А. Ю. Галин, Р. Б. Шаимов, А. И. Козель, Р. У. Гиниатуллин, Ж. А. Голощапова, Т. Г. Кравченко, А. К. Голощапова // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 23-27.
65. Шаимова, В. А. Лазерный витреолизис и витрэктомия в лечении плавающих помутнений стекловидного тела / В. А. Шаимова, А. К. Голощапова, Т. Г. Кравченко, Ж. А. Голощапова, Т. Б. Шаимов, Р. Б. Шаимов // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 1. – С. 30.
66. Шаимова, В. А. Объективный метод визуализации плавающих помутнений по типу кольца Weiss для оценки эффективности YAG-лазерного витреолизиса / В. А. Шаимова, Т. Б. Шаимов, Р. Б. Шаимов, А. Ю. Галин, Ж. А. Голощапова, П. К. Рыжков, А. В. Фомин // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 1. – С. 407-410.
67. Шаимова, В. А. ОКТ-визуализация плавающих помутнений стекловидного тела для оценки эффективности лазерного витреолизиса / В. А.

Шаимова, Т. Б. Шаимов, А. Ю. Галин, Р. Б. Шаимов, Т. Г. Кравченко, С. В. Титова // Отражение. – 2019. – Т. 2. – № 9. – С. 45-50.

68. Шаимова, В. А. Оценка эффективности YAG-лазерного витреолизиса на основе объективной количественной оценки плавающих помутнений в стекловидном теле / В. А. Шаимова, Т. Б. Шаимов, Р. Б. Шаимов, А. Ю. Галин, Ж. А. Голощапова, П. К. Рыжков, А. В. Фомин // Вестник офтальмологии. – 2018. – Т. 134. – № 1. – С. 56-62.

69. Шишкин, М. М. Сравнительный анализ данных оптической когерентной томографии и микропериметрии для оценки состояния центральных отделов сетчатки при рецидиве макулярного разрыва / М. М. Шишкин, Е. А. Ларина, Р. Р. Файзрахманов, О. А. Павловский, А. В. Суханова, Г. О. Карпов // Клиническая практика. – 2019. – Т. 11. – № 2. – С. 23-28.

70. Шпак А.А., Малюгин Б.Э., Захарова Н.К. Оценка плотности ядра хрусталика методом ультразвукового В-сканирования//Современные технологии хирургии катаракты.-М., 2000.-С.193-196.

71. Шпак, А.А. Сравнительная ценность гейдельбергской ретинотомографии и спектральной оптической когерентной томографии в диагностике начальной глаукомы / А. А. Шпак, М. К. Севостьянова // Офтальмохирургия. – 2011. – № 4. – С. 40-44.

72. Янилкина Ю.Е. Лазерная тиндалеметрия в оценке реакции глаза после ИАГ-витреолизиса у пациентов с деструкцией стекловидного тела / Маслова Н.А, Володин П.Л. Нормаев Б. А., Волков О. А. // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 1 (32). – С. 73-77.

73. Ярбус, А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения / А. Л. Ярбус. – М.: Наука. – 1965. – 173 с.

74. Bach, M. The Freiburg Visual Acuity Test – automatic measurement of visual acuity / M. Bach // Optom Vis Sci. – 1996. – Vol. 73. – No. 1. – P. 49-53.



75. Baillif, S. Retinal injury following Nd-YAG laser treatment of symptomatic vitreous floaters / S. Baillif, V. Paoli, C. Francheschetti, P. Gastaud // *J. Fr. Ophtalmol.* – 2011. – Vol. 34. – No 8. – P. 589-591.

76. Brasse, K. YAG laser vitreolysis for treatment of symptomatic vitreous opacities / K. Brasse, S. Schmitz-Valckenberg, A. Jünemann et al. // *Ophthalmologe.* – 2019. – Vol. 116. – No. 1. – P. 1-11.

77. Cowan, L. A. Refractory open-angle glaucoma after neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser lysis of vitreous floaters / L. A. Cowan, K. T. Khine, V. Chopra, D. T. Fazio, B. A. Francis // *Am. J. Ophthalmol.* – 2015. – Vol. 159. – No. 1. – P. 138-43.

78. Dan-Brezis, I. Inflammation, angiogenesis and coagulation interplay in a variety of retinal diseases / I. Dan-Brezis, A. Zahavi, R. Axer-Siegel et al. // *Acta Ophthalmol.* – 2019. – Vol. 10. – P. 1111.

79. De Nie, K. F. Pars plana vitrectomy for disturbing primary vitreous floaters: clinical outcome and patient satisfaction / K. F. De Nie, N. Crama, M. A. Tilanus, B. J. Klevering, C. J. Boon // *Graefes Arch ClinExpOphthalmol.* – 2013. – Vol. 251. – No. 5. – P. 1373-1382.

80. Delaney, Y. M. Nd:YAG vitreolysis and pars plana vitrectomy: surgical treatment for vitreous floaters / Y. M. Delaney, A. Oyinloye, L. Benjamin // *Eye (Lond).* – 2002. – Vol. 16. – No. 1. – P. 21-26.

81. Ding, X. Differential expression of connective tissue growth factor and hepatocyte growth factor in the vitreous of patients with high myopia versus vitreomacular interface disease / X. Ding, R. Zhang, S. Zhang, H. Zhuang, G. Xu // *BMC Ophthalmol.* – 2019. – Vol. 19 (1). – P. 25.

82. Elliott, D. B. The reliability of the Pelli-Robson contrast sensitivity chart / D. B. Elliott, K. Sanderson, A. Conkey // *Ophthalmic Physiol. Opt.* – 1990. – No 10 (1). – P. 21-24.

83. ESCRS: Moderated poster session [Электронный ресурс] / YAG vitreolysis for the treatment of symptomatic floaters: an objective analysis of quality of vision using wave front aberrometry // I. Singh. – 2018.

84. Fankhauser, F. Irradiation of the posterior ocular segment with the Neodymium: YAG laser in its free-running mode / F. Fankhauser, M. S. Kwasniewska, Van der Zypen // Arch. Ophthalmol. – 1985. – Vol. 103. – No. 8. – P. 1406-1412.

85. Fankhauser, F. Vitreolysis with the Q-switched laser / F. Fankhauser, S. Kwasniewska, E. Van der Zypen // Arch. Ophthalmol. – 1985. – P. 66-71.

86. Floater-LFT: Laser floater treatment [Электронный ресурс] / Procedure guide: vitreous opacities // Ellex. – 2017. – Режим доступа: <https://www.floater-lft.com/uploads/Floater-LFT/Resources/Ellex-LFR-Procedure-Guide-VB0002G-ELECTRONIC.pdf>.

87. Foos, R. Y. Vitreoretinal juncture over retinal vessels / R. Y. Foos // Albrecht Von Graefes Arch KlinExpOphthalmol. – 1977. – Vol. 204. – No. 4. – P. 223-234.

88. Fortune, B. In vivo imaging methods to assess glaucomatous optic neuropathy / B. Fortune // Exp Eye Res. – 2015. – No. 141. – P. 139-153.

89. Garcia, G. A. Degradation of contrast sensitivity function following posterior vitreous detachment / G. A. Garcia, M. Khoshnevis, K. M. P. Yee, J. Nguyen-Cuu, J. H. Nguyen, J. Sebag // American Journal of Ophthalmology. – 2016. – Vol. 172. – P. 7-12.

90. Goralska, M. Vitreous Humor Changes Expression of Iron-Handling Proteins in Lens Epithelial Cells / M. Goralska, L. N. Fleisher, M. C. McGahan // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2017. – Vol. 58 (2). – P. 1187-1195.

91. Hahn, P. American Society of Retina Specialists Research and Safety in Therapeutics (ASRS ReST) Committee. Reported Complications Following Laser Vitreolysis / P. Hahn, E. W. Schneider, H. Tabandeh, R. W. Wong, G. G. Emerson // JAMA Ophthalmol. – 2017. – Vol. 9. – No. 135. – P. 973-976.

92. Henry, C. R. Pars plana vitrectomy for vitreous floaters: is there such a thing as minimally invasive vitreoretinal surgery? / C. R. Henry, W. E. Smiddy, H. W. // Retina. – 2014. – Vol. 34. – No. 6. – P. 1043-1045.

93. Hikichi, T. Intravitreal injection of hyaluronidase cannot induce posterior vitreous detachment in the rabbit / Hikichi T., Kado M., Yoshida A. // *Retina*. – 2000. – Vol. 20. – № 2. – P. 195-198.
94. Hohberger, B. Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC 6500: influence of age and glare / B. Hohberger, R. Laemmer, W. Adler, A. G. Juenemann, F. K. Horn // *Graefes Arch Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2007. – Vol. 245. – No. 12. – P. 1805-1814.
95. Huang, K. H. Iatrogenic Posterior Lens Capsule Rupture and Subsequent Complications due to Nd:YAG Laser Vitreolysis for Vitreous Floaters: A Case Report / K. H. Huang, T. H. Weng, Y. J. Chen, Y. H. Chang // *Ophthalmic Surg. Lasers Imaging Retina*. – 2018. – Vol.49. – No. 11. – P. 214-217.
96. Huang LC, Yee K, Wa CA, Nguyen JN, Sadun AA, Sebag J. Vitreous Floaters and Vision-Current Concepts and Management Paradigms. In: Sebag J, ed. *Vitreous — in Health and Disease*. New York: Springer; 2014. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1086-1\\_45](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1086-1_45)
97. Ivanova, T. Vitrectomy for primary symptomatic vitreous opacities: an evidence-based review / T. Ivanova, A. Jalil, Y. Antoniou, P. N. Bishop, J. L. Vallejo-Garcia, N. Patton // *Eye (Lond)*. – 2016. – Vol. 30. – No. 5. – P. 645-655.
98. Karickhoff, J. R. Laser treatment of eye floaters / Karickhoff, J. R. – Washington: Washington medical publishing, 2005. – 203 p.
99. Khoshnevis, M. Pharmacologic vitreolysis with ocri plasmin: rationale for use and therapeutic potential in vitreo-retinal disorders / M. Khoshnevis, J. Sebag // *BioDrugs*. – 2015. – Vol. 29. – No. 2. – P. 103-112.
100. Kim, Y. K. Psychological distress in patients with symptomatic vitreous floaters [Электронный ресурс] / Y. K. Kim, S. Y. Moon, K. M. Yim, S. J. Seong, J. Y. Hwang, S. P. Park // *Journal of Ophthalmology*. – 2017. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2017/3191576/>.

101.Kokavec, J. Nd:YAG laser vitreolysis versus pars plana vitrectomy for vitreous floaters / J. Kokavec, Z. Wu, J. C. Sherwin, Ang A. J., G. S. Ang // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2017. – P. 67-76.

102.Koo, E. H. Cataracts induced by neodymium-yttrium-alluminium-garnet laser lysis of vitreous floaters. / E. H. Koo, L. J. Haddock, N. Bhardway, J. A. Fortun // *Br. J. Ophthalmol.* – 2017. – Vol. 101. – No. 6. – P. 709-711.

103.Kunimoto, D. Y. Wills Eye Retina Service. Incidence of endophthalmitis after 20-and 25-gauge vitrectomy / D. Y. Kunimoto, R. S. Kaiser // *Ophthalmology.* – 2007. – Vol. 114. – No. 12. – P. 2133-2137.

104.Lema , P. C. Asteroid Hyalosis Masquerading as Vitreous Hemorrhage on Point-of-Care Sonography / P. C. Lema , D. Mantuani , A. Nagdev , S. Adhikari// *J Ultrasound Med.* – 2018. – Vol. 37 (1). – P. 281-284.

105.Lin, Z. Surgical outcomes of 27-gauge pars plana vitrectomy for symptomatic vitreous floaters [Электронный ресурс] / Z. Lin, R. Zhang, Q. H Liang et al. // *Journal of Ophthalmology.* – 2017. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2017/5496298/>.

106.Little H. L., Jack R. L. Q-switched neodymium: YAG laser surgery of the vitreous / Little H. L., Jack R. L. // *Graefes Arch ClinExpOphthalmol.* – 1986. – Vol. 224. – No. 3. – P. 240-246.

107.Loho, T. Correlation Between Vitreous Advanced Glycation End Products, and D-dimer with Blood HbA1c Levels in Proliferative Diabetic Retinopathy / T. Loho, V. Venna , R. D. Setiabudy et al. // *ActaMedIndones.* – 2018. – Vol. 50 (2). – P. 132-137.

108.Ludwig, P. E. Physiology, Eye. [Электронный ресурс] / P. E. Ludwig, M. Motlagh, C. N. Czyz // In: *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.* – 2020. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470322/>.

109.Lumi, X. Ageing of the vitreous: from acute onset floaters and flashes to retinal detachment / X. Lumi, M. Hawlina, D. Glavač et al. // *Ageing Research Reviews.* – 2015. – Vol. 21. – P. 71-77.

110.Luo, J. Efficacy and safety of yttrium-aluminium garnet (YAG) laser vitreolysis for vitreous floaters / J. Luo, X. An, Y. Kuang // J. Int. Med. Res. – 2018. – Vol. 46. – No11. – P. 4465-4471.

111.Mamou, J. Ultrasound-based quantification of vitreous floaters correlates with contrast sensitivity and quality of life / J. Mamou, C. A. Wa, K. M. Yee, R. H. Silverman, J. A. Ketterling, A. A. Sadun, J. Sebag // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2015. – Vol. 56. – No. 3. – P. 1611-17.

112.Mason, J. O. III. Safety, efficacy, and quality of life following sutureless vitrectomy for symptomatic vitreous floaters / J. O. Mason III, M. G. Neimkin, J. O. Mason et al. // Retina. – 2014. – Vol. 34. – No. 6. – P. 1055-1061.

113.Menapace, R. Posterior capsule disruption with cataract formation caused by neodymium:YAG laser vitreolysis: May consultation #1 / R. Menapace // J. Cataract Refract. Surg. – 2018. – Vol. 44. – No. 5. – P. 666-668.

114.Milston, R. Vitreous floaters: etiology, diagnostic, and management / R. Milston, M. C. Madigan, J. Sebag // Survey of Ophthalmology. – 2016. – Vol. 61. – No. 2. – P. 211-227.

115.Nakakura, S. Hypotony maculopathy obtained by retro-mode retinal imaging / S. Nakakura, A. Okamoto, D. Nagasato, H. Tabuchi, Y. Kiuchi // Ophthalmology. – 2015. – Vol. 122. – No. 1. – P. 216-217.

116.Nawaz, I. M. Human vitreous in proliferative diabetic retinopathy: Characterization and translational implications / I. M. Nawaz, S. Rezzola, A. Cancarini et al. // ProgRetin Eye Res. – 2019. – Vol. 72. – 100756.

117.Noristani, R. Cataract formation after YAG laser vitreolysis: importance of femtosecond laser anterior capsulotomies in perforated posterior capsules / R. Noristani, T. Schultz, H. B. Dick // Eur. J. Ophthalmol. – 2016. – Vol. 26. – No. 6. – P. 149-151.

118.O'Day, R. Bilateral posterior capsule injury after Nd:YAG laser vitreolysis: unintended consequence of floaters treatment / R. O'Day, D. Cugley, C. Chen, D. Fabinyi // Clin. Exp. Ophthalmol. – 2018. – Vol.46. – No. 8. – P. 956-958.

119.Park, S. W. Association of vitreous vitamin C depletion with diabetic macular ischemia in proliferative diabetic retinopathy / S. W. Park, W. Ghim, S. Oh et al. // *PLoS One*. – 2019. – Vol. 14 (6). – 0218433.

120.Pavlin, C. J. Ultrasound biomicroscopy of the eye / C. J. Pavlin, F. S. Foster. – NY: Springer-Verlag, 1995. – 214 p.

121.Plaza-Puche, A. B. Impact of Low Mesopic Contrast Sensitivity Outcomes in Different Types of Modern Multifocal Intraocular Lenses / A. B. Plaza-Puche, J. L. Alio, E. Sala, P. Mojzisz // *Eur. J. Ophthalmol.* – 2016. – Vol. 26. – No 6. – P. 612-617.

122.Reardon, A. J. Identification and molecular cloning of opticon, a novel member of the family of leucine-rich repeat proteins of the extracellular matrix / A. J. Reardon, M. Le Goff, M. D. Briggs, D. McLeod, J. K. Sheehan, D. J. Thornton, P. N. Bishop // *J. Biol Chem.* – 2000. – Vol. 275. – No. 3. – P. 2123-2129.

123.Rezzola, S. 3D endothelial cell spheroid/human vitreous humor assay for the characterization of anti-angiogenic inhibitors for the treatment of proliferative diabetic retinopathy / S. Rezzola, I. M. Nawaz, A. Cancarini et al. // *Angiogenesis*. – 2017. – Vol. 20 (4). – P. 629-640.

124.Rezzola, S. Vascular Endothelial Growth Factor in the Vitreous of Proliferative Diabetic Retinopathy Patients: Chasing a Hiding Prey? / S. Rezzola, I. Nawaz Mohd, A. Cancarini, F. Semeraro, M. Presta // *Diabetes Care*. – 2019. – Vol. 42 (7). – P. e105-e106.

125.Sabates, N. R. The MP-1 microperimeter– clinical applications in retinal pathologies / N. R. Sabates // *Highlights of Ophthalmology*. – 2015. – Vol. 33. – No. 4. – P. 1217.

126.Schwartz, S. G. «Floater scotoma» demonstrated on spectral-domain optical coherence tomography and caused by vitreous opacification / S. G. Schwartz, H. W. Flynn Jr., Y. L. Fisher // *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. – 2013. – Vol. 44. – No. 4. – P. 415-418.

127.Sebag, J. Anatomy and pathology of the vitreo-retinal interface / J. Sebag // *Eye*. – 1992. – Vol. 6. – No. 6. – P. 541-552.

128. Sebag, J. Vitrectomy for floaters: prospective efficacy analyses and retrospective safety profile / J. Sebag, K. M. Yee, C. A. Wa, L. C. Huang, A. A. Sadun // *Retina*. – 2014. – Vol. 34. – No. 6. – P. 1062-1068.

129. Shah, C. P. YAG laser vitreolysis vs sham YAG vitreolysis for symptomatic vitreous floaters: a randomized clinical trial / C. P. Shah, J. S. Heier // *JAMA Ophthalmol*. – 2017. – Vol. 135. – No. 9. – P. 918-923.

130. Singh, I. P. Novel OCT Application and Optimized YAG Laser Enable Visualization and Treatment of Mid- to Posterior Vitreous Floaters / I. P. Singh // *Ophthalmic Surg. Lasers Imaging Retina*. – 2018. – Vol. 49. – No. 10. – P. 806-811.

131. Snead, M. P. Clinical, histological and ultrastructural studies of the posterior hyaloid membrane / M. P. Snead et al. // *Eye*. – 2002. – Vol. 16. – No. 4. – P. 447-453.

132. Sommerville, D. N. Vitrectomy for vitreous floaters: analysis of the benefits and risks / D. N. Sommerville // *Current Opinion in Ophthalmology*. – 2015. – Vol. 26. – No. 3. – P. 173-176.

133. Stringer, C. E. A. Asteroid hyalosis: A mimic of vitreous hemorrhage on point of care ultrasound / C. E. A. Stringer, J. S. Ahn, D. J. Kim // *CJEM*. – 2017. – Vol. 19. – No. 4. – P. 317-320.

134. Sun, I. T. Rapid cataract progression after Nd:YAG vitreolysis for vitreous floaters: a case report and literature review. *Case Rep.* / I. T. Sun, T. H. Lee, C. H. Chen // *Ophthalmol*. – 2017. – Vol. 8. – No. 2. – P. 321-325.

135. Sun, X. Nd:YAG Laser Vitreolysis for Symptomatic Vitreous Floaters: Application of Infrared Fundus Photography in Assessing the Treatment Efficacy [Электронный ресурс] / X. Sun, J. Tian, J. Wang, J. Zhang, Y. Wang, G. Yuan // *Journal of Ophthalmology*. – 2019. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2019/8956952/#authors%E2%80%99-contributions>.

136.Suzuma, K. Retro-mode imaging of fibrovascular membrane in proliferative diabetic retinopathy after intravitreal bevacizumab injection / K. Suzuma, E. Tsuiki, M. Matsumoto, A. Fujikawa, T. Kitaoka // *Clin. Ophthalmol.* – 2011. – No. 5. – P. 897-900.

137.Takeuchi, M. Association between aqueous humor and vitreous fluid levels of Th17 cell-related cytokines in patients with proliferative diabetic retinopathy / M. Takeuchi, T. Sato, Y. Sakurai et al. // *PLoS One.* – 2017. – Vol. 12 (5). – e0178230.

138.Tan, H. S. Safety of vitrectomy for floaters / H. S. Tan, M. Mura, S. Y. LesnikOberstein, H. M. Bijl // *Am. J. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 151. – No. 6. – P. 995-998.

139.Tan, J. C. The effect of neodymium: YAG capsulotomy on contrast sensitivity and the evaluation of methods for its assessment / J. C. Tan, D. J. Spalton, G. B. Arden // *Ophthalmology.* – 1999. – Vol. 106. – No. 4. – P. 703-709.

140.Theopold, H. Scanning electron microscopic aspects of the vitreous body: technique of preparation / H. Theopold, J. Faulborn // *Albrecht Von Graefes Arch Klin. Exp. Ophthalmol.* – 1980. – Vol. 214. – No. 1. – P. 33-38.

141.Tong, L. Heidelberg retinal tomography of optic disc and nerve fiber layer in Singapore children: variations with disc tilt and refractive error / L. Tong, Y.-H. Chan, G. Gazzard, S.-C. Loon, A. Fong, P. Selvaraj, P. R. Healey, D. Tan, T. Y. Wong, S. M. Saw // *Invest. ophthalmol. Vis. Sci.* – 2007. – Vol. 48. – No. 11. – P. 4939-4944.

142.Tsai, W. F. Treatment of vitreous floaters with neodymium YAG laser / W. F. Tsai, Y. C. Chen, C. Y. Su // *Br. J. Ophthalmol.* – 1993. – Vol. 77. – No. 8. – P. 485-488.

143.Vandorselaer, T. Eligibility criteria for Nd-YAG laser treatment of highly symptomatic vitreous floaters / T. Vandorselaer, F. Van De Velde, M. J. Tassignon // *Bulletin de la Societe Belge d'Ophtalmologie.* – 2001. – Vol. 280. – P. 15-19.

144.Vingolo, E. M. Vitreous and plasma changes of endothelin-1, adrenomedullin and vascular endothelium growth factor in patients with proliferative diabetic retinopathy / E. M. Vingolo, S. Fragiotta, M. Mafrici et al. // *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* – 2017. – Vol. 21 (4). – P. 662-668.



145.Vujosevic, S. Extent of diabetic macular edema by scanning laser ophthalmoscope in the retromode and its functional correlations / S. Vujosevic, P. Pucci, A. R. Daniele et al. // *Retina*. – 2014. – Vol. 34. – No. 12. – P. 2416-2422.

146.Vujosevic, S. Scanning laser ophthalmoscopy in the retromode in diabetic macular oedema / S. Vujosevic, B. Trento, E. Bottega, F. Urban, E. Pilotto, E. Midena // *ActaOphthalmol.* – 2012. – Vol. 90. – No. 5. – P. 374-380.

147.Wagle, A. M. Utility values associated with vitreous floaters / A. M. Wagle, W. Y. Lim, T. P. Yap, K. Neelam, K. G. Au Eong // *Am. J. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 152. – No. 1. – P. 60-65.

148.Wakshull, E. Advancements in Understanding Immunogenicity of Biotherapeutics in the Intraocular Space / E. Wakshull, V. Quarmby, H. C. Mahler et al. // *AAPS J.* – 2017. – Vol. 19 (6). – P. 1656-1668.

149.Wang, J. Age-dependent changes in the basal retinovitreal adhesion / Wang J., McLeod D., Henson D.B., Bishop P.N. // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2003. – Vol. 44. – № 5. – P. 1793-1800.

150.Webb, B. F. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smartphone users / B. F. Webb // *Int. J. Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 6. – No. 3. – P. 402-405.

151.Wirkkala, J. Intravitreal bevacizumab improves the clearance of vitreous haemorrhage and visual outcomes in patients with proliferative diabetic retinopathy / J. Wirkkala, R. Bloigu, N. M. Hautala // *BMJ Open Ophthalmology*. – 2019. – Vol. 4 – e000390.

152.Woods, R. L. Screening for ophthalmic disease in older subjects using visual acuity and contrast sensitivity / R. L. Woods, S. J. Tregear, R. A. Mitchell // *Ophthalmology*. – 1998. – Vol. 105. – No. 12. – P. 2318-2326.

153.Worst, J. Cisternal anatomy of the vitreous / J. Worst, L. I. Los. – New York: Kugler Publication. – Amsterdam, 1995. – 148 p.

154. Worst J.G. F. Cisternal anatomy of the fully developed vitreous body in the young adult / J.G. F. Worst // Trans. Ophthalmol. Soc. UK.- 1977.- Vol. 97, №3.- P. 550-554.

155. Yamamoto, M. Visualization of cystoid macular oedema using a scanning laser ophthalmoscope in the retromode / M. Yamamoto, S. Mizukami, A. Tsujikawa, N. Miyoshi, N. Yoshimura // Clin. Exp. Ophthalmol. – 2010. – Vol. 38. – No. 1. – P. 27-36.

156. Yenihayat, F. Vitreous IL-8 and VEGF levels in diabetic macular edema with or without subretinal fluid / F. Yenihayat, B. Özkan, M. Kasap et al. // Int. Ophthalmol. – 2019. – Vol. 39 (4). – P. 821-828.