

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений.....	5
Предисловие.....	6
<b>Глава 1.</b> Введение в лазерную хирургию глаза.....	7
1.1. Pascal (pattern scan laser).....	11
1.2. Микроимпульсный режим лазерного воздействия. Особенности технологии Micropulse.....	13
<b>Глава 2.</b> Диабетическая ретинопатия.....	20
<b>Глава 3.</b> Венозные окклюзии.....	29
3.1. Макулярный отек при окклюзиях вен.....	29
3.2. Лазеркоагуляция при окклюзии ветви центральной вены сетчатки.....	30
3.3. Техника проведения панретиальной лазеркоагуляции при окклюзии центральной вены сетчатки.....	34
<b>Глава 4.</b> Васкулиты сетчатки.....	35
<b>Глава 5.</b> Центральная серозная хориоретинопатия.....	38
<b>Глава 6.</b> Возрастная макулярная дегенерация.....	41
<b>Глава 7.</b> Дистрофии и разрывы сетчатки.....	42
7.1. Разрывы сетчатки.....	44
<b>Глава 8.</b> Хориоретинальные новообразования.....	47
8.1. Ангиоматоз сетчатки.....	47
8.2. Ретинобластома.....	50
<b>Глава 9.</b> Ретинопатии недоношенных.....	53
<b>Глава 10.</b> Глаукома.....	54
10.1. Линзы для лазерной хирургии.....	55
10.2. Трабекулопластика.....	58
10.3. Селективная лазерная трабекулопластика.....	64
10.4. Иридотомия.....	69
10.5. Хирургическая анатомия радужки.....	78
10.6. Иридопластика или гониопластика.....	85
10.7. Операции, направленные на изменения ригидности фиброзной оболочки глазного яблока.....	88
10.8. Операции, направленные на стойкое уменьшение продукции внутриглазного давления.....	91
10.9. Операции на дренажной системе.....	95
10.10. Дополнения к главе «Глаукома».....	99
<b>Глава 11.</b> Дизрапционные методы. YAG-лазер.....	101
11.1. Передняя витреотомия.....	101

11.2. Капсулотомия вторичной катаракты. YAG-лазерная дисцизия . . . . .	103
11.3. Гиалоидотомия . . . . .	130
11.4. Мембранэктомия . . . . .	132
11.5. Свипирование . . . . .	134
11.6. Кортиколиз. . . . .	136
11.7. Стойкая гиперпластическая зрачковая мембрана . . . . .	137
11.8. Синехиотомия . . . . .	140
11.9. Передний витреолизис . . . . .	144
11.10. YAG-лазерный мидриаз. . . . .	149
11.11. Прочие показания для переднего сегмента . . . . .	150
11.12. Задний лазерный витреолизис . . . . .	152
11.13. Лазерное повреждение интраокулярной линзы. . . . .	157
<b>Глава 12.</b> Лазерная хирургия катаракты. . . . .	159
12.1. Лазер против традиционной факоэмульсификации. . . . .	159
12.2. Машины и инструменты . . . . .	160
12.3. Различные длины волн, используемые для экстракции катаракты . . . . .	160
12.4. Эрбиевый YAG-лазер . . . . .	161
12.5. Лазерная факосистема Adagio. . . . .	161
12.6. Неодимовый YAG-лазер . . . . .	162
12.7. Лазер Фотон . . . . .	162
12.8. Устройство для лазерной абляции хрусталика Dodick . . . . .	163
12.9. Лазерный факозонд Agarwal . . . . .	164
12.10. Лазерная хирургия катаракты с использованием фемтосекундного лазера LenSx . . . . .	165
<b>Глава 13.</b> YAG-лазер: опасность и меры профилактики . . . . .	168

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Лазерное лечение — это эффективный, безопасный и безболезненный метод, широко применяемый в клинической офтальмологии. Он не требует изменения образа жизни пациента и по праву занимает особое место в современной медицине. Именно офтальмология стала первой медицинской отраслью, использующей лазерные технологии. Лазерное воздействие широко применяется в лечении множества заболеваний органа зрения и часто является единственно возможным методом лечения. В данном руководстве рассмотрены механизмы работы, параметры воздействия и разновидности применяемых в офтальмологии лазерных установок. Мы объединили основные виды нозологий, при которых применяются лазерные методики воздействия, с подробным описанием предоперационного обследования, подготовки и показаний к лазерному воздействию, а также непосредственно самой техники лазерной хирургии с четкой последовательностью действий хирурга и советами по послеоперационному наблюдению пациентов, способами профилактики возможных осложнений и достижения максимального успеха проводимой процедуры.

В книге рассматриваются различные заболевания сетчатки, в том числе диабетическая ретинопатия, сосудистые окклюзии и хориоретинальные новообразования. Также уделяется внимание различным видам глаукомы, капсулотомии вторичной катаракты и лечению других осложнений, возникающих после хирургии катаракты. Кроме того, представлены методы лазерной хирургии незрелой и зрелой катаракты, которые активно конкурируют с традиционной факэмульсификацией. Помимо основных заболеваний органа зрения, в отношении которых применяется лазерное воздействие, в книге представлены и более редкие состояния, которые занимают важное место в практике врача-офтальмолога. Эта книга предназначена для обеспечения офтальмологов необходимыми знаниями в области лазерной офтальмохирургии и для помощи начинающим врачам в освоении данной методики.

## Глава 2

# Диабетическая ретинопатия

Диабетическая ретинопатия является распространенным сосудистым осложнением сахарного диабета и занимает одно из первых мест среди причин, приводящих к полной потере зрения. Ее частота составляет 80–90% от всей инвалидности по зрению. В ходе различных эпидемиологических исследований установлено, что распространенность диабетической ретинопатии зависит от длительности и типа диабета (инсулинозависимый и инсулиннезависимый). При инсулинозависимом сахарном диабете или сахарном диабете 1-го типа в первые годы (до 5 лет) признаки ангиоретинопатии выявляются довольно редко (от 5 до 20%). Через 10–15 лет от начала заболевания частота ее увеличивается до 50%, а после 20 лет с момента выявления диабета практически все больные страдают ретинопатией. У 1/3 больных инсулиннезависимым сахарным диабетом или сахарным диабетом 2-го типа ретинопатия выявляется при постановке диагноза. Через 10–15 лет ее частота повышается до 60–80%, а через 20–25 лет — до 80–95%. Пролиферативная диабетическая ретинопатия при инсулиннезависимом сахарном диабете развивается реже, чем при инсулинозависимом сахарном диабете. Так, через 20 лет от начала заболевания пролиферативная диабетическая ретинопатия обнаруживается у 60% пациентов больных сахарным диабетом 1-го типа и только у 20% больных сахарным диабетом 2-го типа. Абсолютное большинство авторов (мы так же придерживаемся этого мнения) к основным факторам риска, влияющим на уровень распространенности и прогрессирования диабетической ретинопатии, относят длительность сахарного диабета, степень его компенсации (гликированный гемоглобин <7%), уровень холестерина в крови (липидный профиль), уровень артериального давления, состояние почек.

Фотокоагуляцию при диабетической ретинопатии впервые применил Г. Мейер-Швиккерат. И сегодня лазерная коагуляция сетчатки остается «золотым стандартом» лечения диабетической ретинопатии, позволяющая стабилизировать зрительные функции на долгие годы, однако комбинация ее со стероидными имплантатами и интравитреальными антивазопролиферативными агентами дало возможность вернуть утраченные зрительные функции и избежать витреоретинальной хирургии. Аргоновый сине-зеленый, а теперь зеленый, желтый и инфракрасный лазеры наиболее широко используются при лечении диабетической ретинопатии, диабетической макулопатии и диабетического макулярного отека.

Исследование диабетической ретинопатии установило эффективность ПРЛКС и лазеркоагуляции по типу «решетка» для улучшения естественного течения диабетической ретинопатии и снижения скорости потери остроты зрения. ПРЛКС так же повсеместно признана «золотым стандартом» лазерного лечения не только диабетической ретинопатии, но и последствий венозных окклюзий сетчатки.

В настоящее время панретинальная лазеркоагуляция проводится не только полностью компенсированным пациентам, но и субкомпенсированным пациентам с учетом возможного нарушения комплаенса.

Панретинальная лазеркоагуляция показана для любого глаза с характеристиками высокого риска (по пролиферативной диабетической ретинопатии), рубецом радужки или неоваскулярной глаукомой. Когда приверженность к последующему наблюдению сомнительна, проводят лазерную коагуляцию глаза с пролиферативной ангиоретинопатией без учета характеристик высокого риска потери зрительных функций (ретиная сосудистая пролиферация меньше 1/3D ДЗН).

Исследование диабетической ретинопатии и исследование диабетической ретинопатии на раннем этапе лечения Diabetic Retinopathy Study Research Group (DRS, 1978), Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study (ETDRS, 1991) были проспективными, рандомизированными, контролируруемыми, многоцентровыми исследованиями, которые предоставили доказательства эффективности лазерной коагуляции при диабетической ретинопатии. Проллиферативная диабетическая ретинопатия определила неоваскуляризацию диска зрительного нерва более 1/4 до 1/3 D диска с/без преретинального кровоизлияния/кровоизлияния в стекловидное тело или любую неоваскуляризацию диска зрительного нерва (ДЗН) с преретинальным/кровоизлиянием в стекловидное тело и тяжелую неоваскуляризацию (более 1/2 D диска зрительного нерва) с преретинальным/кровоизлиянием в стекловидное тело как факторы риска пролиферативной диабетической ретинопатии и показала, что панретинальная лазерная коагуляция снижает риск тяжелой потери зрения в течение 5 лет в этих глазах примерно на 70% по сравнению с необработанным глазом. Тяжелая потеря зрения определяется как острота зрения менее 0,02 сроком не менее 4 мес.

Роль панретинальной лазеркоагуляции при препролиферативной диабетической ретинопатии противоречива. Лечение рекомендуется, если на другом глазу наблюдается пролиферативная диабетическая ретинопатия или кровоизлияние в стекловидное тело и отсутствует возможность введения в витреальную полость антивазопротролиферативных агентов.

**Показания согласно рекомендациям группы по исследованию диабетической ретинопатии (характеристики высокого риска).**

1. Умеренная или тяжелая неоваскуляризация диска (по крайней мере 1/4–1/3 площади ДЗН).
2. Легкая неоваскуляризация диска, если она связана с кровоизлиянием в стекловидное тело.
3. Неоваскуляризация сетчатки (занимающая по крайней мере 1/2 площади диска), если она связана с кровоизлиянием в стекловидное тело.

### **Другие принятые показания.**

1. Рубеоз радужной оболочки и/или угла передней камеры (с подозрением на наличие/отсутствие признаков высокого риска).
2. Глаз с признаками обширной ишемии сетчатки, то есть интравитреальные кровоизлияния, окклюзия капилляров и мягкие экссудаты.
3. Пациенты с тяжелой пролиферативной диабетической ретинопатией в другом глазу.
4. В случае, когда оба глаза приближаются к пролиферативной стадии высокого риска.
5. При беременности или после трансплантации почки у пациентов с тяжелой **препролиферативной** диабетической ретинопатией или пролиферативной диабетической ретинопатией даже без признаков высокого риска.

### **Противопоказания.**

1. Глаза с непролиферативной диабетической ретинопатией.
2. Относительное противопоказание — если пролиферативная диабетическая ретинопатия сосуществует с клинически значимым диабетическим макулярным отеком, начинают проведение антивазопролиферативной терапии с последующей фокальной или по типу «решетка» (пороговой, субпороговой, микроимпульсной) лазерной коагуляции диабетического макулярного отека с последующей ПРЛКС в сроке 2–4 нед.

В 2023 г. группой экспертов на рабочем совещании «Биомаркеры воспаления. Новые возможности дифференцированного подхода к терапии диабетического макулярного отека» даны рекомендации о начале терапии диабетического макулярного отека (ДМО) имплантатом дексаметазона и дальнейшей ПРЛКС.

### **Подготовка к процедуре.**

1. Объясните процедуру.
2. Пациенту необходимо подписать информированное согласие.
3. Максимальный мидриаз — при инстилляции тропикамида (1%) и фенилэфрина (5%).
4. Местная анестезия — оксибупрокаин 0,4% (инокаин) или лидокаин 2% трехкратно за несколько минут до коагуляции. Субконъюнктивальная инъекция Lidocaine 0,3 мл при выраженном нистагме и/или выраженных болевых ощущениях у пациента.
5. Антигипертензивная терапия — 1 капля 1% бринзоламида или 0,1–0,15–0,2% бримонидина за час до лазерного сеанса — эффективно предотвращает скачки давления во время и после лазера.
6. Предложить пациенту удобно расположиться на вращающемся табурете.
7. Устойчивая фиксация — наложите повязку на голову и отрегулируйте фиксацию.
8. Вставьте соответствующую лазерную контактную линзу — трехзеркальная линза Гольдмана (**рис. 2.1, а**). Она доступна с антиотражающим покрытием и просветлением на аргонной/диодной связке для панретинальной лазеркоагуляции с помощью зеленого YAG (532 нм), аргонного зеленого (514,5 нм), диодного (810 нм) или криптонового (647 нм) лазеров. В качестве альтернативы удобно использовать стандартную линзу Mainster (**рис. 2.1, б**) для ПРЛКС заднего полюса и широкоуголь-

ную линзу Volk для лечения средней периферии. Тем не менее трехзеркальная линза Гольдмана/Mainster ПРЛКС 165 (рис. 2.1, в)/Volk Super Quad 160 (рис. 2.1, г, д) подходят для ПРЛКС и более периферийной области. Трехзеркальная линза Гольдмана создает виртуально прямое изображение, тогда как другие производят реальное перевернутое изображение. Периферическая область каждого зеркала используется для лечения крайней периферии. В качестве альтернативы пациенту можно предложить отвести взгляд от центра зеркала, следуя за перемещением фиксационной метки, для лечения средней и крайней периферии. Точно так же пациента можно попросить посмотреть прямо в зеркало для дальнейшего лечения заднего полюса.

9. Освещение лазерного кабинета — затемненное/полузатемненное.
10. Отрегулировать луч щелевой лампы.



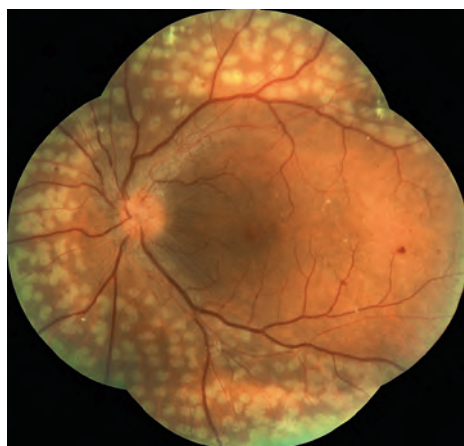
**Рис. 2.1.** Виды линз для лазеркоагуляции (а–д). Описание в тексте

Панретиальную лазеркоагуляцию можно проводить через три типа системы доставки луча, а именно с помощью:

- 1) щелевой лампы;
- 2) лазерного эндозонда 25–27G;
- 3) налобного бинокулярного непрямого офтальмоскопа.

Увеличение щелевой лампы должно быть меньше для ПРЛКС в более периферических областях, тогда как чуть большее увеличение следует использовать для фокусировки в центральной зоне сетчатки.

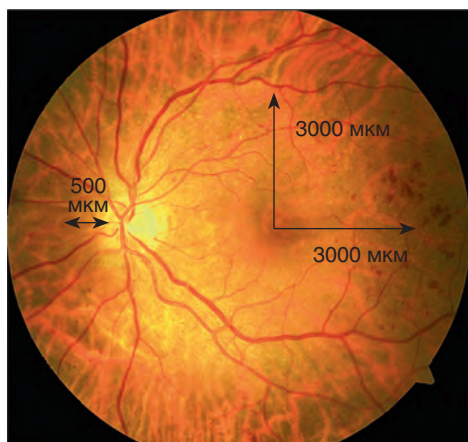
**Собственно техника панретиальной лазеркоагуляции (рис. 2.2).**



**Рис. 2.2.** Выполнена панретиальная лазеркоагуляция на сетчатке

Панретиальная лазеркоагуляция сетчатки обычно делится на 3 сеанса с интервалом 1–2 нед между сеансами.

Протоколом исследования диабетической ретинопатии рекомендовано 800–1600 ожогов в панретиальном объеме (экспозиция 0,1–0,2 с), однако допускается 1800–2200 ожогов (экспозиция 0,02 с) Updated 2017 ICO Guidelines for diabetic Eye Care. Расположение ожогов панретиальной лазеркоагуляции: при отсутствии папиллярной неоваскуляризации 500 мкм или (1/2 D ДЗН) от носовой части ДЗН (выраженная сосудистая пролиферация позволяет подойти к краю ДЗН с носовой стороны); 3000 мкм от височной части ДЗН выше и ниже центра макулы, непосредственно в пределах сосудистой аркады и распространяющаяся от экватора к периферии (рис. 2.3).



**Рис. 2.3.** Границы расположения аппликаций при панретиальной лазеркоагуляции

- 1. Сеанс 1 (область 1 на рис. 2.4).**
- Параметры:
- размер пятна — 100–300 мкм (зависит от увеличения выбранной линзы);

- экспозиция — 0,02–0,2 с;
- мощность — 75–600 мВт зависит от прозрачности оптических сред, отека и пигментации сетчатки [степень интенсивности 2–3 (промежуточная/умеренная)];
- лазеркоагуляты — близко расположенные, не перекрывающиеся, на расстоянии 0,25–1 размера диаметра пятна друг от друга, прерывистые ожоги;
- на ретинальные новообразованные сосуды возможно воздействовать фокально сливными ожогами;
- новообразованные сосуды на диске зрительного нерва не подлежат воздействию!

## **2. Сеанс 2 (область 2 на рис. 2.4).**

Нижний сектор (зона 2 на рис. 2.4) желательно обрабатывать раньше, чем верхний сектор (зона 3 на рис. 2.4). Если происходит кровоизлияние в стекловидное тело или преретинальное кровоизлияние, оно имеет тенденцию смещаться книзу, и лазерный хирург все еще сможет выполнить ПРЛКС в верхнем секторе.

Параметры:

- размер пятна — 300–500 мкм (зависит от увеличения выбранной линзы);
- экспозиция — 0,02–0,2 с;
- мощность — 75–800 мВт [степень интенсивности 2–3 (промежуточная/умеренная), ближе к зоне экватора толщина сетчатки меньше, возможно, потребуются сделать поправку на уменьшение мощности воздействия];
- лазеркоагуляты — близко расположенные, не перекрывающиеся, на расстоянии 0,5–1D размера пятна друг от друга, прерывистые ожоги;
- ожоги по ходу расположения цилиарных нервов обычно болезненны.

## **3. Сеанс 3 (область 3 на рис. 2.4).**

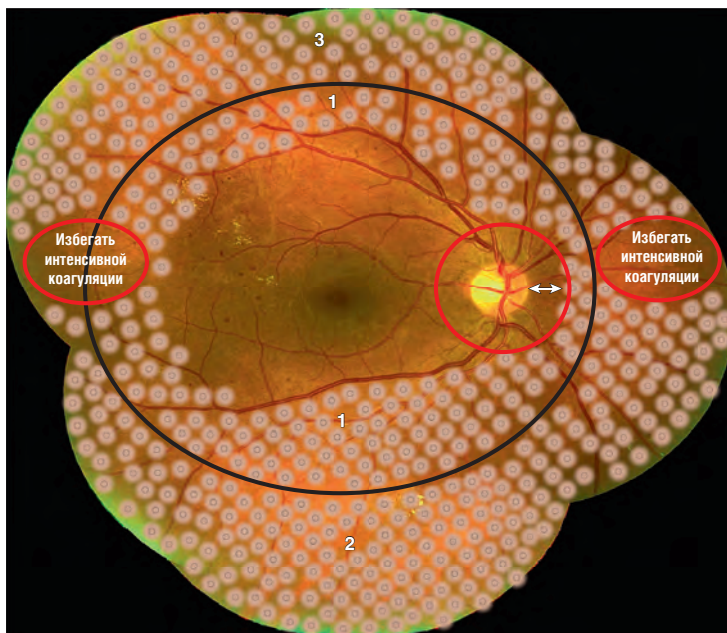
Параметры:

- размер пятна — 300–500 мкм;
- экспозиция — 0,02–0,2 с;
- мощность — 100–800 мВт [степень интенсивности 2–3 (промежуточная/умеренная)];
- лазеркоагуляты — близко расположенные, не перекрывающиеся, на расстоянии 1D размера пятна друг от друга, прерывистые ожоги;
- Ожоги по ходу расположения цилиарных нервов обычно болезненны.

По протоколу раннего лечения диабетической ретинопатии рекомендуется проводить панретинальную лазеркоагуляцию в качестве альтернативы фокальному лечению в пределах 2D ДЗН от центра макулы, что предохраняет от образования хориоретинального рубца в заднем полюсе.

Во время ПРЛКС может происходить кровоизлияние в стекловидное тело из новых сосудов, которое можно остановить нажатием на глаз лазерной контактной линзой.

Пациенты с катарактой, которым требуется лазеркоагуляция, должны пройти процедуру перед экстракцией катаракты, если среды глаза достаточно прозрачны для проведения процедуры. Если среды глаза недостаточно прозрачны для проведения коагуляции, то после экстракции катаракты следует провести исследование сетчатки и дальнейшую ПРЛКС в как можно более ранние сроки.



**Рис. 2.4.** Области нанесения лазеркоагулятов при панретинальной лазеркоагуляции. Описание в тексте

Следует избегать перекрытия аппликаторов или наложения коагуляционных ожогов друг на друга, а также лазеркоагуляции крупных сосудов сетчатки, венозных сплетений, кровоизлияний в сетчатку и хориоретинальных рубцов. Также следует избегать коагуляции внутри папилломакулярного пучка.

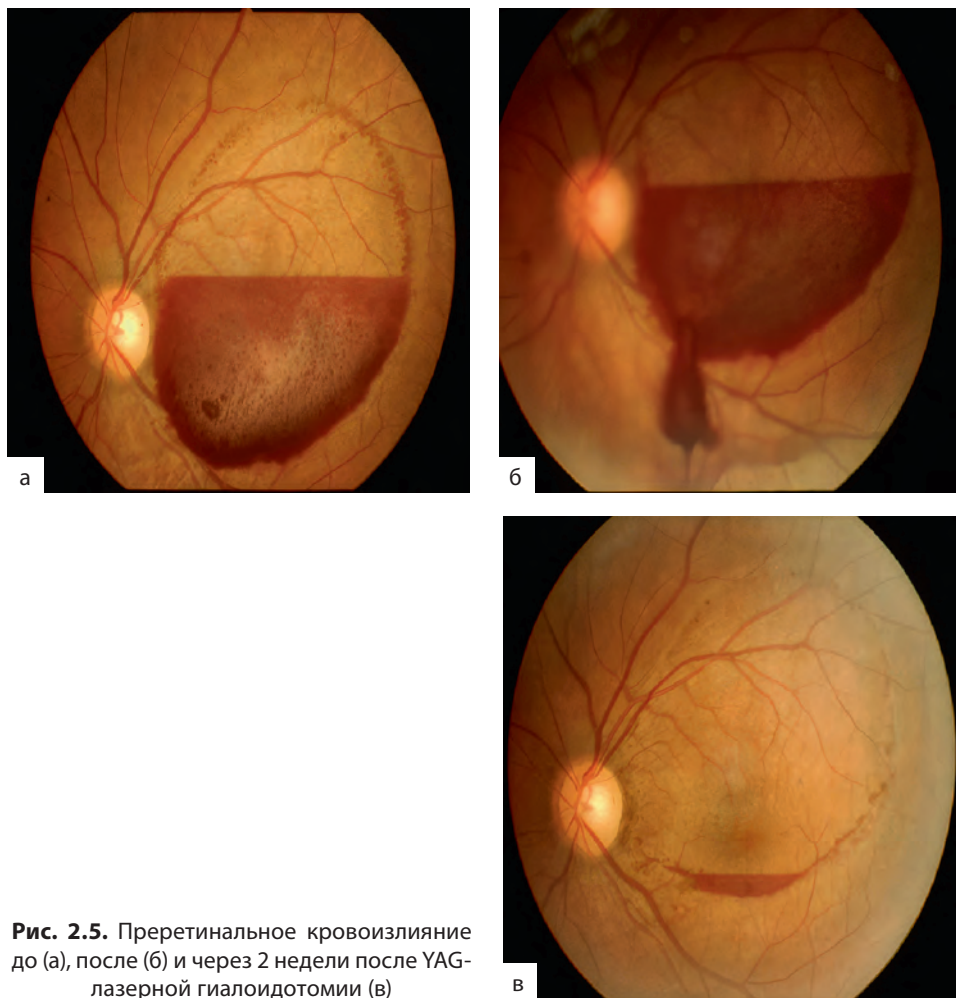
Криптоновый красный или диодный лазер предпочтительнее аргонового, когда кровоизлияние в стекловидное тело или помутнение хрусталика затрудняет адекватную видимость сетчатки. Однако из-за более глубокого проникновения в сетчатку большей длины волны криптоновый красный или диодный лазеры могут быть более болезненными.

Побочными эффектами панретинальной лазеркоагуляции являются главным образом нарушение темновой адаптации и легкое сужение периферических полей зрения. Цилиохориоидальная отслойка (ЦХО) может возникнуть из-за «жесткой коагуляции», но обычно проходит сама по себе. Кровоизлияние в стекловидное тело может произойти из новообразованных сосудов во время лечения и лучше всего останавливается нажатием на глаз с помощью лазерной контактной линзы. Лечение на каждом отдельном сеансе более 1600 ожогов с экспозиции — 0,1–0,2 с; не рекомендуется из-за более высокого риска ятрогенного развития макулярного отека, хориоидального выпота, экссудативной отслойки сетчатки и закрытия угла передней камеры.

Пациентов предупреждают, что после сеанса лазеркоагуляции возможен легкий дискомфорт, а также дают указание немедленно вернуться в клинику, если возникнет сильная боль. Это может свидетельствовать о закрытии угла передней камеры, вызванном хориоидальным отеком и смещением цилиарного тела кпереди. Первый плановый контрольный визит планируется через 4–6 нед после завершения панретинальной лазеркоагуляции.

Дополнительное лечение (обычно не ранее 6–8 нед после завершения ПРЛКС) рекомендуется для тех глаз, в которых уровень пролиферативной ретинопатии не улучшился, или если ретинопатия прогрессирует, несмотря на лечение. По мере проведения лазерного лечения обычно можно проследить небольшие участки неоваскуляризации, которые кажутся остаточными новообразованными сосудами. Дополнительное лечение также показано, если у пациента изначально наблюдается хороший регресс заболевания, а в ходе последующего наблюдения обнаруживается новая неоваскуляризация.

Для проведения лазерной гиалодотомии при преретинальных кровоизлияниях используется импульсный дисрапционный лазер Nd:YAG с длиной волны 1064 нм, излучение фокусируется на задней гиалоидной мембране (ЗГМ) в нижней части кровоизлияния при помощи контактной оптической линзы, воздействие осуществляют 1–3 импульсными пакетами офтальмодеstructorа, подающимися в квазинепрерывном режиме с энергией в импульсе 0,8–8 мДж, количеством импульсов 3–7 (рис. 2.5).



**Рис. 2.5.** Преретинальное кровоизлияние до (а), после (б) и через 2 недели после YAG-лазерной гиалодотомии (в)

На следующий день проводят клиническое обследование и определяют по данным УЗИ объем излившейся крови (частичный, субтотальный, тотальный гемофтальм); локализацию относительно отделов глаза (передний, средний, задний, смешанный); локализацию относительно стенок глаза (центральный, пристеночный, пристеночно-центральный); стадию трансформации кровяного сгустка. Прицельные лучи сводятся на конгломератах крови, не разрушая волокон стекловидного тела, но вызывая движение крови и структур стекловидного тела ударными или гидродинамическими волнами, перемещая их вверх и вглубь, в режиме от 1 до 13 трехимпульсных пакетов с энергией импульса 0,5–3,0 мДж в течение 1–3 сеансов.

Согласно исследованиям ETDRS, в клинической практике применяются несколько методик лазерного воздействия на макулярную область:

- фокальный метод направлен на коагуляцию активных микроаневризм (применяется при локальных формах ДМО);
- техника по типу «решетка» используется при диффузном отеке;
- модифицированная «решетка» (см. главу 3 «Венозные окклюзии»).

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

