



**ФМБА РОССИИ**  
Федеральное медико-биологическое агентство



Медико-биологический университет  
инноваций и непрерывного образования  
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Адрес: г. Москва, ул. Живописная, д. 46, стр. 8  
Тел.: 8 (499) 190-96-92  
Сайт: [www.mbufmbc.ru](http://www.mbufmbc.ru)

**Курышева Н.И., Шарова Г.А., Беликова Е.И.**

# **ЗАБОЛЕВАНИЕ ПЕРВИЧНОГО ЗАКРЫТИЯ УГЛА ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ ГЛАЗА**

**Часть II: методы лечения**

Методическое пособие для врачей,  
медицинского персонала  
и клинических ординаторов

Москва, 2024

Федеральное медико-биологическое агентство  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный научный центр Российской Федерации –  
Федеральный медицинский биофизический центр  
имени А.И.Бурназяна»  
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИННОВАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Курышева Н.И., Шарова Г.А., Беликова Е.И.**

**ЗАБОЛЕВАНИЕ  
ПЕРВИЧНОГО ЗАКРЫТИЯ  
УГЛА ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ ГЛАЗА**

**ЧАСТЬ II: МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВРАЧЕЙ,  
МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА  
И КЛИНИЧЕСКИХ ОРДИНАТОРОВ**

**Москва  
2024**

**УДК 617.7**  
**ББК 56.7,91**  
**К93**

**Курьшева Н.И., Шарова Г.А., Беликова Е.И.** Заболевание первичного закрытия угла передней камеры глаза. Часть II: методы лечения. Методическое пособие для врачей, медицинского персонала и клинических ординаторов – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2024. 28 с.

**Авторы:**

**Курьшева Н.И.** – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

**Шарова Г.А.** – к.м.н., ассистент кафедры глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, заведующая диагностическим отделением ООО «Глазная клиника доктора Беликовой»;

**Беликова Е.И.** – д.м.н., доцент, профессор кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, заместитель директора по научной работе ООО «Глазная клиника доктора Беликовой».

**Рецензенты:**

**Юрьева Т.Н.** – д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Иркутского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

**Лоскутов И.А.** – д.м.н., руководитель офтальмологического отделения, заведующий кафедрой офтальмологии и оптометрии государственного бюджетного учреждения здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского» Министерства здравоохранения Российской Федерации;

Пособие предназначено для врачей-ординаторов и врачей-офтальмологов. Представленный материал позволит расширить знания о современных методах лечения заболевания первичного закрытия угла передней камеры, включая персонализированные.

**ISBN 978-5-93064-261-2**

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна  
ФМБА России, 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Список сокращений</b> .....	4
<b>Введение</b> .....	5
<b>1. Методы лечения ранних стадий заболевания первичного закрытия угла</b> .....	6
1.1. Периферическая лазерная иридотомия.....	6
1.2. Ленсэктомия с имплантацией интраокулярной линзы .....	11
1.3. Селективная лазерная трабекулопластика .....	13
1.4. Лечение острого приступа первичного закрытия угла .....	14
<b>2. Персонализированные методы лечения ранних стадий заболевания первичного закрытия угла</b> .....	16
<b>3. Применение искусственного интеллекта в выявлении и лечении заболевания первичного закрытия угла</b> .....	18
<b>Список литературы</b> .....	21
<b>Вопросы для тестового контроля</b> .....	24

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГД	– внутриглазное давление
ГОН	– глаукомная оптическая нейропатия
ЗПЗУ	– заболевание первичного закрытия угла
ИОЛ	– интраокулярная линза
ИТК	– иридотрабекулярный контакт
ОППЗУ	– острый приступ первичного закрытия угла
ПЗО	– передне-задняя ось глаза
ПЗУ	– первичное закрытие угла
ПЗУГ	– первичная закрытоугольная глаукома
ПК	– передняя камера
ПЛИТ	– периферическая лазерная иридотомия
ПОУГ	– первичная открытоугольная глаукома
ППЗУ	– подозрение на первичное закрытие угла
УПК	– угол передней камеры
АОД	– angle opening distance, дистанция открытия угла передней камеры
АСД	– anterior chamber depth, глубина передней камеры
AS-OCT	– anterior segment optical coherence tomography, оптическая когерентная томография переднего сегмента глаза
LV	– lens vault, высота свода хрусталика
SS	– scleral spur, склеральная шпора

## ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы закрытого угла передней камеры (УПК) глаза играет ключевую роль в профилактике развития первичной закрытоугольной глаукомы (ПЗУГ), приводящей к необратимой утрате зрительных функций.

В настоящее время выбор тактики лечения ранних стадий заболевания первичного закрытия угла (ЗПЗУ), к которым относятся подозрение на первичное закрытие угла (ППЗУ) и первичное закрытие угла (ПЗУ), дискутируется. Тактика варьирует от полного отказа от лечения [1] до выполнения лазерных [2] и хирургических вмешательств [3]. Традиционно применяется периферическая лазерная иридотомия (ПЛИТ) [4], но в последние годы появились данные о более высокой эффективности лечения методом ленсэктомии (ЛЭ), включая удаление прозрачного хрусталика [5, 6]. Однако данный метод сопряжен с более высоким риском осложнений и утраты физиологической аккомодации у относительно молодых пациентов, тогда как ПЛИТ является неинвазивной, более доступной и экономически менее затратной процедурой.

Актуальным остается вопрос: в каких случаях лечения ПЗУ методом выбора должна быть ПЛИТ, а в каких – ЛЭ [7]? Идентификация предикторов эффективности лечения может решить проблему выбора. Данные литературы на этот счет носят неоднозначный характер, что объясняется большим количеством оцениваемых параметров-предикторов, имеющих высокую корреляцию друг с другом. Достоверный анализ многомерных данных возможен благодаря применению методов машинного обучения.

Дополнительным методом лечения ЗПЗУ в глазах с ранее выполненной ПЛИТ является селективная лазерная трабекулопластика (СЛТ) при условии достаточной визуализации трабекулярного аппарата глаза.

Таким образом, в настоящий момент вектор исследований направлен на персонализированный подход к лечению пациентов с ранними стадиями ЗПЗУ, основанный на данных предиктивной медицины.

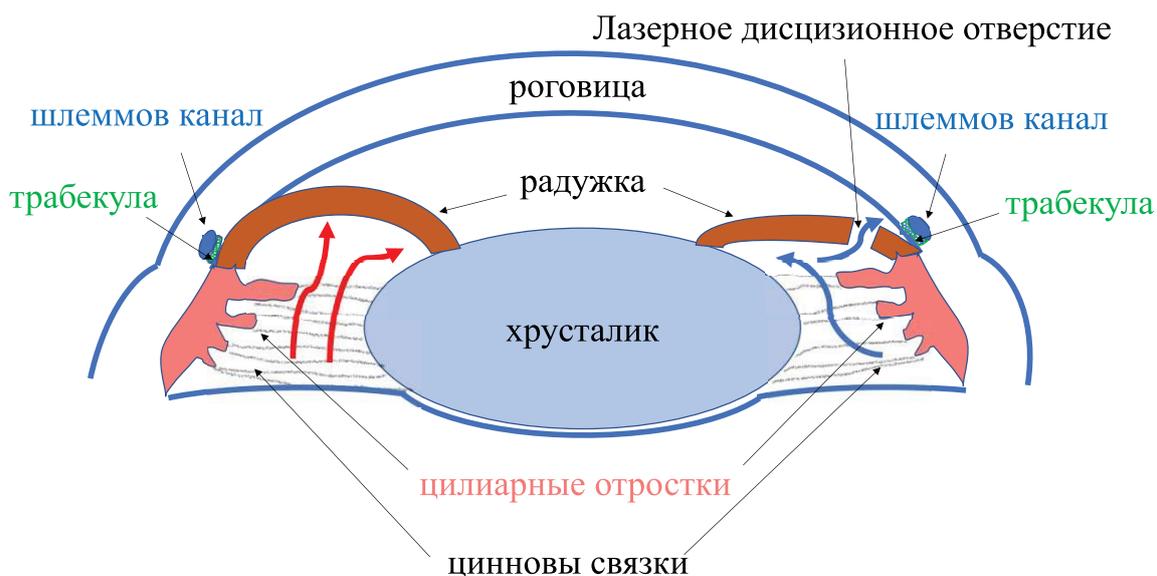
# 1. МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ РАННИХ СТАДИЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЗАКРЫТИЯ УГЛА

## 1.1 Периферическая лазерная иридотомия

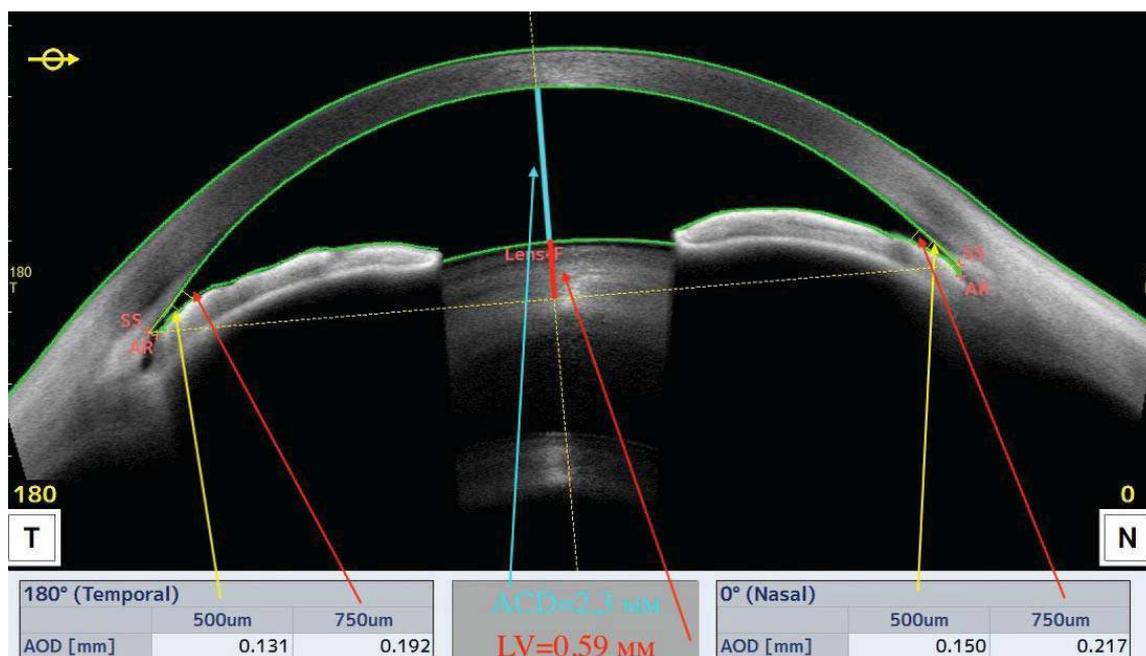
В 1857 г. *Grefe* впервые применил базальную (хирургическую) иридэктомию у больных с ПЗУГ. Однако она не получила широкого распространения из-за осложнений, связанных с повреждением роговицы и хрусталика. Начиная с 1980-х годов благодаря внедрению лазерных технологий в офтальмологии (аргоновый и Nd:YAG лазеры) ПЛИТ вошла в рутинную клиническую практику.

Лечебный эффект лазерного вмешательства обеспечивается за счет создания дополнительного сообщения между передней и задней камерами глаза через лазерное дисцизионное отверстие в периферической части радужки (*рис. 1*).

Тем самым гидродинамика между задней и передней камерами стабилизируется с последующим снижением внутриглазного давления (ВГД). ПЛИТ приводит к улучшению топографии передней камеры (ПК): увеличивается профиль УПК и глубина ПК, снижается кривизна радужки. Пример изменения основных параметров передней камеры после ПЛИТ по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза (*anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT*) представлен на *рис. 2* и *рис. 3*.

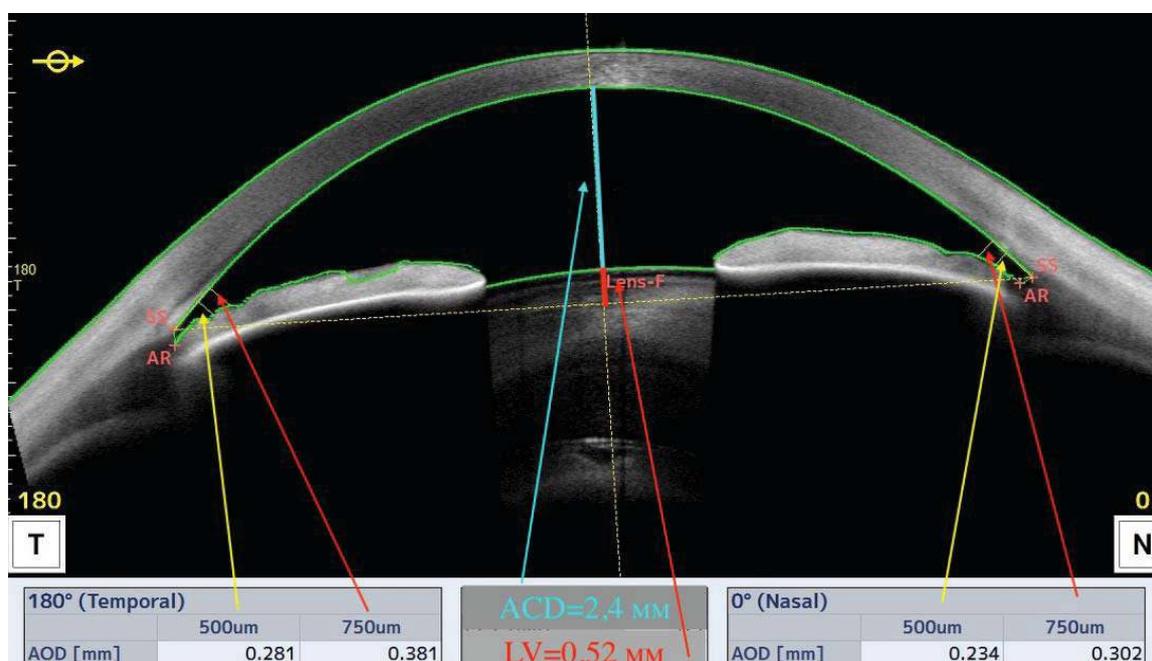


**Рис. 1.** Схема периферической лазерной иридотомии



**Рис. 2.** Визуализация передней камеры до периферической лазерной иридотомии на AS-OCT CASIA2, Tomey, Japan

ACD – anterior chamber depth, глубина передней камеры; LV – lens vault, высота свода хрусталика; AOD500 и AOD750 – angle opening distance, дистанция открытия УПК в 500 мкм и 750 мкм от склеральной шпоры соответственно; SS – scleral spur, склеральная шпора



**Рис. 3.** Визуализация передней камеры после периферической лазерной иридотомии на AS-OCT CASIA2, Tomey, Japan

ACD – anterior chamber depth, глубина передней камеры; LV – lens vault, высота свода хрусталика; AOD500 и AOD750 – angle opening distance, дистанция открытия УПК в 500 мкм и 750 мкм от склеральной шпоры соответственно; SS – scleral spur, склеральная шпора

Терминология параметров передней камеры на AS-ОСТ подробно представлена в первой части настоящего методического пособия.

В результате ПЛИТ глубина передней камеры (anterior chamber depth, ACD) увеличилась на 0,1 мм (с 2,3 мм до 2,4 мм), высота свода хрусталика (lens vault, LV) уменьшилась на 0,7 мм (с 0,59 мм до 0,52 мм), дистанции открытия угла передней камеры в 500 мкм и 750 мкм от склеральной шпоры (angle opening distance, AOD500, AOD750) увеличились как в темпоральном (на 0,15 мм и 0,189 мм соответственно), так и в назальном (на 0,084 мм и 0,085 мм соответственно) секторах (рис. 2, рис. 3).

Иридотомия наиболее эффективна при механизме зрачкового блока, так как уплощение радужки после перфорации ее периферической части приводит к открытию УПК и восстановлению оттока внутриглазной жидкости через естественные пути. Тем не менее при механизмах, связанных с увеличением хрусталика, плоской радужкой, ПЛИТ менее эффективна.

По данным литературы выявлены следующие **предикторы успеха ПЛИТ** при ЗПЗУ [8, 9–11]:

- пожилой возраст;
- высокое предоперационное ВГД;
- увеличенные толщина хрусталика и высота его свода;
- уменьшенные центральная и периферическая глубина передней камеры;
- уменьшенные параметры УПК;
- уменьшенная длина передне-задней оси (ПЗО);
- увеличенная кривизна радужки;
- уменьшенные площадь, объем и толщина радужки;
- уменьшенный сферический эквивалент;
- локализация лазерного дисцизионного отверстия в верхнем секторе;
- уменьшенный диаметр зрачка;
- иридо-лентикулярный контакт в области зрачкового пояса радужки.

В настоящее время вопрос о показаниях к ПЛИТ на ранних стадиях ЗПЗУ дискутируется. В рандомизированном исследовании ZAP (The Zhongshan Angle Closure Prevention Trial) пациентам с ППЗУ на одном глазу была выполнена ПЛИТ, а парный глаз оставался интактным [12]. Через 6 лет риск прогрессирования ППЗУ после ПЛИТ относительно парных глаз составил 0,52 (95% ДИ=0,30–0,91), а через 14 лет – 0,31 (95% ДИ=0,21–0,46) [13]. Авторы пришли к выводу,

что ПЛИТ на 2/3 снижает риск прогрессирования ППЗУ в долгосрочной перспективе, однако, распространенность этого прогрессирования в популяции в среднем невысока, а скорость относительно низкая, поэтому в настоящее время ПЛИТ при ППЗУ показана только пациентам из групп риска, например, тем, кому необходимо проведение лекарственного мидриаза для осмотра глазного дна, пациентам с острым приступом первичного закрытия угла на парном глазу в анамнезе, а также при невозможности контрольных посещений врача.

Согласно другим авторам ППЗУ необходимо лечить методом ленсэктомии, так как после имплантации интраокулярной линзы (ИОЛ) отсутствует остаточное закрытие УПК в отличие от ПЛИТ [14].

В настоящее время благодаря внедрению методов визуализации переднего отрезка глаза путем оптической когерентной томографии появилась возможность определения иридотрабекулярного контакта (ИТК), на 360 градусов, что невозможно при гониоскопии или других методах (рис. 4).

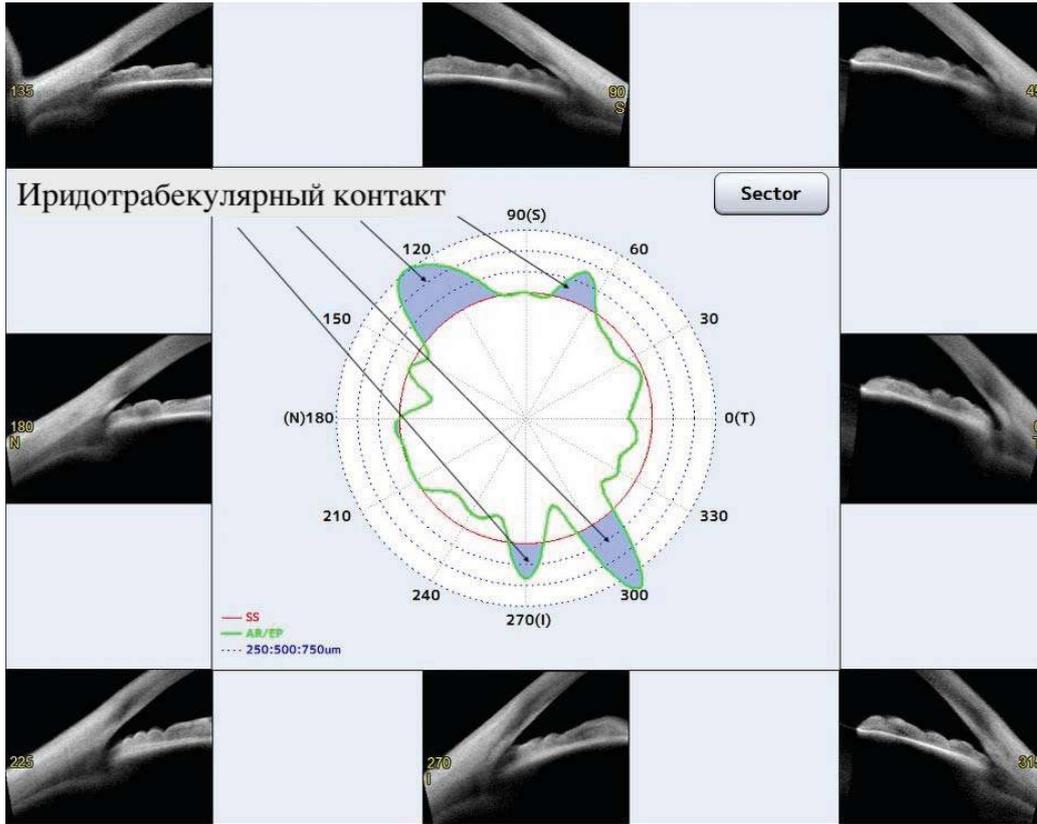
Пример сохранения ИТК после ПЛИТ из собственной практики представлен на рис. 5 и рис. 6.



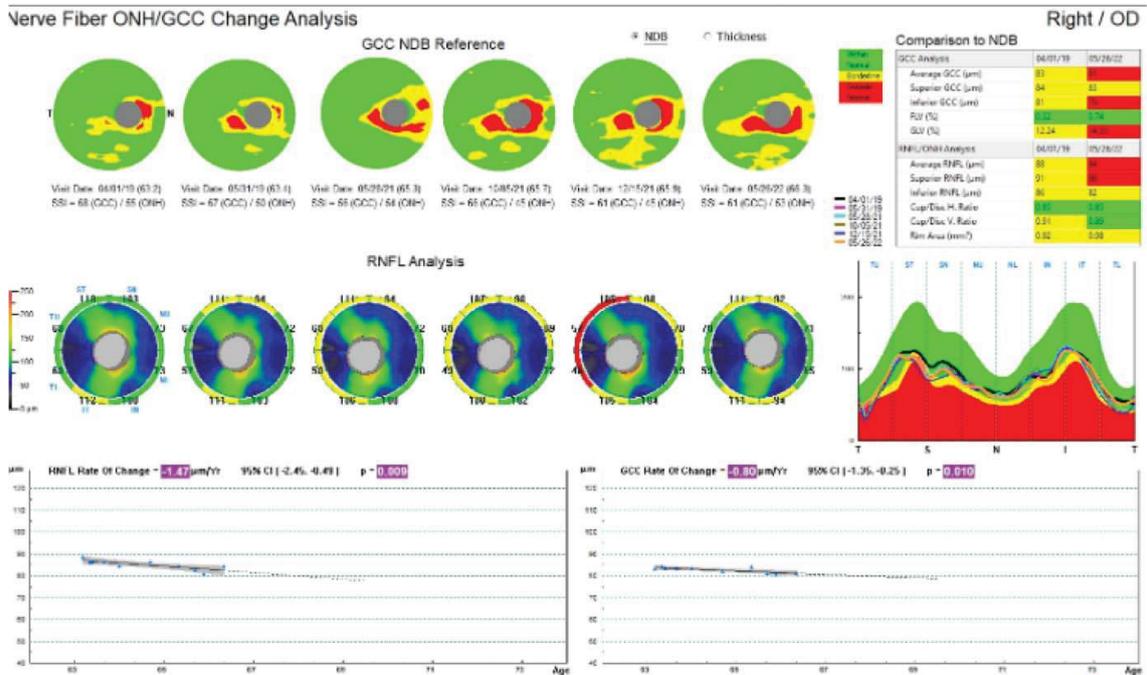
**Рис. 4.** Методы визуализации переднего отрезка глаза (AS-OCT)



**Рис. 5.** Визуализация остаточного закрытия угла передней камеры после периферической лазерной иридотомии на AS-OCT CASIA2, Tomey, Japan



**Рис. 6.** Визуализация площади иридо trabекулярного контакта после периферической лазерной иридотомии на 360° AS-OCT CASIA2, Tomey, Japan  
Синим цветом выделена площадь иридо trabекулярного контакта после периферической лазерной иридотомии



**Рис. 7.** Прогрессирование глаукомной оптической нейропатии у пациента с начальной стадией первичной закрытоугольной глаукомы с гониосинехиями после периферической лазерной иридотомии.

Сохранение иридотрабекулярного контакта после ПЛИТ при наличии гониосинехий приводит к прогрессированию ЗПЗУ с развитием глаукомной оптической нейропатии (ГОН). Пример мониторинга пациента с начальной стадией ПЗУГ после ПЛИТ и гониосинехиями представлен на *рис. 7*.

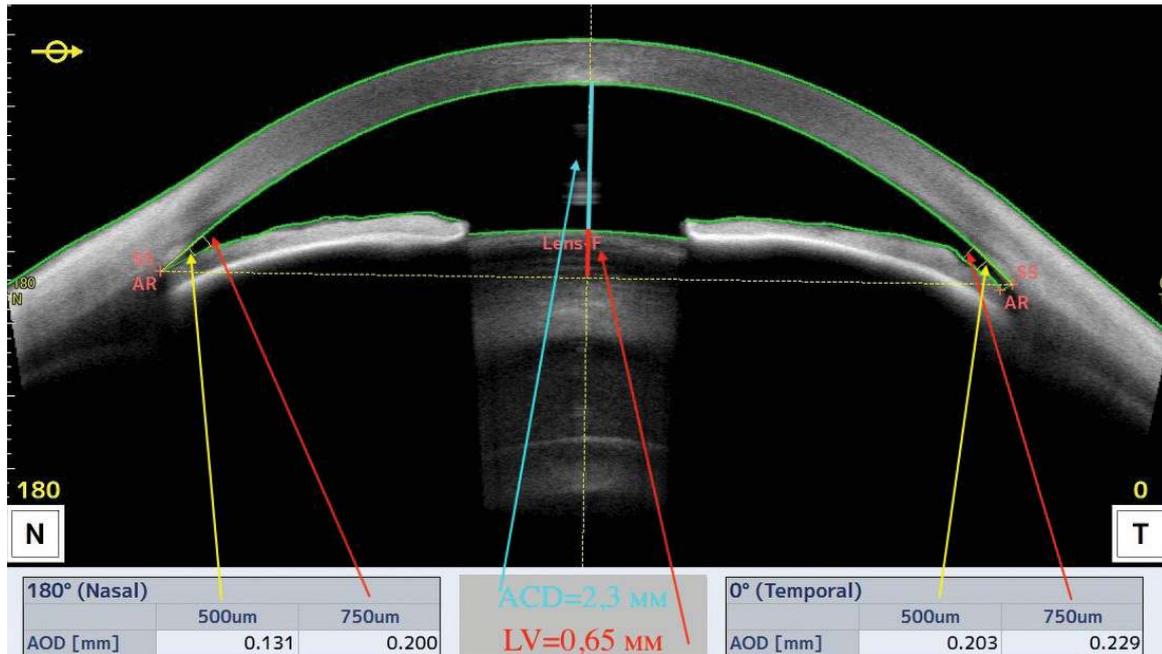
Трехлетний тренд развития и прогрессирования патологических параметров диска зрительного нерва, истончения слоя нервных волокон сетчатки и ганглиозного комплекса у пациента с начальной ПЗУГ после ПЛИТ, представленный на *рис. 7*, свидетельствует о неэффективности ПЛИТ в случае сохранения иридотрабекулярного контакта, в том числе по причине гониосинехий.

## **1.2 Ленсэктомия с имплантацией интраокулярной линзы**

Ленсэктомия у пациентов с ПЗУ и ПЗУГ демонстрирует преимущества перед ПЛИТ [5, 6]. Международное рандомизированное исследование EAGLE (Effectiveness in Angle-closure Glaucoma of Lens Extraction Study Group) показало, что ЛЭ является методом выбора в случае ПЗУГ, а также ПЗУ с ВГД более 30 мм рт. ст. [6]. Ленсэктомия снизила риск хирургии глаукомы (1 случай против 24 после ПЛИТ). После ЛЭ ВГД на 1,18 мм рт.ст. было ниже (16,6 мм рт.ст.), чем после ПЛИТ (95% ДИ от -1,99 до -0,38,  $p=0,004$ ).

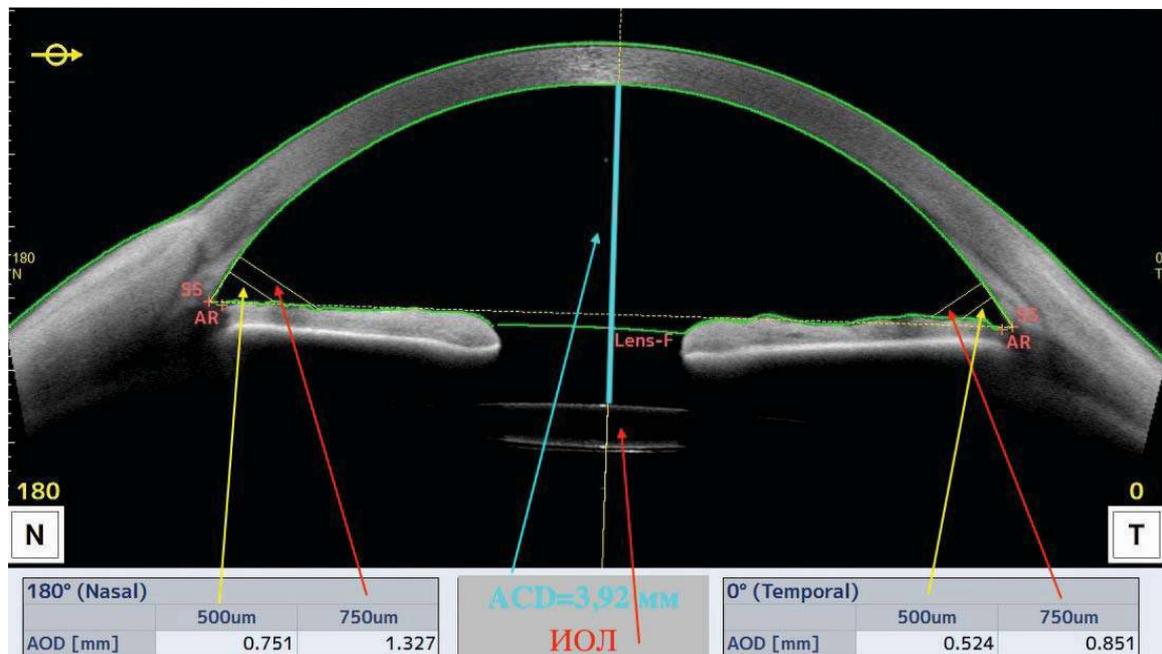
*Н.И. Курышева и соавт.* продемонстрировали преимущества ЛЭ у больных с ПЗУ при ВГД до 30 мм рт.ст. [5]. Топография переднего отрезка улучшается за счет имплантации ИОЛ, верхний полюс которой расположен ниже хорды, соединяющей две склеральные шпоры из-за меньшего переднезаднего размера искусственного хрусталика (1 мм) по сравнению с натуральным (4–5 мм). Тем самым глубина передней камеры и параметры УПК увеличиваются, уменьшается кривизна радужки, отток внутриглазной жидкости через трабекулярную сеть восстанавливается, ВГД снижается. Пример изменения параметров передней камеры после ЛЭ из собственной практики представлен на *рис. 8* и *рис. 9*.

В результате ЛЭ глубина передней камеры увеличилась на 1,62 мм (с 2,3 мм до 3,92 мм), что в 16 раз больше в сравнении с результатом после ПЛИТ (*рис. 2* и *рис. 3*). AOD500 и AOD750 в темпоральном секторе увеличились на 0,321 мм и 0,622 соответственно, а AOD500 и AOD750 в назальном секторе – на 0,620 мм и 1,127 мм соответственно, что в несколько раз превышает результат после ПЛИТ. Таким образом, реконструкция передней камеры за счет ленсэктомии привела к изменению закрытых УПК на открытые.



**Рис. 8.** Визуализация передней камеры до лэнсэктомии на AS-OCT CASIA2, Tomey, Japan

ACD – anterior chamber depth, глубина передней камеры; LV – lens vault, высота свода хрусталика; AOD500 и AOD750 – angle opening distance, дистанция открытия УПК в 500 мкм и 750 мкм от склеральной шпоры соответственно; SS – scleral spur, склеральная шпора



**Рис. 9.** Визуализация передней камеры после лэнсэктомии на AS-OCT CASIA2, Tomey, Japan

ACD – anterior chamber depth, глубина передней камеры; ИОЛ – интраокулярная линза; AOD500 и AOD750 – angle opening distance, дистанция открытия УПК в 500 мкм и 750 мкм от склеральной шпоры соответственно; SS – scleral spur, склеральная шпора

По данным литературы выявлены следующие *предикторы успеха лэнсэктомии* при ЗПЗУ [8, 15, 16]:

- пожилой возраст;
- мужской пол;
- высокое предоперационное ВГД;
- увеличенное количество используемых местных гипотензивных препаратов;
- увеличенные толщина хрусталика и высота его свода;
- уменьшенные глубина передней камеры и параметры УПК;
- уменьшенная площадь иридотрабекулярного контакта;
- уменьшенная длина ПЗО;
- увеличенная кривизна радужки;
- уменьшенная толщина радужки;
- увеличенный сферозэквивалент;
- более низкие предоперационная острота зрения и сила ИОЛ.

Позиционирование ЛЭ на ранних стадиях ЗПЗУ, включая ППЗУ, получает все большее распространение, доказывая свою эффективность на протяжении 10 лет наблюдения [17].

Стоит отметить, что оперативное лечение должен выполнять опытный хирург, так как лэнсэктомия на глазах даже с ранними стадиями ЗПЗУ сопряжена с риском осложнений, например, развитием злокачественной глаукомы.

### **1.3 Селективная лазерная трабекулопластика**

Селективная лазерная трабекулопластика является наиболее распространенным способом лечения первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ). В то же время СЛТ известна как дополнительный метод лечения ЗПЗУ в глазах с ранее выполненной ПЛИТ при условии достаточной визуализации трабекулярного аппарата глаза [18], что продиктовано риском повреждения эндотелия роговицы [19]. Выбор метода СЛТ при ЗПЗУ продиктован вынужденным использованием местной гипотензивной терапии после ПЛИТ с риском низкого комплаенса в долгосрочной перспективе, в том числе по причине экономической составляющей. Кроме того, роль СЛТ неоспорима в случае аллергии и системных побочных эффектов на лекарственные препараты от глаукомы, а также при беременности. В 2012 г. *R. Sihota et al.* применили сканирующую электронную биомикроскопию для исследования структур УПК при ПЗУГ и ПОУГ. В результате ими были выявлены схожие гистологические изменения в трабекулярной сети обеих групп, что позволило применить СЛТ и при ПЗУГ.

В исследовании *Н.И. Курьшиевой и Г.А. Шаровой* впервые выполнен анализ эффективности СЛТ при ПЗУ после ПЛИТ в отдаленном периоде [18]. Уже к первому году после операции была выявлена достоверная разница в снижении ВГД при ПЗУ по отношению к ПЗУГ, которая сохранялась в течение всего периода наблюдения. Кроме того, при ПЗУ ко второму году необходимость в применении местной гипотензивной терапии была меньше в сравнении с ПЗУГ. Необходимость меньшего использования антиглаукомных препаратов обусловлена, по всей вероятности, более глубокой передней камерой, менее увеличенной толщиной хрусталика, меньшим количеством гониосинехий, а потому – большей протяженностью воздействия при СЛТ.

Поскольку патогенез ЗПЗУ обусловлен относительными топографическими особенностями переднего сегмента глаза, стратегия лечения направлена на реконструкцию угла передней камеры и снижение ВГД, поэтому изолированная СЛТ не приемлема и используется только после ПЛИТ. СЛТ оправдана в случаях невозможности ЛЭ, в том числе по причине противопоказаний, длительного времени ожидания операции, отказа от вмешательства, а в ряде случаев – отказе от лэнсэктомии со стороны пациентов, которые не всегда готовы решиться на замену прозрачного хрусталика, имея высокие зрительные функции. СЛТ после лазерного вмешательства как альтернатива ЛЭ может быть рассмотрена в качестве замены постоянной местной гипотензивной терапии в условиях динамического наблюдения.

Таким образом, СЛТ является эффективным методом снижения ВГД не только при ПЗУГ, но и при ПЗУ, в случаях недостаточного снижения ВГД после ПЛИТ. При этом можно предположить, что в таких глазах СЛТ является альтернативным методом по отношению к ЛЭ, предупреждая развитие ГОН.

#### **1.4 Лечение острого приступа первичного закрытия угла**

Острый приступ первичного закрытия угла (ОППЗУ) возникает в результате резкой блокады путей оттока внутриглазной жидкости, сопровождается выраженной симптоматикой в виде резкой боли в глазу, покраснения, снижения остроты зрения из-за отека роговицы, часто присутствуют тошнота и рвота. Без лечения ОППЗУ приводит к необратимой потере зрительных функций. Частота прогрессирования ПЗУ до острого приступа невелика (0–6,2%), чаще ЗПЗУ имеет интермиттирующее или хроническое течение.

### *Пошаговый алгоритм действий при ОППЗУ:*

1. Уложить больного на горизонтальную поверхность.
2. Закапать в больной глаз однократно бримонидин 0,15% или 0,2% по 1 капле, тимолол 0,5% или бетаксолол 0,5% по 1 капле, дорзоламид 2% или бринзоламид 1% по 1 капле (при отсутствии системных противопоказаний к их назначению).
3. Дать внутрь таблетку ацетазоламид 250–500 мг (применять с осторожностью у больных с мочекаменной болезнью).
4. Закапать в больной глаз капли дексаметазон 0,1% по 1–2 капли три раза с интервалом 5 минут.
5. При уровне ВГД ниже 40 мм рт. ст. закапать в больной глаз пилокарпин 1% или 2% 1 – 2 капли 2–3 раза в течение часа.
6. Закапать пилокарпин 1% или 2% по 1–2 капли однократно в парный глаз.
7. Купирование отека роговицы – местно декстроза 20–40% симптоматически.
8. Лечебная компрессия роговицы 4-зеркальным гониоскопом, 20 секунд.
9. При отсутствии тенденции к купированию острого приступа – глицерол раствор 50% внутрь 1–2 г/кг массы тела, маннитола раствор 15% – внутривенно капельно в течение не менее 30 минут по 1,5–2 г/кг массы тела.
10. Анальгетики и противорвотные препараты при наличии боли и тошноты.
11. ПЛИТ после купирования острого приступа и отека роговицы.
12. Гониоскопия с компрессией, чтобы оценить протяженность закрытия УПК для решения вопроса о дальнейшей тактике лечения.
13. При невозможности выполнения ПЛИТ, либо отсутствии ее положительного эффекта рекомендуется выполнить факоэмульсификацию с имплантацией интраокулярной линзы. В ряде случаев может возникнуть необходимость проведения фистулизирующей операции (синустрабекулэктомии).
14. ПЛИТ на парном глазу в плановом порядке.

## 2. ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ РАННИХ СТАДИЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЗАКРЫТИЯ УГЛА

Одним из направлений современной медицины является переход от традиционного клинического лечебного процесса к персонализированному. Предлагаемая смена парадигмы лечения соответствует принципам предиктивной, превентивной и персонализированной медицины (predictive, preventive, personalised, medicine, PPPM / ЗРМ).

Повышение эффективности персонализированного лечения основывается на применении прогностического моделирования заболеваний и алгоритмов лечения, адаптированных к конкретной ситуации. Передовые медицинские технологии предполагают снижение экономической нагрузки за счет избирательности лечения уязвимых групп населения.

Задача персонализации лечения решается в том числе с помощью методов машинного обучения [20], позволяя определять количественные предикторы для выделения различных категорий пациентов, для которых стандартная тактика лечения не будет успешной. Современные технологии с использованием методов машинного обучения позволяют осуществлять дифференцированный подход к лечению первичного закрытия угла передней камеры.

Так, можно прогнозировать гипотензивный эффект ЛЭ и ПЛИТ каждого пациента с помощью регрессионных моделей, построенных для обоих методов лечения на основе 37 клинико-анатомических показателей [21]. Оценив результат предиктивного расчета гипотензивного эффекта ПЛИТ и ЛЭ, *Н.И. Курышева и соавт.* предложили тактику выбора более эффективного метода лечения. Путем применения метода отбора значимых переменных можно использовать всего 4 параметра, выбранных с учетом доступности измерения в рутинной клинической практике (пол, ВГД, ПЗО, АСД) для определения метода лечения (ЛЭ или ПЛИТ) [21].

$$X = B_0 + B_1 \times \text{Пол} + B_2 \times \text{ВГД} + B_3 \times \text{ПЗО} + B_4 \times \text{АСД},$$

где  $B_0=16,8$ ;  $B_1=-0,28$ ;  $B_2=0,24$ ;  $B_3=-0,65$ ;  $B_4=-2,36$ ; мужской пол – значение 0 (ноль), женский пол – значение 1.

Результат  $X$  показывает количественное преимущество одного метода над другим. Например, если  $X=3$ , то применение ленсэктомии приведет к снижению ВГД, которое на 3 мм рт.ст. больше, чем применение ПЛИТ. Если же  $X=-3$ , то показано использование ПЛИТ, потому что результат ленсэктомии будет на 3 мм рт.ст. меньше. Точность оценки индикатора  $X$  составляет 1 мм рт.ст., поэтому область  $X<1$  рекомендуется рассматривать как «серую зону», где ни один метод не имеет преимущества.

Эта модель позволяет врачу составить индивидуальный план лечения для каждого пациента следующим образом: если  $X<0$ , то предпочтительным является метод ПЛИТ, в противном случае – метод ленсэктомии.

Предлагается следующий инновационный пошаговый алгоритм действий:

1. Измерить и учесть четыре клинико-анатомических параметра пациента: пол, ВГД, ПЗО, глубину передней камеры.
2. Рассчитать показатель разницы прогнозируемого гипотензивного эффекта ( $X$ ), используя соответствующую математическую модель

$$X = B_0 + B_1 \times \text{Пол} + B_2 \times \text{ВГД} + B_3 \times \text{ПЗО} + B_4 \times \text{ACD},$$

3. Сравнить полученный результат с нулем.
4. Выбрать метод лечения.

Примеры применения персонализированной методики выбора лечения подробно изложены в патенте на изобретение *Н. И. Курьшевой и соавт.* [22].

### 3. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫЯВЛЕНИИ И ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЗАКРЫТИЯ УГЛА

Для снижения нагрузки на первичную медицинскую помощь все чаще используется искусственный интеллект. Методы машинного обучения применяются для определения локализации склеральной шпоры – важного ориентира в количественной оценке УПК. Автоматизированная диагностика закрытия УПК по данным AS-ОСТ демонстрирует надежность и достоверность метода [23].

Нейрональные сети используются для дифференциальной диагностики синехиального и аппозиционного угла передней камеры [24].

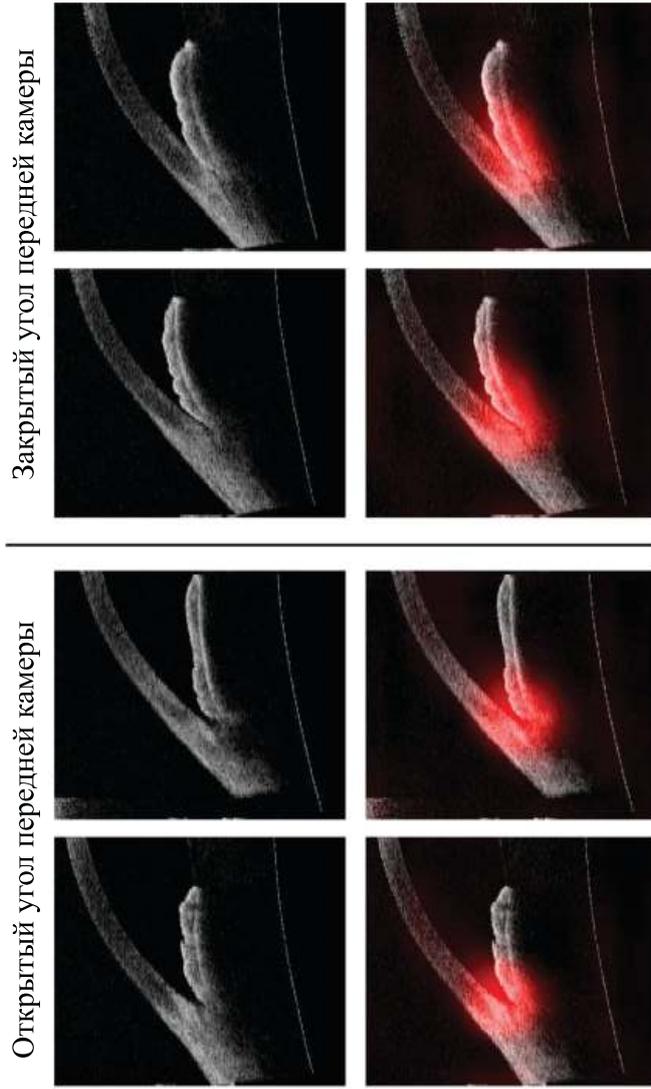
Сгенерированные наборы данных (generative adversarial networks, GANs) из синтетически созданных изображений AS-ОСТ на основе реалистичных используются для повышения достоверности технологий обнаружения закрытия угла (*рис. 10*), так как процесс разметки данных экспертами трудоемок и относительно субъективен [25].

Наиболее сложной проблемой в этом плане является автоматизированное определение склеральной шпоры, что весьма проблематично в клинической практике при работе с изображениями AS-ОСТ. Использование методов машинного обучения позволило достичь безошибочного определения склеральной шпоры в автоматизированном режиме с высокой воспроизводимостью. В результате была разработана так называемая цифровая гониоскопия (*рис.10*).

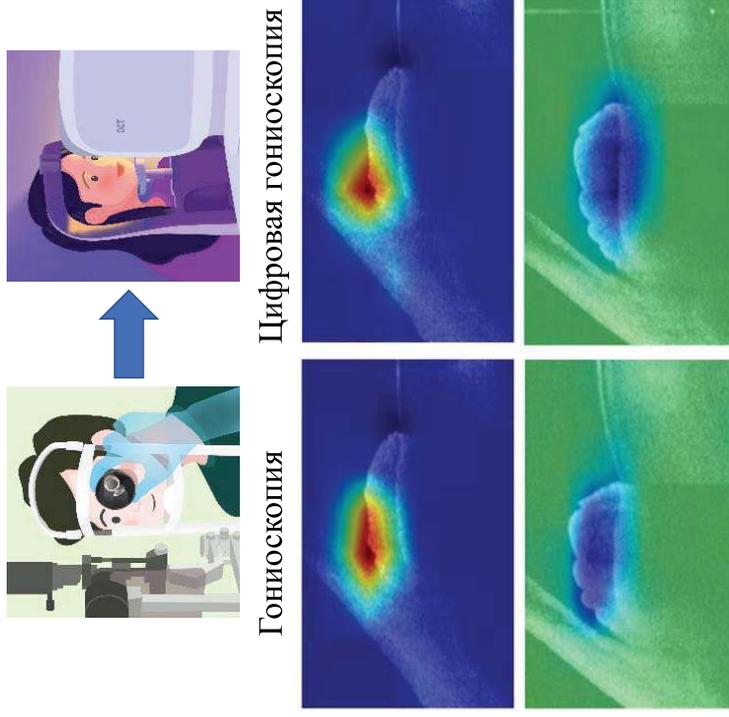
С развитием технологий искусственного интеллекта возможно не только автоматическое выявление ЗПЗУ, но и прогнозирование результатов лечения для выбора персонализированной тактики, пример которого изложен в главе выше [21].

Работ по применению методов машинного обучения в плане тактики лечения в настоящее время нет, за исключением алгоритма, разработанного сотрудниками кафедры глазных болезней МБУ ФМБЦ (см. выше).

**А**



**Б**



**Рис. 10.** Разработка цифровой гониоскопии на базе методов машинного обучения  
10а – показано цифровое определение склеральной шпоры,  
10б – принцип гониоскопии без гониолинзы

*Модифицировано из Zhang X, et al. Ophthalmology. 2022*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для мониторинга и лечения ранних стадий ЗПЗУ необходим взвешенный подход с учетом индивидуальных особенностей пациента и стадии заболевания (рис. 11).

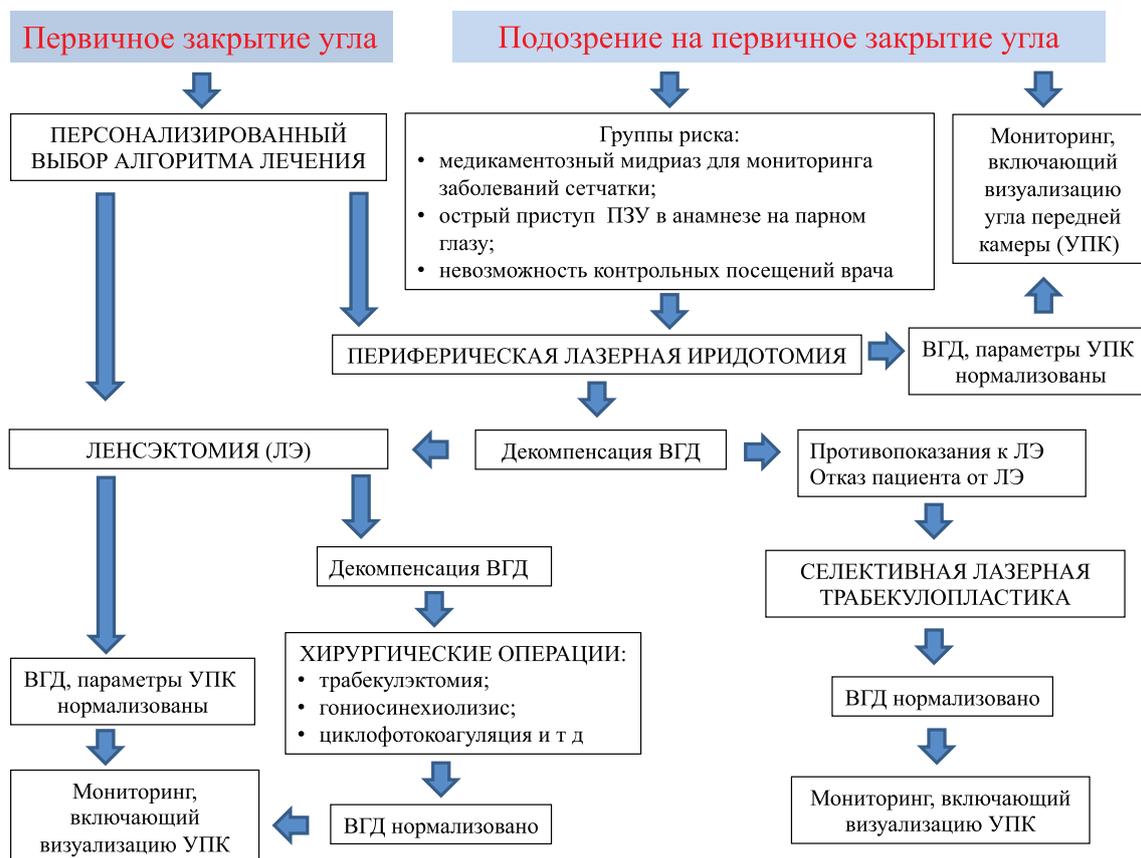


Рис. 11. Схема мониторинга и лечения пациентов с ранними стадиями заболевания первичного закрытия угла

## Список литературы:

1. Laser peripheral iridotomy in primary angle-closure suspects: biometric and gonioscopic outcomes: the Liwan Eye Study / M. He, D. S. Friedman, J. Ge [et al.] // *Ophthalmology*. – 2007. – Vol. 114, № 3. – P. 494-500.
2. Optical coherence tomography analysis of anterior segment parameters before and after laser peripheral iridotomy in primary angle-closure suspects by using CASIA2 / X. Chen, X. Wang, Y. Tang [et al.] // *BMC Ophthalmol.* – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 144.
3. Long-term effects of mild cataract extraction versus laser peripheral iridotomy on anterior chamber morphology in primary angle-closure suspect eyes / C. Yan, Y. Yu, W. Wang [et al.] // *Br J Ophthalmol.* – 2023. – P. 322698.
4. Predicting the outcome of laser peripheral iridotomy for primary angle closure suspect eyes using anterior segment optical coherence tomography / V. Koh, M. R. Keshtkaran, D. Hernstadt [et al.] // *Acta Ophthalmol.* – 2019. – Vol. 97, № 1. – P. 57-63.
5. Comparison of Lens Extraction Versus Laser Iridotomy on Anterior Segment, Choroid, and Intraocular Pressure in Primary Angle Closure Using Machine Learning / N.I. Kuryшева, A.L. Pomerantsev, O.Y. Rodionova, G.A. Sharova // *J Glaucoma.* – 2023. – Vol. 32, №6. – P. e43-e55.
6. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial / A. Azuara-Blanco, J. Burr, C. Ramsay [et al.] // *Lancet.* – 2016. – Vol. 388, № 10052. – P. 1389-1397.
7. Outcome Following Laser Peripheral Iridotomy and Predictors of Future Lens Extraction / J. Bo, T. Changulani, M. L. Cheng, A. J. Tatham // *J Glaucoma.* – 2018. – Vol. 27, № 3. – P. 275-280.
8. Comparative study of predictors of hypotensive efficacy of laser peripheral iridotomy and lensectomy in patients with primary anterior chamber angle closure based on machine learning methods / N.I. Kuryшева, O.Ye. Rodionova, A.L. Pomerantsev, G.A. Sharova // *Biomedical Signal Processing and Control.* – 2023. – Vol. 85. – P. 104884. – ISSN 1746-8094.
9. Anatomic Changes and Predictors of Angle Widening after Laser Peripheral Iridotomy: The Zhongshan Angle Closure Prevention Trial / B. Y. Xu, D. S. Friedman, P. J. Foster [et al.] // *Ophthalmology.* – 2021. – Vol. 128, № 8. – P. 1161-1168.
10. Circumferential Assessment of Changes in Anterior Segment Characteristics and Baseline Predictors of Angle Widening After Laser Iridotomy in Caucasian Eyes / T. A. Tun, A. Sawicki, A. Wilkos-Kuc [et al.] // *J Glaucoma.* – 2021. – Vol. 30, № 9. – P. 839–845.

11. Associations of lens thickness and axial length with outcomes of laser peripheral iridotomy / Y. M. Liu, D. Hu, L. F. Zhou [et al.] // *Int J Ophthalmol.* – 2021. – Vol. 14, № 5. – P. 714-718.
12. Laser peripheral iridotomy for the prevention of angle closure: a single-centre, randomised controlled trial / M. He, Y. Jiang, S. Huang [et al.] // *Lancet.* – 2019. – Vol. 393, № 10181. – P. 1609-1618.
13. 14-Year Outcome of Angle-Closure Prevention with Laser Iridotomy in the Zhongshan Angle Closure Prevention Study: Extended Follow-Up of a Randomized Controlled Trial / Y. Yuan, W. Wang, R. Xiong [et al.] // *Ophthalmology.* – 2023. – S0161-6420(23)00201-4. [published online ahead of print, 2023 Apr 6].
14. Long-term effects of mild cataract extraction versus laser peripheral iridotomy on anterior chamber morphology in primary angle-closure suspect eyes / C. Yan, Y. Yu, W. Wang [et al.] // *Br J Ophthalmol.* – 2023. – P. 322698.
15. Comparing Laser Peripheral Iridotomy to Cataract Extraction in Narrow Angle Eyes Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography / E. Melese, J. R. Peterson, R. M. Feldman [et al.] // *PLoS One.* – 2016. – Vol. 11, № 9. – P. e0162283.
16. Clinical outcomes of clear lens extraction in eyes with primary angle closure / T. Dada, A. Rathi, D. Angmo [et al.] // *J Cataract Refract Surg.* – 2015. – Vol. 41, № 7. – P. 1470-1477.
17. Ten-year outcomes of cataract surgery for glaucoma management in patients with primary angle-closure disease / D. Sakai, S. Yamamoto, S. Yoshimizu [et al.] // *Jpn J Ophthalmol.* – 2023. – Vol. 67, № 2. – P. 129-137.
18. Курышева Н.И. Роль селективной лазерной трабекулопластики в лечении заболевания первичного закрытия угла передней камеры / Н.И. Курышева, Г.А. Шарова // *Эффективная фармакотерапия.* – 2022. – Т. 18, №11.– С.22-28.
19. Kurysheva N.I. Factors affecting the corneal endothelium after selective laser trabeculoplasty in primary open angle and angle closure glaucoma // N.I. Kurysheva, L.V. Lepeshkina, S.G. Kapkova // *BMJ Open Ophthalmol.* – 2021. Vol. 6, №1. – P. e000638.
20. Expanding the DD-SIMCA concept: A case study of precision medicine / O. Rodionova, N. Kurysheva, G. Sharova, A. Pomerantsev // *Anal Chim Acta.* – 2023. – Vol. 1250. – P. 340958
21. Machine learning-coupled treatment algorithms tailored to individualized profile of patients with primary anterior chamber angle closure predisposed to the glaucomatous optic neuropathy / N.I. Kurysheva, O.Ye. Rodionova, A.L. Pomerantsev, G.A. Sharova, O. Golubnitschaja // *EPMA J.* – 2023. – Vol. 14, №3. – P. 527-538.

22. Пат. 2797850. Российская Федерация МПК51 А61В 3/16. Способ выбора тактики хирургического лечения пациентов с первичным закрытием угла передней камеры глаза / Н.И. Курышева., О.Е. Родионова, А.Л. Померанцев, Г.А. Шарова; патентообладатель: Курышева Н.И.; № 2023106565; заявл. 21.03.2023; опубл. 08.06.2023, Бюл. № 16. – 7 с.
23. Angle-Closure Detection in Anterior Segment OCT Based on Multilevel Deep Network / H. Fu, Y. Xu, S. Lin [et al.] // IEEE Trans Cybern. – 2020. – Vol. 50, №7. – P. 3358-3366.
24. Hybrid Variation-Aware Network for Angle-Closure Assessment in AS-OCT / J. Hao, F. Li, H. Hao [et al.] // IEEE Trans Med Imaging. – 2022. – Vol. 41, №2. – P. 254-265.
25. Assessment of Generative Adversarial Networks for Synthetic Anterior Segment Optical Coherence Tomography Images in Closed-Angle Detection / C. Zheng, F. Bian, L. Li [et al.] // Transl Vis Sci Technol. – 2021. – Vol. 10, №4. – P. 34.

**Вопросы для тестового контроля  
(выбрать один правильный ответ из трех)**

- 1. Показанием к периферической лазерной иридотомии при подозрении на первичное закрытие угла является:**
  - наличие иридотрабекулярного контакта
  - острый приступ первичного закрытия угла в анамнезе на парном глазу
  - повышение внутриглазного давления
  
- 2. Периферическая лазерная иридотомия наиболее эффективна при следующих механизмах закрытия угла:**
  - зрачковый блок
  - плоская радужка
  - «вулканоподобная» радужка
  
- 3. Селективная лазерная трабекулопластика проводится при:**
  - остром приступе первичного закрытия угла
  - условии достаточной визуализации трабекулярного аппарата глаза
  - подозрении на первичное закрытие угла
  
- 4. Лечебный эффект периферической лазерной иридотомии обеспечивается за счет:**
  - дисцизионного отверстия в шлеммовом канале
  - дисцизионного отверстия в трабекулярной сети
  - дисцизионного отверстия в радужке
  
- 5. Недостаточный лечебный эффект периферической лазерной иридотомии при заболевании первичного закрытия угла обусловлен:**
  - наличием гониосинехий
  - зрачковым блоком
  - увеличенной кривизной радужки
  
- 6. При остром приступе первичного закрытия угла первым этапом показана:**
  - лenseктомия
  - местная гипотензивная терапия
  - периферическая лазерная иридотомия

- 7. При декомпенсации внутриглазного давления после периферической лазерной иридотомии у пациентов с первичным закрытием угла проводится:**
- селективная лазерная трабекулопластика
  - трабекулэктомия
  - гониосинехиолизис
- 8. Гипотензивный эффект ленсэктомии при заболевании первичного закрытия угла обеспечивается за счет:**
- увеличения кривизны радужки
  - уменьшения глубины передней камеры глаза
  - увеличения угла передней камеры
- 9. К признакам острого приступа первичного закрытия угла не относится:**
- повышение внутриглазного давления
  - уменьшение глубины передней камеры глаза
  - увеличение угла передней камеры
- 10. Для оценки топографического реконструктивного эффекта ленсэктомии и периферической лазерной иридотомии применяется:**
- офтальмоскопия
  - оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза (AS-OCT)
  - статическая автоматическая периметрия





Формат 60x90/16, Объем: 1.75 п.л.,  
Бумага 80 г/м<sup>2</sup> офсетная, гарнитура Times New Roman,  
Тираж 100 экз., заказ № М097.

Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России  
123098, г. Москва, ул. Живописная, д. 46  
тел.: 8 (499) 190-94-09, 190-93-90  
rcdm@mail.ru, lochin59@mail.ru  
[www.fmbafmbc.ru](http://www.fmbafmbc.ru)