

Сравнительное исследование эффективности ленсэктомии и периферической лазерной иридотомии при первичном закрытии угла передней камеры глаза

Курышева Н.И., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой глазных болезней¹,
руководитель консультативно-диагностического отдела²; <https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

Родионова О.Е., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник³; <https://orcid.org/0000-0002-0146-8284>

Померанцев А.Л., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник³; <https://orcid.org/0000-0001-7402-4011>

Шарова Г.А., к.м.н., ассистент кафедры глазных болезней¹, заведующая диагностическим
офтальмологическим отделением⁴. <https://orcid.org/0000-0002-7163-4858>

¹Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ РФ «Федеральный
биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Российская Федерация, Москва,
ул. Живописная, 46, корп. 8;

²Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии ФМБА России, ФГБУ ГНЦ РФ
«ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА, 123098, Российская Федерация, Москва, ул. Гамалеи, 15;

³ФГБУН «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова»
Российской академии наук, Российская Федерация, Москва, ул. Косыгина, 4;

⁴ООО «Глазная клиника доктора Беликовой», 105118, Российская Федерация, Москва, пр. Буденного, 26, к. 2.

Финансирование: авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Курышева Н.И., Родионова О.Е., Померанцев А.Л., Шарова Г.А. Сравнительное
исследование эффективности ленсэктомии и периферической лазерной иридотомии при ПЗУ.
Национальный журнал глаукома. 2023; 22(4):3-14.

Резюме

ЦЕЛЬ. Сравнить анатомо-функциональную эффективность
ленсэктомии (ЛЭ) и периферической лазерной
иридотомии (ПЛИТ) у пациентов с первичным закрыти-
ем угла передней камеры (ПЗУ).

МЕТОДЫ. Проспективное исследование включало 120
пациентов в возрасте от 41 до 80 лет (60 глаз — ПЗУ,
30 глаз с подозрением на первичное закрытие угла
[ППЗУ], 30 глаз без офтальмопатологии). На 30 глазах
с ПЗУ выполнена ЛЭ с имплантацией интраокулярной
линзы, на 30 — ПЛИТ. Всем обследуемым проведе-
на оптическая когерентная томография Swept Source
(SS-OCT). Анализируемые параметры включали: сфе-
роэквивалент (СЭ), остроту зрения с коррекцией и без,
внутриглазное давление (ВГД), степень открытия угла
по Шафферу, прозрачность хрусталика, гониосинехии,
толщину хориоидеи в макуле, длину передне-задней оси

глаза (ПЗО), глубину передней камеры (ГПК), высоту
свода хрусталика (LV), кривизну радужки (ICurv), тол-
щину радужки в 750 мкм от склеральной шпоры (IT750),
дистанцию открытия угла передней камеры (УПК)
(AOD500, AOD750), площадь иридотрабекулярного про-
странства (TISA500, TISA750). Наряду со стандартны-
ми методами описательной статистики использовались
методы машинного обучения, включая метод одноклас-
совой классификации DD-SIMCA.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Каждый третий глаз с ПЗУ после ЛЭ дости-
гал значений контрольной группы по совокупности изу-
чаемых параметров (специфичность по DD-SIMCA 0,67),
чего не наблюдалось в глазах после ПЛИТ (специ-
фичность по DD-SIMCA 1,0), а вероятность попадания
в контрольную группу оценивается как 0,01. После ЛЭ
все параметры УПК достоверно не отличались от нормы

Для контактов:

Шарова Галина Аркадьевна, e-mail: galina.shar@mail.ru

(все $p > 0,05$), а ГПК, ICurv даже превысили норматив ($p = 0,000$). После ПЛИТ наблюдалось углубление ГПК (с $2,34 \pm 0,28$ мм до $2,36 \pm 0,280$ мм, $p = 0,000$) и уменьшение LV (с $0,864 \pm 0,120$ мкм до $0,843 \pm 0,110$ мкм, $p = 0,000$), однако сопоставимость с контролем была достигнута только по ICurv ($p = 1,000$). После ЛЭ при ПЗУ все показатели, включая остроту зрения без коррекции, СЭ, ГПК, LV, профиль радужки, размеры УПК по Шафферу и параметры AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 в верхних и нижних секторах имели преимущества перед таковыми при ППЗУ без лечения ($p < 0,05$). После ПЛИТ достигнуто также улучшение ряда параметров по сравнению с ППЗУ: ICurv, УПК по Шафферу, AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 в верхних секторах и AOD500 в нижнем секторе ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Эффективность ЛЭ при ПЗУ выше, чем ПЛИТ, что обусловлено лучшими постоперационными топографическими параметрами передней камеры и более низким ВГД. Оба метода лечения, особенно ЛЭ, улучшают указанные параметры по сравнению с ППЗУ. ЛЭ — метод выбора лечения ранних стадий ПЗУ передней камеры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: первичное закрытие угла передней камеры, подозрение на первичное закрытие угла, оптическая когерентная томография с частотно-модулированным источником, оптическая когерентная томография переднего отрезка, периферическая лазерная иридотомия, лентэктомия, DD-SIMCA, методы машинного обучения.

ORIGINAL ARTICLE

Comparative study of the efficacy of lens extraction and laser peripheral iridotomy in primary anterior chamber angle closure

KURYSHEVA N.I., Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Academic Department of Ophthalmology¹, Head of the Consultative and Diagnostic Department²; <https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

RODIONOVA O.YE., Dr. Sci. (Phys. and Math.), Chief Researcher³; <https://orcid.org/0000-0002-0146-8284>

POMERANTSEV A.L., Dr. Sci. (Phys. and Math.), Chief Researcher³; <https://orcid.org/0000-0001-7402-4011>

SHAROVA G.A., Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor at the Academic Department of Ophthalmology¹, Head of the Diagnostic Ophthalmology Department⁴. <https://orcid.org/0000-0002-7163-4858>

¹Medical Biological University of Innovations and Continuing Education of the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 46-8 Zhivopisnaya St., Moscow, Russian Federation, 123098;

²Ophthalmological Center of the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 15 Gamalei St., Moscow, Russian Federation, 123098;

³N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygina St., Moscow, Russian Federation, 119991;

⁴OOO Glaznaya Klinika Doktora Belikovoy, 26/2 Budenny Av., Moscow, Russian Federation, 105118.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Kuryшева N.I., Rodionova O.Ye., Pomerantsev A.L., Sharova G.A. Comparative study of the efficacy of lens extraction and laser peripheral iridotomy in primary anterior chamber angle closure. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2023; 22(4):3-14.

Abstract

PURPOSE. To compare the anatomical and functional effectiveness of lensectomy (LE) and laser peripheral iridotomy (LPI) in patients with primary anterior chamber angle closure.

METHODS. This prospective study included 120 patients aged 41 to 80 years (60 eyes — primary angle closure (PAC), 30 — primary angle closure suspects (PACs), 30 eyes — without ophthalmic pathology). 30 PAC eyes were treated using LE with intraocular lens implantation, and 30 eyes with LPI. All subjects underwent swept source optical coherence tomography (SS-OCT). The following parameters

were analyzed: spherical equivalent (SE), uncorrected and corrected distance visual acuity, intraocular pressure (IOP), Shaffer grade of angle opening, lens opacity, goniosynechia, choroidal thickness in the macular region, axial length (AL) of the eye, anterior chamber depth (ACD), lens vault (LV), iris curvature (ICurv), iris thickness at 750 μ m from scleral spur (IT750), angle opening distance (AOD500, AOD750), iridotrabecular space area (TISA500, TISA750). Along with standard descriptive statistics methods, machine learning methods were used, including Data Driven Soft Independent Modelling of Class Analogies (DD-SIMCA).

RESULTS. Every third eye with PAC had reached control group values after LE (DD-SIMCA specificity 0.67), which was not the case after LPI (DD-SIMCA specificity 1.0) with the probability of getting into the control group estimated as 0.01. After LE, all parameters of the anterior chamber angle did not significantly differ from the norm ($p>0.05$ for all), while ACD, ICurv even exceeded the norm ($p=0.000$). After LPI, there was a deepening of the ACD (from 2.34 ± 0.28 mm to 2.36 ± 0.280 mm, $p=0.000$) and a decrease in LV (from 0.864 ± 0.120 μ m to 0.843 ± 0.110 μ m, $p=0.000$), however, the result comparable to control was achieved only in ICurv ($p=1.000$). After LE in PAC, all parameters, including uncorrected visual acuity, SE, ACD, LV, iris profile, Shaffer grade of angle opening, and AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 parameters in the superior and inferior sectors had advantages over those in PACs without treat-

ment ($p<0.05$). After LPI, an improvement in a number of parameters was also achieved compared to LPI: ICurv, Shaffer grade of angle opening, AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 in the superior sectors and AOD500 in the inferior sector ($p<0.05$).

CONCLUSION. The effectiveness of LE in PAC is higher than LPI due to the better postoperative anterior chamber topography and lower IOP. Both treatments, especially LE, improve these parameters compared to PACs. Lens extraction is the treatment of choice at the early stages of primary angle closure.

KEYWORDS: primary angle closure, primary angle closure suspects, swept source optical coherence tomography, anterior segment optical coherence tomography, laser peripheral iridotomy, lens extraction, data-driven soft independent modelling of class analogies, machine learning.

Первичная закрытоугольная глаукома (ПЗУГ) характеризуется преимущественно хроническим течением [1] с риском двусторонней слепоты, в три раза превышающим таковой при первичной открытоугольной глаукоме [2]. Поэтому стратегия лечения на ранних стадиях заболевания первичного закрытия угла (ЗПУ), еще без формирования глаукомной оптической нейропатии (ГОН), имеет решающее значение в профилактике развития глаукомного процесса.

Традиционно методом выбора является периферическая лазерная иридотомия (ПЛИТ), ведущая к улучшению топографии угла передней камеры (УПК) [3] и снижению флюктуаций внутриглазного давления (ВГД) [4], являющихся фактором риска прогрессирования глаукомы [5]. Тем не менее, ряд авторов не отмечает улучшения гидродинамики после ПЛИТ [6]. По данным оптической когерентной томографии переднего отрезка (AS-OCT) в 23,9%...47,5% случаев могут отсутствовать постоперационные признаки увеличения размеров УПК [7], а риск сохранения первичного закрытия угла (ПЗУ) и перехода его в ПЗУГ может наблюдаться как в ближайшие [8], так и в отдаленные сроки (6–18 месяцев) после лазерного вмешательства [9].

На современном этапе ленсэктомия (ЛЭ) с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) демонстрирует преимущество перед ПЛИТ в отношении снижения ВГД, отсутствия необходимости в применении гипотензивных препаратов и рецидивов иридотрабекулярного контакта (ИТК) у пациентов с ЗПУ [10].

Большинство исследований посвящено преимуществам ленсэктомии на стадии глаукомы [11]. Но остается неясным: показана ли ЛЭ на стадии ПЗУ, еще без формирования ГОН, и надо ли удалять прозрачный хрусталик пациентам, у которых уже выполнена ПЛИТ [10]. Исследования, проведенные в основном на азиатской популяции, показали,

что, если ЛЭ выполнена на стадии ПЗУГ, ГОН прогрессирует [12]. Также не исключено, что результаты ПЛИТ и ЛЭ на стадии ПЗУ имеют отличия среди разных этнических групп [13].

Таким образом, вопрос о тактике ведения больных с ПЗУ изучен недостаточно. Международное рандомизированное исследование EAGLE показало, что ЛЭ является методом выбора в случае ПЗУГ, а также ПЗУ с ВГД более 30 мм рт.ст. [14]. Тем не менее, критерии исключения (возраст менее 50 лет и старше 70 лет, ВГД при ПЗУ менее 30 мм рт.ст.) не позволили авторам оценить результаты хирургии у таких пациентов. В настоящей работе планируется сравнить результаты ЛЭ и ПЛИТ при ПЗУ с учетом ВГД до 30 мм рт.ст. и более широкого возрастного диапазона (41–80 лет), а также сравнить результаты лечения ПЗУ с контрольной группой и пациентами с подозрением на первичное закрытие угла (ППЗУ), которым лечение не проводилось. ППЗУ как промежуточный этап между нормой и ПЗУ представляет особый интерес, поскольку лечение на этой стадии ЗПУ по-прежнему дискутируется [15]. Кроме того, применены методы машинного обучения, учитывающие одновременно все имеющиеся переменные и корреляции между ними, чтобы оценить результаты лечения в совокупности всех клинко-анатомических параметров.

Цель работы: сравнить анатомо-функциональную эффективность ЛЭ и ПЛИТ у пациентов с ПЗУ.

Материал и методы

Исследование включало 165 пациентов европейской расы в возрасте от 41 до 80 лет, обследованных с января 2019 по декабрь 2021 г.

Критерии включения: пациенты с ПЗУ с ВГД до 30 мм рт.ст., ППЗУ, здоровые лица. Диагноз ППЗУ констатировали в случае закрытого УПК (если при гониоскопии задняя пигментированная часть

трабекулярной сети не просматривалась, по меньшей мере, на 180° при взгляде пациента прямо) без ГОН, повышенного ВГД и/или периферических передних гониосинехий [16]. Диагноз ПЗУ устанавливался на основании ИТК более 180° без признаков ГОН, но в сочетании повышенным ВГД и/или периферическими передними гониосинехиями. В исследование включались пациенты с прозрачным хрусталиком, либо с начальными помутнениями согласно классификации LOCS III [17].

Критерии исключения: недостаточно прозрачные оптические среды глаза, медикаментозный миоз, хирургические операции на органе зрения в анамнезе, включая лазерные, наличие хронических системных аутоиммунных и нейродегенеративных заболеваний, сахарного диабета.

Наряду со стандартным офтальмологическим обследованием всем пациентам выполнены: статическая автоматическая периметрия (САП), оптическая когерентная томография (ОКТ) Swept Source (SS-OCT) заднего и переднего отрезка (Revo NX130, «Ортопол», Польша). Пациентам с ПЗУ исследования проведены до и через 4 недели после лечения.

Измерение параметров передней камеры и толщины хориоидеи (ТХ) в макуле осуществлялось по описанным нами ранее методикам [18, 19]. Исследовались глубина передней камеры (ГПК), высота свода хрусталика (Lens Vault, LV), кривизна радужки (Iris Curvature, ICurv) и ее толщина в 750 мкм от склеральной шпоры (Iris Thickness, IT750) в горизонтальном меридиане, дистанция открытия УПК в 500 мкм (AOD500) и в 750 мкм от склеральной шпоры (AOD750), площадь иридотрабекулярного пространства (TISA500 и TISA750) в вертикальном меридиане.

Пациенты с ПЗУ рандомизированы в две группы (ЛЭ и ПЛИТ). ПЛИТ выполнялась по стандартной методике [15], ЛЭ с имплантацией ИОЛ выполнялась в соответствии с рефракцией цели.

Методы статистической обработки и машинного обучения

Независимые группы сравнивались с помощью рангового анализа вариаций по Краскелу – Уоллису с последующим парным сравнением групп тестом Манна – Уитни с применением поправки Бонферрони при оценке значения p . Зависимые группы с нормальным распределением сравнивались с помощью t -критерия Стьюдента, а с ненормальным распределением — при помощи t -критерия Вилкоксона. Использовался стандартный пакет программ статистического анализа IBM SPSS Statistics for Windows, version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp. Показатели со значением p -value $< 0,05$ считались статистически значимыми.

Для того чтобы охарактеризовать состояние глаза в целом, одновременно учитывая различные показатели и корреляции между ними, эффективно

применение методов машинного обучения. В данном случае это метод одноклассовой классификации Data Driven Soft Independent Modeling of Class Analogy (DD-SIMCA), который был описан нами ранее [20, 21]. Характеристику качества построенной модели классификации можно описать двумя обобщенными показателями, это:

$$\text{Чувствительность} = \frac{\text{число образцов отнесенных к целевому классу}}{\text{общее число образцов целевого класса}},$$

$$\text{Специфичность} = \frac{\text{число образцов отнесенных к альтернативному классу}}{\text{общее число образцов альтернативного класса}}.$$

Близость каждого образца к целевому классу можно характеризовать общим расстоянием (FD) до целевого класса [22–24].

Результаты

Из 165 пациентов 45 были исключены из исследования по причине невозможности идентификации склеральной шпоры на AS-OCT вследствие экранирования веком и невозможности приехать на осмотр в срок 4 недели после лечения. Оставшиеся 120 пациентов были разделены на 4 группы. Первая группа (30 глаз) включала пациентов с ПЗУ, которым выполнена ЛЭ. Вторая группа (30 глаз) — выполнена ПЛИТ, третья (30 глаз) — с ППЗУ без вмешательств, четвертая (30 глаз) — группа контроля без офтальмопатологии. Параметры больных представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что группа ПЗУ до лечения отличалась от ППЗУ более низкой НКОЗ, увеличенными СЭ и LV, повышенным ВГД, меньшей степенью открытия УПК по Шафферу в верхнем секторе, меньшей ГПК и ПЗО, меньшими AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 в нижнем секторе, в то время как возраст, МКОЗ, ICurv, IT750, степень открытия УПК по Шафферу, AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 в верхнем секторе были сопоставимы. Достоверное отличие группы ПЗУ до лечения от контроля наблюдалось по всем параметрам, перечисленным в табл. 1, кроме возраста и IT750. Группа ППЗУ отличалась от контроля меньшими ГПК, ПЗО, степенью открытия АСА по Шафферу, более крутой ICurv в темпоральном секторе, меньшими AOD500, AOD750, TISA500, TISA750, остальные показатели были сопоставимы.

По ТХ группы ПЗУ до лечения и ППЗУ во всех секторах макулы были сопоставимы, включая фовеолу (табл. 1). ТХ при ППЗУ была достоверно выше, чем в контроле во всех секторах, кроме носового в 3 мм от фовеолы, а при ПЗУ до лечения — во всех секторах без исключения (везде $p < 0,05$).

Таблица 1. Клиническая характеристика включенных в исследование пациентов.

Table 1. Clinical characteristics of patients included in the study.

| Параметры / Parameters | ПЗУ / PAC (n=60) | p* | ППЗУ / PACs (n=30) | p** | Контроль Controls (n=30) | p*** | p**** |
|---|---------------------|------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| Возраст, годы / Age, years | 63,3±10,7 | – | 63,7±9,2 | – | 64,2±8,5 | – | 0,979 |
| Пол, м/ж / Sex, m/f | 21/39 | – | 11/19 | – | 12/18 | – | – |
| LOCS III | 42% (25) | – | 33% (10) | – | 30% (9) | – | – |
| НКОЗ вдаль / UDVA | 0,23±2,1 | <0,001 | 0,5±0,24 | 0,171 | 0,68±0,28 | <0,001 | <0,001 |
| СЭ, дптр / Spherical equivalent, D | 1,59±1,25 | 0,002 | 0,66±1,09 | 0,090 | -0,05±0,80 | <0,001 | <0,001 |
| МКОЗ вдаль / CDVA | 0,90±0,16 | 0,821 | 0,93±0,11 | 0,149 | 0,99±0,04 | 0,012 | 0,014 |
| ПЗО, мм / AL, mm | 22,04±0,70 | 0,004 | 22,62±0,37 | <0,001 | 23,48±0,53 | <0,001 | <0,001 |
| ГПК, мм / ACD, mm | 2,34±0,27 | 0,005 | 2,60±0,13 | <0,001 | 3,14±0,18 | <0,001 | <0,001 |
| ВГДрк, мм рт.ст. / IOPcc, mm Hg | 24,57±2,2 | 0,000 | 16,9±2,0 | 0,415 | 15,4±1,7 | <0,001 | <0,001 |
| УПК по Шафферу 90° Shaffer grade of angle opening at 90° | 0,63±0,47 | 0,814 | 0,83±0,53 | <0,001 | 3,03±0,31 | <0,001 | <0,001 |
| УПК по Шафферу 270° Shaffer grade of angle opening at 270° | 0,73±0,45 | <0,001 | 2,07±0,25 | 0,003 | 3,10±0,30 | <0,001 | <0,001 |
| LV, мм / LV, mm | 0,865±0,13 | <0,001 | 0,579±0,07 | 0,081 | 0,477±0,078 | <0,001 | <0,001 |
| ICurv_N, мм / ICurv_N, mm | 0,317±0,81 | 0,115 | 0,280±0,06 | 0,051 | 0,222±0,06 | <0,001 | <0,001 |
| ICurv_T, мм / ICurv_T, mm | 0,320±0,82 | 0,100 | 0,279±0,06 | 0,049 | 0,223±0,06 | <0,001 | <0,001 |
| IT750_N, мм / IT750_N, mm | 0,405±0,04 | – | 0,391±0,02 | – | 0,388±0,02 | – | 0,246 |
| IT750_T, мм / IT750_T, mm | 0,406±0,04 | – | 0,390±0,02 | – | 0,387±0,02 | – | 0,204 |
| AOD500_90°, мм / AOD500_90°, mm | 0,064±0,01 | 0,125 | 0,078±0,02 | <0,001 | 0,369±0,03 | <0,001 | <0,001 |
| AOD750_90°, мм / AOD750_90°, mm | 0,117±0,04 | 0,730 | 0,122±0,03 | <0,001 | 0,480±0,08 | <0,001 | <0,001 |
| TISA500_90°, мм² / TISA500_90°, mm² | 0,025±0,00 | 0,595 | 0,029±0,00 | <0,001 | 0,136±0,01 | <0,001 | <0,001 |
| TISA750_90°, мм² / TISA750_90°, mm² | 0,048±0,01 | 0,954 | 0,052±0,01 | <0,001 | 0,242±0,02 | <0,001 | <0,001 |
| AOD500_270°, мм / AOD500_270°, mm | 0,079±0,03 | <0,001 | 0,161±0,02 | 0,002 | 0,372±0,03 | <0,001 | <0,001 |
| AOD750_270°, мм / AOD750_270°, mm | 0,134±0,06 | <0,001 | 0,240±0,03 | <0,001 | 0,479±0,08 | <0,001 | <0,001 |
| TISA500_270°, мм² / TISA500_270°, mm² | 0,029±0,00 | <0,001 | 0,058±0,01 | 0,002 | 0,137±0,01 | <0,001 | <0,001 |
| TISA750_270°, мм² / TISA750_270°, mm² | 0,055±0,01 | <0,001 | 0,109±0,01 | 0,002 | 0,241±0,02 | <0,001 | <0,001 |
| ТХф, мкм / SFCT, μm | 342±58 | 0,922 | 340±51 | <0,001 | 257±37 | <0,001 | <0,001 |

Примечание: приведены средние значения и стандартное отклонение; LOCS III — прозрачность хрусталика в соответствии с классификацией Lens Opacity Classification system III [17]; НКОЗ — некорригированная острота зрения; МКОЗ — максимально корригированная острота зрения; N — назальный сектор; T — темпоральный сектор; ТХф — толщина хориоидеи в фовеоле; в скобках дано абсолютное значение глаз; * — значение p между ПЗУ и ППЗУ; ** — значение p между контрольной группой и ППЗУ; *** — значение p между контрольной группой и ПЗУ; **** — значение p между всеми группами по ранговому анализу вариаций Краскела–Уоллиса. Значение p<0,05 принято за уровень достоверности и указано жирным шрифтом. Независимые группы сравнивались с помощью рангового анализа вариаций по Краскелу–Уоллису с последующим парным сравнением групп тестом Манна–Уитни с применением поправки Бонферрони.

Note: the table shows the mean values and standard deviation; LOCS III — Lens Opacity Classification system III [17]; UDVA — uncorrected distance visual acuity; CDVA — corrected distance visual acuity; N — nasal sector; T — temporal sector; PAC — primary angle closure; PACs — primary angle closure suspects; AL — axial length of the eye; ACD — anterior chamber depth; LV — lens vault; ICurv — iris curvature; IT — iris thickness in the foveola; AOD — angle opening distance; TISA — iridotrabecular space area; SFCT — choroidal thickness in the foveola; the absolute number of eyes is given in parentheses; * — p-value between PAC and PACs; ** — p-value between the healthy eyes and PACs; *** — p-value between the control eyes and PAC; **** — p-value between all groups according to Kruskal–Wallis one-way analysis of variance. The differences were considered statistically significant at p<0.05 and are marked in bold. Independent groups were compared using Kruskal–Wallis one-way analysis of variance and subsequent paired Mann–Whitney U test with Bonferroni correction.

Таблица 2. Параметры до и после лечения при первичном закрытии угла.
Table 2. Pre- and post-treatment parameters in primary angle closure.

| Параметры / Parameters | до ПЛИТ pre-LPI (n=30) | p* | после ПЛИТ post-LPI (n=30) | до ЛЭ pre-LE (n=30) | p** | после ЛЭ post-LE (n=30) | p*** | p**** |
|--|------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| СЭ, дптр / Spherical equivalent, SE, D | 1,65±1,12 | 0,317 | 1,63±1,10 | 1,53±1,38 | <0,001 | -0,07±0,16 | 0,888 | <0,001 |
| НКОЗ вдаль / UDVA | 0,31±0,23 | 0,317 | 0,31±0,23 | 0,17±0,17 | <0,001 | 0,95±0,08 | 0,005 | <0,001 |
| НКОЗ на средней дистанции / UIVA | 0,28±0,21 | 0,320 | 0,28±0,21 | 0,10±0,52 | <0,001 | 0,54±0,12 | 0,003 | <0,001 |
| НКОЗ вблизи / UNVA | 0,19±0,18 | 0,452 | 0,19±0,18 | 0,08±0,29 | <0,001 | 0,39±0,16 | 0,014 | <0,001 |
| МКОЗ вдаль / CDVA | 0,92±0,13 | 1,0 | 0,92±0,13 | 0,89±0,18 | 0,003 | 0,98±0,05 | 0,564 | 0,030 |
| МКОЗ на средней дистанции / CIVA | 0,90±0,11 | 1,0 | 0,90±0,11 | 0,82±0,13 | 0,020 | 0,95±0,06 | 0,407 | 0,211 |
| МКОЗ вблизи / CNVA | 0,88±0,14 | 1,0 | 0,88±0,14 | 0,79±0,17 | 0,011 | 0,89±0,08 | 0,388 | 0,101 |
| Среднее кол-во гипотензивных препаратов Average number of medicines | 0,60±0,5 | 0,317 | 0,43±0,50 | 0,63±0,49 | <0,001 | 0,07±0,25 | 0,792 | 0,001 |
| ВГДрк, мм рт.ст. / IOPcc, mm Hg | 24,6±2,1 | <0,001 | 19,7±0,8 | 25,5±2,3 | <0,001 | 17,2±1,19 | 0,765 | <0,001 |
| УПК по Шафферу 90° Shaffer angle opening degree at 90° | 0,63±0,49 | <0,001 | 1,93±0,25 | 0,61±0,52 | <0,001 | 2,93±0,25 | 0,894 | <0,001 |
| УПК по Шафферу 270° Shaffer angle opening degree at 270° | 0,73±0,45 | <0,001 | 2,07±0,25 | 0,72±0,49 | <0,001 | 3,0±0,37 | 0,874 | <0,001 |
| Гониосинехии / PAS | 13% (4) | – | 10% (3) | 16% (5) | – | 3% (1) | – | – |
| ГПК, мм / ACD, mm | 2,34±0,28 | <0,001 | 2,36±0,28 | 2,33±0,26 | <0,001 | 3,63±0,19 | 0,877 | <0,001 |
| LV, мм / LV, mm | 0,86±0,12 | <0,001 | 0,84±0,11 | 0,86±0,15 | – | – | 0,918 | – |
| ICurv_N, мм / ICurv_N, mm | 0,31±0,07 | <0,001 | 0,22±0,04 | 0,31±0,08 | <0,001 | 0,16±0,40 | 0,723 | <0,001 |
| ICurv_T, мм / ICurv_T, mm | 0,32±0,07 | <0,001 | 0,22±0,04 | 0,31±0,08 | <0,001 | 0,16±0,03 | 0,734 | <0,001 |
| IT750_N, мм / IT750_N, mm | 0,40±0,04 | 0,221 | 0,40±0,04 | 0,40±0,04 | <0,001 | 0,40±0,05 | 0,871 | 0,701 |
| IT750_T, мм / IT750_T, mm | 0,40±0,04 | 0,157 | 0,40±0,04 | 0,40±0,04 | <0,001 | 0,39±0,05 | 0,842 | 0,626 |
| AOD500_90°, мм / AOD500_90°, mm | 0,06±0,01 | <0,001 | 0,17±0,01 | 0,06±0,01 | <0,001 | 0,33±0,06 | 0,877 | <0,001 |
| AOD750_90°, мм / AOD750_90°, mm | 0,11±0,04 | <0,001 | 0,23±0,03 | 0,11±0,04 | <0,001 | 0,50±0,07 | 0,871 | <0,001 |
| TISA500_90°, мм² / TISA500_90°, mm² | 0,02±0,00 | <0,001 | 0,05±0,00 | 0,02±0,01 | <0,001 | 0,12±0,02 | 0,877 | <0,001 |
| TISA750_90°, мм² / TISA750_90°, mm² | 0,04±0,01 | <0,001 | 0,11±0,01 | 0,04±0,01 | <0,001 | 0,22±0,03 | 0,832 | <0,001 |
| AOD500_270°, мм / AOD500_270°, mm | 0,07±0,02 | <0,001 | 0,21±0,11 | 0,07±0,03 | <0,001 | 0,36±0,06 | 0,784 | <0,001 |
| AOD750_270°, мм / AOD750_270°, mm | 0,13±0,06 | <0,001 | 0,28±0,02 | 0,13±0,06 | <0,001 | 0,54±0,09 | 0,600 | <0,001 |
| TISA500_270°, мм² / TISA500_270°, mm² | 0,02±0,01 | <0,001 | 0,06±0,05 | 0,02±0,00 | <0,001 | 0,13±0,02 | 0,487 | <0,001 |
| TISA750_270°, мм² / TISA750_270°, mm² | 0,05±0,01 | <0,001 | 0,12±0,00 | 0,05±0,02 | <0,001 | 0,24±0,04 | 0,871 | <0,001 |
| ТХф, мкм / SFCT, μm | 343±58 | 0,519 | 341±60 | 341±59 | <0,001 | 345±57 | 0,857 | 0,794 |

Примечание: приведены средние значения и стандартное отклонение; * — значение p между параметрами до и после ПЛИТ по Вилкоксоу для независимых выборок; ** — значение p между параметрами до и после ЛЭ по Вилкоксоу для независимых выборок; *** — значение p между параметрами до ПЛИТ и до ЛЭ по Манну-Уитни для независимых выборок; **** — значение p между параметрами после ПЛИТ и после ЛЭ по Манну-Уитни для независимых выборок; в скобках дано абсолютное значение глаз; значение p<0,05 указаны жирным шрифтом.

Note: the table shows the mean values and standard deviation; pre-LPI — patients before laser peripheral iridotomy (LPI); post-LPI — patients after LPI; pre-LE — patients before Lens Extraction (LE); post-LE — patients after LE; PAS — peripheral anterior synechiae; UDVA — uncorrected distance visual acuity; UIVA — uncorrected intermediate visual acuity; UNVA — uncorrected near visual acuity; CDVA — corrected distance visual acuity; CIVA — corrected intermediate visual acuity; CNVA — corrected near visual acuity; ACD — anterior chamber depth; LV — lens vault; ICurv — iris curvature; N — nasal sector; T — temporal sector; IT750 — iris thickness; AOD — angle opening distance; TISA — iridotrabecular space area; SFCT — choroidal thickness in the foveola; * — p-value between pre-LPI and post-LPI according to Wilcoxon t-test for independent samples; ** — p-value between pre-LE and post-LE according to Wilcoxon t-test for independent samples; *** — p-value between pre-LPI and LE-pre according to Mann-Whitney U test for independent samples; **** — p-value between post-LPI and post-LE according to Mann-Whitney U test for independent samples; the absolute number of eyes is given in parentheses. The differences were considered statistically significant at p<0.05 and are marked in bold.

После ПЛИТ ТХ достоверно увеличилась во всех секторах (везде $p < 0,05$), кроме верхнего и темпорального в 3 мм от фовеолы, а также в самой фовеоле. После ЛЭ ТХ достоверно увеличилась во всех секторах (все $p < 0,05$), кроме носового в 3 мм от фовеолы. Обе группы ПЗУ до и после лечения имели сопоставимые значения ТХ во всех секторах (все $p > 0,05$). Сравнительная характеристика результатов лечения указана в табл. 2.

Результаты показали, что до лечения обе группы были сопоставимы по всем параметрам, представленным в табл. 2, кроме НКОЗ. Кроме того, сопоставимость групп ПЗУ до лечения подтверждена анализом с применением метода SIMCA. Если за целевой класс, на основе которого строится модель классификации выбрать группу ПЗУ до ЛЭ (до-ЛЭ) и предположить, что группа ПЗУ до ПЛИТ (до-ПЛИТ) принадлежит к тому же классу, то чувствительность для группы до-ЛЭ = 100% и для группы до-ПЛИТ тоже равна 100%. Это говорит о том, что пациенты группы до-ЛЭ и до-ПЛИТ представляют один и тот же класс. Принадлежность к одному классу доказана нами ранее [21].

После лечения в обеих группах достоверно снизилось ВГД, увеличились УПК по Шафферу, AOD500, AOD750, TISA500, TISA750, ГПК, но в отличие от ПЛИТ, после ЛЭ выявлено достоверное уменьшение СЭ, повышение МКОЗ и НКОЗ, уменьшение количества местных гипотензивных препаратов, уменьшение IT750 (табл. 2). После лечения группы ПЛИТ и ЛЭ были сопоставимы только по IT750 (табл. 2).

При оценке эффективности лечения методом машинного обучения использовался обобщенный показатель FD [20], характеризующий расстояния между группой контроля и каждым пациентом с одинаковым набором параметров (переменных) из всех рассматриваемых групп: до-ЛЭ, до-ПЛИТ, после-ЛЭ после-ПЛИТ и ПЗУ. Набор состоял из 35 переменных, включая толщину хориоидеи в макуле в 13 точках, для каждого пациента. Перечень остальных переменных представлен в табл. 1 за исключением LV, наличия гониосинехий, использования гипотензивной терапии, поскольку условием применения совместного многомерного анализа данных является сравнение одних и тех же переменных. Кроме того, исключена ПЗО, так как она не изменяется после лечения. Чем ближе пациент к контрольной группе, тем успешнее результат лечения. Для этого была построена модель классификации SIMCA с одной главной компонентой, где в качестве целевого класса использована контрольная группа. На рис. 1 в координатах нормированных расстояний q/q_0 (Евклидово расстояние) и h/h_0 (расстояние Махаланобиса) представлены все рассматриваемые группы. Для контрольной группы представлена критическая область между осями координат и 99% уровнем отсечения [20].

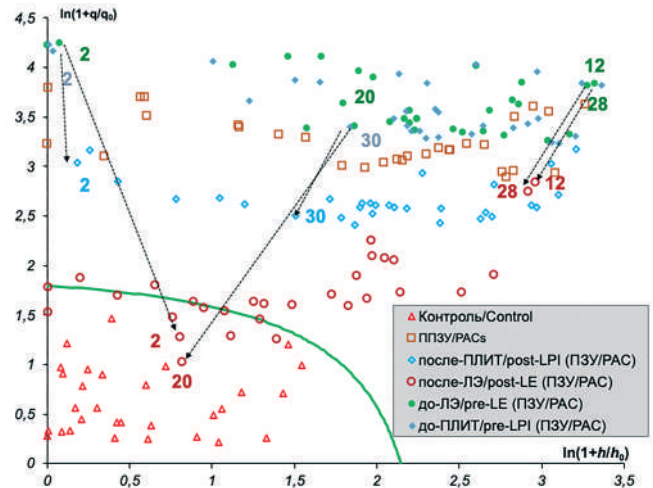


Рис. 1. Динамика совокупностей клинических показателей после лечения у пациентов с первичным закрытием угла относительно пациентов с подозрением на первичное закрытие угла без лечения и лиц контрольной группы.

Fig. 1. Trends of changes in clinical parameters after treatment in patients with primary angle closure in relation to untreated primary angle closure suspects and controls.

Примечание: на графике представлены метки, обозначающие пациентов с набором из 35 клиничко-анатомических параметров; переменная ПЗО исключена из рассмотрения.

Note: the labels on the graph indicate patients with a set of 35 clinical and anatomical parameters; axial length is excluded from the consideration.

Все образцы (пациенты с набором параметров), лежащие внутри этой области, классифицируются как образцы, принадлежащие к контрольной группе с вероятностью 99%. Из рис. 1 видно, что группа после-ЛЭ расположена близко к контрольной группе и частично с ней перекрывается. Значение специфичности для после-ЛЭ (0,67) означает, что 33% пациентов (10 из 30) из группы после-ЛЭ по своим клиничко-топографическим характеристикам попадают в зону контрольной группы. Пациенты группы после-ПЛИТ расположены значительно ближе к контрольной группе, чем те же пациенты до лечения (группа до-ПЛИТ). Однако, специфичность для этой группы равна 1, то есть ни один пациент по совокупности достигнутых в результате операции параметров, не соответствует таковому в контроле и вероятность их попадания в контрольную группу составляет лишь 0,01 [20]. Из рис. 1 также видно, что все пациенты из групп ПЗУ до лечения (кроме 2 пациентов из группы до-ЛЭ и двух пациентов из группы до-ПЛИТ) после лечения располагаются ближе контрольной группе, чем группа ПЗУ, в то время как до лечения группа ПЗУ находилась дальше от контроля по сравнению с ПЗУ.

Для отдельных пациентов стрелками показано, как, учитывая совокупные показатели, положение пациента после лечения смещается в сторону контрольной группы по сравнению с положением

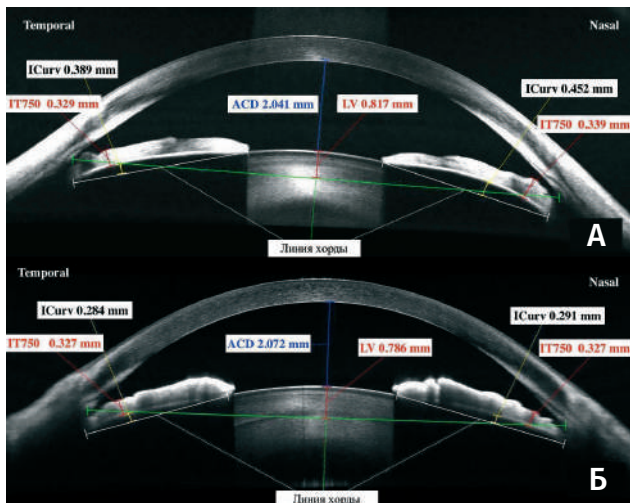


Рис. 2. Клинический пример визуализации переднего отрезка глаза до и после периферической лазерной иридотомии при первичном закрытии угла.

Fig. 2. A clinical example of anterior segment imaging before and after laser peripheral iridotomy in primary angle closure.

Примечание: А — параметры передней камеры у пациента №2 в группе ПЛИТ до лечения; Б — параметры передней камеры у пациента №2 в группе ПЛИТ после лечения.

Note: А — anterior chamber parameters of patient no. 2 from the laser peripheral iridotomy (LPI) group before the treatment; Б — anterior chamber parameters of patient no. 2 from the LPI group after the treatment.

до лечения. Больные с ПЗУ, обозначенные как «2-до-ПЛИТ» и «2-до-ЛЭ» располагаются рядом, то есть имеют сопоставимые на старте лечения параметры, но после ЛЭ «2-до-ЛЭ» переместился в область контрольной группы, а «2-до-ПЛИТ» лишь приблизился к ней. Отмечалось почти двукратное увеличение TISA750 после ЛЭ по сравнению с ПЛИТ (на 0,196 мм² в верхнем, на 0,217 мм² в нижнем и на 0,94 мм² в верхнем и нижнем секторах соответственно). ГПК после ЛЭ увеличилась на 1,845 мм, а после ПЛИТ на 0,031 мм (рис. 2, рис. 3).

Кривизна радужки после ЛЭ уменьшилась на 0,230 мм в назальном и на 0,244 мм в темпоральном секторах, а после ПЛИТ — на 0,161 мм в назальном и на 0,105 мм в темпоральном секторах (рис. 2, рис. 3). ВГД после ЛЭ снизилось на 12 мм рт.ст. без применения гипотензивной терапии, а после ПЛИТ — на 9 мм рт.ст. с применением гипотензивной терапии. Аналогичен пример рядом расположенных пациентов «20-до-ЛЭ» и «30-до-ПЛИТ», где «20-до-ЛЭ» перешел в область контрольной группы, а «30-до-ПЛИТ» только приблизился к ней (рис. 1).

На рис. 1 продемонстрировано, что часть пациентов после ЛЭ перешла границу контрольного класса, часть находится на границе, часть — между контрольными и больными после ПЛИТ. Например, два пациента с ПЗУ после ЛЭ («12-после-ЛЭ» и «28-после-ЛЭ») почти не приблизились к конт-

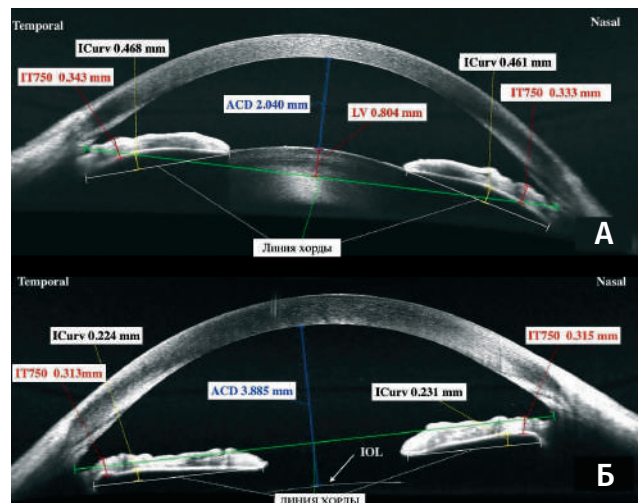


Рис. 3. Клинический пример визуализации переднего отрезка глаза до и после лenseктомии при первичном закрытии угла передней камеры

Fig. 3. A clinical example of anterior segment imaging before and after lensectomy in primary angle closure

Примечание: А — параметры передней камеры у пациента №2 в группе лenseктомии до лечения; Б — параметры передней камеры у пациента №2 в группе лenseктомии после лечения.

Note: А — anterior chamber parameters of patient no. 2 from the lens extraction (LE) group before the treatment; Б — anterior chamber parameters of patient no. 2 from the LE group after the treatment.

ролю после лечения. Результаты показали, что пациент №12 до ЛЭ («12-до-ЛЭ») отличался от остальных максимальной толщиной радужки (0,485 мм в назальном и 0,489 мм в темпоральном секторах) и минимальной ее кривизной (0,199 мм в назальном и 0,192 мм в темпоральном секторах), минимальными AOD500, AOD750, TISA500, TISA750, ACD (2,01 мм) максимальной ТХф (452 мкм), отсутствием катаракты, очень короткой ПЗО (20,12 мм), низким LV (0,601 мм) и наличием гониосинехий.

После ЛЭ у этого пациента ВГД снизилось с 25 до 22 мм рт.ст., а параметры AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 продемонстрировали минимальное увеличение по сравнению со всеми остальными больными.

Результаты настоящего исследования показали, что группа после ЛЭ оказалась сопоставимой с нормой по параметрам УПК, СЭ, МКОЗ, а ГПК, ICurv, LV и НКОЗ даже превысили таковые в норме. После ПЛИТ сопоставимыми с контролем оказались только два параметра: ICurv, МКОЗ. Остальные показатели достоверно отличались от нормы. Обе группы отличались от контроля по толщине хориоидеи в макуле и ВГД. Группа ППЗУ отличалась от пациентов после ПЛИТ более низкой НКОЗ, большим СЭ, мелкой ГПК, узким профилем УПК по Шафферу, высоким LV, крутой радужкой, а от группы после ПЛИТ: меньшим СЭ, более низким ВГД, узкими УПК

по Шафферу только в верхнем секторе, меньшим LV, крутой радужкой, меньшими AOD500, AOD750, TISA500, TISA750 в верхних секторах и AOD500 в нижнем секторе.

Интра-/постоперационных осложнений ЛЭ и ПЛИТ не наблюдалось.

Обсуждение

В настоящей работе впервые показано, что ЛЭ у пациентов с ПЗУ с ВГД до 30 мм рт.ст. позволяет изменить клинические и анатомические параметры глаза таким образом, что они приближаются к возрастной норме. Кроме того, в отличие от других исследований на эту тему [14], мы проанализировали результаты ЛЭ у пациентов более широкого возрастного диапазона (от 41 года) и без предварительной ПЛИТ [25]. Следует, однако, отметить, что в сравнении с предоперационными показателями, которые статистически не отличались между группами с разным лечением (табл. 2) после вмешательства (ЛЭ и ПЛИТ) обе группы приблизились к контрольной, но в разной степени (рис. 1). Ближе всех к контролю расположились пациенты после ЛЭ, причем 10 из 30 (33%) по клинито-топографическим параметрам оказались в зоне возрастной нормы (группа контроля), в то время как после ПЛИТ ни один пациент не достиг контроля несмотря на улучшение показателей после лечения. Согласно нашим данным, ПЛИТ значительно меньше улучшает эти показатели по сравнению с ЛЭ (рис. 1, табл. 2). Так, например, после ЛЭ все параметры УПК стали достоверно соответствовать нормальным, а в группе ПЛИТ, несмотря на статистически значимое улучшение топографии УПК после лазерного вмешательства по сравнению с исходными показателями (табл. 2), результат, сопоставимый с контролем, так и не был достигнут.

Реконструкция УПК является ключевым моментом в лечении ЗПЗУ, поскольку ширина УПК — это ведущий фактор риска прогрессирования ППЗУ [26]. В результате ЛЭ ГПК даже превысила значения контрольной группы, поскольку передний полюс ИОЛ расположен ниже хорды, соединяющей две склеральные шпоры из-за меньшего переднезаднего размера искусственного хрусталика (1 мм) по сравнению с нативным (4–5 мм). В то же время после ПЛИТ, несмотря на достоверное уменьшение LV (табл. 2), ГПК так и не достигла значений контрольной группы, что согласуется с данными других авторов [27].

В результате ПЛИТ сокращение протяженности ИТК достигается не только за счет уменьшения LV, но и за счет уменьшения кривизны радужки [8, 28, 29]. В нашем исследовании именно благодаря уменьшению ICurv в целом глаза с ПЗУ после ПЛИТ стали ближе к контрольным по анатомо-топографическим характеристикам, а показатель ICurv

достиг нормальных значений. Важно подчеркнуть, что после ЛЭ он стал даже ниже, чем в контроле. Изменения вышеперечисленных переменных привели к достоверному снижению ВГД в обеих группах, кроме того, после ЛЭ отмечалось достоверное уменьшение потребности в гипотензивной терапии (табл. 2). В то же время стоит отметить, что, несмотря на повышение остроты зрения и уменьшение СЭ после ЛЭ, анатомо-топографические показатели в глазах с ПЗУ полностью не перешли в зону контрольной группы (рис. 1).

Следует предполагать, что в развитии ЗПЗУ могут быть вовлечены одновременно или последовательно как зрачковые, так и внезрачковые блоки [30]. В частности, известно, что на результат лечения может оказывать влияние толщина радужки [29]. IT750 после ПЛИТ не изменилась, что согласуется с данными других авторов [27, 28], но после ЛЭ она достоверно уменьшилась (табл. 2). Возможной причиной является ответ положения радужки относительно ИОЛ в условиях более глубокой передней камеры, так как известно, что объем радужной оболочки имеет обратную корреляцию с ГПК [31]. По отношению к контролю как предоперационные, так и послеоперационные значения IT750 каждой группы достоверно не отличались (табл. 1), что может быть связано с низкой распространенностью утолщенных радужек в европеоидной расе, преобладающей среди наших пациентов [13].

Особый интерес в нашем исследовании представляла группа ППЗУ, занимающая промежуточное положение между нормой и ПЗУ до лечения, что подтверждается средними значениями в табл. 1. Но после лечения пул пациентов с ППЗУ дистанцировался от послеоперационных с ПЗУ. Таким образом, группа ППЗУ оставалась вне зоны «безопасности» относительно нормы. Вопрос о лечении ранних стадий ЗПЗУ по-прежнему дискутируется. Тактика варьирует от наблюдения [15] до лечения, включая ЛЭ [32]. Результаты настоящего исследования аргументируют активные лечебные мероприятия в отношении данной группы пациентов.

В настоящем исследовании недостаточный эффект ПЛИТ при ПЗУ обусловлен доминирующей ролью хрусталиковых механизмов блокады УПК. Это подтверждается также тем фактом, что некоторые исследователи не отмечают достоверного постоперационного уменьшения LV после ПЛИТ [28]. Ранее нами было показано, что при ПЗУ высота свода хрусталика коррелирует с возрастом [33]. В дальнейшем увеличение толщины и высоты свода хрусталика приводят к эскалации кривизны радужки, сужению УПК, уменьшению ГПК, повышению ВГД и его флюктуаций с прогрессированием ЗПЗУ вплоть до снижения плотности перипапиллярной капиллярной сети и развития ГОН [34]. В то же время, после ЛЭ радужка уплощается, УПК увеличивается, уровень ВГД и его флюктуации снижаются.

Известно, что ЛЭ при ПЗУТ в сравнении с комбинированной ЛЭ и синустрабекулэктомией более эффективна в отношении открытия УПК и позволяет сохранить результат как минимум в течение 6 месяцев после операции [35]. Много работ посвящено преимуществам ЛЭ перед ПЛИТ на стадии острого приступа ПЗУ [36]. Недостаточность ПЛИТ для купирования приступа доказана тем фактом, что 30% пациентов впоследствии нуждаются в проведении трабекулэктомии ввиду декомпенсации ВГД [37]. К тому же позднее выполнение ЛЭ на фоне гониосинехиообразования в глазах, подвергшихся ранее трабекулэктомии [38], либо ПЛИТ в последующей СЛТ [39] ожидаемо не приводит к уменьшению ИТК. Кроме того, раннее выполнение ЛЭ позволяет предупредить развитие патологического процесса в трабекулярной сети по мере прогрессирования ПЗУ и развитие ГОН [12]. В нашем исследовании на примере пациента №12 из группы ЛЭ продемонстрировано (рис. 1), что при наличии гониосинехий результат операции недостаточный, несмотря на улучшение клинико-топографических показателей после лечения. Можно предположить, что ранняя ЛЭ оправдана даже на стадии ППЗУ. Аналогичный результат наблюдался также у пациента №28 после ЛЭ (рис. 1). Следует отметить, что пациенты №12 и №28 в группе ЛЭ отличались от остальных утолщенной радужкой (более 0,480 мм, при средних значениях в группе ПЗУ 0,404 мм; табл. 1). Несмотря на ЛЭ механизм блока УПК, связанный с утолщенной радужкой, не позволил

отказаться от гипотензивной терапии после лечения, так как ЛЭ, главным образом, направлена на устранение хрусталиковых механизмов блока. Возможно, этим пациентам дополнительно показана лазерная иридопластика для улучшения топографии УПК. В настоящей работе мы не ставили целью выполнить анализ эффективности лечения ЛЭ и ПЛИТ в зависимости от механизмов закрытия угла передней камеры. Но решению этой проблемы мы планируем посвятить наши дальнейшие исследования.

Настоящее исследование показало, что ЛЭ имеет преимущества перед ПЛИТ и у значительного числа больных ПЗУ позволяет эффективно снизить ВГД и нормализовать анатомо-топографические параметры.

Достоинством работы явилось использование многомерного статистического анализа данных на основе применения методов машинного обучения. Это впервые позволило охарактеризовать состояние глаз с ПЗУ до и после лечения в целом, одновременно учитывая различные показатели и корреляции между ними, а также сравнить совокупность данных с таковыми при ППЗУ без лечения.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Курышева Н.И., Шарова Г.А.

Сбор и обработка материала: Шарова Г.А.

Статистическая обработка: Родионова О.Е., Померанцев А.Л.

Написание статьи: Курышева Н.И., Шарова Г.А., Родионова О.Е., Померанцев А.Л.

Редактирование: Шарова Г.А.

Литература

1. Foster PJ, Oen FT, Machin D, et al. The prevalence of glaucoma in Chinese residents of Singapore: a cross-sectional population survey of the Tanjong Pagar district. *Arch Ophthalmol* 2000; 118(8):1105-1111. <https://doi.org/10.1001/archophth.118.8.1105>
2. Friedman DS, Foster PJ, Aung T, He M. Angle closure and angle-closure glaucoma: what we are doing now and what we will be doing in the future. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; 40(4):381-387. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2012.02774.x>
3. Zhekov I, Pardhan S, Bourne RR. Optical coherence tomography-measured changes over time in anterior chamber angle and diurnal intraocular pressure after laser iridotomy: IMPACT study. *Clin Exp Ophthalmol* 2018; 46(8):895-902. <https://doi.org/10.1111/ceo.13303>
4. Park HS, Kim JM, Shim SH, et al. Diurnal intraocular pressure changes in eyes affected with acute primary angle closure and fellow eyes after laser peripheral iridotomy. *Jpn J Ophthalmol* 2015; 59(5):318-324. <https://doi.org/10.1007/s10384-015-0399-8>
5. Guo ZZ, Chang K, Wei X. Intraocular pressure fluctuation and the risk of glaucomatous damage deterioration: a meta-analysis. *Int J Ophthalmol* 2019; 12(1):123-128. <https://doi.org/10.18240/ijo.2019.01.19>
6. Sihota R, Rishi K, Srinivasan G, Gupta V, Dada T, Singh K. Functional evaluation of an iridotomy in primary angle closure eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie* 2016; 254(6):1141-1149. <https://doi.org/10.1007/s00417-016-3298-x>
7. Lee KS, Sung KR, Kang SY, Cho JW, Kim DY, Kook MS. Residual anterior chamber angle closure in narrow-angle eyes following laser peripheral iridotomy: anterior segment optical coherence tomography quantitative study. *Jpn J Ophthalmol* 2011; 55(3):213-219. <https://doi.org/10.1007/s10384-011-0009-3>

References

1. Foster PJ, Oen FT, Machin D, et al. The prevalence of glaucoma in Chinese residents of Singapore: a cross-sectional population survey of the Tanjong Pagar district. *Arch Ophthalmol* 2000; 118(8):1105-1111. <https://doi.org/10.1001/archophth.118.8.1105>
2. Friedman DS, Foster PJ, Aung T, He M. Angle closure and angle-closure glaucoma: what we are doing now and what we will be doing in the future. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; 40(4):381-387. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2012.02774.x>
3. Zhekov I, Pardhan S, Bourne RR. Optical coherence tomography-measured changes over time in anterior chamber angle and diurnal intraocular pressure after laser iridotomy: IMPACT study. *Clin Exp Ophthalmol* 2018; 46(8):895-902. <https://doi.org/10.1111/ceo.13303>
4. Park HS, Kim JM, Shim SH, et al. Diurnal intraocular pressure changes in eyes affected with acute primary angle closure and fellow eyes after laser peripheral iridotomy. *Jpn J Ophthalmol* 2015; 59(5):318-324. <https://doi.org/10.1007/s10384-015-0399-8>
5. Guo ZZ, Chang K, Wei X. Intraocular pressure fluctuation and the risk of glaucomatous damage deterioration: a meta-analysis. *Int J Ophthalmol* 2019; 12(1):123-128. <https://doi.org/10.18240/ijo.2019.01.19>
6. Sihota R, Rishi K, Srinivasan G, Gupta V, Dada T, Singh K. Functional evaluation of an iridotomy in primary angle closure eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie* 2016; 254(6):1141-1149. <https://doi.org/10.1007/s00417-016-3298-x>
7. Lee KS, Sung KR, Kang SY, Cho JW, Kim DY, Kook MS. Residual anterior chamber angle closure in narrow-angle eyes following laser peripheral iridotomy: anterior segment optical coherence tomography quantitative study. *Jpn J Ophthalmol* 2011; 55(3):213-219. <https://doi.org/10.1007/s10384-011-0009-3>

8. Nonaka A, Kondo T, Kikuchi M, Yamashiro K, Fujihara M, Iwawaki T, Yamamoto K, Kurimoto Y. Cataract surgery for residual angle closure after peripheral laser iridotomy. *Ophthalmology* 2005; 112(6): 974-979. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.12.042>
9. Jiang Y, Chang DS, Zhu H, et al. Longitudinal changes of angle configuration in primary angle-closure suspects: the Zhongshan Angle-Closure Prevention Trial. *Ophthalmology* 2014; 121(9):1699-1705. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.03.039>
10. Bo J, Changulani T, Cheng ML, Tatham AJ. Outcome Following Laser Peripheral Iridotomy and Predictors of Future Lens Extraction. *J Glaucoma* 2018; 27(3):275-280. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000863>
11. Беликова Е.И., Шарова Г.А. Персонализированный подход к лечению пациентов с латентной стадией закрытоугольной глаукомы. *Офтальмология* 2020; 17(3s):566-571. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-3S-566-571>
12. Song MK, Sung KR, Shin JW, Jo YH, Won HJ. Glaucomatous Progression After Lens Extraction in Primary Angle Closure Disease Spectrum. *J Glaucoma* 2020; 29(8):711-717. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001537>
13. Siguan-Bell CS, Chansangpetch S, Perez CI, et al. Anterior Segment Parameters of Filipino-Americans Compared to Chinese-Americans and Caucasian Americans Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Transl Vis Sci Technol* 2019; 8(2):11. <https://doi.org/10.1167/tvst.8.2.11>
14. Azuara-Blanco A, Burr J, Ramsay C., et al. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial. *Lancet* 2016; 388(10052): 1389-1397. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30956-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30956-4)
15. He M, Jiang Y, Huang S, Chang DS, Munoz B, Aung T, Foster PJ, Friedman DS. Laser peripheral iridotomy for the prevention of angle closure: a single-centre, Randomized controlled trial. *Lancet* 2019; 393(10181):1609-1618. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32607-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32607-2)
16. Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, Johnson GJ. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(2):238-242. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>
17. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993; 111(6):831-836. <https://doi.org/10.1001/archophth.1993.01090060119035>
18. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Часть 1: Визуализация переднего сегмента глаза. *Офтальмология* 2021; 18(2):208-215. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-208-215>
19. Курышева Н.И., Бояринцева М.А., Фомин А.В. Хориоидея при первичной закрытоугольной глаукоме: результаты исследования методом оптической когерентной томографии. *Офтальмология* 2013; 10(4):26-31. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-4-26-31>
20. Rodionova O. Ye., Kuryshva N.I., Sharova G.A., Pomerantsev A.L. Expanding the DD-SIMCA concept: A case study of precision medicine. *Analytica Chimica Acta* 2023; 1250, 340958, ISSN 0003-2670. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2023.340958>
21. Курышева Н.И., Померанцев А.Л., Родионова О.Е., Шарова Г.А. Методы машинного обучения в сравнительной оценке различных подходов к хирургическому лечению первичного закрытия угла передней камеры глаза. *Офтальмология* 2022; 19(3):549-556. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-549-556>
22. Pomerantsev A.L. Acceptance areas for multivariate classification derived by projection methods. *J Chemometrics* 2008; 22:601-609. <https://doi.org/10.1002/cem.1147>
23. Pomerantsev A.L., Rodionova O.Ye. Concept and role of extreme objects in PCA/SIMCA. *J Chemometrics* 2014; 28:429-438. <https://doi.org/10.1002/cem.2506>
24. Pomerantsev A.L., Rodionova O.Ye. On the type II error in SIMCA method. *J Chemometrics* 2014; 28:518-522. <https://doi.org/10.1002/cem.2610>
25. Dada T, Rathi A, Angmo D, et al. Clinical outcomes of clear lens extraction in eyes with primary angle closure. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(7):1470-1477. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.029>
8. Nonaka A, Kondo T, Kikuchi M, Yamashiro K, Fujihara M, Iwawaki T, Yamamoto K, Kurimoto Y. Cataract surgery for residual angle closure after peripheral laser iridotomy. *Ophthalmology* 2005; 112(6): 974-979. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.12.042>
9. Jiang Y, Chang DS, Zhu H, et al. Longitudinal changes of angle configuration in primary angle-closure suspects: the Zhongshan Angle-Closure Prevention Trial. *Ophthalmology* 2014; 121(9):1699-1705. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.03.039>
10. Bo J, Changulani T, Cheng ML, Tatham AJ. Outcome Following Laser Peripheral Iridotomy and Predictors of Future Lens Extraction. *J Glaucoma* 2018; 27(3):275-280. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000863>
11. Belikova E.I., Sharova G.A. A Personalized Approach to the Treatment of Patients with Latent Stage Angle-Closure Glaucoma. *Ophthalmology in Russia* 2020; 17(3S):566-571. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-3S-566-571>
12. Song MK, Sung KR, Shin JW, Jo YH, Won HJ. Glaucomatous Progression After Lens Extraction in Primary Angle Closure Disease Spectrum. *J Glaucoma* 2020; 29(8):711-717. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001537>
13. Siguan-Bell CS, Chansangpetch S, Perez CI, et al. Anterior Segment Parameters of Filipino-Americans Compared to Chinese-Americans and Caucasian Americans Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Transl Vis Sci Technol* 2019; 8(2):11. <https://doi.org/10.1167/tvst.8.2.11>
14. Azuara-Blanco A, Burr J, Ramsay C., et al. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial. *Lancet* 2016; 388(10052): 1389-1397. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30956-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30956-4)
15. He M, Jiang Y, Huang S, Chang DS, Munoz B, Aung T, Foster PJ, Friedman DS. Laser peripheral iridotomy for the prevention of angle closure: a single-centre, Randomized controlled trial. *Lancet* 2019; 393(10181):1609-1618. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32607-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32607-2)
16. Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, Johnson GJ. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(2):238-242. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>
17. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993; 111(6):831-836. <https://doi.org/10.1001/archophth.1993.01090060119035>
18. Kuryshva N.I., Sharova G.A. The Role of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Angle Closed Diseases of the Anterior Chamber. Part 1: Visualization of the Anterior Segment of the Eye. *Ophthalmology in Russia* 2021; 18(2):208-215. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-208-215>
19. Kuryshva N.I., Boyarinceva M.A., Fomin A.V. Choroidal thickness in primary angle-closure glaucoma: the results of Measurement by Means of Optical Coherence Tomography. *Ophthalmology in Russia* 2013; 10(4):26-31. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-4-26-31>
20. Rodionova O. Ye., Kuryshva N.I., Sharova G.A., Pomerantsev A.L. Expanding the DD-SIMCA concept: A case study of precision medicine. *Analytica Chimica Acta* 2023; 1250, 340958, ISSN 0003-2670. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2023.340958>
21. Kuryshva N.I., Pomerantsev A.L., Rodionova O.Y., Sharova G.A. Machine Learning Methods in the Comparative Evaluation of Various Approaches to the Surgical Treatment of Primary Angle Closure. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(3):549-556. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-549-556>
22. Pomerantsev A.L. Acceptance areas for multivariate classification derived by projection methods. *J Chemometrics* 2008; 22:601-609. <https://doi.org/10.1002/cem.1147>
23. Pomerantsev A.L., Rodionova O.Ye. Concept and role of extreme objects in PCA/SIMCA. *J Chemometrics* 2014; 28:429-438. <https://doi.org/10.1002/cem.2506>
24. Pomerantsev A.L., Rodionova O.Ye. On the type II error in SIMCA method. *J Chemometrics* 2014; 28:518-522. <https://doi.org/10.1002/cem.2610>
25. Dada T, Rathi A, Angmo D, et al. Clinical outcomes of clear lens extraction in eyes with primary angle closure. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(7):1470-1477. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.029>

26. Zhang Y, Thomas R, Zhang Q, Li SZ, Wang NL. Progression of Primary Angle Closure Suspect to Primary Angle Closure and Associated Risk Factors: The Handan Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(7):2. <https://doi.org/10.1167/iov.62.7.2>
27. Moghimi S, Chen R, Johari M, Bijani F, Mohammadi M, Khodabandeh A, He M, Lin SC. Changes in Anterior Segment Morphology After Laser Peripheral Iridotomy in Acute Primary Angle Closure. *Am J Ophthalmol* 2016; 166:133-140. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.03.032>
28. Ang BC, Nongpiur ME, Aung T, Mizoguchi T, Ozaki M. Changes in Japanese eyes after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study. *Clin Exp Ophthalmol* 2016; 44(3): 159-165. <https://doi.org/10.1111/ceo.12673>
29. Lee RY, Kasuga T, Cui QN, et al. Association between baseline iris thickness and prophylactic laser peripheral iridotomy outcomes in primary angle-closure suspects. *Ophthalmology* 2014; 121(6):1194-1202. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.12.027>
30. Wang N, Ouyang J, Zhou W, Lai M, Ye T, Zeng M, Chen J. [Multiple patterns of angle closure mechanisms in primary angle closure glaucoma in Chinese]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2000; 36(1):46-6. Chinese.
31. Mak H, Xu G, Leung CK. Imaging the iris with swept-source optical coherence tomography: relationship between iris volume and primary angle closure. *Ophthalmology* 2013; 120(12):2517-2524. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.05.009>
32. Yan C, Han Y, Yu Y, et al. Effects of lens extraction versus laser peripheral iridotomy on anterior segment morphology in primary angle closure suspect. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; 257(7):1473-1480. <https://doi.org/10.1007/s00417-019-04353-8>
33. Курешева Н.И., Шарова Г.А., Беликова Е.И. Исследование роли хориоидеи и хрусталика в развитии первичного закрытия угла передней камеры. *Национальный журнал Глаукома*. 2022; 21(1):3-13. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-1-3-13>
34. Курешева Н.И., Шарова Г.А. Сравнительное исследование ретинальной микроциркуляции при заболевании первичного закрытого угла и начальной первичной открытоугольной глаукоме. *Вестник офтальмологии* 2022; 138(1):44-51. <https://doi.org/10.17116/oftalma20221380114451>
35. Ghadamzadeh M, Karimi F, Ghasemi Moghaddam S, Daneshvar R. Anterior Chamber Angle Changes in Primary Angle-closure Glaucoma Following Phacoemulsification Versus Phacotrabeculectomy: A Prospective Randomized Clinical Trial. *J Glaucoma* 2022; 31(3):147-155. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001977>
36. Yun-Hsuan Lin, Cheng-Hsiu Wu, Shih-Ming Huang, Chen Hsieh, Henry Shen-Lih Chen, Wan-Chen Ku, Ming-Hui Sun, Wei-Wen Su. Early versus Delayed Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation for Acute Primary Angle-Closure. *J Ophthalmol* 2020; 2020:8319570. <https://doi.org/10.1155/2020/8319570>
37. Aung T, Ang LP, Chan SP, Chew PT. Acute primary angle-closure: long-term intraocular pressure outcome in Asian eyes. *Am J Ophthalmol* 2001; 131(1):7-12. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(00\)00621-8](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00621-8)
38. Zuo C, Long B, Guo X, Chen L, Liu X. Effect of Phacoemulsification on Anterior Chamber Angle in Eyes with Medically Uncontrolled Filtered Primary Angle-Closure Glaucoma. *J Ophthalmol* 2020; 2020:8720450. <https://doi.org/10.1155/2020/8720450>
39. Курешева Н.И., Шарова Г.А. Эффективность лазерной иридотомии при подозрении на первичное закрытие угла и при первичной закрытоугольной глаукоме. *The EYE ГЛАЗ* 2022; 24(1):20-33. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2022-1-20-33>
26. Zhang Y, Thomas R, Zhang Q, Li SZ, Wang NL. Progression of Primary Angle Closure Suspect to Primary Angle Closure and Associated Risk Factors: The Handan Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(7):2. <https://doi.org/10.1167/iov.62.7.2>
27. Moghimi S, Chen R, Johari M, Bijani F, Mohammadi M, Khodabandeh A, He M, Lin SC. Changes in Anterior Segment Morphology After Laser Peripheral Iridotomy in Acute Primary Angle Closure. *Am J Ophthalmol* 2016; 166:133-140. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.03.032>
28. Ang BC, Nongpiur ME, Aung T, Mizoguchi T, Ozaki M. Changes in Japanese eyes after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study. *Clin Exp Ophthalmol* 2016; 44(3): 159-165. <https://doi.org/10.1111/ceo.12673>
29. Lee RY, Kasuga T, Cui QN, et al. Association between baseline iris thickness and prophylactic laser peripheral iridotomy outcomes in primary angle-closure suspects. *Ophthalmology* 2014; 121(6):1194-1202. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.12.027>
30. Wang N, Ouyang J, Zhou W, Lai M, Ye T, Zeng M, Chen J. [Multiple patterns of angle closure mechanisms in primary angle closure glaucoma in Chinese]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2000; 36(1):46-6. Chinese.
31. Mak H, Xu G, Leung CK. Imaging the iris with swept-source optical coherence tomography: relationship between iris volume and primary angle closure. *Ophthalmology* 2013; 120(12):2517-2524. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.05.009>
32. Yan C, Han Y, Yu Y, et al. Effects of lens extraction versus laser peripheral iridotomy on anterior segment morphology in primary angle closure suspect. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; 257(7):1473-1480. <https://doi.org/10.1007/s00417-019-04353-8>
33. Kurysheva N.I., Sharova G.A., Belikova E.I. Studying the role of the choroid and lens in the development of primary anterior chamber angle closure. *National Journal glaucoma* 2022; 21(1):3-13. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-1-3-13>
34. Kurysheva NI, Sharova GA. Comparative study of retinal microcirculation in primary angle closure disease and early primary open-angle glaucoma. *Vestnik Oftalmologii* 2022; 138(1):44-51. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/oftalma20221380114451>
35. Ghadamzadeh M, Karimi F, Ghasemi Moghaddam S, Daneshvar R. Anterior Chamber Angle Changes in Primary Angle-closure Glaucoma Following Phacoemulsification Versus Phacotrabeculectomy: A Prospective Randomized Clinical Trial. *J Glaucoma* 2022; 31(3):147-155. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001977>
36. Yun-Hsuan Lin, Cheng-Hsiu Wu, Shih-Ming Huang, Chen Hsieh, Henry Shen-Lih Chen, Wan-Chen Ku, Ming-Hui Sun, Wei-Wen Su. Early versus Delayed Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation for Acute Primary Angle-Closure. *J Ophthalmol* 2020; 2020:8319570. <https://doi.org/10.1155/2020/8319570>
37. Aung T, Ang LP, Chan SP, Chew PT. Acute primary angle-closure: long-term intraocular pressure outcome in Asian eyes. *Am J Ophthalmol* 2001; 131(1):7-12. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(00\)00621-8](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00621-8)
38. Zuo C, Long B, Guo X, Chen L, Liu X. Effect of Phacoemulsification on Anterior Chamber Angle in Eyes with Medically Uncontrolled Filtered Primary Angle-Closure Glaucoma. *J Ophthalmol* 2020; 2020:8720450. <https://doi.org/10.1155/2020/8720450>
39. Kurysheva N.I., Sharova G.A. Efficacy of laser iridotomy in primary angle closure suspects and primary angle closure glaucoma. *The EYE GLAZ* 2022; 24(1):20-33. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2022-1-20-33>