

Клинические особенности ювенильной открытоугольной глаукомы



А.В. Малышев^{1,2} А.С. Апостолова^{1,3}

А.А. Сергиенко^{1,4}, А.Ф. Тешев^{1,5}, Г.Ю. Карапетов^{1,2}, М.К. Ашхамахова^{1,5}, Б.Н. Хацукова^{1,5}

¹ ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
ул. Первомайская, 191, Майкоп, 385000, Российская Федерация

² ГБУЗ «Научно-исследовательский институт — Краевая клиническая больница № 1
им. профессора С.В. Очаповского»
ул. 1 Мая, 167, Краснодар, 350086, Российская Федерация

³ Клиника заботы о зрении «3Z»
ул. Красных Партизан, 18, Краснодар, 350047, Российская Федерация

⁴ ГБУЗ «Детская краевая клиническая больница» Министерства здравоохранения Краснодарского края
пл. Победы, 1, Краснодар, 350007, Российская Федерация

⁵ ГБУЗ РА «Адыгейская республиканская клиническая больница»
ул. Жуковского, 4, Майкоп, 385000, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(2):347–353

Ювенильная открытоугольная глаукома (ЮОУГ) — генетически детерминированное заболевание молодого возраста, которое диагностируется до 40 лет и в основе которого лежат аномалии строения дренажной системы глаза. **Цель:** выявить особенности морфометрических и биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза у пациентов с ЮОУГ. **Пациенты и методы.** Обследованы 19 глаз 10 пациентов с ЮОУГ. Во всех случаях глаукома была компенсирована, начальная стадия наблюдалась в 42 %, развитая — в 31,5 %, далекозашедшая — в 21 %, терминальная — в 5,5 % случаев. Группу контроля составили 18 здоровых глаз. Исследовали ВГД с учетом биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза (bIOP), DA Ratio, Integr. Radius (IR), SP-A1, SSI. **Результаты.** Пациенты с ЮОУГ были моложе контрольной группы — $30,1 \pm 1,5$ и $37,0 \pm 1,9$ года соответственно, $p = 0,007$, мужчин было 58 %, женщин 42 %. При ЮОУГ отмечалась большая аксиальная длина глаза — $25,81 \pm 0,34$ и $23,29 \pm 0,13$ мм соответственно, $p = 0,000$. При сравнении уровня ВГД различий между ЮОУГ и здоровыми глазами не выявлено. Параметры DA ratio и IR между ЮОУГ и здоровыми глазами не различались, SP-A1 был выше при ЮОУГ с сравнением со здоровым глазом, но это различие недостоверно, $p = 0,384$. При сравнении BGF между группами, несмотря на более высокие значения при ЮОУГ — $16,68 \pm 5,7$ против $7,44 \pm 1,31$ в здоровом глазу, различие не достоверно, $p = 0,131$, однако по данному показателю дисперсии не равны, $p = 0,003$. И только SSI был достоверно ниже при ЮОУГ в сравнении со здоровым глазом — $0,93 \pm 0,05$ и $1,21 \pm 0,05$, $p = 0,000$, что определяется различиями в ПЗО (корреляция между ПЗО и SSI $r = -0,622$, $p = 0,004$). **Выводы.** Пациенты с ЮОУГ отличаются от людей со здоровыми глазами увеличенной аксиальной длиной глаза, в биомеханических показателях отличие выявлено только в отношении SSI, который коррелирует с ПЗО.

Ключевые слова: ювенильная открытоугольная глаукома, центральная толщина роговицы, тонометрия, роговично-компенсированное давление, биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза

Для цитирования: Малышев А.В., Апостолова А.С., Сергиенко А.А., Тешев А.Ф., Карапетов Г.Ю., Ашхамахова М.К., Хацукова Б.Н. Клинические особенности ювенильной открытоугольной глаукомы. *Офтальмология*. 2025;22(2):347–353. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-347-353>

Прозрачность финансовой деятельности: исследование проводилось при поддержке гранта Минобрнауки России ФГБОУ ВО «МГТУ», приказ № 66 от 07.02.2014 (№ НП123-2024).

Конфликт интересов отсутствует.



Clinical Features of Juvenile Open-angle Glaucoma

A.V. Malyshev^{1,2}, A.S. Apostolova^{1,3}, A.A. Sergienko^{1,4}, A.F. Teshev^{1,5}, G.Yu. Karapetov^{1,2},
M.K. Ashkhamakhova^{1,5}, B.N. Hatsukova^{1,5}

¹ Maykop State Technological University
Pervomaiskaya str., 192, Maykop, 385000, Russian Federation

² Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital No. 1
1 May str., 167, Krasnodar, 350086, Russian Federation

³ Vision Care Clinic “3Z”
Krasnykh Partizan str., 18, Krasnodar, 350047, Russian Federation

⁴ Children’s Regional Clinical Hospital
Pobedy sq., 1, Krasnodar, 1350007, Russian Federation

⁵ Adygean Republican Clinical Hospital
Zhukovsky str., 4, Maikop, 385000, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(2):347–353

Juvenile open-angle glaucoma (JOAG) is a genetically determined disease of young age, which is diagnosed before the 40, which is based on anomalies in the structure of the drainage system of the eye. **Objective:** to identify the features of morphometric and biomechanical parameters of the fibrous capsule in patients with JOAG. **Materials and methods.** 19 eyes of 10 patients with JOAG were examined. In all cases, glaucoma was compensated, the initial stage was observed in 42 %, developed — in 31.5 %, advanced — in 21 %, terminal — in 5.5 % of cases. The control group consisted of 18 healthy eyes. IOP was studied taking into account the biomechanical properties of the fibrous capsule of the eye bIOP, DA Ratio, Integr. Radius (IR), SP-A1, SSI. Statistical processing of the obtained results was carried out using the standard statistical analysis software package “SPSS 16.0 for Windows”. The given parameters with normal distribution were presented in the format $M \pm m$, where M is the mean value, m is the standard error of the mean. **Results.** JOAG patients were younger than the control group — 30.1 ± 1.5 and 37.0 ± 1.9 years, $p = 0.007$, there were 58 % men versus 42 % women. In JOAG, there was a greater axial length of the eye — 25.81 ± 0.34 and 23.29 ± 0.13 mm, $p = 0.000$. When comparing the level of IOP, no differences were found between JOAG and healthy eyes. The DA ratio and IR parameters did not differ between JOAG and healthy eyes, SP-A1 was higher in JOAG compared to a healthy eye, but this difference was not reliable $p = 0.384$. When comparing BGF between the groups, despite the higher values in JOAG — 16.68 ± 5.7 versus 7.44 ± 1.31 in the healthy eye, the difference is not significant, $p = 0.131$, but the dispersions for this indicator are not equal, $p = 0.003$. And only SSI was significantly lower in JOAG compared to the healthy eye — 0.93 ± 0.05 and 1.21 ± 0.05 , $p = 0.000$, which is determined by the differences in the axial length (correlation between axial length and SSI $r = -0.622$, $p = 0.004$). **Conclusions/** Patients with JOAG differ from healthy eyes in increased axial length of the eye, in biomechanical indicators the difference was revealed only in SSI, which correlates with the axial length.

Keywords: juvenile open-angle glaucoma, central corneal thickness, tonometry, corneal-compensated pressure, biomechanical properties of the fibrous capsule of the eye

For citation: Malyshev A.V., Apostolova A.S., Sergienko A.A., Teshev A.F., Karapetov G.Yu., Ashkhamakhova M.K., Hatsukova B.N. Clinical Features of Juvenile Open-angle Glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(2):347–353. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-347-353>

Funding source: the study was carried out with the support of a grant from the Ministry of Education and Science of Russia from the MSTU order No. 66 of 02/07/2014 (NP 123-2024).

There is no conflict of interests.

Глаукома детского возраста — тяжелая патология органа зрения, в основе которой лежат аномалии строения угла передней камеры и дренажной системы глаза, препятствующие оттоку внутриглазной жидкости или значительно его затрудняющие. Всемирная ассоциация глаукоматологов (World Glaucoma Association, WGA) в 2013 г. приняла единую классификацию первичной детской глаукомы для стран Европы и США [1]. В зависимости от возраста манифестации выделяют неонатальную глаукому (0–1 мес.); инфантильную глаукому (1–24 мес.); отсроченно-манифестирующую глаукому (lateonset or late-recognized; старше 2 лет). Исследовательская сеть детской глаукомы (The Congenital Glaucoma Research Network, CGRN) предлагает подразделять детскую глаукому

на первичную и вторичную [2]. Среди первичной детской глаукомы выделяют: врожденную (до 1 года); инфантильную (1–3 года) и ювенильную открытоугольную глаукому (обнаруживается в возрасте от 3 до 16 лет). Частота ювенильной открытоугольной глаукомы (ЮОУГ) по разным данным колеблется от 0,38 до 2 случаев на 100 тыс. населения в возрасте от 4 до 20 лет [3].

ЮОУГ классифицируется под общим термином «детская глаукома» и «первичная открытоугольная глаукома у взрослых», и, следовательно, ее доля в различных исследованиях различна. Исследования профиля детской глаукомы показали распространенность в 15 % в Южной Индии [4] и 16 % в Огайо [5]. Исследование, проведенное в Египте, показало, что ЮОУГ встречается только в 1 %

А.В. Малышев, А.С. Апостолова, А.А. Сергиенко, А.Ф. Тешев, Г.Ю. Карпетов...

Контактная информация: Апостолова Анастасия Станиславовна apostolovan@mail.ru

Клинические особенности ювенильной открытоугольной глаукомы

детской глаукомы [6]. Программа скрининга на первичную открытоугольную глаукому в Западной Африке показала, что 16 % диагностированных пациентов были в возрасте от 20 до 40 лет [7]. Goldwyn и соавт. показали, что у четверти подростков и молодых людей в возрасте от 10 до 35 лет, направленных на лечение по поводу глаукомы, была ювенильная открытоугольная глаукома [8].

Ювенильную открытоугольную глаукому можно рассматривать как подвид первичной открытоугольной глаукомы, которая диагностируется до 40 лет. Для нее свойственны постоянное или периодическое повышение ВГД более толерантного уровня, что приводит к оптической нейроретинопатии. Средний возраст начала заболевания составляет около 26 лет. Зачастую ЮОУГ характеризуется высоким внутриглазным давлением, при этом многим пациентам требуется хирургическое вмешательство, есть указания на возможности использования лазерного лечения [9].

Заболевание может быть семейным или несемейным, с различной встречаемостью в разных популяциях, и наиболее часто ассоциируется с мутациями миоцилина. Средний возраст постановки диагноза составляет 3-е десятилетие, преобладают мужчины, часто заболевание сочетается с миопией. Патологические особенности, лежащие в основе заболевания, заключаются в незрелости путей оттока водянистой влаги, что чаще всего диагностируется при гониоскопии и оптической когерентной томографии переднего сегмента глаза [10].

Повышенное внутриглазное давление (ВГД) у детей и лиц молодого возраста влияет на биомеханическую структуру оболочек глаза, вызывая их растяжение, деформацию и дистрофические изменения. По мере развития заболевания нарастают изменения в сетчатке и сосудистой оболочке глаза, нарушаются гемодинамические процессы. Эти изменения носят отчасти защитный характер, так как за счет компенсаторного растяжения глаза воздействие повышенного уровня ВГД на зрительный нерв частично нивелируется на протяжении длительного времени без развития глаукомной оптической нейропатии [11].

Показатели прогрессирования среди пациентов с ЮОУГ сопоставимы с показателями первичной глаукомы у взрослых, но, поскольку заболевание поражает более молодых пациентов, прогнозируемая инвалидность от этого заболевания выше. Есть указания в литературе, что для контроля ВГД в случае ювенильной открытоугольной глаукомы в сочетании с миопией высокой степени рекомендована тонометрия по Маклакову грузом 5 грамм [12]. Ранняя диагностика, быстрое лечение и пожизненный мониторинг играют важную роль в предотвращении прогрессирования заболевания. Генная терапия, которая в настоящее время изучается, дает надежду на будущее.

Цель исследования: выявить особенности морфометрических и биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза у пациентов с ювенильной открытоугольной глаукомой.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Были обследованы 19 глаз 10 пациентов с ювенильной открытоугольной глаукомой. Начальная стадия наблюдалась в 42 % случаев, развитая — в 31,5 %, далекозашедшая — в 21 % и терминальная — в 5,5 % случаев. Все пациенты имели двустороннее поражение, один глаз респондента исключен из исследования ввиду необратимых изменений переднего отрезка глаза, не позволяющих оценить исследуемые параметры. Во всех случаях глаукома была компенсированной.

Группу контроля составили 18 здоровых глаз.

Диагностическое обследование включало визометрию, тонометрию, пахиметрию, гониоскопию, оптическую когерентную томографию (Cirrus HD-OCT 5000 (CarlZeiss)), стандартную автоматизированную периметрию (САП) (периметр TomeyAP-1000 по программе глаукома-скрининг). Биометрические параметры глаза исследованы с помощью прибора ZeissIOLMaster 700, стандартная бесконтактная тонометрия — прибора Reichert 7 CR с возможностью определения роговично-компенсированного давления. В комплекс обследования входил также осмотр лазерного хирурга с оценкой угла передней камеры (УПК) — степени его открытости (по Шафферу), степени и характера пигментации (класс пигментации по Шейе) и конфигурации корня радужной оболочки. Оценивали также особенности строения УПК, характерные для ЮОУГ: выраженность мезодермальных отростков радужки, характер прикрепления радужной оболочки, тип строения радужной оболочки, наличие крипт радужки, прикорневую дистрофию, визуализацию сосудов [10].

Томографию роговицы и биомеханические параметры определяли с помощью Pentacam (Oculus) и CorVis ST соответственно. Оценивали следующий биомеханический параметр: DA Ratio, определяемый как амплитуда деформации центральной вершины роговицы, деленная на среднюю деформацию двух точек, расположенных на расстоянии 2 мм по обе стороны от вершины (назально и темпорально), что позволяет судить о степени жесткости роговицы. Чем жестче роговица, т.е. более устойчива к деформациям, тем меньше разброс значений в центре и 2-миллиметровой зоне и тем выше уровень ВГД и показатель DA ниже. Эластичная роговица, наоборот, за счет способности к деформациям нивелирует скачки ВГД и тем самым компенсирует возможный рост ВГД.

Integr. Radius (IR) — радиус роговицы, вписанный в вогнутую поверхность, или обратное значение вписанного радиуса кривизны роговицы. Рассчитывается центральный радиус кривизны роговицы во время вогнутой фазы деформации, затем рассчитывается обратный радиус (1/R) и площадь под ним, определяется кривая зависимости радиуса от времени. Эта область называется интегрированным радиусом, чем меньше вдавливание (т.е. «жесткая» роговица), тем больше радиус вдавливания, следовательно, обратное значение этого радиуса меньше.

SP-A1 — параметр жесткости для количественной оценки сопротивления роговицы деформации, определяемый как отношение нагрузки давления на роговицу к смещению между вершиной недеформированной роговицы и отклонению при первой аппланации, который измеряется в мм рт. ст. Этот параметр описывают как смещение между вершиной роговицы в недеформированном состоянии и смещением роговицы при первой аппланации и считают его полезным индикатором устойчивости роговицы к деформации. Данный показатель отражает жесткость роговицы и внутреннюю биомеханику.

У представленных выше трех биомеханических показателей (DA ratio, Integr. Radius и SP-A1) на протоколе исследования, помимо числовых значений, представлено стандартное отклонение (SD) от средних значений нормативной базы. В случае если SD стремится к нулевому значению, это свидетельствует о среднем значении жесткости и косвенно — о толерантном ВГД, если SD отклоняется в отрицательные значения, мы имеем дело с увеличением жесткости ткани, и наоборот. Stress Strain Index (SSI) — индекс напряжения и деформации, используется для оценки внутренней жесткости материала (ткани роговицы). Этот фактор был принят за 1,0 для среднего экспериментального поведения, полученного для ткани роговицы пациента в возрасте 50 лет [13], который основан на входных и выходных параметрах численного моделирования ЦТР, биомеханически скорректированного ВГД и SP (параметра жесткости) при максимальной вогнутости роговицы. BGF — биомеханический глаукомный фактор и показатель, характеризующий риск развития глаукомы при низких цифрах ВГД. Его определение можно считать скринингом на глаукому низкого давления. Полученные значения BGF корректны только в случае нормального офтальмотонуса, по представленной шкале значения до 0,25 — риска развития глаукомы нет, 0,25–0,5 — минимальный риск развития глаукомы, более 0,5 — высокий риск развития глаукомы при низком ВГД.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием стандартного пакета программ статистического анализа «SPSS 16.0 for Windows» с обработкой данных методами вариационной статистики, включающими вычисление средних значений, стандартных отклонений, ошибок средних, коэффициента корреляции Пирсона. Критический уровень статистической значимости составлял менее 0,05. Приводимые параметры с нормальным распределением представлены в формате $M \pm m$, где M — среднее значение, m — стандартная ошибка среднего.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования мужчин было больше — 58 % против 42 % женщин. Пациенты с ЮОУГ отличались от здоровых лиц по возрасту и значению переднезадней оси глаза, что отражено в таблице 1.

Их данных таблицы следует, что пациенты, страдающие глаукомой в более молодом возрасте, чем в контроле, также отличаются бóльшим значением переднезадней оси глаза. Эти результаты согласуются с данными работ, проведенных ранее. Так, Y. Kwun и соавт. [14] показали, что среди заболевших преобладают мужчины (64 %) и лица с миопической рефракцией. В другом исследовании, в котором возраст участников был в среднем 3,5 года, лица мужского пола составили 56,65 % [15]. В этом же исследовании, в котором возраст пациентов был больше: с двусторонней глаукомой около 28 лет, с односторонней около 23 лет, авторы указывают среднюю ЦТР у пациентов около 537 мкм, что соответствует среднестатистическим цифрам, но отличается в меньшую сторону от полученных нами значений [15]. В других ранних исследованиях есть упоминания, что ЦТР при ювенильной глаукоме меньше в сравнении со здоровыми глазами, однако в данном случае речь идет о детях возраста 11 лет с близорукостью [16]. Вместе с тем в одном из исследований получены данные о том, что не было различий ЦТР у пациентов с ювенильной глаукомой и глазной гипертензией, однако получены данные о том, что при ЮОУГ снижена плотность эндотелиальных клеток [17].

В рамках нашего исследования был проведен анализ уровня ВГД в глазах с ЮОУГ и в здоровых глазах (табл. 2).

Таблица 1. Различия в возрасте и морфометрических показателях глаза у пациентов с ЮОУГ и здоровых лиц

Table 1. Differences in age and morphometric parameters of the eye in patients with JOAG and healthy individuals

	ЮОУГ / JOAG	ГК / Control group	Достоверность различий между группами / Reliability of differences between groups, p
Возраст, лет / Age, year	30,1 ± 1,5	37,0 ± 1,9	0,007
ЦТР, мкм / CCT, mkm	558,3 ± 6,82	566,9 ± 6,3	0,364
ПЗО, мм / AxL, mm	25,81 ± 0,34	23,29 ± 0,13	0,000

Примечание: ЮОУГ — ювенильная открытоугольная глаукома, ГК — группа контроля, включающая здоровых пациентов, ЦТР — центральная толщина роговицы, ПЗО — переднезадняя ось глаза.

Note: JOAG — juvenile open angle glaucoma, CCT — central corneal thickness, AxL — axial length.

Таблица 2. Сравнение уровня ВГД, полученного методом стандартной бесконтактной тонометрии, и биомеханически скорректированного ВГД при ЮОУГ и в здоровых глазах

Table 2. Comparison of IOP levels obtained by standard non-contact tonometry and biomechanically corrected IOP in JOAG and healthy eyes

	ЮОУГ / JOAG	ГК / Control group	Достоверность различий между группами / Reliability of differences between groups, p
ВГД Po, мм рт. ст. / IOP Po, mm Hg	20,94 ± 1,90	18,35 ± 0,70	0,222
bIOP, мм рт. ст. / mmHg	18,42 ± 1,30	16,37 ± 0,60	0,151

Примечание: ВГД Po — ВГД, измеренное методом стандартной бесконтактной тонометрии; bIOP — ВГД с учетом биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза. Note: JOAG — juvenile open angle glaucoma, IOP Po — intraocular pressure, measured by standard non-contact tonometry; bIOP — IOP taking into account the biomechanical properties of the fibrous capsule of the eye.

Их данных таблицы следует, что различий по уровню ВГД, полученному разными методиками, не выявлено, что позволяет корректно сравнивать биомеханические показатели, которые во многом зависят от ВГД. При этом на основании результатов теста Лева ($p = 0,064$) в группе ВЮР мы можем сделать вывод о неравенстве дисперсий, что говорит о том, что биомеханически скорректированное ВГД различается между группами, тогда как в случае ВГД Ро $p = 0,196$ и дисперсии равны.

При анализе биомеханических особенностей ювенильной открытоугольной глаукомы в сравнении с контролем были получены данные, представленные в таблице 3.

Не были выявлены критерии, которые бы разительно отличали ЮОУГ от здорового глаза. Из данных таблицы следует, что параметры жесткости роговицы не различаются, и это закономерно, так как названные показатели зависят от уровня ВГД и ЦТР, которые не различаются между группами. Показатель ответа склеры на деформацию роговицы SP-A1 имеет более высокие значения при ЮОУГ, что говорит о повышенной ригидности фиброзной оболочки глаза, но данное различие не носит достоверный характер при равенстве дисперсий $p = 0,64$. Этот показатель также зависит от офтальмотонуса и толщины роговицы в центральной зоне [18]. При сравнении показателя BGF между группами на основании теста Левена, который составил $p = 0,003$, мы можем сделать вывод о неравенстве дисперсий, что говорит о том, что биомеханический глаукомный фактор различается между группами, хотя при более высоком значении при ЮОУГ различия между группами не достоверны. Единственный показатель, который отличается между пациентами с ЮОУГ и людьми со здоровыми глазами — индекс SSI, который достоверно ниже при глаукоме. Этот параметр не связан с уровнем ВГД, однако снижается при возрастании ПЗО. Помимо того, есть указания в работах зарубежных авторов на факт зависимости SSI от возраста [13], однако в нашей группе такой зависимости не выявлено, $r = -0,213$, $p = 382$, потому что более низкие значения в нашем случае определяются различиями в аксиальной длине глаза, корреляция между ПЗО и SSI в нашем случае составила $r = -0,622$, $p = 0,004$.

Имеются единичные указания в отечественной литературе на биомеханические изменения при ЮОУГ, которые определяли ориентировочно по методике Г.В. Шкребец с помощью оценки показателя деформации роговицы (ПДР) [19]. Авторы делают вывод, что рост ПЗО глаза, уменьшение ЦТР, увеличение ПДР, расширение экскавации ДЗН указывают на значительные изменения биомеханических свойств фиброзной оболочки растущего глаза с ювенильной глаукомой [20].

Кроме одной из причин развития болезни, которая заключается в нарушении тока внутриглазной жидкости, вероятной причиной развития и прогрессирования

Таблица 3. Биомеханические характеристики фиброзной оболочки глаза у пациентов ЮОУГ и здоровых глазах

Table 3. Biomechanical characteristics of the fibrous capsule of the eye in patients with JOAG and healthy eyes

Показатели/ parameters	Группы/ group	ЮОУГ / JOAG	ГК / Control group	Достоверность отличий между группами / Reliability of differences between groups, <i>p</i>
DA ratio		4,04 ± 0,10	4,02 ± 0,08	0,884
Integr. Radius (R), мм / mm		7,61 ± 0,30	7,63 ± 0,23	0,975
SP-A1, мм рт. ст. / mm Hg		122,59 ± 4,20	115,64 ± 6,77	0,384
SSI		0,93 ± 0,05	1,21 ± 0,05	0,000
BGF		16,68 ± 5,70	7,44 ± 1,31	0,131

Примечание: ЮОУГ — ювенильная открытоугольная глаукома, ГК — группа контроля, DA Ratio — соотношение между амплитудой деформации роговицы на вершине и в 2-миллиметровой зоне, Integr. Radius (R) — радиус роговицы, вписанный в вогнутую поверхность; SP-A1 — разность между силой воздушного импульса на поверхности роговицы и биомеханически скорректированным ВГД; SSI — индекс напряжения-деформации; BGF — биомеханический глаукомный фактор. Note: JOAG — juvenile open angle glaucoma, DA Ratio — the ratio between the amplitude of deformation of the cornea at the apex and in the 2-millimeter zone, Integr. Radius (IR) — radius of the cornea inscribed in a concave surface; SP-A1 — difference between the strength of the air pulse on the surface of the cornea and the biomechanically corrected IOP; SSI — stress-strain index.

являются генетические нарушения с изменением гомеостаза в ганглиозных клетках сетчатки или в волокнах зрительного нерва, что приводит к нарушениям структурной целостности этих тканей и в итоге к нейропатии, независимо от повышения ВГД [21]. Помимо этого, есть указания на гемодинамические сдвиги, нарушение вязкости крови при ЮОУГ [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе полученных данных оказалось, что лица, страдающие ЮОУГ, были моложе контрольной группы — $30,1 \pm 1,5$ и $37,0 \pm 1,9$ года соответственно, $p = 0,007$. По результатам исследования мужчин было больше — 58 %, женщин — 42 %. Пациенты с ЮОУГ отличались от людей со здоровыми глазами большей аксиальной длиной глаза — $25,81 \pm 0,34$ и $23,29 \pm 0,13$ мм соответственно, $p = 0,000$. При этом отличий в толщине роговицы в центральной зоне не выявлено — $558,3 \pm 6,82$ и $566,9 \pm 6,3$ мкм соответственно, $p = 0,364$, хотя в ранее выполненных исследованиях есть указания на то, что ЦТР при ювенильной глаукоме меньше.

При сравнении уровня ВГД, полученного разными методиками, различий между компенсированной ЮОУГ и здоровыми глазами не найдено — ВГД Ро $p = 0,222$, ВЮР $p = 0,15$.

Не были выявлены критерии, которые бы разительно отличали ЮОУГ от здорового глаза. Параметры жесткости роговицы между ЮОУГ и здоровыми глазами не различались — DA ratio $p = 0,884$, Integr. Radius $p = 0,975$. Показатель SP-A1 характеризуется более высокими значениями при ЮОУГ с сравнении со здоровым глазом $122,59 \pm 4,2$ и $115,64 \pm 6,77$ соответственно,

но это различие недостоверно, $p = 0,384$. При сравнении показателя BGF между группами, несмотря на более высокие значения показателя при ЮОУГ, $16,68 \pm 5,7$ против $7,44 \pm 1,31$ в здоровом глазу, данное различие не достоверно, $p = 0,131$, однако по данному показателю дисперсии не равны, $p = 0,003$. И единственный показатель, который отличается у пациентов с ЮОУГ и здоровыми глазами, — индекс SSI был достоверно ниже при глаукоме — $0,93 \pm 0,05$ и $1,21 \pm 0,05$ соответственно, $p = 0,000$, что определяется различиями в аксиальной длине глаза, корреляция между ПЗО и SSI в нашем случае составила $r = -0,622$, $p = 0,004$.

ВЫВОДЫ

Пациенты с ЮОУГ отличаются от здоровых лиц увеличенной аксиальной длиной глаза, для биомеханических показателей отличие выявлено только в отношении индекса SSI, который коррелирует с ПЗО.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Мальшев А.В. — концепция и дизайн исследования;
Апостолова А.С. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание статьи;
Карпетов Г.Ю. — сбор и обработка материала;
Тешев А.Ф. — сбор и обработка материала, написание статьи;
Сергиенко А.А. — написание статьи, редактирование;
Ашмахова М.К. — редактирование;
Хацукова Б.Н. — редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Weinreb RN, Grajewski A, Papadopoulos M, Grig J, Freeman S. Childhood Glaucoma. World glaucoma Association (Consensus Series-9). Amsterdam: Kugler Publication; 2013.
- Hoguet A, Grajewski A, Hodapp E, Chang TC. A retrospective survey of childhood glaucoma prevalence according to Childhood Glaucoma Research Network Classification. *Indian J Ophthalmol*. 2016;64(2):118–123. doi: 10.4103/0301-4738.179716.
- Mandal AK, Netland PN. The Pediatric Glaucomas. Edinburgh: Elsevier; 2006. 3. Weinreb RN, Grajewski A, Papadopoulos M, Grig J, Freeman S. Childhood Glaucoma. World glaucoma Association (Consensus Series-9). Amsterdam: Kugler Publication; 2013.
- Senthil S, Badakere S, Ganesh J, Krishnamurthy R, Dikshit S, Choudhari N, Garudadi C, Mandal AK. Profile of childhood glaucoma at a tertiary center in South India. *Indian J Ophthalmol*. 2019 Mar;67(3):358–365. doi: 10.4103/ijo.IJO_786_18.
- Bouhenni RA, Ricker I, Hertle RW. Prevalence and Clinical Characteristics of Childhood Glaucoma at a Tertiary Care Children's Hospital. *J Glaucoma*. 2019 Jul;28(7):655–659. doi: 10.1097/IJG.0000000000001259.
- Mokbel TH, El Hefney EM, Nagras SM, Al Nagdy AA, Badawi AE, Kasem MA, El Shaer SM. Childhood glaucoma profile in Dakahelia, Egypt: a retrospective study. *Int J Ophthalmol*. 2018 Apr 18;11(4):674–680. doi: 10.18240/ijo.2018.04.23.
- Tchabi S, Doutétién C, Amoussouga A, Babagbeto M, Lawani R, Déguénon J, Bassabi SK. Le tonus oculaire chez les Béninois: dépistage du glaucome primitif à angle ouvert [Intraocular pressure in the Benin: screening for primary open-angle glaucoma]. *J Fr Ophthalmol*. 2005 Jun;28(6):623–626. French. doi: 10.1016/s0181-5512(05)81106-4.
- Goldwyn R, Waltman SR, Becker B. Primary open-angle glaucoma in adolescents and young adults. *Arch Ophthalmol*. 1970 Nov;84(5):579–582. doi: 10.1001/archophth.1970.00990040581004.
- Михайлов Н.О., Горбунова Н.Ю., Поздеева Н.А. Лазерный гониосинехиолиз в лечении юношеской глаукомы. Современные технологии в офтальмологии. 2018;4:197–199. EDN: XTFTLF
Mikhailov NO, Gorbunova NU, Pozdeeva NA Laser goniosynechiolysis in the treatment of juvenile glaucoma. Modern technologies in ophthalmology. 2018;4:197–199 (In Russ.). EDN: XTFTLF
- Selvan H, Gupta S, Wiggs JL, Gupta V. Juvenile-onset open-angle glaucoma — A clinical and genetic update. *Surv Ophthalmol*. 2022 Jul-Aug;67(4):1099–1117. doi: 10.1016/j.survophthal.2021.09.001.
- Катаргина ЛА, Тарасенков АО, Мазанова ЕВ. Технология оценки зрительных функций у детей с врожденной глаукомой с целью прогнозирования и коррекции лечения. М.: Медицинская технология МНИИ им. Гельмгольца; 2009. Katargina LA, Tarasenkov AO, Mazanova EV. Technology for assessing visual functions in children with congenital glaucoma in order to predict and correct treatment. Moscow: Medical technology Publ. of Helmholtz Eye Reserch Intitute; 2009 (In Russ.).
- Юлдашев АМ, Усенко ВА. Клинико-анатомические особенности глаза у пациентов с сочетанием миопии высокой степени и ювенильной глаукомы. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017;17(4): 244–247. EDN: ZWHSBL
- Yuldashev AM, Usenko VA. Clinical and anatomical features of the eye in patients with a combination of high myopia and juvenile glaucoma. *RMJ. Clinical Ophthalmology*. 2017;17(4):244–247 (In Russ.).
- Eliasy A, Chen KJ, Vinciguerra R. Determination of Corneal Biomechanical Behavior in-vivo for Healthy Eyes Using CorVis ST Tonometry: Stress-Strain Index. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019;7:105. Published 2019 May 16. doi: 10.3389/fbioe.2019.00105.
- Kwon Y, Lee EJ, Han JC, Kee C. Clinical Characteristics of Juvenile-onset Open Angle Glaucoma. *Korean J Ophthalmol*. 2016 Apr;30(2):127–133. doi: 10.3341/kjo.2016.30.2.127.
- Lopes NL, Gracitelli CPB, Rolim-de-Moura C. Childhood Glaucoma Profile in a Brazilian Tertiary Care Center Using Childhood Glaucoma Research Network Classification. *J Glaucoma*. 2021 Feb 1;30(2):129–133. doi: 10.1097/IJG.0000000000001712.
- Elgin U, Şen E, Uzel M, Yilmazbaş P. Comparison of Refractive Status and Anterior Segment Parameters of Juvenile Open-Angle Glaucoma and Normal Subjects. *Turk J Ophthalmol*. 2018 Dec 27;48(6):295–298. doi: 10.4274/tjo.68915.
- Urban B, Bakunowicz-Lazarczyk A, Michalczyk M, Krętowska M. Evaluation of corneal endothelium in adolescents with juvenile glaucoma. *J Ophthalmol*. 2015;2015:895428. doi: 10.1155/2015/895428.
- Liu Q, Pang C, Liu C, Cheng W, Ming S, Du W, Feng X. Correlations among Corneal Biomechanical Parameters, Stiffness, and Thickness Measured Using Corvis ST and Pentacam in Patients with Ocular Hypertension. *J Ophthalmol*. 2022 Dec 3;2022:7387581. doi: 10.1155/2022/7387581.
- Шкробец ГВ. Изучение биомеханических свойств фиброзной капсулы глаза при близорукости высокой степени с разным клиническим течением. Российский офтальмологический журнал. 2011;2:69–71. Shkrebet G V. Study of biomechanical properties of the fibrous capsule in high myopia with different clinical courses. *Russian Ophthalmological Journal*. 2011;2: 69–71 (In Russ.).
- Хамроева ЮА, Хамраева ЛС. Оптико-биометрические показатели глаза у детей при ювенильной глаукоме, сочетанной с миопией. Российский офтальмологический журнал. 2022;15(3):75–79. doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-3-75-79. Khamroeva YuA, Khamraeva LS. Optical and biometric indicators of the eye in children with juvenile glaucoma combined with myopia. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022;15(3):75–79 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-3-75-79.
- Тарасенков АО. Классификация, диагностика и лечение ювенильной глаукомы. Вестник офтальмологии. 2021;137(4):123–127. Tarasenkov AO. Classification, diagnosis and treatment of juvenile glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2021;137(4):123–127 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202113704123.
- Шкробец ГВ, Овсянников ВГ. Новые результаты реологических исследований в патогенезе первичной ювенильной глаукомы при миопии высокой степени. Кубанский научный медицинский вестник. 2013;2(137):16–18. Shkrebet G V, Ovsiannikov V G. New results of rheological studies in the pathogenesis of primary juvenile glaucoma in high myopia. *Kuban Scientific Medical Bulletin* 2013;2(137):16–18 (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мальшев Алексей Владиславович
доктор медицинских наук, заведующий офтальмологическим отделением, главный офтальмолог Министерства здравоохранения Краснодарского края, заведующий кафедрой офтальмологии, профессор кафедры офтальмологии

Апостолова Анастасия Станиславовна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог высшей квалификационной категории, врач диагностического отделения, доцент кафедры офтальмологии

Сергиенко Алексей Анатольевич
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог высшей квалификационной категории, доцент кафедры офтальмологии

ABOUT THE AUTHORS

Malyshev Alexey V.
PhD, MD, head of the Ophthalmology Department, chief ophthalmologist of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory, head of the Department of Ophthalmology, Professor of the Department of Ophthalmology

Apostolova Anastasiya S.
PhD, ophthalmologist of the highest qualification category, ophthalmologist of the Diagnostic Department, Associate Professor

Sergienko Aleksey A.
PhD, ophthalmologist of the highest qualification category, Associate Professor

А.В. Мальшев, А.С. Апостолова, А.А. Сергиенко, А.Ф. Тешев, Г.Ю. Карпетов...

Тешев Адам Феликсович
врач-офтальмолог высшей квалификационной категории,
заведующий глазным отделением, главный офтальмолог
Министерства здравоохранения Республики Адыгея

Карапетов Гарри Юрьевич
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог высшей
квалификационной категории, доцент кафедры офтальмологии

Ашхаманова Марина Кадыровна
врач-офтальмолог, ассистент кафедры офтальмологии

Хацукова Белла Нальбиевна
врач-офтальмолог, ассистент кафедры офтальмологии

Teshev Adam F.
ophthalmologist of the highest qualification category,
head of the Eye Department

Karapetov Garry Yu.
PhD, ophthalmologist of the highest qualification category,
Associate Professor

Ashhamahova Marina K.
ophthalmologist of the Ophthalmology Department,
assistant of the Ophthalmology Department

Hatsukova Bella N.
ophthalmologist, assistant of the Ophthalmology Department