Вестник офтальмологии
2024, Т. 140, №5, с. 35–45
https://doi.org/10.17116/oftalma202414005135

Russian Annals of Ophthalmology
2024, vol. 140, №5, pp. 35–45
https://doi.org/10.17116/oftalma202414005135

Факторы риска, ассоциированные с миопической макулопатией при приобретенной миопии

© О.В. КОЛЕНКО[1, 2, 3], Л.В. БУШНИНА[1], Я.Е. ПАШЕНЦЕВ[1], Н.В. ПОМЫТКИНА[1, 3], Е.Л. СОРОКИН[1, 3]

[1]Хабаровский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Хабаровск, Россия;
[2]КГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения» Министерства здравоохранения Хабаровского края, Хабаровск, Россия;
[3]ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России, Хабаровск, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Выявление факторов, ассоциированных с формированием миопической макулопатии (ММ) у пациентов с приобретенной миопией.

Материал и методы. Отобраны 135 пациентов (из них 41 мужчина, 94 женщины; 135 глаз) старше 30 лет с приобретенной миопией, длиной передне-задней оси (ПЗО) ≥26 мм. У 46 пациентов имела место ММ, у 89 (66%) отсутствовали изменения макулярной сетчатки. Выполнялись оптическая когерентная томография-ангиография (ОКТ-А), ультразвуковое В-сканирование глаз для выявление стафилом склеры заднего полюса. С помощью ОКТ исследовались толщина стромы роговицы, толщина хориоидеи. Биомеханические свойства роговицы определялись с использованием прибора Corvis ST, гемодинамика сосудов глаза — методом цветового доплеровского картирования. Использовался метод бинарной логистической регрессии. Для каждого из этих потенциальных факторов риска строилась многофакторная логистическая модель со статистической корректировкой на пол, возраст, длину ПЗО глаз и сферический эквивалент рефракции (СЭР).

Результаты. Значимо ассоциированными с наличием ММ оказались возраст, длина ПЗО и СЭР, а также внемакулярные миопические изменения. Из семи исследованных качественных факторов риска статистически значимыми оказались наличие внемакулярных изменений, стафиломы как таковой, а также стафиломы широкой макулярной локализации. Среди количественных факторов значимыми оказались ширина и глубина стафиломы, оценка площади ультразвукового среза стафиломы (Ш×Г), толщина хориоидеи во всех исследуемых зонах, все параметры толщины стромы роговицы, параметры DA (амплитуда деформации) роговицы, HC-радиус (радиус прогиба) роговицы, PD (пиковая дистанция) роговицы.

Заключение. Статистически значимыми факторами риска, ассоциированными с наличием ММ, оказались возраст, длина ПЗО, СЭР, наличие и размер стафилом, толщина хориоидеи и стромы роговицы, а также ряд показателей, характеризующих биомеханические свойства роговицы. Наиболее тесно ассоциированными с наличием ММ являлись PD роговицы, глубина стафиломы, толщина хориоидеи в назальном сегменте перифовеа.

Ключевые слова: *миопическая макулопатия, факторы риска, стафилома склеры, толщина роговицы.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Коленко О.В. — https://orcid.org/0000-0001-7501-5571
Бушнина Л.В. — https://orcid.org/0000-0002-9839-8429
Пашенцев Я.Е. — https://orcid.org/0000-0001-5446-0633
Помыткина Н.В. — https://orcid.org/0000-0003-3757-8351
Сорокин Е.Л. — https://orcid.org/0000-0002-2028-1140
Автор, ответственный за переписку: Бушнина Лидия Владимировна — e-mail: naukakhvmntk@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Коленко О.В., Бушнина Л.В., Пашенцев Я.Е., Помыткина Н.В., Сорокин Е.Л. Факторы риска, ассоциированные с миопической макулопатией при приобретенной миопии. *Вестник офтальмологии.* 2024;140(5):35–45.
https://doi.org/10.17116/oftalma202414005135

Risk factors associated with myopic maculopathy in acquired myopia

© O.V. KOLENKO[1, 2, 3], L.V. BUSHNINA[1], I.E. PASHENTSEV[1], N.V. POMYTKINA[1, 3], E.L. SOROKIN[1, 3]

[1]Khabarovsk branch of the S.N. Fedorov National Medical Research Centre "MNTK "Eye Microsurgery", Khabarovsk, Russia;
[2]Postgraduate Institute for Public Health Specialists, Khabarovsk, Russia;
[3]Far-Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russia

ABSTRACT

Purpose. This study aimed to identify factors associated with the development of myopic maculopathy (MM) in patients with acquired myopia.

Material and methods. The study included a total of 135 patients (41 men, 94 women; 135 eyes) over 30 years old with acquired myopia and axial length (AL) of 26 mm. Forty-six patients had MM, while 89 (66%) had no macular changes. Optical coherence

tomography angiography (OCT-A) and B-scan ultrasound of the eyes were performed to detect staphylomas of the posterior pole sclera. OCT was used to assess corneal stromal thickness and choroidal thickness. Corneal biomechanics were measured using the Corvis ST device, and ocular vessel hemodynamics were evaluated using color Doppler imaging. Binary logistic regression was employed, with a multivariable logistic model built for each of these potential risk factors, adjusted for sex, age, AL, and spherical equivalent (SE).

Results. Age, AL, SE, and extra-macular myopic changes were significantly associated with the presence of MM. Of the seven qualitative risk factors studied, the presence of extra-macular changes, staphyloma, and wide macular staphyloma localization were statistically significant. Among the quantitative factors, significant associations were found with the width and depth of staphyloma, the area of the ultrasound cross-section of staphyloma (W×D), choroidal thickness in all examined zones, all corneal stromal thickness parameters, corneal deformation amplitude (DA), curvature radius highest concavity (radius HC), and corneal peak distance (PD).

Conclusion. The statistically significant risk factors associated with MM were age, AL, SE, the presence and size of staphylomas, choroidal and corneal stromal thickness, as well as several parameters characterizing corneal biomechanical properties. The strongest associations with MM were found for corneal PD, staphyloma depth, and choroidal thickness in the nasal perifovea.

Keywords: *myopic maculopathy, risk factors, scleral staphyloma, corneal thickness.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Kolenko O.V. — https://orcid.org/0000-0001-7501-5571
Bushnina L.V. — https://orcid.org/0000-0002-9839-8429
Pashentsev I.E. — https://orcid.org/0000-0001-5446-0633
Pomytkina N.V. — https://orcid.org/0000-0003-3757-8351
Sorokin E.L. — https://orcid.org/0000-0002-2028-1140
Corresponding author: Bushnina L.V. — e-mail: naukakhvmntk@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Kolenko OV, Bushnina LV, Pashentsev IE, Pomytkina NV, Sorokin EL. Risk factors associated with myopic maculopathy in acquired myopia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2024;140(5):35–45. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202414005135

Миопическая макулопатия (ММ) относится к числу наиболее тяжелых и инвалидизирующих поражений заднего отрезка глаза [1—4]. Это усугубляется тем, что ее распространенность среди пациентов с миопией, по данным зарубежной литературы, довольно высока и составляет от 8,3% до 12,2% [5—7]. Среди пациентов с высокой степенью миопии в возрасте после 50 лет ее частота значительно повышается — до 66,5% [8, 9].

По данным М.М. Бикбова и соавторов, среди населения Южного Урала ММ занимает 3-е место в структуре причин слепоты и слабовидения. Ее доля составила 5,1% среди причин нарушения зрения [10].

ММ играет ведущую роль в структуре патологической миопии, приводя к значительной и неустранимой потере остроты зрения [11]. Нами в течение ряда лет проводятся целенаправленные, углубленные клинические исследования, посвященные выяснению различных закономерностей формирования и прогрессирования миопических поражений макулярной зоны [12—19]. Наиболее изученными факторами риска ММ являются: возраст, наличие высокой степени миопии, длина переднезадней оси (ПЗО) глаза >26 мм; также все чаще в публикациях говорится о роли миопической стафиломы глаза в формировании ММ [7, 19—24].

Существует ряд работ, направленных на более детальное выявление факторов риска ММ. В частности, М.М. Бикбов и соавт. [22] провели анализ ассоциированности ММ с рядом показателей этнического, социального, соматического и офтальмологического статуса. Авторы выявили связь ММ с увеличением длины ПЗО, возраста, истончением слоя перипапиллярных нервных волокон сетчатки, однако не было установлено ассоциации ММ с общими заболеваниями, уровнем образования, этнической принадлежностью или полом.

Поиски факторов риска развития различных форм ММ проводили Q. Chen и соавт. [6]. По их данным, факторами риска формирования атрофической и неоваскулярной форм ММ являлись увеличение площади перипапиллярной атрофии и истончение хориоидеи. Риск формирования тракционной макулопатии был повышен в глазах с низким коэффициентом наклона диска зрительного нерва и увеличенной толщиной сетчатки.

Однако в данных работах не исследовалось влияние миопической стафиломы, имеющее, согласно современным представлениям, ключевое значение в развитии миопических макулярных осложнений. Не были также использованы современные методы исследования фиброзной капсулы глаза. В патогенезе развития патологической миопии, являющейся основой формирования ММ, приоритетная роль отводится состоянию фиброзной капсулы и кровоснабжению глаза (снижению уровней ретинальной и хориоидальной гемодинамики, увеличению аксиальной длины глаза с формированием миопической стафиломы) [19, 25—34].

Вопрос поиска гемодинамических, биомеханических, морфометрических факторов риска формирования ММ довольно актуален. Нами в течение ряда лет изучались характерный возраст формирования ММ, наличие и локализация миопической стафи-

ломы, биомеханические свойства фиброзной капсулы глаза у пациентов с ММ [12—19].

Цель исследования — выявление факторов, ассоциированных с формированием ММ у пациентов с приобретенной миопией.

Материал и методы

Проведен отбор пациентов с приобретенной миопией для выполнения углубленных однократных исследований состояния заднего отрезка глаза. *Критериями включения* являлись наличие приобретенной миопии, возраст старше 30 лет, длина ПЗО ⩾26 мм, достаточная прозрачность оптических сред для выполнения исследований заднего отрезка глаза. *Критерии исключения*: наличие любой сопутствующей патологии глаза, в том числе сухой или экссудативной формы возрастной макулярной дегенерации, субретинальной неоваскулярной мембраны, вызванной причинами, не связанными с осложненной миопией, или наличие тяжелой соматической патологии.

Были отобраны 135 пациентов (41 мужчина и 94 женщины; 135 глаз). Возраст пациентов составил от 31 года до 87 лет, в среднем 58±15 лет. Среднее значение максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ) составило 0,64±0,3 (от 0,002 до 1,0). У 46 (34%) пациентов имела место ММ, у 89 (66%) пациентов отсутствовали изменения макулярной сетчатки.

Всем пациентам осуществлялось углубленное офтальмологическое исследование. Оно включало как стандартный, так и углубленный комплексы обследований. Стандартные исследования были представлены визометрией, рефрактометрией, эхобиометрией, биомикроскопией, офтальмоскопией. Выявлялись офтальмоскопические признаки ММ. Углубленный комплекс исследований включал целый ряд диагностических методов. Выполнялась оптическая когерентная томография (ОКТ) с функцией ОКТ-ангиографии (оптический когерентный томограф RTVue XR 100, Optovue, США). При наличии офтальмоскопических признаков субретинальной неоваскулярной мембраны уточнялось ее наличие.

Использовалась ATN-классификация ММ, которая выделяет атрофическую, тракционную и неоваскулярную ее формы [11]. Лаковые трещины, согласно данной классификации, относятся к неоваскулярной форме ММ. Известно, что лаковые трещины представляют собой дефект мембраны Бруха без признаков неоваскуляризации. Несмотря на выявленную рядом авторов ассоциацию лаковых трещин с развитием субретинальной неоваскулярной мембраны, другие авторы не связывают формирование субретинальной неоваскулярной мембраны с существующими лаковыми трещинами [11, 35]. Исходя из этого, лаковые трещины были отнесены нами к атрофической форме ММ.

Состояние склеральной капсулы заднего полюса глаз исследовали с применением ультразвукового В-сканирования. Использовался многофункциональный ультразвуковой комплекс LOGIQ E (General Electric, США), линейный датчик с переменной частотой от 4 до 12 МГц. Выявлялось наличие стафилом склеры заднего полюса и оценивались ее морфометрические характеристики. Критерием наличия стафиломы служило наличие пролапса склеры в заднем полюсе глазного яблока. Глубина стафиломы измерялась в месте ее наибольшей глубины от дна до линии, соединяющей края стафиломы. Ширина стафиломы измерялась в наиболее широком месте — от края до края пролапса склеры. Оценивалась также площадь ультразвукового среза стафиломы путем арифметического умножения ширины стафиломы на ее глубину (Ш×Г, мм^2). В глазах с наличием стафилом их локализация определялась с помощью линейных сканов длиной 16,5 мм, функции ОКТ сканирующего лазерного офтальмоскопа MIRANTE (NIDEK, Япония), протокол Macula Line. При оценке локализаций стафилом склеры использовалась клиническая классификация локализаций стафилом, предложенная K. Ohno-Matsui (2014) [36].

Толщина стромы роговицы исследовалась с помощью оптического когерентного томографа модели RTVue XR 100. Измерения осуществлялись в ее центральной, парацентральной зонах, а также на средней периферии (2 мм, 5 м и 6 мм от оптического центра роговицы соответственно). При этом оценивались следующие сегменты пахиметрической карты роговицы: S5, ST5, T5, IT5, I5, IN5, N5, SN5, S6, T6, IT6, I6, IN6, N6. С помощью протокола Cornea pachymetry анализировались также показатели максимальной и минимальной толщины стромы роговицы.

Биомеханические свойства роговицы исследовали с помощью прибора Corvis ST (Oculus, Германия). Анализировались следующие параметры: A1-Length – длина апланации роговицы в направлении внутрь глаза, A2-Length – длина апланации роговицы в обратном направлении, A1-Velocity – показатель скорости прогиба роговицы, A2-Velocity – скорость возврата роговицы в исходное положение, PD – пиковая дистанция между наивысшими точками роговицы (темпоральной и назальной) во время наибольшего вдавливания, HC_radius — радиус кривизны в момент максимального прогиба роговицы, DA – амплитуда деформации роговицы, IOP — внутриглазное давление без учета биомеханических свойств роговицы.

Кроме этого, исследовалась толщина хориоидеи с помощью оптического когерентного томографа модели RTVue XR 100, протокол Retina Map. Измерялась дистанция от гиперрефлективной границы, соответствующей комплексу «ретинальный пигментный

эпителий — мембрана Бруха», до границы хориоидосклерального интерфейса в центре фовеа. Для этого использовалась функция измерения в ручном режиме. Показатель толщины хориоидеи в центре фовеа измерялся на горизонтальном и вертикальном сканах с последующим вычислением его среднего значения. Измерения проводились в центре фовеа, в 2 мм от фовеа перифовеально с назальной, темпоральной, верхней и нижней сторон.

Выполнялось также исследование состояния гемодинамики заднего отрезка глаза с помощью метода цветового доплеровского картирования с использованием комплекса LOGIQ E. Для исключения механических влияний на параметры глазного кровотока исследование проводилось с минимальной компрессией контактным транспальпебральным способом с помощью мультичастотного линейного датчика с частотой 4—12 МГц. Для стабилизации гемодинамического состояния процедура выполнялась в положении лежа на спине после предварительного 10-минутного отдыха в положении лежа на боку. Первоначально в В-режиме серой шкалы прибора визуализировали расположение глазного яблока и орбитальных структур, затем последовательно проводили цветовое доплеровское картирование центральной артерии сетчатки (ЦАС), задних коротких цилиарных артерий (ЗКЦА). В указанных сосудах регистрировали спектр доплеровского сдвига частот, определяли доплерографические параметры кровотока: максимальную систолическую скорость кровотока (PSV, см/с), конечную диастолическую скорость (EDV, см/с), пульсационный индекс (PI), индекс резистентности (RI) и среднюю максимальную скорость (TAMAX, см/с).

Все полученные в результате исследований показатели использовались для выявления факторов риска наличия ММ. Применялся метод бинарной логистической регрессии.

На начальном этапе исследования с помощью однофакторной логистической регрессии проводилась проверка связи с ММ таких тривиальных факторов, как пол, возраст, показатели ПЗО и сферический эквивалент рефракции (СЭР). На втором этапе осуществлялся углубленный анализ интересующих нас потенциальных факторов риска: наличия стафилом, их размера, локализации, состояния глазного кровотока, толщины хориоидеи, биомеханических свойств роговицы, толщины стромы роговицы.

Для каждого из этих потенциальных факторов риска (качественных и количественных) строилась многофакторная логистическая модель со статистической корректировкой (statistically adjusted) на пол, возраст, длину ПЗО глаза и СЭР. Это делалось для исключения их влияния в качестве конфаундеров (спутывающих факторов) на связь между потенциальным фактором и наличием ММ [37].

Статистическая обработка данных выполнялась в пакете «R» (версия 4.1.2) и IBM SPSS Statistics (версия 20). Проверка нормальности распределений осуществлялась с использованием критерия Шапиро—Уилка. Данные представлены в виде $M \pm \sigma$, где M — среднее значение, σ — стандартное отклонение. Использовались однофакторный и многофакторный (со статистической корректировкой на возможные конфаундеры) варианты регрессионного логистического анализа с вычислением значимости коэффициентов регрессии, нахождением отношения шансов (ОШ) и 95% доверительного интервала (ДИ) для ОШ. Сравнение эффектов влияния различных факторов проводилось путем вычисления стандартизированных коэффициентов регрессии. Альфа-уровень значимости принят равным 0,05. Все качественные факторы кодировались следующим образом: «1» — фактор присутствует, «0» — фактор отсутствует.

Результаты

В **таблице** приведены основные статистические характеристики всех исследованных факторов, потенциально ассоциированных с риском ММ.

В ходе обследования пациентов нами также были выявлены так называемые внемакулярные миопические изменения. К ним мы отнесли па-

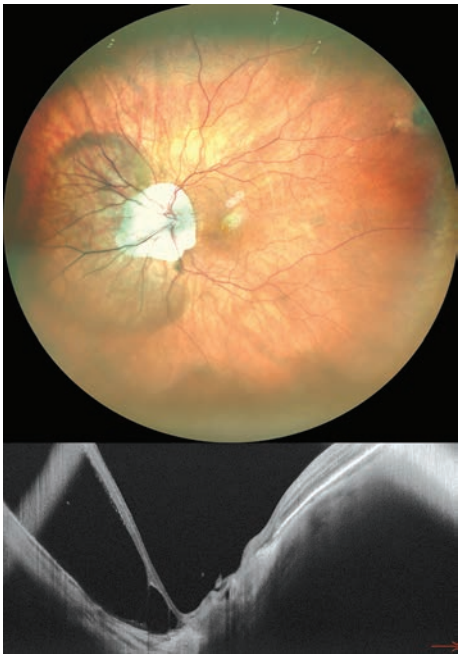


Рис. 1. **Назальная стафилома.**
Ретиношизис в зоне стафиломы.
Fig. 1. **Nasal staphyloma.**
Retinoschisis in the area of staphyloma.

Описательные статистики исследуемых качественных факторов риска

Descriptive statistics of the studied qualitative risk factors

Фактор	Значение		
	параметр	абс. число	%
Качественные факторы			
Пол	м/ж	41/94	30,4/69,6
Наличие стафиломы	есть/нет	55/80	40,7/59,3
Стафилома перипапиллярная	есть/нет	16/119	11,9/88,1
Стафилома нижняя	есть/нет	4/131	3,0/97,0
Стафилома назальная	есть/нет	5/130	3,7/96,3
Стафилома узкая	есть/нет	5/130	3,7/96,3
Стафилома широкая	есть/нет	25/110	18,5/81,5
Внемакулярные изменения	есть/нет	15/120	11,1/88,9
Количественные факторы			
	$M \pm \sigma$	Min	Max
Возраст, годы	58±15	31	87
ПЗО, мм	28,28±1,86	26,08	34,14
СЭР	–11,7±5,0	–25,25	–5,8
Ширина стафиломы, см	0,72±0,83	0,00	4,80
Глубина стафиломы, см	0,15±0,19	0,00	0,83
Ш×Г, см^2	0,19±0,26	0,00	1,10
Гемодинамика ЦАС			
PSV, см/с	11,22±3,48	4,62	21,48
EDV, см/с	4,27±2,42	0,00	11,51
TAMAX, см/с	4,85±3,19	0,04	12,57
PI	1,16±0,38	0,29	1,91
RI	0,58±0,21	0,19	1,00
Гемодинамика ЗКЦА			
PSV, см/с	12,46±4,09	5,58	25,28
EDV, см/с	4,53±1,50	0,10	8,66
TAMAX, см/с	7,57±2,35	4,08	13,81
PI	1,07±0,29	0,55	1,96
RI	0,59±0,13	0,21	1,00
Толщина хориоидеи			
Субфовеальная, мкм	121±87	0	364
Перифовеа верх, мкм	126±82	0	339
Перифовеа назально, мкм	69±50	0	224
Перифовеа низ, мкм	106±77	0	302
Перифовеа темпорально, мкм	127±85	0	306
Толщина стромы роговицы			
Min толщина стромы, мкм	476±41	335	570
Max толщина стромы, мкм	534±42	422	620
Толщина стромы роговицы в центре, мкм	481±35	393	556
S5, мкм	512±36	425	585
ST5, мкм	505±36	420	579
T5, мкм	494±35	413	571
IT5, мкм	494±39	359	576
I5, мкм	500±35	411	580
IN5, мкм	501±36	407	576
N5, мкм	502±34	429	571
SN5, мкм	509±36	426	592
S6, мкм	544±38	449	615
ST6, мкм	533±37	438	600
T6, мкм	515±38	426	590
IT6, мкм	514±41	406	609
I6, мкм	527±38	439	603
IN6, мкм	527±36	460	603
N6, мкм	527±36	450	597

Окончание таблицы см. на след. стр.

Описательные статистики исследуемых качественных факторов риска *(Окончание)*
Descriptive statistics of the studied qualitative risk factors *(Cont.)*

Фактор	Значение		
	параметр	абс. число	%
SN6, мкм	537±38	444	607
Биомеханические свойства роговицы			
A1 length, мм	2,29±0,38	1,86	2,97
A2 length, мм	1,93±0,59	0,98	3,29
V1 velocity, м/с	0,16±0,02	0,13	0,19
V2 velocity, м/с	–0,30±0,05	–0,39	–0,20
DA, мм	1,21±0,12	1,02	1,39
HC radius, мм	7,49±0,60	6,80	9,12
PD, мм	5,37±0,30	4,85	5,84
IOP, мм рт.ст.	16±2	13	19,5



***Рис. 2.* Назальная стафилома.**
Хориоретинальная атрофия в зоне стафиломы.
***Fig. 2.* Nasal staphyloma.**
Chorioretinal atrophy in the area of staphyloma.

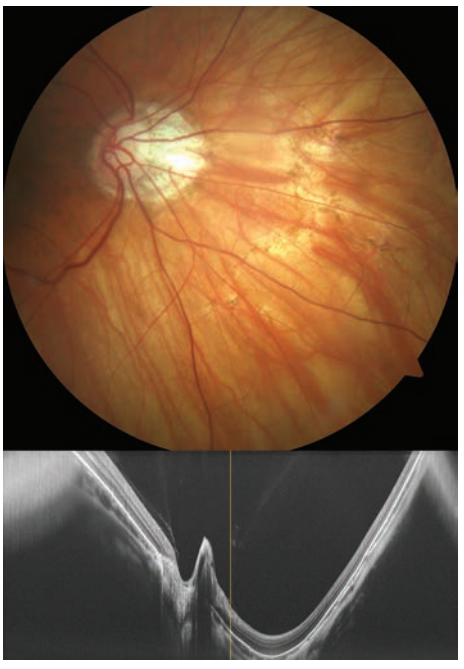


***Рис. 3.* Назальная стафилома.**
Лаковые трещины в зоне стафиломы.
***Fig. 3.* Nasal staphyloma.**
Lacquer cracks in the area of staphyloma.

тологические изменения в заднем полюсе глаза, не распространяющиеся на макулярную зону, такие как ретиношизис, локализующийся перипапиллярно или с назальной стороны от диска зрительного нерва **(рис. 1)**, атрофические хориоретинальные изменения **(рис. 2)**, наличие лаковых трещин **(рис. 3)**, выявляемых в зоне локализации стафиломы, при назальных и перипапиллярных стафиломах (т.е. вне макулы). Данные изменения мы также включили в анализ для поиска возможных закономерностей их развития и ассоциированности с ММ.

Результаты однофакторного логистического регрессионного анализа таких факторов, как пол, возраст, длина ПЗО, СЭР, представлены на **рис. 4**.

На втором этапе данного исследования, при проведении углубленного анализа потенциальных факторов риска, характеризующих наличие, размер, локализацию стафилом, состояние глазного кровотока, толщину хориоидеи, упругость и толщину стромы роговицы, были получены результаты многофакторного логистического регрессионного анализа для качественных и количественных факторов, представленные на **рис. 5, 6**.

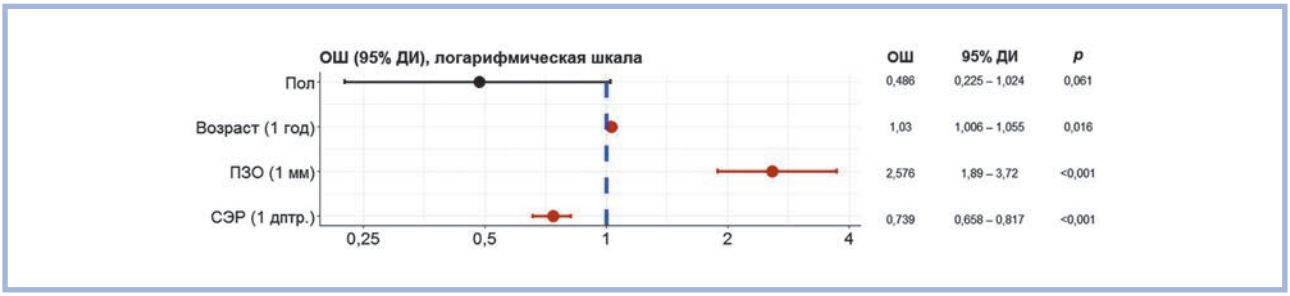


Рис. 4. **Форест-диаграмма однофакторного логистического регрессионного анализа тривиальных факторов.**
Fig. 4. **Forest plot of univariate logistic regression analysis of trivial factors.**

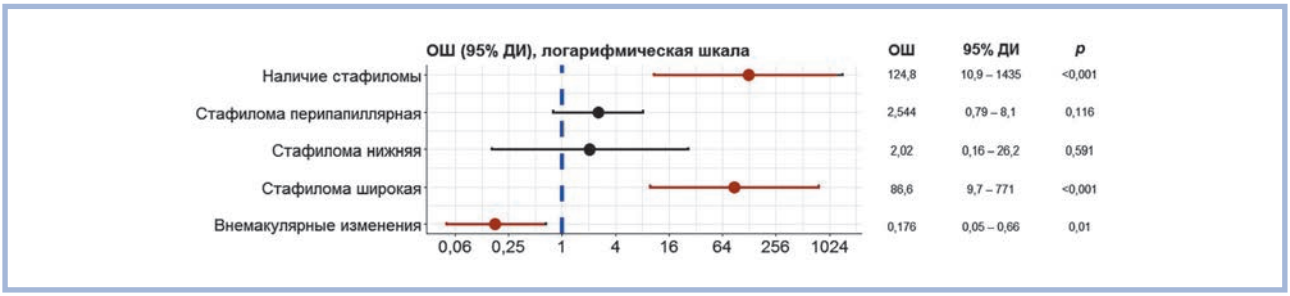


Рис. 5. **Форест-диаграмма многофакторного логистического регрессионного анализа качественных факторов.**
Fig. 5. **Forest plot of multivariate logistic regression analysis of qualitative factors.**

Далее было выполнено сравнение статистически значимых факторов (как качественных, так и количественных), полученных на прошлом этапе исследования, для выявления факторов, наиболее тесно ассоциированных с риском возникновения ММ. Факторы, для которых коэффициенты регрессии не были статистически значимыми ($p \geqslant 0{,}05$), были исключены из дальнейшего анализа. Поскольку различные факторы **(см. рис. 5, 6)** были определены в разных масштабах и единицах измерения, то для сравнения эффектов их влияния была применена процедура стандартизации данных с пересчетом всех логистических моделей для нахождения стандартизированных коэффициентов регрессии (standardized regression coefficients). Стандартизация данных (как для интересующих факторов, так и для конфаундеров) выполнялась путем приведения их к нулевому среднему значению и единичному стандартному отклонению функцией scale() в программе «R». Результаты представлены на **рис. 7** в порядке убывания абсолютных величин коэффициентов регрессии.

Обсуждение

В результате регрессионного анализа тривиальных факторов риска статистически значимо ассоциированными с наличием ММ оказались: возраст, ПЗО и СЭР **(см. рис. 4)**, что согласуется с данными литературы [7, 20—23].

Далее, на втором этапе, при анализе потенциальных факторов риска из семи исследованных качественных факторов статистически значимыми оказались три, а именно: наличие внемакулярных изменений, стафиломы как таковой, а также стафиломы широкой макулярной локализации **(см. рис. 5)**.

Следует отметить, что для таких факторов, как «стафилома узкая» и «стафилома назальная», сходимость логистических моделей не была достигнута. Это произошло из-за того, что во всех пяти случаях наличия узкой стафиломы имелась ММ, но не было ни одного случая с ее отсутствием (ОШ уходит в бесконечность, модель не сходится). Очевидно, что наличие узкой стафиломы должно быть связано с ММ, но на исследуемом материале сила этой связи не может быть оценена. Для подобной оценки необходимо существенно увеличивать объем материала до тех пор, пока не будет набрана статистика редких случаев наличия узкой стафиломы с одновременным отсутствием ММ. Аналогично не может быть рассчитано ОШ и для назальной формы стафиломы. Во всех пяти случаях наличия назальной стафиломы отсутствовала ММ.

Отдельно следует отметить фактор «внемакулярные изменения», который показал отрицательный статистически значимый коэффициент регрессии (его наличие уменьшает шансы встретить ММ). Поскольку статистический анализ не оперирует причинно-следственными связями, неправильно было бы сделать вывод о том, что изменения вне макулы являются протективным фактором от изменений в макуле. Скорее всего, данная закономерность свя-

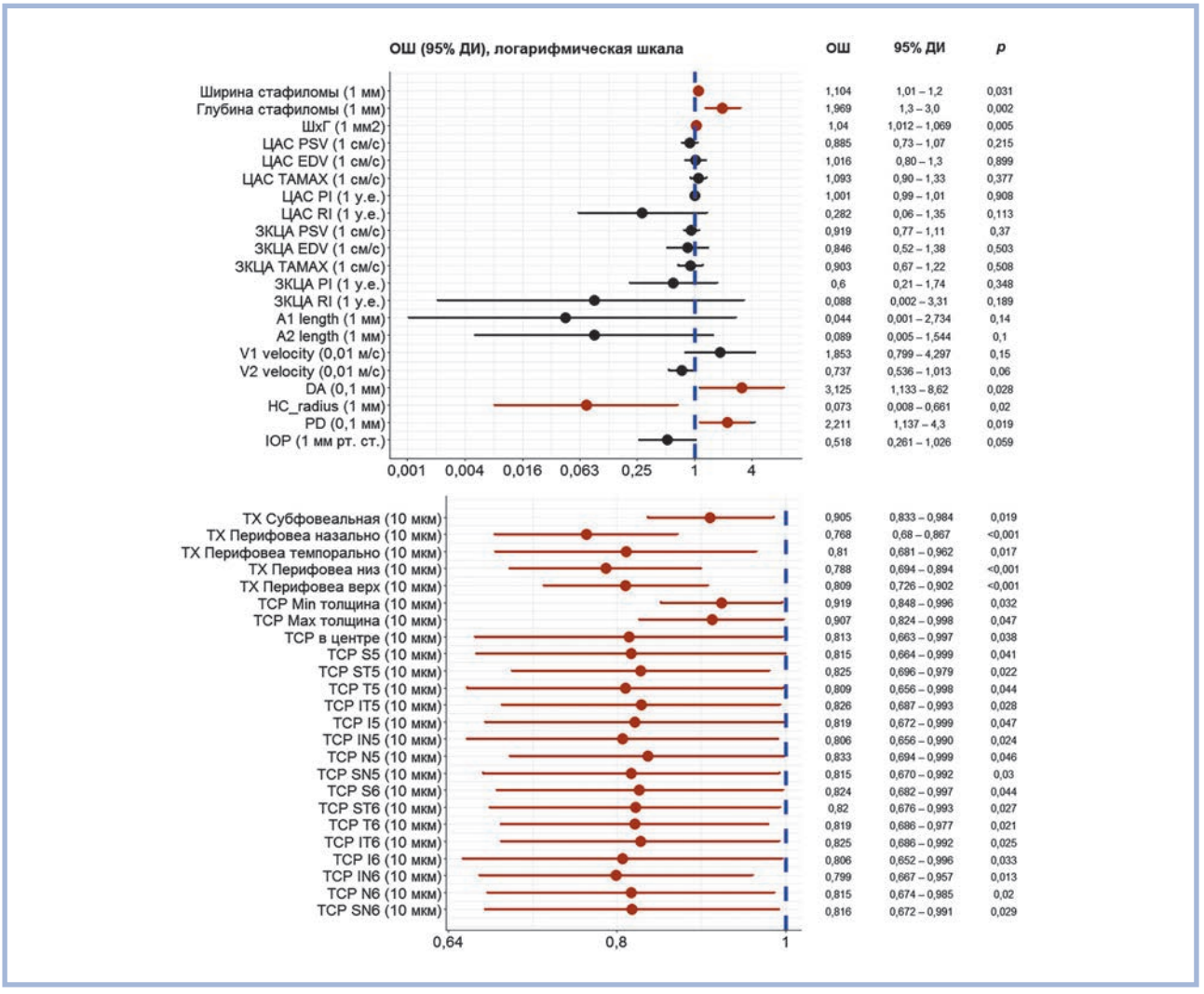


Рис. 6. **Форест-диаграмма многофакторного логистического регрессионного анализа количественных факторов.**

Fig. 6. **Forest plot of multivariate logistic regression analysis of quantitative factors.**

зана с тем, что внемакулярные миопические изменения во всех случаях выявлены нами при немакулярных типах стафилом (назальной и перипапиллярной), которые, в свою очередь, в большинстве случаев не сочетались с наличием ММ.

При анализе количественных факторов (**см. рис. 6)** значимыми оказались: ширина и глубина стафиломы, оценка площади ультразвукового среза стафиломы (Ш×Г), толщина хориоидеи во всех исследуемых зонах, все параметры толщины стромы роговицы, параметры DA роговицы, HC-радиус роговицы, PD роговицы.

Наиболее тесно ассоциированными с ММ оказались следующие факторы **(см. рис. 7)**: пиковая дистанция роговицы (PD), глубина стафиломы, толщина хориоидеи в назальном сегменте перифовеа в 2 мм от центра фовеа, наличие стафиломы как таковой, а также стафиломы широкой макулярной локализации. Эти факторы имеют максимальные (по абсолютной величине) значения стандартизированных коэффициентов регрессии.

Наименее ассоциированными с ММ из всех статистически значимых исследованных факторов оказались показатели толщины стромы роговицы.

Не представляется возможным на данном материале оценить силу влияния тех факторов, для которых вычисление ОШ невозможно из-за недостаточности данных (назальная и узкая формы стафилом).

Факторы риска ММ, выявленные в ходе работы на основании полученных морфометрических, биомеханических, гемодинамических данных, ранее в литературе не были освещены, что и явилось поводом для их изучения.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. С использованием однофакторного и многофакторного (с учетом конфаундеров) логисти-

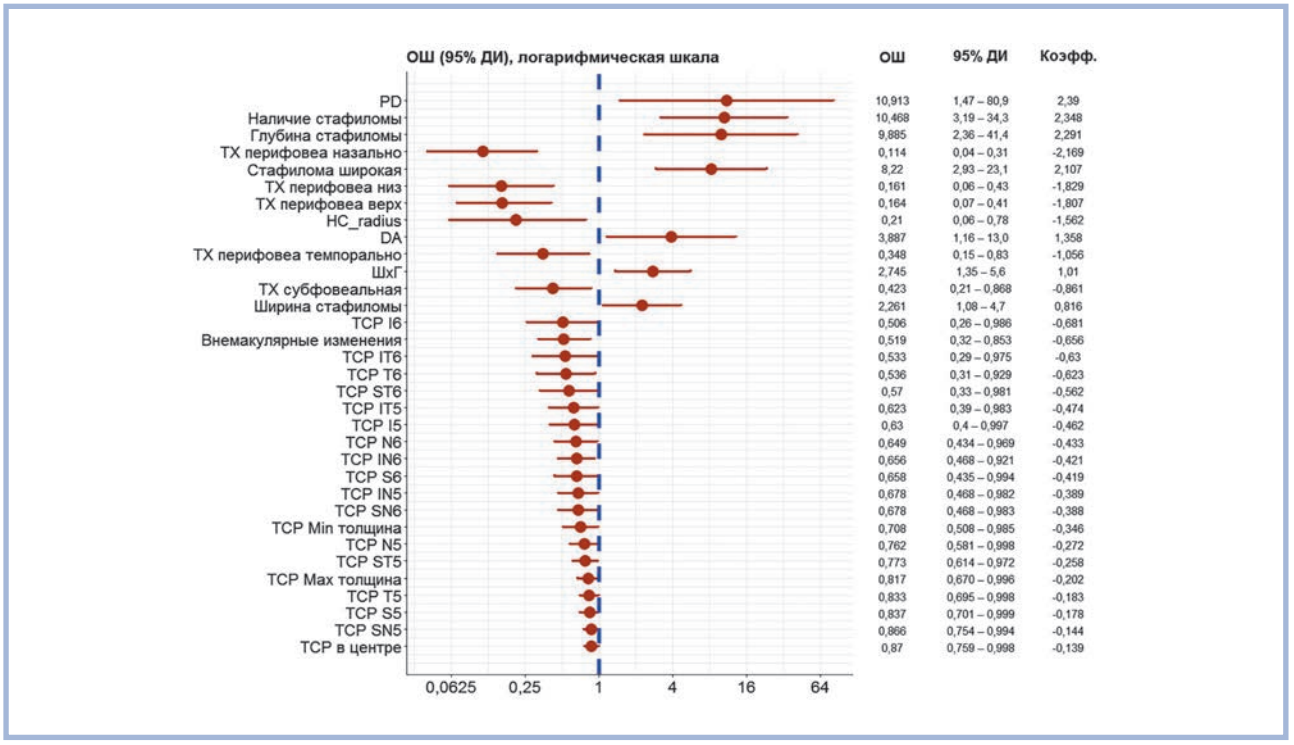


Рис. 7. **Форест-диаграмма многофакторного логистического регрессионного анализа стандартизированных факторов риска.**
Fig. 7. **Forest plot of multivariate logistic regression analysis of standardized risk factors.**

ческого регрессионного анализа были определены статистически значимые факторы риска, ассоциированные с ММ, а именно: возраст, длина ПЗО, СЭР, наличие и размер стафилом, толщина хориоидеи и стромы роговицы, а также ряд показателей, которые характеризуют биомеханические свойства роговицы.

2. Наиболее тесно ассоциированными с ММ оказались следующие факторы: PD роговицы (увеличение на 0,1 мм; ОШ=2,2; ДИ 1,14—4,3; p=0,019), глубина стафиломы (увеличение на 1 мм; ОШ=1,97; ДИ 1,3—3,0; p=0,002), толщина хориоидеи в назальном сегменте перифовеа (увеличение на 10 мкм; ОШ=0,77; ДИ 0,68—0,87; p<0,001), наличие стафиломы как таковой (ОШ=124,8; ДИ 10,9—1435; p<0,001), а также ее широкой макулярной формы (ОШ=86,6; ДИ 9,7—771; p<0,001).
3. Наличие внемакулярных изменений ассоциировано с уменьшением шансов встретить ММ; это, вероятно, связано с тем, что внемакулярные миопические изменения во всех случаях выявлены при стафиломах немакулярных локализаций.

Участие авторов:
Концепция и дизайн исследования: О.К., Е.С.
Сбор и обработка материала: Л.Б., Н.П.
Статистическая обработка: Я.П.
Написание текста: О.К., Л.Б., Я.П.
Редактирование: Е.С., Я.П.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Жабина О.А., Вудс Е.А., Плюхова А.А. Современный взгляд на миопическую макулопатию. *Вестник офтальмологии*. 2016;132(1):85-90.
Zhabina OA, Woods EA, Pliukhova AA. Modern views on myopic maculopathy. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2016;132(1):85-90 (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma2016132185-90
2. Далидович А.А. Диагностика миопической макулопатии. *Офтальмология. Восточная Европа*. 2011;9(2):68-78.
Dalidovich AA. Diagnostics of myopic maculopathy. *Ophthalmology. Eastern Europe*. 2011;9(2):68-78 (In Russ.).
3. Будзинская М.В., Жабина О.А., Андреева И.В., Плюхова А.А., Щеголева И.В. Миопическая макулопатия. В сб.: X Съезд офтальмологов России. М. 2015:142.
Budzinskaya MV, Zhabina OA, Andreeva IV, Plyukhova AA, Shchegoleva IV. Myopic maculopathy. In: *X S"ezd oftal'mologov Rossii* [X Congress of Ophthalmologists of Russia]. M. 2015:142 (In Russ.).
4. Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., Рябина М.В., Зольникова И.В., Кружкова Г.В. Морфометрические и функциональные особенности макулярной области у пациентов с высокой врожденной миопией. *Вестник офтальмологии*. 2012;128(1):3-8.

Tarutta EP, Markosyan GA, Ryabinina MV, Zolnikova IV, Krouzhkova GV. Morphometric and functional features of macula in patients with high congenital myopia. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2012;128(1):3-8 (In Russ.).

5. Wong YL, Sabanayagam C, Ding Y, Wong CW, Yeo AC, Cheung YB, Cheung G, Chia A, Ohno-Matsui K, Wong TY, Wang JJ, Cheng CY, Hoang QV, Lamoureux E, Saw SM. Prevalence, Risk Factors, and Impact of Myopic Macular Degeneration on Visual Impairment and Functioning Among Adults in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(11): 4603-4613.
https://doi.org/10.1167/iovs.18-24032
6. Chen Q, He J, Hu G, Xu X, Lv H, Yin Y, Zou H, Zhu J, Fan Y, Xu X. Morphological Characteristics and Risk Factors of Myopic Maculopathy in an Older High Myopia Population — Based on the New Classification System (ATN). *Am J Ophthalmol*. 2019;208:356-366.
https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.07.010
7. Koh V, Tan C, Tan PT, Tan M, Balla V, Nah G, Cheng CY, Ohno-Matsui K, Tan MM, Yang A, Zhao P, Wong TY, Saw SM. Myopic Maculopathy and Optic Disc Changes in Highly Myopic Young Asian Eyes and Impact on Visual Acuity. *Am J Ophthalmol*. 2016;164:69-79.
https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.01.005
8. Iwase A, Araie M, Tomidokoro A, Yamamoto T, Shimizu H, Kitazawa Y. Prevalence and Causes of Low Vision and Blindness in a Japanese Adult Population: The Tajimi Study. *Ophthalmology*. 2006;113:1354-1362.e.
https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.04.022
9. Yamada M, Hiratsuka Y, Roberts CB, Pezzullo ML, Yates K, Takano S, Miyake K, Taylor HR. Prevalence of visual impairment in the adult Japanese population by cause and severity and future projections. *Ophthalmic Epidemiol*. 2010;17(1):50-57.
https://doi.org/10.3109/09286580903450346
10. Бикбов М.М., Файзрахманов Р.Р., Якупова Д.Ф. Факторы, влияющие на распространенность миопической макулопатии. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2018;(2):95-97.
Bikbov MM, Fayzrakhmanov RR, Yakupova DF. Factors affecting the prevalence of myopic maculopathy. *Point of View. East — West*. 2018;(2):95-97 (In Russ.).
https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-2-95-97
11. Ruiz-Medrano J, Montero JA, Flores-Moreno I, Arias L, García-Layana A, Ruiz-Moreno JM. Myopic maculopathy: Current status and proposal for a new classification and grading system (ATN). *Prog Retin Eye Res*. 2019; 69:80-115.
https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2018.10.005
12. Сорокин Е.Л., Егоров В.В., Коленко О.В., Жиров А.Л., Бушнина Л.В. Исследование частоты и структуры дегенеративной миопии среди пациентов с миопической рефракцией. *Офтальмология*. 2013;10(1):14-17.
Sorokin EL, Egorov VV, Kolenko OV, Zhirov AL, Bushnina LV. Study of the frequency and structure of degenerative myopia among patients with myopic refraction. *Ophthalmology*. 2013;10(1):14-17 (In Russ.).
13. Сорокин Е.Л., Бушнина Л.В. Выяснение частоты различных миопических изменений глазного дна у пациентов с осложненной миопией и их доля в структуре пациентов с миопической рефракцией. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2013;(3):89-91.
Sorokin EL, Bushnina LV. Clarification of frequency of various myopic changes of ocular gundus in patients with complicated myopia and their part in the structure of patients with myopic refraction. *Far Eastern Medical Journal*. 2013;(3):89-91 (In Russ.).
14. Бушнина Л.В., Сорокин Е.Л., Кашура О.И., Пшеничнов М.В. Исследование возрастного периода формирования центральных осложнений приобретенной миопии. *Современные технологии в офтальмологии*. 2014;(2):97-99.
Bushnina LV, Sorokin EL, Kashura OI, Pshenichnov MV. Issledovanie vozrastnogo perioda formirovaniya tsentral'nykh oslozhnenii priobretennoi miopii. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2014;(2):97-99 (In Russ.).
15. Бушнина Л.В., Сорокин Е.Л., Коленко О.В. Доля первичной инвалидности по зрению у пациентов с осложненной миопией. *Российский общенациональный офтальмологический форум*. 2013;(1):197-198.
Bushnina LV, Sorokin EL, Kolenko OV. The share of primary visual disability in patients with complicated myopia. *Rossijskij obshchenatsional'nyj oftal'mologicheskij forum*. 2013;1:197-198 (In Russ.).
16. Бушнина Л.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е. Изучение возрастных особенностей морфометрических показателей макулярной зоны в глазах с осевой неосложненной миопией. *Современные технологии в офтальмологии*. 2016;(4):38-42.
Bushnina LV, Sorokin EL, Pashentsev YaE. Study of age-related features of morphometric indices of the macular zone in eyes with axial uncomplicated myopia. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2016;(4):38-42 (In Russ.).
17. Патент РФ на изобретение №2595001/20.08.2016. Бюлл. №23. Сорокин Е.Л., Бушнина Л.В. Способ прогнозирования атрофической миопической макулопатии. Ссылка активна на 21.09.2023.
Russian Federation patent for invention №2595001/20.08.2016. Bull. №23. Sorokin EL, Bushnina LV. A method for predicting atrophic myopic maculopathy. (In Russ.). Accessed September 21, 2023.
https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2595001&TypeFile=html
18. Сорокин Е.Л., Бушнина Л.В., Пашенцев Я.Е. Закономерности изменений морфометрических показателей макулярной сетчатки при различных вариантах клинического течения приобретенной миопии. *Офтальмохирургия*. 2020;(1):32-38.
Sorokin EL, Bushnina LV, Pashentsev YaE. Patterns of changes in morphometric parameters of macular retina in different variants of clinical course of acquired myopia. *Ophthalmosurgery*. 2020;(1):32-38 (In Russ.).
https://doi.org/10.25276/0235-4160-2020-1-32-38
19. Бушнина Л.В., Помыткина Н.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е. Частота формирования миопической макулопатии при стафиломах различной локализации. *Вестник офтальмологии*. 2022;138(6):55-64.
Bushnina LV, Pomytkina NV, Sorokin EL, Pashentsev YE. Occurrence of myopic maculopathy in eyes with staphylomas of various localization. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2022;138(6):55-64 (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma202213806155
20. Liu HH, Xu L, Wang YX, Wang S, You QS, Jonas JB. Prevalence and progression of myopic retinopathy in Chinese adults: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology*. 2010;117(9):1763-1768.
https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.01.020
21. Hopf S, Korb C, Nickels S, Schulz A, Münzel T, Wild PS, Michal M, Schmidtmann I, Lackner KJ, Pfeiffer N, Schuster AK. Prevalence of myopic maculopathy in the German population: results from the Gutenberg health study. *Br J Ophthalmol*. 2020;104(9):1254-1259.
https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-315255
22. Bikbov MM, Gilmanshin TR, Kazakbaeva GM, Zainullin RM, Rakhimova EM, Rusakova IA, Bolshakova NI, Safiullina KR, Zaynetdinov AF, Zinatullin AA, Nuriev IF, Khalimov TA, Panda-Jonas S, Arslangareeva II, Bikbova GM, Yakupova DF, Uzianbaeva YV, Jonas JB. Prevalence of Myopic Maculopathy Among Adults in a Russian Population. *JAMA Netw Open*. 2020;3(3):e200567.
https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.056727
23. Yan YN, Wang YX, Yang Y, Xu L, Xu J, Wang Q, Yang JY, Yang X, Zhou WJ, Ohno-Matsui K, Wei WB, Jonas JB. Ten-Year Progression of Myopic Maculopathy: The Beijing Eye Study 2001-2011. *Ophthalmology*. 2018;125(8): 1253-1263.
https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.01.035
24. Аветисов С.Э., Будзинская М.В., Жабина О.А., Андреева И.В., Плюхова А.А., Кобзова М.В., Мусаева Г.М. Анализ изменений центральной зоны глазного дна при миопии по данным флюоресцентной ангиографии и оптической когерентной томографии. *Вестник офтальмологии*. 2015;131(4):38-48.
Avetisov SE, Budzinskaia MV, Zhabina OA, Andreeva IV, Pliukhova AA, Kobzova MV, Musaeva G. Fluorescein angiography and optical coherence tomography findings in central fundus of myopic patients. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2015;131(4):38-48 (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma2015131438-48
25. Тарутта Е.П., Кушнаревич Н.Ю. Участие биомеханического и гемодинамического факторов в генезе хориоретинальных дистрофий при миопии. *Вестник офтальмологии*. 1997;113(4):21-23.
Tarutta EP, Kushnarevich NYu. Biomechanical and hemodinamic factors to the genesis of chorioretinal dystrophies in myopia. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 1997;113(4):21-23 (In Russ.).
26. Wong CW, Phua V, Lee SY, Wong TY, Cheung CM. Is Choroidal or Scleral Thickness Related to Myopic Macular Degeneration? *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58(2):907-913.
https://doi.org/10.1167/iovs.16-20742
27. Xiao O, Guo X, Wang D, Jong M, Lee PY, Chen L, Morgan IG, Sankaridurg P, He M. Distribution and Severity of Myopic Maculopathy Among Highly Myopic Eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(12):4880-4885.
https://doi.org/10.1167/iovs.18-24471
28. Hashimoto S, Yasuda M, Fujiwara K, Ueda E, Hata J, Hirakawa Y, Ninomiya T, Sonoda KH. Association between Axial Length and Myopic Maculopathy: The Hisayama Study. *Ophthalmol Retina*. 2019;3(10):867-873.
https://doi.org/10.1016/j.oret.2019.04.023
29. Zhou LX, Shao L, Xu L, Wei WB, Wang YX, You QS. The relationship between scleral staphyloma and choroidal thinning in highly myopic eyes: The Beijing Eye Study. *Sci Rep*. 2017;7(1):9825.
https://doi.org/10.1038/s41598-017-10660-z

30. Иомдина Е.Н. Биомеханические и биохимические нарушения склеры при прогрессирующей близорукости и методы их коррекции. В кн.: *Зрительные функции и их коррекция у детей*. Под ред. Аветисова С.Э., Кащенко Т.П., Шамшиновой А.М. М.: Медицина; 2005:163-183.
Iomdina EN. Biomechanical and biochemical disorders of the sclera in progressive myopia and methods of their correction. In: *Visual functions and their correction in children*. Avetisov SE, Kashchenko TP, Shamshinova AM, eds. M.: Meditsina; 2005:163-183 (In Russ.).

31. Curtin BJ. The posterior staphyloma of pathologic myopia. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1977;75:67-86.

32. Савицкая Н.Ф., Николаева Т.Э. Сравнительное изучение структуры сосудов хориоидеи и сетчатки при эмметропии и миопии различной степени. *Вестник офтальмологии*. 1982;(3):44-47.
Savitskaya NF, Nikolaeva TE. Comparative study of the structure of the vessels of the choroid and retina in emmetropia and myopia of varying degrees. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 1982;(3):44-47 (In Russ.).

33. Read SA, Collins MJ, Vincent SJ, Alonso-Caneiro D. Choroidal thickness in myopic and nonmyopic children assessed with enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54(12):7578-7586. https://doi.org/10.1167/iovs.13-12772

34. Аветисов Э.С. *Миопия*. М.: Медицина; 1968.
Avetisov ES. *Miopiya*. M.: Meditsina; 1968 (In Russ.).

35. Ohno-Matsui K, Ikuno Y, Lai TYY, Gemmy Cheung CM. Diagnosis and treatment guideline for myopic choroidal neovascularization due to pathologic myopia. *Prog Retin Eye Res*. 2018;63:92-106. https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2017.10.005

36. Ohno-Matsui K. Proposed classification of posterior staphylomas based on analyses of eye shape by three-dimensional magnetic resonance imaging and wide-field fundus imaging. *Ophthalmology*. 2014;121(9):1798-1809. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.03.035

37. Hosmer D, Lemshow S. *Applied logistic regression*. 2nd ed. Hoboken: Wiley-Interscience, John Wiley & Sons Inc.; 2000. https://doi.org/10.1002/0471722146

Поступила 26.01.2024
Received 26.01.2024
Принята в печать 14.04.2024
Accepted 14.04.2024