

Транспальпебральная реоофтальмография как метод оценки эффективности склероукрепляющего и трофического лечения прогрессирующей миопии

Е.Н. Иомдина¹Е.П. Тарутта¹Г.А. Маркосян¹, А.А. Сианосян¹, П.В. Лужнов², Д.М. Шамаев², К.А. Рамазанова¹

¹ ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

² Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2018;15(4):439–446

Цель работы: оценка эффективности склероукрепляющего и трофического лечения прогрессирующей миопии с использованием нового биологически активного трансплантата, содержащего хитозан, с помощью транспальпебральной реоофтальмографии. **Пациенты и методы.** Обследовано 40 детей и подростков с прогрессирующей миопией средней и высокой степени, средний возраст пациентов $12,60 \pm 0,38$ года, исходная рефракция оперированного глаза $-6,25 \pm 0,23$ дптр, парного глаза $-5,85 \pm 0,28$ дптр, годовой градиент прогрессирования миопии в среднем составлял $1,10 \pm 0,04$ дптр. Всем пациентам проведено малоинвазивное склероукрепляющее лечение с применением биологически активного трансплантата, содержащего хитозан. Гемодинамические показатели определяли до и через 1 и 6 мес, а также через 1 год после вмешательства с помощью транспальпебральной реоофтальмографии (ТП РОГ). В эти же сроки для оценки состояния склеры определяли ее акустическую плотность (АПС) путем анализа тнневых гистогрмм, полученных с помощью многофункционального ультразвукового диагностического прибора VOLUSON 730 Pro «GE». **Результаты.** Через 1 год после склероукрепляющего лечения отмечено снижение темпов прогрессирования миопии в 4,4 раза на оперированных глазах и в 2,2 раза на парных. Стабилизация рефракции сопровождалась увеличением показателей АПС: через 6 месяцев этот показатель был выше исходного в среднем на 19,7 уе в области заднего полюса оперированного глаза и на 16,2 уе в области экватора, а через 1 год — на 15,9 уе ($p < 0,05$) и 14,0 уе ($p < 0,01$) соответственно. Реографический индекс ТП РОГ увеличился по сравнению с исходным значением через 1 мес. на 139 %, через 6 месяцев — на 69,8 %, через 1 год — на 34,6 %. На парных глазах этот показатель также имел тенденцию к повышению — на 123,3 % через 1 месяца, на 65,2 % через 6 месяцев, а к концу срока наблюдения он превышал первоначальные значения на 28,7 %, что свидетельствует о выраженном трофическом действии склероукрепляющего лечения при миопии с использованием хитозана не только в отношении оперированного, но и (в меньшей степени) парного глаза. **Заключение.** ТП РОГ является эффективным методом оценки результатов склероукрепляющего лечения прогрессирующей миопии, а также может быть использован для изучения гемодинамики глаз при различной офтальмопатологии, в том числе и в детской клинической практике.

Ключевые слова: миопия, гемодинамика, транспальпебральная реоофтальмография, акустическая плотность склеры, склероукрепляющее лечение, хитозан

Для цитирования: Иомдина Е.Н., Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., Сианосян А.А., Лужнов П.В., Шамаев Д.М., Рамазанова К.А. Транспальпебральная реоофтальмография как метод оценки эффективности склероукрепляющего и трофического лечения прогрессирующей миопии. *Офтальмология*. 2018;15(4):439–446. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-4-439-446>

Прозрачность финансовой деятельности: Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 18-08-0119

Конфликт интересов отсутствует



Transpalpebral Rheoophthalmography as a Method for Evaluating the Effectiveness of Sclera-Strengthening and Trophic Treatment of Progressive Myopia

E.N. Iomdina¹, E.P. Tarutta¹, G.A. Markosyan¹, A.A. Sianosyan¹, P.V. Luzhnov², D.M. Shamaev², H.A. Ramazanova¹

¹ Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia

² Bauman Moscow State Technical University
2-ya Baumanskaya str., 5, Moscow, 105005, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2018;15(4):439–446

Purpose: to evaluate, using transpalpebral rheoophthalmography (TP ROG), the effectiveness of sclera-strengthening and trophic treatment of progressive myopia with a new biologically active chitosan-containing transplant. **Patients and methods.** 40 children and adolescents with moderate or high progressive myopia, averagely aged 12.6 ± 0.38 years, were examined after receiving low invasive sclera-strengthening surgery on one eye with a biologically active chitosan-containing transplant. The initial refraction of the operated eye was -6.25 ± 0.23 D, while that of the fellow eye was -5.85 ± 0.28 D. The yearly gradient of myopia progression averaged 1.10 ± 0.04 D. Hemodynamic parameters were measured using TP ROG prior to intervention, then 1, 6 and 12 months after intervention. At the same time points, scleral acoustic density (SAD) was determined by analyzing tissue histograms obtained with a multipurpose ultrasound device, VOLUSON 730 Pro «GE». **Results.** One year after sclera-strengthening treatment, a 4.4-fold reduction of myopia progression rate on the operated eye was noted, supplemented by a 2.2-fold reduction of same on the fellow eye. Stabilization of refraction was accompanied by an increase of SAD: 6 months after the surgery, SAD was averagely 19.7 conventional units higher than the original figure in the posterior pole of the operated eye, and 16.2 conventional units higher in the equatorial area. One year after the surgery, the figures were, respectively, 15.9 ($p < 0.05$) and 14.0 conventional units ($p < 0.01$). The rheographic index of TP ROG increased with regard to the initial value by 139 % after one month, by 69.8 % after 6 months, and by 34.6 % after 1 year. On fellow eyes, the index also tended to increase: by 123.3 % after 1 month, by 65.2 after 6 months, and by the end of the follow-up period it exceeded the original value by 28.7 %, which is an evidence of a pronounced trophic effect of sclera-strengthening myopia treatment with chitosan not only on the operated eye but also (to a lesser extent) on the fellow eye. **Conclusion.** TP ROG is an effective evaluation method of sclera-strengthening treatment of progressive myopia. This method can also be used to study eye hemodynamics in a variety of ophthalmic pathologies, including those managed in pediatric clinical practice.

Keywords: myopia, hemodynamics, transpalpebral rheoophthalmography, scleral acoustic density, sclera-strengthening treatment, chitosan

For citation: Iomdina E.N., Tarutta E.P., Markosyan G.A., Sianosyan A.A., Luzhnov P.V., Shamaev D.M., Ramazanova H.A. Transpalpebral Rheoophthalmography as a Method for Evaluating the Effectiveness of Sclera-Strengthening and Trophic Treatment of Progressive Myopia. *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(4):439–446. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-4-439-446>

Financial Disclosure: This work was partially supported by the RFBR grant 18-08-01119

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, прогрессирующая миопия при неблагоприятном течении становится причиной развития патологии сетчатки, что в тяжелых случаях ведет к необратимому снижению корригированной остроты зрения и к инвалидности по зрению, наступающей в трудоспособном возрасте. Особенно неблагоприятный прогноз обычно является характерным для рано приобретенной близорукости, возникающей у дошкольников [1, 2]. Именно поэтому стабилизация миопического процесса у детей и подростков и профилактика его осложнений представляют актуальную научно-практическую задачу во всех развитых странах мира.

Ведущим фактором прогрессирующего и осложненного течения миопии является дистрофический процесс, который развивается во внутренних оболочках глаза и в склере вследствие снижения ее опорных (биомеханических) свойств [2, 3]. Появление и прогрессирование патологических изменений на периферии и в центральной зоне глазного дна также связано с нарушением кро-

вообращения в растянутых оболочках глаза. Выявлено, что при миопии формируется состояние гипоперфузии глаза, и по мере усиления рефракции и роста глазного яблока нарастают признаки дефицита кровотока и ишемии в его различных структурах [4]. При этом в миопических глазах с центральной и периферической хориоретинальной дистрофией (ЦХРД и ПВХРД) показатели гемодинамики снижены больше, чем в глазах без таких изменений [5]. В связи с этим лечение, направленное на стабилизацию миопии, должно включать как склероукрепляющее, так и трофическое воздействие, улучшающее кровоснабжение оболочек глаза [1, 2].

С целью остановки быстро прогрессирующего миопического процесса и профилактики его ретинальных осложнений в течение многих лет используются склеропластические операции бандажирующего типа или другие склероукрепляющие вмешательства с применением различных трансплантационных материалов [6]. Проведение склеропластики, по данным различных авторов, не только повышает биомеханическую устой-

чивость склеральной оболочки глаза, но и улучшает состояние периферических отделов сетчатки за счет реваскуляризации и стимулирующего влияния на кровоток. Установлено, что проведение склеропластики бандажирующего типа или склерореконструктивной операции предотвращает появление новых патологических зон миопического генеза и в центральных зонах глазного дна [1, 6–10]. Однако достигнутый склероукрепляющий и трофический эффект таких вмешательств в отдаленном послеоперационном периоде постепенно снижается. Это во многом связано с тем, что активная физиологическая реакция, вызванная имплантацией донорского пластического материала, со временем стихает, а он сам замещается дефектной соединительной тканью склеры реципиента (пациента с прогрессирующей миопией) [6]. Большой стимулирующей активностью и биомеханической стабильностью характеризуются биологически активные синтетические пластические материалы, которые не подвергаются биодеградации, обладают метаболическим и стимулирующим действием, т.е. сочетают в себе преимущества искусственных материалов и стимулирующие свойства донорских тканей. Так, биологически активный синтетический трансплантат (БАТ), в полимерном покрытии которого депонирован препарат на основе женьшеня — панаксел, как показали экспериментальные исследования, способствует повышению модуля упругости склеры и формированию дополнительных сосудов в зоне хирургического вмешательства [11]. Клиническая оценка эффективности такого трансплантата при склероукрепляющих вмешательствах и склерореконструктивных операциях подтвердила их несомненный лечебный эффект как с точки зрения стабилизации рефракции, так и состояния периферических и центральных отделов глазного дна [12].

Использование БАТ для депонирования в его полимерном покрытии различных биологически активных субстратов открывает широкие возможности для пролонгированной антидистрофической терапии прогрессирующей миопии. Для реализации этого подхода нами было предложено депонировать в полимерном покрытии БАТ природный биосовместимый полимер аминной природы — хитозан, который среди прочих биостимулирующих свойств характеризуется способностью улучшать гемодинамику и трофику тканей, а также стимулировать образование поперечных связей в коллагеновых структурах, повышая тем самым их биомеханическую стабильность [13–15].

После проведения комплексных экспериментальных и доклинических исследований БАТ с хитозаном (полотно офтальмологическое трикотажное, полиэфирное с покрытием из хитозана с германийсодержащим препаратом, стерильное «Хитекс-Х-Г») был разрешен для применения в офтальмохирургии (регистрационное удостоверение на медицинское изделие от 06.02.2014, приказ РЗН 2013/955) и начал впервые применяться нами для склероукрепляющего лечения прогрессирующей миопии.

В качестве объективного критерия, характеризующего метаболическое (антидистрофическое) действие склероукрепляющих операций, принято использовать изменение тех или иных показателей гемодинамики, поскольку, по мнению И.М. Корниловского, трансплантат оказывает стимулирующее действие, активируя механизмы ауторегуляции внутриглазных кровеносных сосудов. В результате сложных реакций улучшается кровенаполнение сетчатки и хориоидеи [16]. Действительно, работы Е.С. Либман и соавт. выявили, что после склеропластики у пациентов с осложненной миопией через 1–3–6 месяцев отмечается интенсивное увеличение пульсового объема крови и, как следствие, повышение реографического индекса. Положительный эффект сохраняется до 1–2 лет [7].

Для исследования кровообращения в офтальмологии применяется реоофтальмография, офтальмосфигмография, офтальмоплетизмография, ультразвуковая доплерография, лазерная доплеровская флоуметрия и др. [17–20]. Реоофтальмография (РОГ) — наиболее распространенный метод оценки кровоснабжения сосудистого тракта. Принцип РОГ основан на регистрации изменений общего сопротивления (импеданса) тканей при прохождении через них электрического тока высокой частоты [21]. Адаптацию этой методики и ее внедрение в клиническую практику в середине прошлого века осуществил профессор Л.А. Кацнельсон [21]. При помощи этого метода определяется реографический коэффициент — показатель, количественно характеризующий объемную скорость крови во внутриглазных сосудах [22]. РОГ — диагностический метод, с помощью которого возможно определить исходное состояние кровообращения, а также использовать в динамическом режиме для оценки эффективности проводимого лечения. Методика является контактной, используемые датчики (чаще всего применяются датчики Чиберене) выполнены в виде биполярной системы отведения и должны плотно соприкасаться с глазной поверхностью, что ограничивает широкое применение этой методики.

В 2011 году сотрудники МГТУ им. Баумана П.В. Лужнов и Д.М. Шамаев совместно с сотрудниками МНИИ ГБ им. Гельмгольца разработали новое устройство для транспальпебрального проведения РОГ (ТП РОГ), при использовании которого исключается контакт с поверхностью глаза и появляется возможность получения более надежной информации о кровоснабжении сосудистого тракта за счет применения тетраполярной системы отведения сигнала. Первые результаты клинического использования ТП РОГ показали его информативность в оценке гемодинамики глаза, в том числе у детей и подростков с миопией, и в динамическом контроле гемодинамических показателей при оценке эффективности лечебных воздействий [23, 24].

Целью настоящей работы явилась оценка эффективности склероукрепляющего и трофического лечения прогрессирующей миопии с использованием нового БАТ, содержащего хитозан, с помощью ТП РОГ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Показаниями для проведения малоинвазивной склеропластики (МСП) были: годовой градиент прогрессирования (ГПП) миопии от 0,75 до 1,25 дптр, увеличение передне-задней оси глаза, возраст от 9 до 18 лет. В соответствии с этими критериями была сформирована группа из 40 детей и подростков с прогрессирующей миопией средней и высокой степени, которые были направлены на МСП. Исходная рефракция оперированного глаза составляла $-6,25 \pm 0,23$ дптр, парного глаза $-5,85 \pm 0,28$ дптр, ГПП в среднем $-1,1 \pm 0,04$ дптр, средний возраст пациентов — $12,6 \pm 0,38$ года.

Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование, включающее визо- и рефрактометрию в естественных условиях и на фоне циклоплегии, пневмотонометрию, биомикроскопию, оптическую биометрию, офтальмоскопию. МСП с применением БАТ, содержащего хитозан, в амбулаторных условиях по методике, разработанной в МНИИ ГБ им. Гельмгольца. Под эпibuльбарной анестезией 1 % раствором алкаина выполняли разрез конъюнктивы и теноновой капсулы длиной 2–3 мм в верхне-наружном квадранте в 10 мм от лимба. Шпателем формировали тоннель, на поверхность склеры укладывали трансплантат размером 5×12 мм и проводили его за экватор глаза к заднему полюсу. Конъюнктиву зашивали рассасывающимся швом Vicril 8.0. В конъюнктивальную полость закапывали антибактериальные капли.

Для оценки склероукрепляющего эффекта определяли в динамике акустическую плотность склеры (АПС) путем анализа тканевых гистограмм, полученных с помощью многофункционального ультразвукового диагностического прибора VOLUSON 730 Pro «GE». Исследование проводили в положении пациента лежа на спине. Сканирование глазного яблока выполняли через закрытые веки в аксиальной плоскости (АПС заднего полюса глаза), а затем в сагиттальной (АПС области экватора) плоскости в двухмерном В-режиме серой шкалы с использованием линейного датчика с частотой 10–16 МГц, глубина сканирования составляла около 70 мм. Полученные результаты обозначали в условных единицах (уе).

В методе ТП РОГ используется тетраполярная система отведения сигнала. Для ее фиксации был разработан специальный трикотажный ленточный шлем, который располагают на голове пациента [25] (рис. 1). Особенности такого конструктивного исполнения позволяют применять шлем для обследования пациентов с любым обхватом головы (как взрослых, так и детей начиная с 5 лет). За счет регулирования длины каркасных лент обеспечивается правильное расположение и прижатие электродной сборки (электродов) к верхнему веку, что повышает точность регистрации сигнала ТП РОГ.

Регистрация сигналов глазного пульса происходит в положении пациента лежа в течение 1–1,5 мин (рис. 2).

Полученная запись подвергается обработке при помощи специализированного программного обеспечения

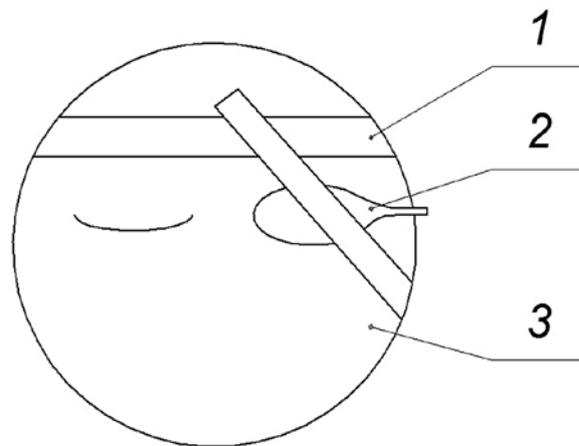


Рис. 1. Схематическое изображение (вид спереди) устройства для крепления электродов на верхнем веке (глаз закрыт) в виде трикотажного шлема, конструкция которого состоит из трех каркасных лент, трикотажных резинок и застёжек: 1 — каркасная лента шлема, 2 — тетраполярная электродная система отведения сигнала, 3 — голова пациента

Fig. 1. Schematic view (front view) of the device for fixing the electrodes on the upper eyelid (the eye is closed) in the form of a knitted helmet, the construction of which consists of three frame strips, knitted rubber bands and fasteners, where 1 is the helmet skeleton tape, 2 is a tetrapolar electrode signal tapping system, 3 — the patient's head



Рис. 2. Проведение исследования гемодинамики глаза с помощью транспальпебральной тетраполярной реоофтальмографии

Fig. 2. The study of eye hemodynamic using transpalpebral tetrapolar rheoophthalmography

в автоматизированном режиме. При анализе сигналов ТП РОГ рассчитывались три основных параметра реоофтальмограммы (по В.И. Лазаренко [26]):

- реографический индекс (РИ), отображающий величину систолического притока крови и зависящий как от величины ударного выброса, так и от тонуса сосудов (в МОм);

- период максимального наполнения (ПМН), увеличивающийся при повышении тонуса и снижении эластичности сосудов (в секундах);

- показатель модуля упругости (ПМУ), характеризующий структурные свойства сосудистых стенок, их эластичность и тонус (в секундах).

Совокупность этих диагностических показателей достаточно полно характеризует гемодинамику глаза в сосудистом русле.

Пациенты (оперированный и парный глаз) были обследованы всеми перечисленными методами до, через 1 и 6 месяцев, а также через 1 год после МСП.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием приложения Microsoft Excel и пакета статистического анализа — Statistica 10.0 Statsoft Inc (США). Вычисляли средние значения (M), стандартную ошибку средней величины (m), показатели достоверности по Стьюденту (p). За достоверную значимость принимали $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Как показало динамическое наблюдение, в раннем периоде (до 5–7 дней) после МСП у всех детей и подростков наблюдался незначительный отек века и конъюнктивы глазного яблока.

Динамика показателей рефракции представлена в таблице 1.

Таблица 1. Динамика показателей рефракции в течение 1 года после МСП с использованием БАТ, содержащего хитозан

Table 1. The dynamics of the refraction within 1 year after low invasive sclera-strengthening surgery using a biologically active chitosan-containing transplant

Срок наблюдения Observation period	Рефракция глаза, дптр ($M \pm m$) Refraction D	
	оперированный глаз operated eye	парный глаз paired eye
До операции / Before surgery	$-6,25 \pm 0,23$	$-5,85 \pm 0,28$
Через 6 мес. / After 6 months	$-6,30 \pm 0,22$	$-5,91 \pm 0,28$
Через 1 год / After 1 year	$-6,50 \pm 0,22$	$-6,11 \pm 0,28$

Как видно из таблицы 1, разница в рефракции через 6 месяцев после МСП с использованием БАТ с хитозаном по сравнению с дооперационным уровнем была незначительной и составила 0,05 дптр ($p > 0,05$). Прогрессирование миопии на обоих глазах практически отсутствовало, и через 1 год эта разница на оперированном глазу составила в среднем 0,25 дптр, т.е. ГПП, который до МСП составлял $1,1 \pm 0,04$ дптр, уменьшился в 4,4 раза.

Таблица 2. Динамика показателей акустической плотности склеры (уе) после МСП с использованием БАТ, содержащего хитозан ($M \pm m$)

Table 2. Dynamics of the acoustic density of sclera (conventional units) after low invasive sclera-strengthening surgery using a biologically active chitosan-containing transplant ($M \pm m$)

Срок наблюдения Observation period	Оперированный глаз operated eye		Парный глаз paired eye	
	задний полюс Posterior part	экватор equator	задний полюс Posterior part	экватор equator
До операции / Before surgery	$204,10 \pm 4,00$	$197,10 \pm 4,39$	$207,30 \pm 3,67$	$190,40 \pm 3,88$
Через 6 мес. / After 6 months	$223,80 \pm 3,08^*$	$213,30 \pm 4,26^{**}$	$218,60 \pm 3,42^{**}$	$203,80 \pm 4,12^{**}$
Через 1 год / After 1 year	$220,00 \pm 2,77^*$	$211,10 \pm 3,93^{**}$	$213,10 \pm 3,03$	$200,80 \pm 3,78$

Примечание: * — различие с дооперационным уровнем достоверно, $p < 0,01$.

** — различие с дооперационным уровнем достоверно, $p < 0,05$.

Представляет интерес анализ влияния склероукрепляющего лечения на состояние парных глаз, поскольку в ранее опубликованных работах отмечалось положительное воздействие склеропластики на динамику рефракции и некоторые функциональные показатели парного, не оперированного глаза [6, 27–29]. Наши исследования подтверждают, что темпы прогрессирования миопии в результате склероукрепляющего вмешательства снижаются и на парных глазах. Так, динамика рефракции парного глаза составила через 6 месяцев после МСП в среднем 0,06 дптр ($p > 0,05$). К концу срока наблюдения усиление рефракции на парных глазах относительно исходного показателя составило 0,26 дптр ($p > 0,05$). Таким образом, ГПП парных глаз, исходно составлявший 0,57 \pm 0,03 дптр, снизился в 2,2 раза.

Стабилизация миопического процесса сопровождалась повышением биомеханической стабильности склеры, которая в данном исследовании характеризовалась увеличением ее акустической плотности. После выполнения МСП отмечалось повышение АПС во всех зонах как оперированного, так и (в меньшей степени) парного глаза. Установлено, что этот показатель через 6 месяцев в области заднего полюса оперированного глаза увеличился в среднем на 19,7 уе ($p < 0,01$), а в области экватора на 16,2 уе ($p < 0,05$) (табл. 2).

Через 1 год наблюдений обнаружено уменьшение значений АПС относительно данных, полученных через 6 месяцев, но относительно исходных показателей они оставались достоверно более высокими и в зоне экватора (на 14,0 уе, $p < 0,01$), и заднего полюса (на 15,9 уе, $p < 0,05$). Изучение динамики АПС на парном глазу также выявило повышение этого показателя: через 6 месяцев — достоверное ($p < 0,01$), через 1 год — носившее характер тенденции (табл. 2).

Очевидно, стабилизация рефракции была связана не только с повышением биомеханической устойчивости склеры (с повышением АПС), но и с улучшением кровоснабжения оболочек глаза. Об этом свидетельствуют данные ТП РОГ, полученные в различные сроки после МСП с использованием БАТ с хитозаном (табл. 3).

Как видно из таблицы 3, на оперированных глазах отмечалось достоверное повышение ($p < 0,01$) РИ относительно

Таблица 3. Динамика показателей гемодинамики ($M \pm m$) после МСП с использованием БАТ, содержащего хитозан**Table 3.** Dynamics of hemodynamic ($M \pm m$) after low invasive sclera-strengthening surgery using a biologically active chitosan-containing transplant

Срок наблюдения Observation period	Оперированный глаз operated eye			Парный глаз paired eye		
	РИ, мОм	ПМН, с	ПМУ, с	РИ, мОм	ПМН, с	ПМУ, с
До операции / Before surgery	26,50 ± 2,17	0,16 ± 0,03	0,19 ± 0,03	26,19 ± 2,53	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,04
Через 6 мес. / After 6 months	63,24 ± 5,93*	0,17 ± 0,03	0,21 ± 0,04	58,50 ± 3,70*	0,17 ± 0,03	0,22 ± 0,05
Через 1 год / After 1 year	45,00 ± 2,88*	0,17 ± 0,03	0,20 ± 0,04	43,27 ± 2,36*	0,16 ± 0,03	0,22 ± 0,03
До операции / Before surgery	35,67 ± 2,18*	0,17 ± 0,03	0,20 ± 0,04	33,71 ± 2,14*	0,17 ± 0,03	0,21 ± 0,05

Примечание: * — различие с исходным уровнем (до операции) достоверно, $p < 0,01$.

исходных показателей во все сроки наблюдения: в ранний срок — на 36,74 мОм (на 139 %), через 6 месяцев увеличение РИ сохранялось и составило 18,5 мОм (на 69,8 %).

К концу срока наблюдения (1 год) имело место некоторое снижение (по сравнению с первым сроком наблюдения) значений РИ (на 27,57 мОм), однако эти значения превышают исходные (дооперационные) показатели на 34,6 % ($p < 0,01$).

Значение РИ на парных глазах также имело тенденцию к повышению. Через месяц РИ увеличился на 32,31 ± 1,17 мОм (на 123,3 %). Через 6 месяцев после операции показатели РИ на парных глазах, так же, как и на оперированных, оставались высокими по сравнению с дооперационными данными, РИ был выше исходного значения на 65,21 %. К концу срока наблюдения РИ снизился, но превышал первоначальные значения на 28,7 % ($p < 0,01$).

Постепенное снижение РИ, очевидно, можно объяснить уменьшением концентрации препарата (хитозана), депонированного в полимерном покрытии БАТ, а также стиханием реакции послеоперационного асептического воспаления.

Другие показатели гемодинамики, такие как ПМН и ПМУ, характеризующие преимущественно состояние стенок сосудов, практически не изменялись за весь период наблюдения ни на оперированных, ни тем более на парных глазах.

ОБСУЖДЕНИЕ

В наших предыдущих исследованиях было показано, что ТП РОГ является достаточно чувствительным методом, который позволяет обнаружить начальные нарушения кровообращения на уровне капиллярного русла. С помощью именно этого метода было показано снижение РИ не только при высокой миопии, но и при миопии слабой и средней степени, в то время как ультразвуковая доплерография при параллельном с ТП РОГ исследовании одной и той же группы детей и подростков выявила отличие от нормы только при миопии высокой степени, при которой нарушение кровоснабжения происходит, по-видимому, уже на уровне более крупных сосудов [24, 30–32]. Данные ТП РОГ, полученные нами ранее при обследовании детей и подростков с миопией слабой и средней степени для оценки эффективности комплексного функционального

лечения, качественно совпали с результатами традиционной контактной РОГ, применявшейся в 70-х годах прошлого века Э.С. Аветисовым и соавт. с той же целью [2]. О надежности и точности данных, получаемых с помощью ТП РОГ, свидетельствуют полученные нами ранее результаты обследования пациентов с быстро прогрессирующей миопией высокой степени, направленных на бандажирующее склероукрепляющее вмешательство. Показатель РИ у этих пациентов до операции был существенно ниже нормы и колебался от 14,0 до 24,2 мОм, в среднем составляя 19,7 ± 5,7 мОм. Через месяц после хирургического воздействия увеличение этого показателя в среднем по группе составило 224 %. В данном исследовании исходные показатели РИ были в среднем несколько выше, а послеоперационные показатели — несколько ниже, чем у пациентов после бандажирующей склеропластики. Это, по-видимому, объясняется тем, что на малоинвазивное вмешательство направляют пациентов с более низким темпом прогрессирования (лучшим состоянием кровоснабжения), чем на бандажирующую склеропластику (с более значительным нарушением кровоснабжения), а гемодинамический эффект после нее более выражен из-за большего объема вмешательства и большего размера трансплантата. В ходе исследований было также отмечено, что повышение остроты зрения в среднем на 0,25 сопровождалось усилением кровоснабжения в диапазоне от 57 до 421 % [24, 31].

Важным результатом проведенного нами исследования является также выявление роста РИ не только оперированного, но и парного (неоперированного) глаза. Возможно, повышение (максимальное) РИ через 1 месяц после МСП связано не только с активным действием БАТ с хитозаном, но и с местной асептической и иммунной реакцией в ответ на хирургическое повреждение экстраокулярных соединительных структур. Ряд авторов [16, 33] считает, что эти реакции инициируются не только локальным, но и системным выбросом вазоактивных и других физиологически активных веществ, обеспечивающих местный вазодилатационный эффект и усиление кровотока в области орбиты с первых дней после операции. Подобные реакции, хотя и менее выраженные, по принципу окуло-окулярного рефлекса проявляются и на парном глазу [34], о чем также свидетельствуют наши данные.

Полученные результаты позволяют рассматривать показатели ТП РОГ не только в качестве объективных критериев эффективности проведенного склероукрепляющего и антидистрофического вмешательства, но и как важные ориентиры при выборе тактики лечения прогрессирующей миопии и профилактики ее осложнений. Значение РИ необходимо учитывать при определении показаний к склероукрепляющему лечению, а степень его послеоперационного повышения как на оперированном, так и на парном глазу может служить объективным показателем при определении целесообразности и сроков проведения повторного вмешательства, его объема (малоинвазивной или бандажирующей склеропластики).

В настоящее время ТП РОГ используется в МНИИ ГБ им. Гельмгольца не только при обследовании пациентов с миопией, но и в комплексной диагностике (в том числе) ранней первичной открытоугольной глаукомы [35].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что ТП РОГ является эффективным инструментом для оценки ре-

зультатов склероукрепляющего и трофического лечения прогрессирующей миопии, в том числе с помощью этого метода удалось продемонстрировать существенное улучшение кровоснабжения оболочек оперированного и парного глаза в результате МСП с использованием нового БАТ, содержащего хитозан. Неоспоримые преимущества ТП РОГ: чувствительность и точность определения гемодинамических показателей сосудистого русла глаза при отсутствии контакта с поверхностью глаза, быстрота и удобство проведения обследования, возможность использования в офтальмопедиатрической практике — позволяют считать этот метод весьма перспективным и полезным для использования при различных заболеваниях глаз.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Иомдина Е.Н. — концепция и дизайн исследования, подготовка текста; Тарутта Е.П. — проведение хирургического лечения, анализ клинических данных; Маркосян Г.А. — проведение хирургического лечения, сбор и обработка материала; Сianosян А.А. — сбор и статистическая обработка материала; Лужнов П.В. — обеспечение методики проведения реографического исследования; Шамаев Д.М. — обработка данных реографического исследования; Рамазанова К.А. — проведение ультразвукового исследования.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Тарутта Е.П. Возможности профилактики прогрессирующей и осложненной миопии в свете современных знаний о ее патогенезе. *Вестник офтальмологии*. 2006;122(1):43–47 [Tarutta E.P. Potentialities of preventing progressive and complicated myopia in the light of present-day knowledge. *Annals of Ophthalmology = Vestnik Ophthalmologii*. 2006;122(1):43–47 (In Russ.)].
2. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 1999. 288 с. [Avetisov E.S. Myopia. Moscow: Medicine, 1999. 288 p. (In Russ.)].
3. Иомдина Е.Н. Биомеханические и биохимические нарушения склеры при прогрессирующей близорукости и методы их коррекции. В кн.: Аветисов С.Э., Кашченко Т.П., Шамшинова А.М. (ред.) Зрительные функции и их коррекция у детей. М.: Медицина, 2005. С. 163–183 [Iomdina E.N. Biomechanical and biochemical disorders of the sclera in progressive myopia and methods of their correction. In: Avetisov S.E., Kashchenko T.P., Shamshinova A.M. (eds) Visual functions and their correction in children. Moscow: Medicine, 2005. P. 163–183 (In Russ.)].
4. Гндоян И.А., Петраевский А.В. Влияние некоторых местных лекарственных препаратов на гемоперфузию переднего сегмента глаза при миопии. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2015;2:5–9 [Gndoyan I.A., Petraevskiy A.V. The influence of some local medicinal drugs on the hemoperfusion of the eye anterior segment in myopia. *Russian Pediatric Ophthalmology = Rossiiskaya Peditricheskaya Oftal'mologiya*. 2015;2:5–9 (In Russ.)].
5. 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 E.P., Kushnarevich N.Yu. Biomechanical and hemodynamic factors to the genesis of chorioretinal dystrophies in myopia. *Annals of Ophthalmology = Vestnik Ophthalmologii*. 1997;113(4):21–23 (In Russ.)].
6. Тарутта Е.П. Склероукрепляющее лечение и профилактика осложнений прогрессирующей близорукости. В кн.: Аветисов С.Э., Кашченко Т.П., Шамшинова А.М. (ред.) Зрительные функции и их коррекция у детей. М.: Медицина, 2005. С. 191–202 [Tarutta E.P. Sclera reinforcement treatment and prevention of complication of progressive myopia. In: Avetisov S.E., Kashchenko T.P., Shamshinova A.M. (eds) Visual functions and their correction in children. Moscow: Medicine, 2005. P. 191–202 (In Russ.)].
7. Либман Е.С., Беляев В.С., Мелкумянц Т.С., Бочкарева З.Г. Клинико-функциональное состояние глаз с высокой осложненной близорукостью после операций склеропластики. *Вестник офтальмологии*. 1980;6:32–36 [Libman E.S., Belyaev V.S., Melkumyants T.S., Bockhareva Z.G. Clinico-functional state of the eyes with a high complicated myopia after scleroplasty. *Annals of Ophthalmology = Vestnik Ophthalmologii*. 1980;6:32–36 (In Russ.)].
8. Мухамадиев Р.О. Состояние гемодинамики глаза и эффективность склеропластических операций ксенотрансплантатом при прогрессирующей миопии. *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. 2004;3(11):36–40 [Mukhamadiev R.O. The ocular haemodynamics and effectiveness of surgery using ksenotransplantat in progressive myopia. *Regional Haemodynamics and Microcirculation = Regionarnoe krovoobraschenie i microcirculatsiya*. 2004;3(11):36–40 (In Russ.)].
9. Тарутта Е.П., Шамхалова Э.Ш., Вальский В.В. Анализ отдаленных результатов склеропластики при прогрессирующей близорукости. *Офтальмологический журнал*. 1989;4:204–207 [Tarutta E.P., Shamkhalova E.Sh., Valsky V.V. Analysis of remote results of scleroplasty in progressive myopia. *Journal of Ophthalmology = Oftalmologicheskii zhurnal*. 1989;4:204–207 (In Russ.)].
10. Zhu Z., Ji X., Zhang J., Ke G. Posterior scleral reinforcement in the treatment of macular retinoschisis in highly myopic patients. *Clin Exp Ophthalmol*. 2009;37(7):660–663.
11. Иомдина Е.Н., Тарутта Е.П., Андреева Л.Д., Иващенко Ж.Н., Маркосян Г.А., Шкуренок С.И. Экспериментальное обоснование склероукрепляющего лечения прогрессирующей близорукости биологически активным синтетическим трансплантатом. *Рефракционная хирургия и офтальмология*. 2005;5(4):19–23 [Iomdina E.N., Tarutta E.P., Andreeva L.D., Ivashchenko Zh.N., Markosyan G.A., Shkurenko S.I. An experimental validation of sclera strengthening treatment of progressive myopia with a biologically active synthetic transplant. *Refractive Surgery and Ophthalmology = Refraccionnaya khirurgiya i oftalmologiya*. 2005;5(4):19–23 (In Russ.)].
12. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Кружкова Г.В., Маркосян Г.А. Отдаленные результаты склерореконструктивного лечения прогрессирующей миопии. *Российский офтальмологический журнал*. 2011;4(1):71–75 [Tarutta E.P., Iomdina E.N., Krzhkova G.V., Markosyan G.A. Long-term results of sclera reconstructive surgery of progressive myopia. *Russian Ophthalmological Journal = Rossiiskij oftalmologicheskij zhurnal*. 2011;4(1):71–75 (In Russ.)].
13. Лазаренко В.И., Осипова О.В., Большаков И.Н. Коллаген-хитозановый комплекс в лечении дегенеративной миопии. Красноярск, 2014 [Lazarenko V.I., Osipova O.V., Bolshakov I.N. Collagen-chitosan complex in the treatment of degenerative myopia. Krasnoyarsk, 2014 (In Russ.)].
14. Лобзина Н.В., Большаков И.Н., Лазаренко В.И. Свойства хитозана и его применение в офтальмологии. *Сибирское медицинское обозрение*. 2015;5:5–13 [Lobzina N.V., Bolshakov I.N., Lazarenko V.I. Properties of chitosan and its using in ophthalmology. *Siberian Medical Review = Sibirskoe medicinskoe obozrenie*. 2015;5:5–13 (In Russ.)].
15. Скрыбин К.Г., Вихирева Г.А., Варламов В.П. (ред.) Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. М.: Наука, 2002 [Skryabin K.G., Vikhireva G.A., Varlamov V.P. (eds) Chitin and chitosan. Obtaining, properties and application. Moscow: Nauka, 2002 (In Russ.)].
16. Корниловский И.М. Патогенетические аспекты стабилизации миопии после склеропластических операций. *Офтальмологический журнал*. 1987;6:343–347 [Kornilovskiy I.M. Pathogenetic aspects of stabilization of myopia after scleroplastic operations. *Journal of Ophthalmology = Oftalmologicheskii zhurnal*. 1987;6:343–347 (In Russ.)].
17. Бунин А.Я. Гемодинамика глаза и методы ее исследования. М., 1971 [Bunin A.Ya. Eye hemodynamics and methods of its study. Moscow: Medicine, 1971 (In Russ.)].
18. Schmetterer L. Ocular blood flow. New York: Springer, 2012.
19. Киселева Т.Н., Котелин В.И., Лосанова О.А., Луговкина К.В. Неинвазивные методы оценки гемодинамики переднего сегмента глаза: перспективы применения в клинической практике. *Офтальмология*. 2017;15(4):283–290 [Kiseleva T.N., Kotelin V.I., Losanova O.A., Lugovkina K.V. Noninvasive Methods Assessment Blood Flow in Anterior Segment and Clinical Application Perspective. *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya* 2017;15(4):283–290 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2017-4-283-290
20. Котляр К.Е. Методы исследования гемодинамики глаза. В кн.: Шамшинова А.М. (ред.) Клиническая физиология зрения. М.: МБН, 2006. С. 639–740 [Kotliar K.E. Methods of eye hemodynamics study. In: Shamshinova A.M. (ed.) Clinical eye physiology. Moscow: MBN, 2006. P. 639–740 (In Russ.)].
21. Кацнельсон Л.А. Реография глаза. М.: Медицина, 1977 [Katsnelson L.A. Ocular reography. Moscow: Medicine, 1977 (In Russ.)].
22. Кацнельсон Л.А., Фарафонова Т.И., Бунин А.Я. Сосудистые заболевания глаз. М.: Медицина, 1990 [Katsnelson L.A., Farafonova T.I., Bunin A.Ya. Vascular eyes diseases. Moscow: Medicine, 1990 (In Russ.)].

23. Лужнов П.В., Парашин В.Б., Шамаев Д.М. Анализ особенностей применения методов реоофтальмографии. *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2011;10:39–41 [Luzhnov P.V., Parashin V.B., Shamaev D.M. Analysis of Using Features of Rheoophthalmographic Method. *Biomedicine Radioengineering = Biomedicinskaya Radioelektronika*. 2011;10:39–41 (In Russ.)].
24. Иомдина Е.Н., Лужнов П.В., Шамаев Д.М., Тарутта Е.П., Киселева Т.Н., Маркосян Г.А., Рамазанова К.А., Навылова О.А., Курылева И.М., Шамкина Л.А. Оценка транспальпебральной реоофтальмографии как нового метода исследования кровоснабжения глаза при миопии. *Российский офтальмологический журнал*. 2014;4(4):20–24 [Iomdina E.N., Luzhnov P.V., Shamaev D.M., Tarutta E.P., Kiseleva T.N., Markossian G.A., Ramazanova K.A., Napylova O.A., Kuryleva I.M., Shamkina L.A. An evaluation of transpalpebral rheoophthalmography as a new method of studying the blood supply to the eye in myopia. *Russian Ophthalmological Journal = Rossijskij oftalmologicheskij zhurnal*. 2014;4(4):20–24 (In Russ.)].
25. Иомдина Е.Н., Лужнов П.В., Шамаев Д.М., Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., Шамкина Л.А., Сианосян А.А. Устройство крепления электродов для проведения транспальпебральной реоофтальмографии: Патент RU 153338 от 10.07.2015. Бюл. № 19 [Iomdina E.N., Luzhnov P.V., Shamaev D.M., Tarutta E.P., Markossian G.A., Shamkina L.A., Sianosyan A.A. Electrode attachment device for transpalpebral reoophthalmography: Patent RU 153338U1, 10.07.2015 (In Russ.)].
26. Лазаренко В.И. Функциональная география глаза. Красноярск: Растр, 2000 [Lazarenko V.I. Functional ocular geography. Krasnoyarsk: Rastr, 2000 (In Russ.)].
27. Бушуева Н.Н. Отдаленные результаты различных методов склероукрепляющих операций у детей и подростков, страдающих прогрессирующей близорукостью. *Офтальмологический журнал*. 1989;4:194–198 [Bushueva N.N. Remote results of different methods of sclera reinforcement operations in children and adolescents with progressive myopia. *Journal of Ophthalmology = Oftalmologicheskii zhurnal*. 1989;4:194–198 (In Russ.)].
28. Тарутта Е.П. Выбор метода склеропластики при прогрессирующей близорукости у детей. *Вестник офтальмологии*. 1992;108(2):10–13 [Tarutta E.P. A choice of scleroplasty's method in progressive myopia in children. *Annals of Ophthalmology = Vestnik Oftalmologii*. 1992;108(2):10–13 (In Russ.)].
29. Curtin B.J., Whitmore W.G. Long-term results of scleral reinforcement surgery. *Am J Ophthalmol*. 1987;103:544–548.
30. Лужнов П.В., Шамаев Д.М., Иомдина Е.Н., Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., Шамкина Л.А., Сианосян А.А. Транспальпебральная тетраполярная реоофтальмография в задачах оценки параметров системы кровообращения глаза. *Вестник Российской академии наук*. 2015;70(3):372–377 [Luzhnov P.V., Shamaev D.M., Iomdina E.N., Tarutta E.P., Markossian G.A., Shamkina L.A., Sianosyan A.A. Transpalpebral Tetrapolar Reoophthalmography in the Assessment of Parameters of the Eye Blood Circulatory System. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences = Vestnik Rossijskoj Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2015;70(3):372–377 (In Russ.)]. DOI: 10.15690/vrtrmn.v70i3.1336
31. Лужнов П.В., Парашин В.Б., Шамаев Д.М., Иомдина Е.Н., Маркосян Г.А., Навылова О.А. Использование тетраполярной методики при реоофтальмографии для оценки кровоснабжения глаза. *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2012; 10:18–21 [Luzhnov P.V., Parashin V.B., Shamaev D.M., Iomdina E.N., Markossyan G.A., Napylova O.A. Use of tetrapolar methods of rheoophthalmography for an estimation of eye blood supply. *Biomedicine Radioengineering = Biomedicinskaya Radioelektronika*. 2012;10:18–21 (In Russ.)].
32. Киселева Т.Н., Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Исследование показателей гемодинамики в сосудах глаза на фоне комплексного функционального лечения близорукости. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2013;12(4):20–23 [Kiseleva T.N., Tarutta E.P., Tarasova N.A. Ocular hemodynamic changes after complex non-surgical treatment of myopia. *Regional Haemodynamics and Microcirculation = Regionalnoe krovoobraschenie i microcirculatsia*. 2013;12(4):20–23 (In Russ.)].
33. Свирин А.В., Антипова О.А., Серебрякова Т.В. Модификация операции введения везицы гомоткани в теноновое пространство при высокой прогрессирующей близорукости. *Вестник офтальмологии*. 1984;4:31–33 [Svirin A.V., Antipova O.A., Serebryakova T.V. The administration of a homogenated tissue suspension into the Tenon's space of patients with high progressive myopia. *Annals of Ophthalmology = Vestnik Oftalmologii*. 1984;4:31–33 (In Russ.)].
34. Зуева М.В., Слепова О.С., Гундорова Р.А., Цапенко И.В., Вериге Е.Н., Черноокова В.А., Макаров П.В., Илуридзе С.В. Классификация окуло-окулярных реакций при тяжелой механической травме глаза по данным электрофизиологических иммунологических исследований. *Рефракционная хирургия и офтальмология*. 2007;7(1):35–41 [Zueva M.V., Slepova O.S., Gundorova R.A., Tsapenko I.V., Verigo E.N., Chernookova V.A., Makarov P.V., Iluridze S.V. The classification of oculo-ocular reactions after severe mechanical ocular trauma by the data of electrophysiological and immunological examinations. *Refractive Surgery and Ophthalmology = Refraccionnaya khirurgiya i oftalmologiya*. 2007;7(1):35–41 (In Russ.)].
35. Клейман А.П., Киселева О.А., Иомдина Е.Н., Бессмертный А.М., Лужнов П.В., Шамаев Д.М. Значение транспальпебральной реоофтальмографии как нового метода ранней диагностики первичной открытоугольной глаукомы. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2016;1:69–71 [Kleyman A.P., Kiseleva O.A., Iomdina E.N., Bessmertnyy A.M., Luzhnov P.V., Shamaev D.M. The value of transpalpebral reoophthalmography as a new method of early diagnosis of primary open-angle glaucoma. *Medical Annals of Bashkortostan = Medicinskii Vestnik Bashkortostana*. 2016;1:69–71 (In Russ.)].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБУ «МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Иомдина Елена Наумовна
доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики
ул. Садовая-Черногрязская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

ФГБУ «МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Тарутта Елена Петровна
доктор медицинских наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики
ул. Садовая-Черногрязская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

ФГБУ «МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Маркосян Гаюз Айказовна
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики
ул. Садовая-Черногрязская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

ФГБУ «МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Сианосян Алиса Альбертовна
аспирант отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики
ул. Садовая-Черногрязская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Лужнов Петр Вячеславович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Медико-технические информационные технологии» (БМТ-2)
ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Шамаев Дмитрий Михайлович
ассистент кафедры «Медико-технические информационные технологии» (БМТ-2)
ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация

ФГБУ «МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Рамазанова Камилла Ахмедовна
кандидат медицинских наук, заведующая отделением ультразвуковых исследований
ул. Садовая-Черногрязская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases
Iomdina Elena N.
Dr. Sci. (Biol.), Professor, Principal Researcher of Refraction Pathology Department
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases
Tarutta Elena P.
MD, Professor, Head of Refraction Pathology Department
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases
Markossian Gayane A.
MD, Leading Researcher of Refraction Pathology Department
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases
Sianosyan Alisa A.
postgraduate
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia

Bauman Moscow State Technical University
Luzhnov Petr V.
PhD, Associate Professor, Department of Medical and Technical Information Technology
2-ya Baumanskaya str., 5, Moscow, 105005, Russia

Bauman Moscow State Technical University
Shamaev Dmitry M.
Assistant of Medical and Technical Information Technology
2-ya Baumanskaya str., 5, Moscow, 105005, Russia

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases
Ramazanova Kamilla A.
PhD, head of Ultrasound Diagnostic Department
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia