

Оценка эффективности транспупиллярной гексагональной паттерновой лазеркоагуляции сетчатки в лечении активных стадий ретинопатии недоношенных

А.В. Терещенко^{1,2}, И.Г. Трифаненкова^{1,2}, Ю.А. Сидорова¹, В.В. Фирсова¹

¹Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга, Россия

²КГУ им. К.Э. Циолковского, Калуга, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить эффективность транспупиллярной гексагональной паттерновой лазеркоагуляции сетчатки (ЛКС) в лечении активных стадий ретинопатии недоношенных (РН).

Материал и методы: с 2017 по 2020 г. транспупиллярная ЛКС была проведена 161 младенцу (161 глаз) с неблагоприятным типом течения 2-й и 3-й активных стадий РН. Все младенцы были разделены на основную и контрольную группы. В обеих группах лазерное лечение проводилось на паттерновой системе Integre Pro Scan 561 нм (Ellex, Австралия). В контрольной группе (n=83) проводилась ЛКС с выбором матричных паттернов квадратной формы 3×3 (суммарно 9 аппликаторов); в основной группе (n=78) — сотовидная ЛКС с использованием паттерна гексагональной формы (суммарно 7 аппликаторов). Параметры коагуляции в основной и контрольной группах отличались только интервалом между лазерными аппликаторами: межспотовое расстояние в основной группе было увеличено на 0,25 диаметра коагулята по сравнению с контрольной. Эффективность лечения оценивали на основании динамики клинических признаков (уплощение, уменьшение и исчезновение вала экстраретинальной пролиферации (ЭРП) и демаркационного вала) и морфометрических показателей (снижение толщины сетчатки в макулярной области) через 3–4 нед. после ЛКС.

Результаты исследования: эффективность методики гексагональной паттерновой ЛКС сопоставима с эффективностью паттерновой ЛКС с использованием паттернов квадратной формы: 100% в обеих группах при 2-й стадии заболевания и 96% — при 3-й стадии заболевания. Общее количество коагулятов, количество одиночных коагулятов, суммарная энергетическая нагрузка и общее время лечения при проведении паттерновой ЛКС с гексагональными паттернами были меньше, чем при использовании квадратных матричных паттернов. Шестиугольная форма паттерна удобна при работе вблизи от вала ЭРП, она обеспечивала топографически ориентированное проведение сеанса ЛКС с учетом индивидуальных особенностей локализации патологического процесса. Методика оптимально подошла для работы на сферической поверхности сетчатки глаза недоношенного ребенка и обеспечила точный и интуитивно понятный докинг каждого последующего паттерна к предыдущему.

Заключение: методика ЛКС с использованием гексагональной формы паттерна является тканесберегающей, дозированной, высокоточной и позволяет получить адекватный клинический эффект с минимальной энергетической нагрузкой на сетчатку глаза недоношенного ребенка.

Ключевые слова: активные стадии ретинопатии недоношенных, транспупиллярная паттерновая лазеркоагуляция сетчатки, гексагональный паттерн, сотовидный паттерн, матричный паттерн, вал экстраретинальной пролиферации.

Для цитирования: Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Сидорова Ю.А., Фирсова В.В. Оценка эффективности транспупиллярной гексагональной паттерновой лазеркоагуляции сетчатки в лечении активных стадий ретинопатии недоношенных. Клиническая офтальмология. 2023;23(1):39–46. DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-39-46.

Evaluation of the efficacy of transpupillary hexagonal pattern laser coagulation of the retina in the treatment of active stages of retinopathy of prematurity

A.V. Tereshchenko^{1,2}, I.G. Trifanenkova^{1,2}, Yu.A. Sidorova¹, V.V. Firsova¹

¹Kaluga Branch of the S.N. Fedorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga, Russian Federation

²K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University, Kaluga, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate the efficacy of transpupillary hexagonal pattern laser coagulation of the retina (LCR) in the treatment of active stages of retinopathy of prematurity (ROP).

Patients and Methods: from 2017–2020, transpupillary LCR was performed for 161 infants (161 eyes) with an unfavorable course of ROP, active stages 2 and 3. All infants were divided into the study and control groups. Patients of both groups received laser treatment with the Integre Pro Scan 561 nm pattern system (Ellex, Australia). In the control group (n=83), LCR was performed with the chosen square matrix patterns 3×3 (totally 9 applications). In the study group (n=78), the "honeycomb" LCR was performed using a hexagonal pattern (totally 7 applications). Coagulation parameters in the study and control groups differed only in the interval between laser applications. The inter-spot distance was increased by 0.25 of the coagulum diameter in the study group as compared to the control group. The treatment efficacy was

evaluated by changes in the clinical manifestations (flattening, decrease and disappearance of the extraretinal proliferation (ERP) ridge and demarcation ridge) and morphometric indicators (reduction in retinal thickness in the macular region) 3–4 weeks following LCR.

Results: the efficacy of the hexagonal pattern LCR technique is comparable to that of the square pattern LCR: in both groups it was effective in 100% of patients with ROP stage 2 and 96% of patients with ROP stage 3. In patients treated with the hexagonal pattern LCR, the total number of coagulates, number of single coagulates, total energy load and the total treatment time were less than those in patients for whom the square matrix patterns were used. The hexagonal pattern shape is convenient for performing treatment close to the extraretinal proliferation ridge, as a topographically oriented LCR session can be performed on a case-by-case basis, considering individual characteristics of the pathological process location. The technique was optimal for treating the spherical retinal surface of a premature baby and provided an accurate and intuitive "docking" of every next pattern to the previous one.

Conclusion: the hexagonal pattern LCR is a tissue-saving, dosed and high-precision technique which enables to achieve an adequate clinical effect minimizing the energy load on the retina of a premature baby.

Keywords: active stages of retinopathy of prematurity, transpupillary pattern laser coagulation of the retina, hexagonal pattern, "honeycomb" pattern, matrix pattern, extraretinal proliferation (ERP) ridge.

For citation: Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Sidorova Yu.A., Firsova V.V. Evaluation of the efficacy of transpupillary hexagonal pattern laser coagulation of the retina in the treatment of active stages of retinopathy of prematurity. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2023;23(1):39–46 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-39-46.

ВВЕДЕНИЕ

Лазерная коагуляция аваскулярных зон сетчатки в настоящее время продолжает оставаться безопасным и высокоэффективным методом лечения активных стадий ретинопатии недоношенных (РН) [1–12]. Однако, несмотря на доступность и широкую распространенность, технология проведения лазерного лечения при РН постоянно оптимизируется. До сих пор продолжаются споры между хирургами в отношении оптимальных энергетических параметров и режимов лазерной коагуляции сетчатки (ЛКС).

Учитывая необходимость одновременного нанесения большого количества лазерных аппликатов на аваскулярную сетчатку, с 2009 г. в лечении активных стадий РН стали активно использовать сканирующую паттерновую коагуляцию сетчатки. Методика, получившая наименование по названию лазерной установки Pascal (Optimedica, США), основана на генерации ультракоротких лазерных импульсов в определенной последовательности в соответствии с заданными «шаблонами», или паттернами. Данная технология зарекомендовала себя как оптимально дозированная и безопасная, что подтверждается отдаленными результатами лечения. Было доказано, что своевременная паттерновая ЛКС при 2-й стадии классического течения заболевания приводит к регрессу РН в 100% наблюдений, а при 3-й стадии заболевания — в 96,4% [2, 11].

При проведении паттерновой ЛКС используются регулярные квадратные матричные решетки различных размеров — от 2×2 (суммарно 4 спота в паттерне) до 5×5 (суммарно 25 спотов в паттерне). Выбор размера паттерна и энергетических параметров зависит от тяжести течения, формы и стадии заболевания, а также от степени сосудистой активности и локализации патологического процесса (с учетом площади аваскулярной сетчатки) [1].

При большой площади аваскулярной сетчатки паттерновую ЛКС, как правило, начинают с применения квадратных паттернов большого размера (суммарно 25 или 16 спотов), постепенно уменьшая размер паттерна при работе на периферии (суммарно 9 или 4 спота), и переходят в режим одиночного импульса в конце операции при работе с оставшимися участками аваскулярной сетчатки, на которых лазерное воздействие еще не было проведено. Как показывает наш опыт, особенностью паттерновой ЛКС является сложность позиционирования паттернов квадратной формы на сферичную поверхность сетчатки и вблизи вала экстраретинальной пролиферации (ЭРП). Это объясняет необходимость использования во время операции боль-

шого количества одиночных коагулятов, что увеличивает время лечения и, соответственно, время нахождения недоношенного младенца в наркозе. А отсутствие оптимальной стыковки соседних квадратных паттернов друг с другом при повороте головы или глаза ребенка и/или изменении положения линзы приводит к неравномерной коагуляции.

Появление современного оборудования открыло для офтальмохирургов новые перспективы. Среди возможностей новых приборов особого внимания заслуживает функция свободной ротации паттернов и выбора их разнообразной геометрической формы [13, 14]. Анализ доступной литературы показал, что выбор конфигурации и размера паттерна зависит только от индивидуальных предпочтений хирурга. Также нет статей, в которых описывается работа с паттерном гексагональной формы (сотовидным), который относится к регулярным треугольным паттернам и состоит из 7 аппликатов. При работе с сотовидным паттерном, в отличие от квадратного, происходит оптимальный докинг соседних паттернов между собой. В результате за счет равноудаленного, доказанного математически, расположения спотов внутри гексагонального паттерна хирург получает равномерное распределение лазерных коагулятов на сферичной поверхности сетчатки глаза недоношенного ребенка [16].

Цель исследования: оценить эффективность транспупиллярной гексагональной паттерновой ЛКС в лечении активных стадий РН.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За период с 2017 по 2020 г. транспупиллярная ЛКС была проведена 161 младенцу со 2-й и 3-й активными стадиями РН, с неблагоприятным типом течения (по классификации А.В. Терещенко и соавт., 2008) [15]. Постконцептуальный возраст (ПКВ) на момент лазеркоагуляции составил 34–37 нед. при 2-й стадии заболевания и 36–38 нед. при 3-й стадии. Диагноз с определением стадии и типа течения активной РН ставился на основе данных комплексного офтальмологического обследования. Комплексное диагностическое обследование и последующее лазерное лечение по показаниям проводились после получения добровольного информированного согласия родителей или законных представителей пациентов.

Всем детям проводили бинокулярную офтальмоскопию с использованием бинокулярного налобного офтальмоскопа (HEINE Omega 500, Германия), цифровую ретиноскопию на широкопольной цифровой ретинальной педиатриче-

Таблица 1. Характеристика пациентов основной и контрольной групп
Table 1. Characteristics of patients in the main and control groups

Критерий Criterion	2-я стадия, неблагоприятный тип Stage 2, unfavorable type		3-я стадия, неблагоприятный тип Stage 3, unfavorable type	
	контрольная группа control group	основная группа study group	контрольная группа control group	основная группа study group
Количество пациентов (глаз) / Number of patients (eyes)	28 (28)	29 (29)	55 (55)	49 (49)
Возраст на момент лечения, нед. Age at the time of treatment, weeks	5-6	5-6	6-7	6-7
Постконцептуальный возраст на момент поступления на лечение, нед. / Post-conception age at the time of admission for treatment, weeks	34-37	34-37	36-38	36-38

ской видеосистеме RetCam-3 (Massie Research Laboratories Inc, США) и оптическую когерентную томографию (ОКТ) на приборе RTVue XR Avanti Angiovue (Optovue, США). У 57 детей (57 глаз) был выявлен неблагоприятный тип течения 2-й стадии РН, а у 104 младенцев (104 глаза) — неблагоприятный тип течения 3-й стадии РН (табл. 1).

Лазерное лечение всем младенцам проводилось под аппаратно-масочным наркозом (кислородно-воздушной смесью с севофлураном) на системе Integre Pro Scan 561 нм (Ellex, Австралия) с использованием контактной роговичной линзы Quad Pediatric Fundus Lens (Volk, США). За 2–3 мин до начала лазерного лечения выполнялась эпibuльбарная анестезия (раствор проксиметакаина 0,5% однократно). Случайным образом все пациенты были распределены в две группы: основную и контрольную. В основной группе (n=78) проводилась сотовидная ЛКС (использовался паттерн гексагональной формы из 7 равноудаленных друг от друга аппликаторов), в контрольной группе (n=83) ЛКС проводилась с выбором матричных паттернов квадратной формы 3×3 (всего 9 аппликаторов в паттерне). На оставшиеся необработанными участки аваскулярной сетчатки лазерные аппликаторы наносили в режиме одиночного импульса. Весь объем лазерного лечения у всех младенцев выполнялся за один сеанс. Единственным отличием в параметрах коагуляции основной и контрольной групп являлся интервал между лазерными аппликаторами: в основной группе межспотовое расстояние было на 0,25 диаметра коагулята больше, чем в контрольной.

Эффективность лечения оценивали через 3–4 нед. после ЛКС на основании динамики клинических признаков (уплощение, уменьшение и исчезновение вала ЭРП и демаркационного вала) и морфометрических показателей (снижение толщины сетчатки в макулярной области), что и характеризовало устойчивый регресс заболевания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении непрямой бинокулярной офтальмоскопии до лазерного лечения у 47 (83%) пациентов со 2-й стадией РН и у 45 (43%) пациентов с 3-й стадией заболевания макулярные рефлексы были сохранены; у всех остальных младенцев макулярные рефлексы отсутствовали. У младенцев со 2-й стадией с неблагоприятным типом течения, по данным цифровой ретиноскопии, выявлялся демаркационный вал, распространяющийся на 6–12 часовых меридианов и возвышающийся над поверхностью сетчатки; выявлялись извитые сосудистые коллатерали и артериовенозные шунты, определялась их штопорообразная извитость (рис. 1).

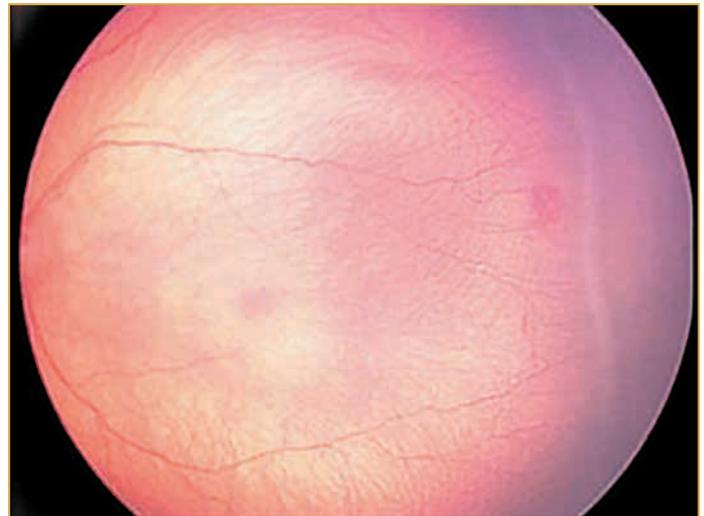


Рис. 1. Офтальмоскопическая картина при 2-й стадии РН, неблагоприятный тип течения

Fig. 1. Ophthalmoscopic findings in ROP, stage 2, an unfavorable course

У младенцев с 3-й стадией РН непрерывный вал фиброваскулярной новообразованной ткани занимал по протяженности не менее 6 последовательных часовых меридианов и определялся на границе между первой и второй зоной или во второй зоне глазного дна (рис. 2). Было зафиксировано резкое расширение и штопорообразная извитость сосудистых шунтов и коллатералей, определялись интра- и преретинальные кровоизлияния перед валом ЭРП.

В данной работе границе васкуляризированной и аваскулярной сетчатки, а также непосредственно форме демаркационного вала было уделено особое внимание. В нашей многолетней клинической практике мы встретились с многообразием и причудливостью форм демаркационного вала. На основании собственного опыта мы условно выделили следующие его формы: округлый/овальный, волнообразный, зигзагообразный/V-образный, кратерообразный, прямолинейный.

В настоящем исследовании чаще всего встречались округлая/овальная и волнообразная формы вала (табл. 2), поэтому гексагональная форма паттерна была предпочтительна при работе на границе аваскулярной и васкуляризированной сетчатки. При работе с гексагональным паттерном удается достичь оптимального повторения конфигурации демаркационного вала и дозированно провести коагуляцию вдоль него. За счет равноудаленного расположения аппликаторов внутри гексагонального паттерна и оптималь-

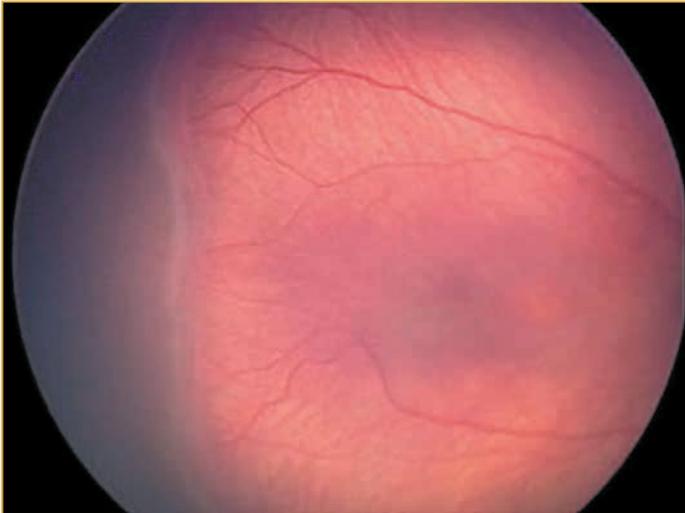


Рис. 2. Офтальмоскопическая картина при 3-й стадии РН, неблагоприятный тип течения

Fig. 2. Ophthalmoscopic findings in ROP, stage 3, an unfavorable course

ного сопоставления соседних паттернов друг с другом даже при повороте линзы или глаза пациента удается сохранить регулярность матричной структуры и получить равномерную коагуляцию всей аваскулярной сетчатки.

При проведении ОКТ в пределах перифовеальной области у детей с неблагоприятным типом течения 2-й стадии РН определялись участки дистрофии ретинального пигментного эпителия и слоя наружных сегментов фоторецепторов. Было зафиксировано усиление рефлексивности внутреннего плексиформного слоя по всей зоне сканирования (рис. 3). У 10 (17%) младенцев определялись кистозные изменения сетчатки в пределах парафовеальной области на уровне внутреннего ядерного слоя; фовеальная ямка у них была сглажена или отсутствовала, отмечалось увеличение толщины сетчатки в области фовеа до $266 \pm 11,82$ мкм. Толщина хориоидеи в макулярной области составляла $279 \pm 16,98$ мкм.

У пациентов с 3-й стадией активной РН с неблагоприятным типом течения, по данным ОКТ, толщина сетчатки в фовеа составляла $254 \pm 11,96$ мкм. У 45 (43%) младенцев область фовеа была сформирована, однако имела сглаженный профиль. Выявлялись зоны локального уплотнения внутренней пограничной мембраны. У 59 (57%) детей на уровне внутреннего ядерного слоя определялись кистозные полости различной формы и размера (рис. 4А). Толщина хориоидеи в макулярной области составляла $281 \pm 11,19$ мкм. Вал с участками плоскостной эпиретинальной неоваскуляризации перед ним и на его вершине визуализировался во 2-й зоне глазного дна (рис. 4В). Участки локальной эпиретинальной неоваскуляризации перед валом определялись в виде гиперрефлективных зон грибовидной формы с проминенцией в стекловидное тело.

При неблагоприятном типе течения 2-й стадии РН выполнялась коагуляция 2-й степени интенсивности (по классификации L'Esperance) всей аваскулярной зоны сетчатки пятном диаметром 200 мкм. При проведении ЛКС использовалась экспозиция 20 мс. Параметры коагуляции отличались только расстоянием между аппликатами в паттерне — в основной группе плотность коагуляции была на 0,25 диаметра коагулята меньше, чем в контрольной. Так, при квадратной ЛКС межспотовое расстояние составило 0,5 диаметра ко-

Таблица 2. Распределение пациентов в зависимости от формы демаркационного вала
Table 2. Distribution of patients by demarcation ridge shape

Форма вала Ridge shape	Количество глаз Number of eyes
Округлый/овальный / Circular/oval	72 (44,7%)
Волнообразный / Wave-shaped	51 (31,7%)
Зигзагообразный/V-образный / Zigzag/V-shaped	15 (9,3%)
Кратерообразный / Crater-shaped	11 (6,8%)
Прямолинейный / Straight-lined	12 (7,5%)

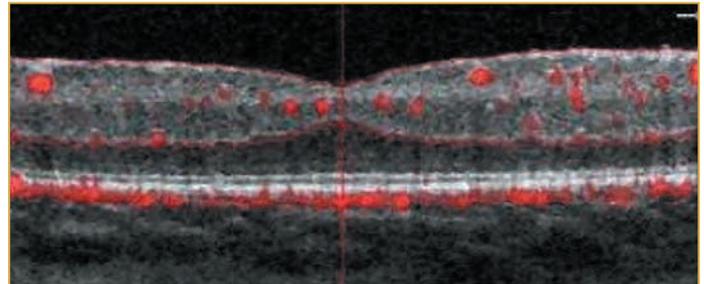


Рис. 3. Данные ОКТ на 2-й стадии РН с неблагоприятным типом течения: усиление рефлексивности внутреннего плексиформного слоя, фовеальная ямка сглажена

Fig. 3. OCT findings in ROP, stage 2, with an unfavorable course: reflectivity of the inner plexiform layer is increased, the foveal fossa is smoothed

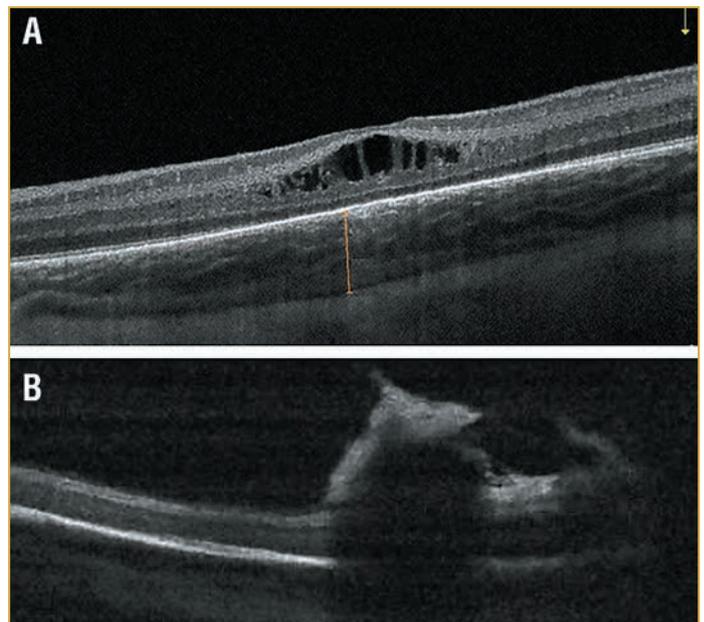


Рис. 4. Данные ОКТ на 3-й стадии РН с неблагоприятным типом течения.

A — кистозные изменения в пределах фовеа и парафовеальной области на уровне внутреннего ядерного слоя; **B** — вал ЭРП в виде гребня, который проминирует в полость стекловидного тела

Fig. 4. OCT in ROP, stage 3, with an unfavorable course.

A — Cystic changes within the fovea and parafoveal region at the level of the inner nuclear layer; **B** — the extraretinal proliferation ridge, extending into the vitreous cavity

агулята, а при гексагональной — 0,75 диаметра коагулята. Мощность лазерного излучения в обеих группах варьировала от 90 до 180 МВт. Общее время лечения в основной груп-

пе составило $9,6 \pm 0,9$ мин, в контрольной — $11,2 \pm 0,7$ мин (в зависимости от площади аваскулярной сетчатки и локализации патологического процесса). Общее количество коагулятов в основной группе было в 1,3 раза меньше, чем в контрольной группе, и составило $876 \pm 74,6$ и 1149 ± 88 соответственно. Среднее количество одиночных импульсов у детей со 2-й стадией РН при использовании гексагонального паттерна составило $30 \pm 1,4$, при использовании квадратного паттерна — $112 \pm 6,6$. Суммарная энергетическая нагрузка в основной группе была равна 1296 ± 79 Дж/см², в контрольной — 1700 ± 89 Дж/см², т. е. в основной группе в 1,3 раза меньше, чем в контрольной.

При неблагоприятном типе течения 3-й стадии РН выполнялась коагуляция 3-й степени интенсивности (по классификации L'Esperance) всей аваскулярной зоны сетчатки лазерными спотами диаметром 300 мкм с экспозицией 30 мс. При матричной ЛКС межспотовое расстояние было равно 0,25 диаметра коагулята, при гексагональной ЛКС — 0,5 диаметра коагулята. Мощность лазерного излучения в обеих группах варьировала от 100 до 200 МВт. Общее время лечения в основной и контрольной группах составило $11,3 \pm 0,8$ и $14 \pm 0,6$ мин соответственно. Общее количество коагулятов в основной группе было в 1,3 раза меньше, чем в контрольной группе ($1047 \pm 59,2$ и 1406 ± 112 соответственно). У детей с 3-й стадией РН при использовании гексагонального паттерна среднее количество одиночных импульсов составило $41 \pm 1,8$, при использовании квадратного паттерна — $165 \pm 4,9$, что подтверждает идеально равномер-

ное позиционирование гексагональных паттернов на сферической поверхности сетчатки. Суммарная энергетическая нагрузка в основной группе была равна 1717 ± 97 Дж/см², в контрольной — 2305 ± 101 Дж/см², т. е. в основной группе в 1,3 раза меньше, чем в контрольной.

На обеих стадиях РН и во всех группах у младенцев в раннем послеоперационном периоде (до 3 сут) наблюдалась реактивная сосудистая реакция, которая выражалась во временном увеличении кровенаполнения центральных и периферических ретинальных сосудов и артериовенозных шунтов [17]. На границе васкуляризированной и аваскулярной сетчатки в обеих группах отмечалось усиление кровенаполнения и проминенции демаркационного вала в стекловидное тело. В отдельных случаях у младенцев с 3-й стадией заболевания определялись умеренно выраженный отек сетчатки в области сосудистых аркад и интратетинальные петехиальные кровоизлияния. После проведенного сеанса лечения и в основной, и в контрольной группе визуализировались множественные светло-серые лазерные коагуляты с умеренно выраженным перифокальным отеком, которые покрывали всю аваскулярную сетчатку.

В раннем послеоперационном периоде при проведении ОКТ отмечалось реактивное увеличение толщины сетчатки в области фовеа до $282 \pm 10,84$ мкм при 2-й стадии заболевания (рис. 5) и до $273 \pm 4,88$ мкм при 3-й стадии заболевания. Следует особо отметить, что показатели увеличения толщины сетчатки в области фовеа зависели от степени выраженности дооперационного кистозного отека. Толщина

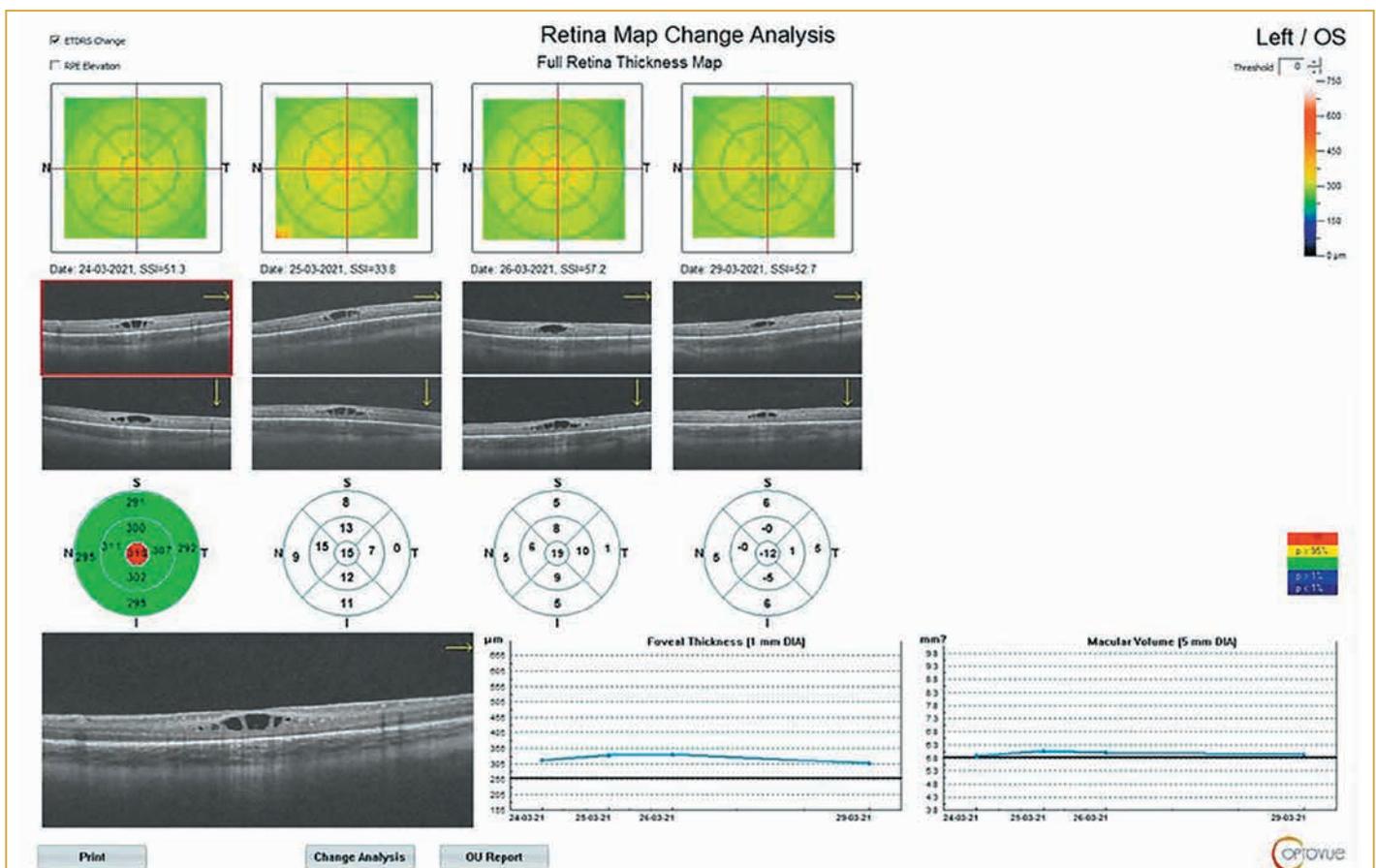


Рис. 5. Изменение толщины сетчатки у младенца основной группы в области фовеа на 2-й стадии РН с неблагоприятным типом течения до лазерного лечения, на 1, 2 и 5-е сутки после лазерного лечения

Fig. 5. Changes in the retinal thickness in the infant of the study group in the fovea region at stage 2 of ROP with an unfavorable course before the laser treatment and at days 1, 2 and 5 after the laser treatment

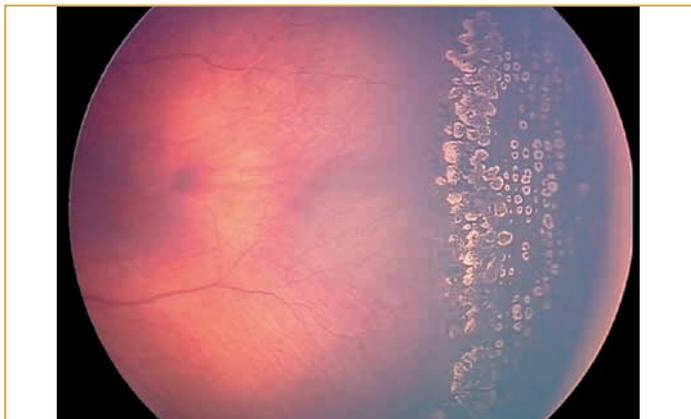


Рис. 6. Отдельные участки сливной атрофии аваскулярной зоны сетчатки у младенца контрольной группы с неблагоприятным типом течения 3-й стадии РН

Fig. 6. Individual regions of the confluent atrophy of the avascular retinal zone in the infant of the control group with ROP, stage 3, with an unfavorable course

сетчатки до и после лечения не менялась, признаков отека сетчатки не отмечалось у 47 (83%) младенцев со 2-й стадией заболевания и у 45 (43%) младенцев с 3-й стадией заболевания. Толщина хориоидеи в заднем полюсе глаза в 1-е сутки после лечения при 2-й и 3-й стадиях РН по сравнению с исходными значениями увеличивалась на $44 \pm 11,63$ мкм в контрольной группе и на $38 \pm 12,62$ мкм в основной группе. На 5-е сутки после лазерного лечения в основной группе было зафиксировано уменьшение толщины хориоидеи в заднем полюсе глаза и возвращение ее к исходным значениям, в то время как в контрольной группе отек хориоидеи сохранялся. К 7-м суткам после проведенной ЛКС показатели толщины хориоидеи у младенцев контрольной группы возвращались к нормальным значениям.

У всех младенцев через 2 нед. было зафиксировано уплощение демаркационного вала. У детей с 3-й стадией заболевания отмечалось уменьшение объема и высоты вала ЭРП и постепенное уменьшение количества интра-ретинальных геморрагий. Во всех группах в зоне лазерной коагуляции визуализировалась начальная пигментация. Уже через 3 нед. у 100 (96%) младенцев с 3-й стадией РН вала ЭРП зафиксировано не было. В отдельных сегментах определялись лишь очаги пролиферации.

Через 3 нед. при проведении ОКТ у всех детей со 2-й стадией заболевания и у 101 (97%) младенца с 3-й стадией заболевания отмечались резорбция отека и уменьшение толщины сетчатки в области фовеа. Только у 3 младенцев с 3-й стадией заболевания оставались единичные интра-ретинальные кисты.

Через 1 мес. после проведенного лазерного лечения в исследуемых группах у детей с 3-й стадией РН вал ЭРП не определялся. Отмечалось формирование зоны хорио-ретинальной атрофии с неодинаковой пигментацией в местах нанесения лазерных аппликаций. Соответственно расположению в паттерновой матричной решетке офтальмоскопировались участки посткоагуляционной атрофии с сохранением межретиальных «мостиков» между коагулятами. У 19 (16%) младенцев контрольной группы отмечали эффект гиперкоагуляции возле вала ЭРП и формирование в аваскулярной зоне сетчатки отдельных участков «сливной» атрофии (рис. 6), которых не было зафиксировано в основной группе. Между лазерными коа-

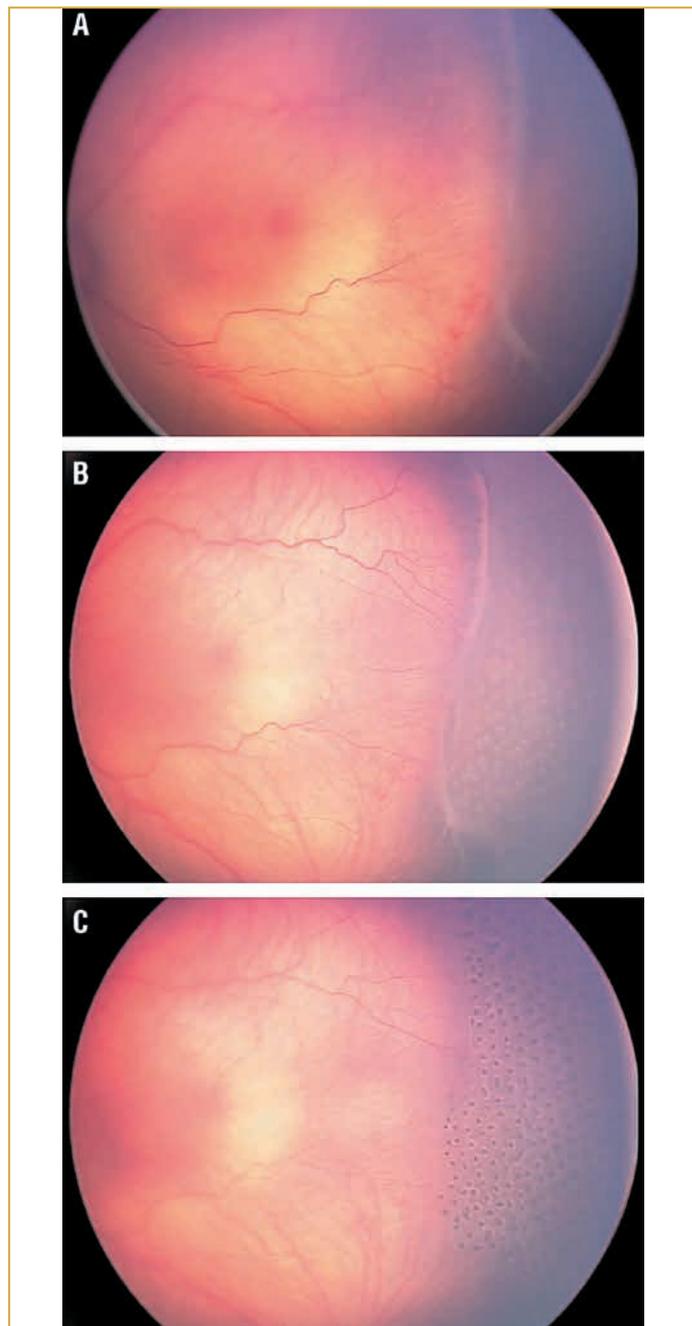


Рис. 7. Офтальмоскопическая картина у младенца с 3-й стадией РН, неблагоприятным типом течения заболевания до (А), через 1 нед. (В) и через 1 мес. (С) после гексагональной ЛКС.

В динамике отмечается регресс вала ЭРП, начальный рост сосудов в ранее аваскулярную сетчатку после проведения ЛКС

Fig. 7. Ophthalmoscopic findings in an infant with ROP, stage 3, with an unfavorable course before (A), 1 week after (B) and 1 month after (C) the hexagonal pattern LCR.

Changes occurred over time: regression of the ERP ridge and initial vascular growth into the previously avascular retina after LCR

гулятами по направлению к зубчатой линии определялось прорастание ретиальных сосудов в аваскулярную зону сетчатки.

В ходе дальнейшего наблюдения — через 3 и 6 мес. после лазерного лечения у пациентов обеих групп был отмечен продолженный рост ретиальных сосудов в зону коагуляции (ранее аваскулярную зону) (рис. 7).



Рис. 8. Нарушение регулярности матричной структуры при работе квадратным паттерном

Fig. 8. Violation of the regularity of the matrix structure when a square pattern is used

На 2-й стадии заболевания и в основной, и в контрольной группе (57 глаз) паттерновая ЛКС обеспечила регресс заболевания в 100% случаев. На 3-й стадии заболевания в обеих группах регресс был достигнут в 96% случаев (53 глаза в основной группе и 47 глаз в контрольной группе).

ОБСУЖДЕНИЕ

АнтиVEGF-терапия рассматривается как перспективный метод лечения тяжелых форм РН, для которого, однако, остаются нерешенными вопросы об оптимальной дозе и риске развития общесоматических осложнений [18, 19].

В настоящее время патогенетически обоснованным, доказанным и безопасным методом лечения РН в активном периоде заболевания по-прежнему остается транспупиллярная ЛКС. Методика постоянно совершенствуется, и с 2009 г. в клинической практике успешно используется сканирующая паттерновая ЛКС [2, 11].

В данной работе была применена и оценена технология сотовидной паттерновой лазерной коагуляции в лечении активных стадий РН [16]. Анализ полученных результатов показал, что эффективность обеих описанных паттерновых методов сопоставима: 100% при 2-й стадии заболевания и 96% при 3-й стадии.

Коагуляция сетчатки с использованием квадратных лазерных паттернов идеальна для больших областей с относительно ровными границами при отсутствии искажений. Однако при работе на сферической поверхности аваскулярной сетчатки невозможно точно сопоставить квадратные паттерны по отношению друг к другу, что ведет к нарушению регулярности матричной структуры (рис. 8). На оставшиеся необработанными участки аваскулярной сетчатки приходится наносить лазерные коагуляты в режиме одиночного импульса, что увеличивает общее время лечения и, соответственно, время нахождения в наркозе недоношенного младенца.

Гексагональная, шестигранная, форма паттерна удобна при работе вблизи вала ЭРП, который у каждого недоношенного младенца имеет индивидуальную неповторимую, а порой и причудливую форму. Методика оптимальна для работы на сферической поверхности сетчатки глаза недоношенного ребенка и обеспечивает точный и интуитивно понятный докинг каждого последующего паттерна к предыдущему. При работе с гексагональным паттерном нами было использовано в 4 раза меньше коагулятов в ре-

жиме одиночного импульса по сравнению с коагуляцией квадратными паттернами, что позволяет уменьшить общее время лечения и является одним из основных преимуществ метода. Использование паттерна гексагональной формы позволяет унифицировать методику, получая дозированную и равномерную коагуляцию всей аваскулярной сетчатки, независимо от квалификации и опыта хирурга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лечении активных стадий РН гексагональная сканирующая паттерновая транспупиллярная ЛКС показала себя как высокоэффективная и безопасная методика. Она является тканесберегающей, дозированной, позволяет достичь прогнозируемого клинического ответа с минимальной суммарной энергетической нагрузкой на сетчатку глаза недоношенного младенца.

Литература

1. Терещенко А.В., Чухраев А.М. Современные аспекты диагностики, лечения и организации высокотехнологичной офтальмологической помощи детям с активными стадиями ретинопатии недоношенных. М.: Офтальмология; 2016.
2. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Володин П.Л. Новые технологии лазерного лечения задней агрессивной ретинопатии недоношенных. Лазерная медицина. 2011;15(3):25–28.
3. Асташева И.Б., Сидоренко Е.И., Аксенова И.И. Лазеркоагуляция в лечении различных форм ретинопатии недоношенных. Вестник офтальмологии. 2005;121(2):31–34.
4. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Современный взгляд на концепцию лечения активных стадий ретинопатии недоношенных. Офтальмология. 2013;10(1):8–13. DOI: 10.18008/1816-5095-2013-1-8-13.
5. Connolly V.P., McNamara J.A., Sharma S. et al. A comparison of laser photocoagulation with trans-scleral cryotherapy in the treatment of threshold retinopathy of prematurity. Ophthalmology. 1998;105(9):1628–1631. DOI: 10.1016/S0161-6420(98)99029-7.
6. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Лечение активных стадий ретинопатии недоношенных с использованием современных технологий. Офтальмохирургия. 2013;2:73–77.
7. Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. и др. Эволюция системы оказания офтальмологической помощи недоношенным детям. Офтальмология. 2018;15(2S):9–17. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-2S-9-17.
8. Трифаненкова И.Г., Терещенко А.В., Сидорова Ю.А. и др. Флуоресцентная ангиография в оценке результатов лазерной коагуляции сетчатки при активных стадиях ретинопатии недоношенных. Сибирский научный медицинский журнал. 2019;39(3):66–73. DOI: 10.15372/SSMJ20190310.
9. Володин П.Л., Яблокова И.А., Узунян Д.Г. Лазеркоагуляция сетчатки у детей с тяжелыми стадиями активной ретинопатии недоношенных. Современные технологии в офтальмологии. 2016;1:57–59.
10. Пшеничников М.В., Коленко О.В., Кравченко И.З., Сорокин Е.Л. Эффективность лечения пороговых стадий ретинопатии недоношенных с использованием паттерн-лазерной коагуляции сетчатки. Современные технологии в офтальмологии. 2016;1:190–192.
11. Яблокова И.А., Володин П.Л., Семенов А.Д. и др. Клинико-функциональные результаты лечения III стадии постпороговой активной ретинопатии недоношенных с использованием технологии паттерновой лазерной коагуляции сетчатки. Современные технологии в офтальмологии. 2017;1:365–368.
12. Садовникова Н.Н., Присич Н.В., Бржеский В.В. Лазеркоагуляция сетчатки в активный период ретинопатии недоношенных под визуальным контролем ретинальной камеры. Педиатр. 2017;8(S1):M284.
13. Nishida K., Miura K., Sakaguchi H. et al. The impact of spot size, spacing, pattern, duration and intensity of burns on the photocoagulation index in a geometric simulation of pan-retinal laser photocoagulation. Acta Ophthalmol. 2019;97(4):e551–e558. DOI: 10.1111/aos.13939.
14. Пшеничников М.В. Технические возможности повышения эффективности лазерной коагуляции сетчатки при пороговых стадиях ретинопатии недоношенных. Современные технологии в офтальмологии. 2017;2:84–86.
15. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Рабочая классификация ранних стадий ретинопатии недоношенных. Офтальмохирургия. 2008;1:32–34.
16. Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Сидорова Ю.А. и др. Математическое обоснование паттерновой лазерной коагуляции сетчатки с использованием гексагональной формы паттерна в лечении активных стадий ретинопатии недоношенных. Офтальмохирургия. 2020;1:40–46. DOI: 10.25276/0235-4160-2020-1-40-46.
17. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Исаев С.В. и др. Изучение динамики регресса II и III стадии ретинопатии недоношенных в различные сроки после лазеркоагуляции сетчатки на основе морфометрического анализа сосудов сетчатки. Вестник офтальмологии. 2014;130(4):49–56.

18. Law J.C., Recchia F.M., Morrison D.G. et al. Intravitreal bevacizumab as adjunctive treatment for retinopathy of prematurity. *J AAPOS*. 2010;14(1):6–10. DOI: 10.1016/j.jaapos.2009.10.011.
19. Honda S., Hirabayashi H., Tsukahara Y., Negi A. Acute contraction of the proliferative membrane after an intravitreal injection of bevacizumab for advanced retinopathy of prematurity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2008;246(7):1061–1063. DOI: 10.1007/s00417-008-0786-7.

References

1. Tereshchenko A.V., Chukhrayov A.M. Modern aspects of diagnostics, treatment and organization of high-tech ophthalmic care for children with active stages of retinopathy of prematurity. *M.: Oftal'mologiya*; 2016 (in Russ.).
2. Tereshchenko A.V., Belyi Yu.A., Volodin P.L. New technologies for laser treatment of aggressive posterior retinopathy of prematurity. *Lazernaya meditsina*. 2011;15(3):25–28 (in Russ.).
3. Astasheva I.B., Sidorenko Ye.I., Aksenova I.I. Laser coagulation in the treatment of various forms of retinopathy of prematurity. *Vestnik oftalmologii*. 2005;121(2):31–34 (in Russ.).
4. Tereshchenko A.V., Belyi Yu.A., Trifanenkova I.G., Tereshchenkova M.S. The modern view on the concept of treatment of active stages of retinopathy of prematurity. *Ophthalmology in Russia*. 2013;10(1):8–13 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2013-1-8-13.
5. Connolly B.P., McNamara J.A., Sharma S. et al. A comparison of laser photocoagulation with trans-scleral cryotherapy in the treatment of threshold retinopathy of prematurity. *Ophthalmology*. 1998;105(9):1628–1631. DOI: 10.1016/S0161-6420(98)99029-7.
6. Tereshchenko A.V., Belyi Yu.A., Trifanenkova I.G., Tereshchenkova M.S. Treatment of active stages of retinopathy of prematurity using modern technologies. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery*. 2013; 2:73–77 (in Russ.).
7. Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Tereshchenkova M.S. et al. The Evolution of Ophthalmological Healthcare System in Premature Children. *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(2S):9–17 (in Russ.).
8. Trifanenkova I.G., Tereshchenko A.V., Sidorova Yu.A. et al. Fluorescence angiography in evaluating the results of laser coagulation of the retina in active stages of retinopathy of prematurity. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal*. 2019;39(3):66–73 (in Russ.). DOI: 10.15372/SSMJ20190310.
9. Volodin P.L., Yablokova I.A., Uzunyan D.G. Laser coagulation of the retina in children with severe stages of active retinopathy of prematurity. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;1:57–59 (in Russ.).
10. Pshenichnov M.V., Kolenko O.V., Kravchenko I.Z., Sorokin E.L. The effectiveness of the treatment of threshold stages of retinopathy of prematurity using pattern laser coagulation of the retina. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;1:190–192 (in Russ.).
11. Yablokova I.A., Volodin P.L., Semenov A.D. et al. Clinical and functional results of the treatment of III post-threshold active retinopathy of prematurity using the technology of patterned laser coagulation of the retina. *Modern technologies in ophthalmology*. 2017;1:365–368 (in Russ.).
12. Sadovnikova N.N., Prisch N.V., Brzhesky V.V. Laser coagulation of the retina in the active period of retinopathy of prematurity under visual control of the retinal camera. *Pediatrician*. 2017;8(S1):M284 (in Russ.).
13. Nishida K., Miura K., Sakaguchi H. et al. The impact of spot size, spacing, pattern, duration and intensity of burns on the photocoagulation index in a geometric simulation of pan-retinal laser photocoagulation. *Acta Ophthalmol*. 2019;97(4):e551–e558. DOI: 10.1111/aos.13939.
14. Pshenichnov M.V. Technical possibilities of increasing the efficiency of laser coagulation of the retina at threshold stages of retinopathy of prematurity. *Modern technologies in ophthalmology*. 2017; 2:84–86 (in Russ.).
15. Tereshchenko A.V., Belyi Yu.A., Trifanenkova I.G., Tereshchenkova M.S. Working classification of early stages of retinopathy of prematurity. *Ophthalmology in Russia*. 2008;1:32–34 (in Russ.).
16. Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Sidorova Yu. A. et al. Mathematical substantiation of patterned laser coagulation of the retina using a hexagonal pattern in the treatment of active stages of retinopathy of prematurity. *Ophthalmicsurgery in Russia*. 2020;1:40–46 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2020-1-40-46.
17. Tereshchenko A.V., Belyi Yu.A., Isaev S.V. et al. Studying the regression pattern of stage II and III retinopathy of prematurity by means of morphometric analysis of retinal vessels in different terms after laser retinal photocoagulation. *Vestnik oftalmologii*. 2014;130(4):49–56 (in Russ.).
18. Law J.C., Recchia F.M., Morrison D.G. et al. Intravitreal bevacizumab as adjunctive treatment for retinopathy of prematurity. *J AAPOS*. 2010;14(1):6–10. DOI: 10.1016/j.jaapos.2009.10.011.
19. Honda S., Hirabayashi H., Tsukahara Y., Negi A. Acute contraction of the proliferative membrane after an intravitreal injection of bevacizumab for advanced retinopathy of prematurity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2008;246(7):1061–1063. DOI: 10.1007/s00417-008-0786-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Терещенко Александр Владимирович — д.м.н., директор Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. Святослава Федорова, д. 5; профессор кафедры хирургии медицинского института КГУ

им. К.Э. Циолковского; 248023, Россия, г. Калуга, ул. Степана Разина, д. 26; ORCID iD 0000-0002-0840-2675.

Трифаненкова Ирина Георгиевна — д.м.н., заместитель директора по научной работе Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. Святослава Федорова, д. 5; профессор кафедры хирургии медицинского института КГУ им. К.Э. Циолковского; 248023, Россия, г. Калуга, ул. Степана Разина, д. 26; ORCID iD 0000-0001-9202-5181.

Сидорова Юлия Александровна — к.м.н., заведующая лазерным отделением донной патологии Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. Святослава Федорова, д. 5; ORCID iD 0000-0001-8396-4013.

Фирсова Виктория Владимировна — врач-офтальмолог лазерного отделения донной патологии Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. Святослава Федорова, д. 5; ORCID iD 0000-0002-8333-2785.

Контактная информация: Трифаненкова Ирина Георгиевна, e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 26.08.2022.

Поступила после рецензирования 20.09.2022.

Принята в печать 13.10.2022.

ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr V. Tereshchenko — Dr. Sc. (Med.), Director of Kaluga Branch of the S.N. Fedorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fedorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; Professor of the Department of Surgery of the Medical Institute, K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University; 26, Stepan Razin str., Kaluga, 248023, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0840-2675.

Irina G. Trifanenkova — Dr. Sc. (Med.), Deputy Director for Research of Kaluga Branch of the S.N. Fedorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fedorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; Professor of the Department of Surgery of the Medical Institute, K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University; 26, Stepan Razin str., Kaluga, 248023, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9202-5181.

Yuliya A. Sidorova — C. Sc. (Med.), Head of the Department of Laser Treatment of Eye Fundus Disorders, Kaluga Branch of the S.N. Fedorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fedorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-8396-4013.

Victoria V. Firsova — ophthalmologist of the Department of Laser Treatment of Eye Fundus Disorders, Kaluga Branch of the S.N. Fedorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fedorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-8333-2785.

Contact information: Irina G. Trifanenkova, e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru.

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

Received 26.08.2022.

Revised 20.09.2022.

Accepted 13.10.2022.