

Научная статья

УДК 617.735

DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2024-3-5-12>

Оптимизация технологии навигационной лазерной коагуляции сетчатки при активной ретинопатии недоношенных

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

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

²Медицинский институт ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», Калуга, Россия

РЕФЕРАТ

Цель. Оптимизировать этапы технологии навигационной лазерной коагуляции сетчатки (ЛКС) для ее проведения при активной ретинопатии недоношенных (РН) с учетом анатомо-топографических особенностей заболевания. **Материал и методы.** Транспупиллярная навигационная лазерная коагуляция аваскулярной сетчатки на лазерной системе Navilas 577s (OD-OS, Германия) была выполнена на 28 глазах у детей с неблагоприятным типом течения активной РН, из них 17 – со 2-й стадией и 11 – с 3-й стадией заболевания. Для реализации возможности проведения навигационной ЛКС у детей с РН была проведена оптимизация технологии на 3 этапах: фоторегистрация, планирование и непосредственно лазерное лечение. **Результаты.** Проведенная оптимизация основных этапов навигационной ЛКС (фоторегистрации, планирования, лечения) у детей с активной РН позволила в полной мере реализовать

преимущества лазерной системы Navilas 577s: индивидуальный план лечения с учетом площади и конфигурации аваскулярной зоны в каждом конкретном случае, автоматическое выполнение ЛКС с абсолютным соблюдением принципа гексагональности (равноудаленности) спотов по всей зоне лазерного воздействия, высокая точность позиционирования и безопасность нанесения аппликаторов за счет автоматической системы слежения за движением глаза пациента, максимальная скорость и минимальная продолжительность коагуляции. **Заключение.** Полученные результаты демонстрируют возможность автоматизации лазерного лечения в аваскулярной зоне сетчатки, независимо от ее площади, с реализацией преимуществ навигационной ЛКС в полном объеме. Это открывает перспективы для применения данной технологии у детей с активными стадиями РН в широкой клинической практике.

Ключевые слова: ретинопатия недоношенных, навигационная лазеркоагуляция сетчатки, оптимизация

Для цитирования: Сидорова Ю.А., Терещенко А.В., Фирсова В.В. Оптимизация технологии навигационной лазерной коагуляции сетчатки при активной ретинопатии недоношенных. Российская детская офтальмология. 2024;3(49): 5–12.
DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2024-3-5-12>

Автор, ответственный за переписку: Юлия Александровна Сидорова, nauka@eye-kaluga.com

ABSTRACT

Original article

Optimization of navigation laser coagulation technology of the retina for active retinopathy of prematurity

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

¹S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga Branch, Kaluga, Russian Federation

²Medical Institute of Tsiolkovski Kaluga State University, Kaluga, Russian Federation

Purpose. To optimize the stages of navigation laser coagulation technology of the retina for its implementation in active retinopathy of prematurity (ROP), taking into account the anatomical and topographical features of the disease. **Material and methods.** Transpupillary navigation laser coagulation of the avascular retina was performed on 28 eyes of children with an unfavorable type of active ROP. Of these children, 17 are with stage 2 and 11 are with stage 3 of the disease. Laser coagulation of the avascular retina was performed using a Navilas 577s laser system (OD-OS, Germany). To realize the possibility of performing

navigational laser coagulation of the retina in children with ROP, the technology was optimized at 3 stages: photo registration, planning and laser treatment itself. **Results.** The optimization of the main stages of navigation laser coagulation of the retina (photo registration, planning, treatment) in children with active ROP made it possible to fully realize the advantages of the Navilas 577s laser system: an individual treatment plan taking into account the area and configuration of the avascular zone in each specific case, automatic execution laser coagulation of the retina with absolute adherence to the principle of hexagonality

(equidistance) of spots throughout the laser exposure zone, high positioning accuracy and safety of application due to an automatic tracking system for the patient's eye movement, maximum speed and minimum duration of coagulation.

Conclusion. Obtained results demonstrate the possibility of automating laser treatment in the avascular zone of the retina,

For citation: Sidorova Yu.A., Tereshchenko A.V., Firsova V.V. Optimization of navigation laser coagulation technology of the retina for active retinopathy of prematurity. *Rossiyskaya detskaya oftalmologiya*. 2024;3(49): 5–12. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2024-3-5-12>

Corresponding author: Yulia A. Sidorova, nauka@eye-kaluga.com

regardless of its area, with the full implementation of the advantages of navigational laser coagulation of the retina. This opens up prospects for application of this technology in children with active stages of ROP in wide clinical practice.

Key words: *retinopathy of prematurity, navigation laser coagulation of the retina, optimization*

АКТУАЛЬНОСТЬ

Несмотря на совершенствование технологий оказания неонатальной помощи недоношенным детям, в том числе с экстремально низкой массой тела (ЭНМТ), проблема ретинопатии недоношенных (РН) не теряет своей актуальности [1–4].

Многоцентровыми исследованиями и многочисленными публикациями доказано, что лечение заболевания, в том числе лазерное, на ранних стадиях является залогом успешного анатомического и функционального результата в рубцовом периоде [1–9].

Методы абляции аваскулярных зон сетчатки при активной РН прошли долгий путь развития: от транссклеральных методик до более дозированных транспупиллярных. Транспупиллярная лазерная коагуляция аваскулярной зоны сетчатки на стационарных лазерных установках обеспечивает наиболее безопасное и дозированное воздействие за счет точности лазерного воздействия. Однако техники проведения лазерной коагуляции сетчатки (ЛКС) различны и не стандартизированы [2, 3, 5, 7, 8].

Навигационная лазерная система Navilas 577s зарекомендовала себя как усовершенствованное лазерное оборудование, позволяющее не только создавать индивидуальный план лечения, но и точно его реализовывать. Данный прибор активно применяется при лечении патологии заднего полюса глаза, при периферических дистрофиях и различной сосудистой патологии сетчатки.

Появление автоматизированной навигационной системы Navilas 577s является актуальным и перспективным направлением в лечении патологии сетчатки у взрослых [11–16]. При этом отсутствуют публикации по ее использованию в педиатрической офтальмологии, в том числе при активной РН. Это обусловлено особенностями данного заболевания, при котором имеет место наличие аваскулярной зоны сетчатки, в которой отсутствуют опорные точки, необходимые для работы функции навигации. Данный факт требует оптимизации методики навигационной лазерной коагуляции для проведения у детей с активными стадиями РН.

ЦЕЛЬ

Оптимизировать этапы технологии навигационной ЛКС для ее проведения при активной РН с учетом анатомо-топографических особенностей заболевания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Транспупиллярная навигационная лазерная коагуляция аваскулярной сетчатки была выполнена на 28 глазах у детей с неблагоприятным типом течения активной РН, из них 17 – со 2-й стадией и 11 – с 3-й стадией заболевания (*табл. 1*).

Навигационная ЛКС выполнялась на лазерной системе Navilas 577s (OD-OS, Германия) транспупиллярно с использованием педиатрической роговичной контактной панфундус-линзы Quad Pediatric (Volk, США) под ингаляционно-масочным наркозом в условиях операционной под постоянным контролем врача-анестезиолога.

В начале сеанса ЛКС на мониторе прибора выбирали необходимую линзу, устанавливали диаметр аппликата и выбирали межспотовое расстояние. После установки линзы включали освещение и визуально осматривали структуры заднего полюса глаза.

На этапе цифровой ретиноскопии на фундус-камере навигационной системы определяли ширину аваскулярной зоны. При локализации аваскулярной сетчатки в третьей и задней части второй зоны ее ширину определяли как «узкую». «Широкая» аваскулярная зона отличалась полным отсутствием васкуляризации во второй и третьей зонах циркулярно.

Для реализации возможности проведения навигационной ЛКС у детей с РН была проведена оптимизация технологии на 3 этапах: фоторегистрация, планирование и непосредственно лазерное лечение.

Во всех случаях навигационная ЛКС выполнялась последовательно по всей площади аваскулярной зоны сетчатки до полного ее блокирования лазерными аппликатами в автоматическом режиме работы лазерной системы.

Таблица 1

Характеристики пациентов

Table 1

Patient characteristics

Характеристики Characteristics	Неблагоприятный тип активной РН Unfavorable type of active ROP	
	2-я стадия Stage 2	3-я стадия Stage 3
Количество детей (глаз) Number of children (eyes)	10 (17)	7 (11)
Масса тела при рождении, г Body weight at birth, grams	734 – 1590	
Срок гестации, недель Gestation period, weeks	26 – 31	
Возраст на момент ЛКС, недель Age at the time of laser coagulation of the retina, weeks	6 – 8	7 – 10
Постконцептуальный возраст, недель Postconceptual age, weeks	33 – 36	35 – 39

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результатом данной работы явилась оптимизация 3 основных этапов технологии навигационной ЛКС: фоторегистрации, планирования и лечения – с обеспечением возможности выполнения в аваскулярной зоне сетчатки, независимо от ее ширины, у детей с активной РН.

Результатом оптимизации этапа фоторегистрации (рис. 1) явился следующий алгоритм.

Сетчатку недоношенного младенца условно делят на сегменты: 5 – при «узкой» аваскулярной зоне, 6 – при «широкой». Начинают с верхнего сегмента глазного дна, выводя его так, чтобы аваскулярная зона визуализировалась от вала пролиферации до зубчатой линии. При этом получение качественного изображения с четкой фокусировкой на концевых сосудах с одновременной фоторегистрацией более крупных ретинальных стволов является обязательным условием, при котором будет возможно включение системы автотрекинга. Важной особенностью этапа фоторегистрации является уровень освещенности – 40%, при котором изображение регистрируется без «засветов» различных структур сетчатки.

При «узкой» аваскулярной зоне сетчатки в пределах регистрируемого участка верхнего сегмента фокусируется 1/5 часть, а при «широкой» – 1/6 часть средней и крайней периферии сетчатки, начиная с 12 до 2 часовых меридианов.

Оптимизация этапа планирования включала следующий порядок. Вначале врач должен удостовериться, что онлайн-изображение на верхней части монитора навигационной системы совпадает с участком

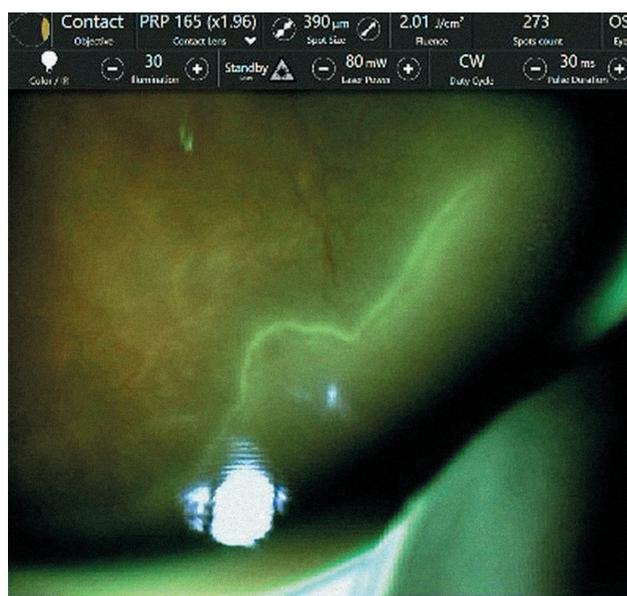


Рис. 1. Изображение на мониторе навигационной системы на этапе фоторегистрации

Fig. 1. Image on the navigation system monitor at the photorecording stage

ранее выполненной фоторегистрации, и отметить хотя бы одну «зону блокировки» на участках, где ЛКС проводить нельзя (диск зрительного нерва (ДЗН), задний полюс глаза, сосудистые аркады) (рис. 2), «зона блокировки» должна отобразиться на верхней части экрана.

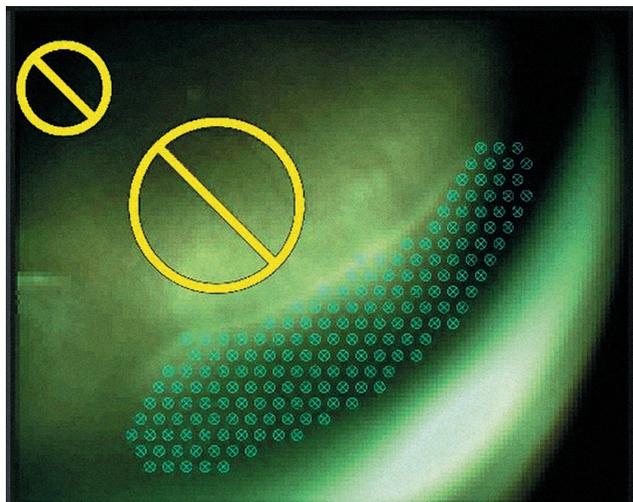


Рис. 2. Изображение на мониторе навигационной системы на этапе планирования с обозначенными зонами блокировки

Fig. 2. Image on the monitor of the navigation system during the planning stage with a designated blocking areas

При наличии «широкой» аваскулярной зоны необходимо формирование дополнительных «реперных» точек в бессосудистой зоне сетчатки. Для этого, начиная с 12 часов, в направлении от демаркационной линии или вала пролиферации до зубчатой линии прорисовывается план, состоящий из двух рядов спотов. Затем в режиме лечения по этим линиям проводится ЛКС (параметры лазерного воздей-

ствия представлены в *таблице 2*), создавая таким образом дополнительные реперные точки. Далее выполняется повторная фоторегистрация участка планирования и формируется весь объем будущего лечения зарегистрированной зоны, начиная от ранее выполненной линии ЛКС.

В случаях, если при планировании один или несколько аппликаторов проецируются на вал пролиферации, в васкуляризированной зоне сетчатки или на зубчатую линию, возможно удаление лишних элементов в режиме «ластик». Будущие лазерные аппликаторы должны проецироваться только в аваскулярной зоне сетчатки и точно повторять конфигурацию вала пролиферации. Таким образом, получается персонализированная технологическая карта последующего лечения, в которой все споты располагаются в гексагональном порядке относительно друг друга.

На этапе лечения (*рис. 3*) проводится запуск навигационной системы.

Врач повторно проверяет регистрируемый участок и онлайн-изображение, на котором в аваскулярной зоне проецируется шаблон сформированного плана. Дополнительное нанесение тест-аппликаторов при проведении навигационной ЛКС не требуется, так как в конструктивных особенностях Navilas 577s заложено, что первые 5 импульсов наносятся с меньшей скоростью и достаточным интервалом, чтобы отрегулировать параметры лазерного воздействия и подобрать мощность лазерного излучения (*табл. 2*).

При получении коагулята необходимой интенсивности тестирование останавливается и получается диапазон мощности, который будет использоваться при проведении лазерного лечения. Исходные

Таблица 2

Параметры транспупиллярной навигационной лазерной коагуляции сетчатки при активной РН

Table 2

Parameters of transpupillary navigation laser coagulation of the retina during active ROP

Параметры Parameters	2-я стадия неблагоприятный тип (n = 11) Stage 2 unfavorable type (n = 11)		3-я стадия неблагоприятный тип (n = 17) Stage 3 unfavorable type (n = 17)	
	«узкая» зона «narrow» zone	«широкая» зона «wide» zone	«узкая» зона «narrow» zone	«широкая» зона «wide» zone
Диаметр пятно, мкм Spot diameter, μm	390	390	390	390
Экспозиция, мс Exposure, ms	20	20	30	30
Межспотовое расстояние Interspot distance	1	0,75	0,75	0,5
Интенсивность коагуляции (по L'Esperance) Coagulation intensity (according to L'Esperance)	2-я ст. 2 st.	2-я ст. 2 st.	3-я ст. 3 st.	3-я ст. 3 st.

параметры мощности, получаемые во время тестирования, варьируют от 80 до 150 мВт и зависят от степени пигментации аваскулярной зоны сетчатки, наличия или отсутствия отека сетчатки.

При наличии «широкой» аваскулярной сетчатки можно выполнить тестирование в нескольких зонах: вдоль вала пролиферации, на средней и затем на крайне периферии, что позволит определить диапазон необходимых в этих зонах параметров мощности лазерного излучения. Начинать лечение следует от границы васкуляризации, чтобы периферические ретинальные сосуды и зоны коагуляции позволили системе автотрекинга более стабильно удерживать изображение.

После проведенного тестирования прибор с высокой скоростью в автоматическом режиме покрывает коагулятами весь рабочий сегмент сетчатки. В среднем при безостановочном режиме работы навигационной системы за 30 с наносится около 100 аппликатов. После завершения коагуляции в верхнем секторе контактная линза снимается, проводится ротация глазного яблока в следующий сектор. Поочередно проводятся все вышеописанные этапы, пока не будет выполнена коагуляция всей аваскулярной зоны сетчатки. Лечение завершается снятием панфундус-линзы, удалением блефаростата и промыванием конъюнктивальной полости раствором антисептика.

Результаты транспупиллярной навигационной ЛКС активной РН в группе исследования (28 глаз) представлены в *таблице 3*.

Среднее количество лазерных коагулятов, наносимых на аваскулярную зону сетчатки, при локализации патологического процесса в третьей зоне составило 878 ± 66 аппликатов, при локализации в задней части второй и третьей зонах – 1154 ± 89 аппликатов. Среднее время непосредственной работы навигационной системы – $6,2 \pm 0,5$ мин.

Регресс РН на 2-й стадии был достигнут во всех случаях (100%), на 3-й стадии – в 90,6% случаев (в одном случае наблюдалось дальнейшее прогрессирование заболевания и потребовалось проведение ранней витрэктомии). При этом в фазе регресса определялся точный гексагональный порядок расположения коагулятов, полностью соответствующий предоперационному планированию.

В послеоперационном периоде отмечалось минимальное транзиторное кровенаполнение магистральных и концевых сосудов, что обусловлено высокой дозированной лазерной обработкой. В течение 3 месяцев все этапы регресса протекали без особенностей.

ОБСУЖДЕНИЕ

За 50 лет, прошедших с момента внедрения, лазерные технологии в лечении активной РН пост-

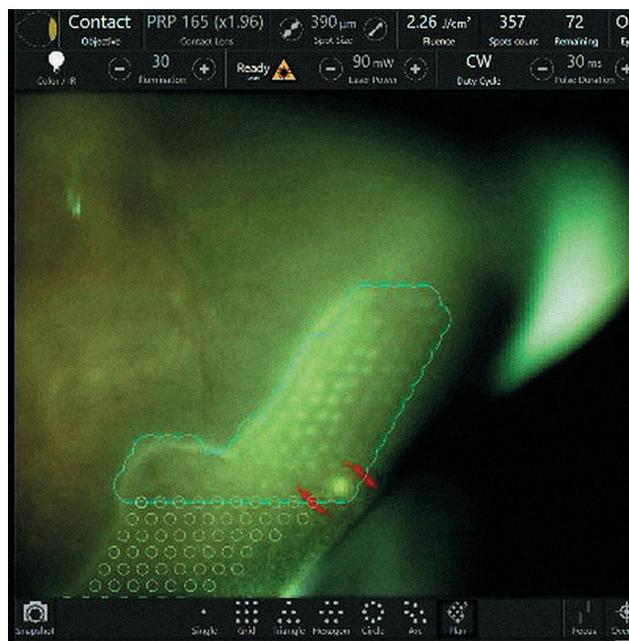


Рис. 3. Изображение на мониторе навигационной системы на этапе лечения

Fig. 3. Image on the monitor of the navigation system during the treatment stage

янно развивались с появлением различных модификаций ЛКС [2–7].

Транспупиллярные методы ЛКС на стационарных лазерных установках являются наиболее прецизионными и позволяют выполнить коагуляцию в любой зоне сетчатки [5]. По мере совершенствования оборудования менялись способы нанесения коагулятов, что способствовало более точному позиционированию лазерных аппликатов и ускорило процесс лечения [6, 7, 17–19].

Технология паттерновой ЛКС при активной РН используется в клинической практике на протяжении 15 лет [6]. В матрицах квадратной формы, где аппликаты расположены точно «друг под другом», межспотовый интервал неодинаков. В позже появившихся в паттерновых лазерных системах матрицах гексагональной формы, состоящих из 7 аппликатов (6 – в углах правильного шестиугольника, 7-й – в центре) споты равноудалены друг от друга, обеспечивая равномерность коагуляции, что позволяет использовать меньшее количество аппликатов с равнозначным клиническим эффектом [7, 17]. Матрица, создаваемая системой Navilas 577s при навигационной коагуляции сетчатки, представляет собой вариант автоматической сборки гексагональных матриц [18, 19].

Данная система позволяет создавать и точно реализовывать индивидуальный план лечения в автоматическом режиме с высокой скоростью и точностью.

Таблица 3

Результаты транспупиллярной навигационной лазерной коагуляции сетчатки активной РН

Table 3

Results of transpupillary navigation laser coagulation of the retina of active ROP

Транспупиллярная ЛКС с навигационным сопровождением (n = 28) Transpupillary LCS with navigation support (n = 28)				
Параметры Parameters	2-я стадия неблагоприятный тип (n = 17) Stage 2 unfavorable type (n = 17)		3-я стадия неблагоприятный тип (n = 11) Stage 3 unfavorable type (n = 11)	
	«узкая» зона «narrow» zone (n = 7)	«широкая» зона «wide» zone (n = 10)	«узкая» зона «narrow» zone (n = 4)	«широкая» зона «wide» zone (n = 7)
Общее количество коагулятов Total amount of coagulates	728,0±77,7	949,0±91,4	878,0±66,3	1154,0±88,7
Время работы лазера, мин Laser operating time, min	4,9±0,2	7,1±0,2	6,2±0,5	9,4±0,3
Общее время наркозного пособия, мин Total anesthesia time, min	12 – 16	18 – 19	12 – 19	20 – 22
Регресс заболевания, % Disease regression, %	100		90,9	

Наиболее широкое применение навигационная ЛКС нашла в лечении патологии заднего полюса глаза (центральной серозной хориоретинопатии, макулярных отеков различного генеза) для реализации дозированного таргетного лазерного воздействия [11–15]. Навигационная технология активно используется и при изменениях на средней и крайней периферии: диабетическая и посттравматическая ретинопатия, облигатные формы периферической дистрофии сетчатки, ретинальные разрывы, локальные отслойки сетчатки [11, 15, 16]. Функция высокоскоростного автотрекинга (слежения за микродвижениями глаз) позволяет максимально точно воздействовать на требуемые участки и достигать запланированной цели. Совокупность названных факторов обеспечивает максимально высокий уровень безопасности лечения [11–13, 16].

Вышеописанные возможности навигационной системы могут иметь неоспоримые преимущества в лечении активных стадий РН. Однако применение Navilas 577s при данной патологии в литературе не описано.

Специфические особенности активной РН с наличием бессосудистой зоны сетчатки, сложность одновременного выведения средней и крайней периферии сетчатки с одновременным наличием на регистрируемом участке границы васкуляризированной и аваскулярной зон сетчатки привели к необходимости оптимизации этапов навигационной ЛКС. Для реализации каждого этапа нами условно были определены понятия «узкой» и «широкой» аваскулярных зон сетчатки, которые регистрируются при проведе-

нии цифровой ретиноскопии на мониторе Navilas 577s и в которых в последующем создается технологическая карта лазерного воздействия [18, 19]. Наличие «широкой» аваскулярной зоны требует дополнительного этапа нанесения двух рядов аппликаторов, которые позволят более устойчиво удерживать изображение системой автотрекинга.

Проведенная оптимизация основных этапов навигационной ЛКС (фоторегистрации, планирования, лечения) у детей с активной РН позволила в полной мере реализовать преимущества лазерной системы Navilas 577s: индивидуальный план лечения с учетом площади и конфигурации аваскулярной зоны в каждом конкретном случае, автоматическое выполнение ЛКС с абсолютным соблюдением принципа гексагональности (равноудаленности) спотов по всей зоне лазерного воздействия, высокая точность позиционирования и безопасность нанесения аппликаторов за счет автоматической системы слежения за движением глаза пациента, максимальная скорость и минимальная продолжительность коагуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология навигационной лазерной коагуляции аваскулярной сетчатки оптимизирована для проведения у детей с активной РН с учетом специфических особенностей заболевания. Полученные результаты демонстрируют возможность автоматизации лазерного лечения в аваскулярной зоне сетчатки, независимо от ее площади, с реализацией преимуществ навигационной ЛКС в полном объеме. Это

открывает перспективы для применения данной технологии у детей с активными стадиями РН в широкой клинической практике.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Сидоренко Е.Е., Лоскутова В.Е., Назаренко А.О., Останина И.А., Суханова И.В., Мигель Д.В., Сидоренко Е.Е. Преимущества лечения ретинопатии недоношенных с использованием ингибиторов сосудистого эндотелиального фактора роста. Российский педиатрический журнал. 2021;4: 265–266. [Sidorenko EE, Loskutova VE, Nazarenko AO, Ostanina IA, Sukhanova IV, Miguel DV, Sidorenko EE. Benefits of treating retinopathy of prematurity using vascular endothelial growth factor inhibitors. Russian pediatric journal. 2021;4: 265–266. (In Russ.)]
2. Сидоренко Е.И., Сидоренко Е.Е. Перспективы лечения ретинопатии недоношенных. Российская детская офтальмология. 2021;1: 50–56. [Sidorenko EI, Sidorenko EE. Prospects for the treatment of retinopathy of prematurity. Russian pediatric ophthalmology. 2021;1: 50–56. (In Russ.)] doi: 10.25276/2307-6658-2021-1-50-56
3. Терещенко А.В., Чухраев А.М. Современные аспекты диагностики, лечения и организации высокотехнологичной офтальмологической помощи детям с активными стадиями ретинопатии недоношенных. М.: «Издательство «Офтальмология»; 2016: 234. [Tereshchenko AV, Chuhrayov AM. Modern aspects of diagnostics, treatment and organization of high-tech ophthalmic care for children with active stages of retinopathy of prematurity. М.: «Publishing house» Ophthalmology»; 2016: 234. (In Russ.)]
4. Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С., Юдина Ю.А., Исаев С.В., Володин П.Л., Юдина Н.Н., Выдрина А.А., Сидорова Ю.А., Ерохина Е.В., Шаулов В.В. Эволюция системы оказания офтальмологической помощи недоношенным детям. Офтальмология. 2018;15(2S): 9–17. [Tereshhenko AV, Trifanenkova IG, Tereshhenkova MS, Yudina YuA, Isaev S.V, Volodin PL, Yudina NN, Vydrina AA., Sidorova YuA, Erohina EV, Shaulov VV. The Evolution of Ophthalmological Healthcare System in Premature Children. Ophthalmology in Russia. 2018;15(2S): 9–17. (In Russ.)] doi: 10.18008/1816-5095-2018-2S-9-17
5. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Володин П.Л., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Транспупиллярная аргон-лазерная коагуляция сетчатки в лечении пороговой стадии активной ретинопатии недоношенных. Офтальмология. 2006;3(4): 36–40. [Tereshchenko AV, Bely YuA, Volodin PL, Trifanenkova IG, Tereshchenkova MS. Transpupillary argon laser coagulation of the retina in the treatment of the threshold stage of active retinopathy of prematurity. Ophthalmology. 2006;3(4): 36–40. (In Russ.)]
6. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Володин П.Л., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Паттерная лазерная коагуляция сетчатки в лечении задней агрессивной ретинопатии недоношенных. Вестник офтальмологии. 2010;6: 38–43. [Tereshchenko AV, Bely YuA, Volodin PL, Trifanenkova IG, Tereshchenkova MS. Pattern laser coagulation of the retina in the treatment of posterior aggressive retinopathy of prematurity. Bulletin of Ophthalmology. 2010;6: 38–43. (In Russ.)]
7. 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. [Tereshchenko AV, Trifanenkova IG, Sidorova YuA, 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. 2020;1: 40–46. (In Russ.)] doi: 10.25276/0235-4160-2020-1-40-46
8. Cryo-ROP Multicenter Study Group. 15 years outcomes following threshold retinopathy of prematurity. Final results from the multicenter trial of cryotherapy. Arch Ophthalmol. 2005;123: 311–328. doi: 10.1001/archophth.123.3.311
9. Early Treatment for Retinopathy of Prematurity Cooperative Group. Revised indications for the treatment of retinopathy of prematurity: results of the early treatment for retinopathy of prematurity randomized trial. Arch Ophthalmol. 2003;121(12): 1684e-1694.
10. Multicenter trial of cryotherapy for retinopathy of prematurity. Cryotherapy for Retinopathy of Prematurity Cooperative Group. Preliminary results. Arch Ophthalmol. 1988;106(4): 471–479.
11. Бойко Э.В., Мальцев Д.С. Планирование навигационной макулярной лазерной коагуляции на основании конфокальной лазерной офтальмоскопии Российский офтальмологический журнал 2016;3: 12–17. [Boyko EV, Maltsev DS. Planning of navigational macular laser coagulation based on confocal laser ophthalmoscopy Russian Ophthalmological Journal 2016;3: 12–17. (In Russ.)]
12. Володин П.Л., Иванова Е.В., Соломин В.А., Кухарская Ю.И., Письменская В.А. Персонализированное лазерное лечение хронической центральной серозной хориоретинопатии на навигационной системе Navilas 577s. Современные технологии в офтальмологии. 2018;4: 46–47. [Volodin PL, Ivanova EV, Solomin VA, Kuharskaya YuI, Pismenskaya VA. Personalized laser treatment of chronic central serous chorioretinopathy using the Navilas 577s navigation system. Modern technologies in ophthalmology. 2018;4: 46–47. (In Russ.)]
13. Замыцкий Е.А., Золотарев А.В., Карлова Е.В., Замыцкий П.А. Анализ интенсивности коагулятов при лазерном лечении диабетического макулярного отека на роботизированной лазерной установке Navilas. Саратовский научно-медицинский журнал. 2017;13(2): 375–378. [Zamytsky EA, Zolotarev AV, Karlova EV, Zamytsky PA. Analysis of the intensity of coagulates during laser treatment of diabetic macular edema using the Navilas robotic laser unit. Saratov Scientific and Medical Journal. 2017;13(2): 375–378. (In Russ.)]
14. Помыткина Н.В., Кравченко И.З., Сорокин Е.Л. Опыт применения навигационной системы Navilas для проведения микроимпульсного лазерного воздействия у пациентов с центральной серозной хориопатией. Современные технологии в офтальмологии. 2020;2: 119–123. [Pomytkina NV, Kravchenko IZ, Sorokin EL. Experience in using the Navilas navigation system for micropulse laser treatment in patients with central serous choriopathy. Modern technologies in ophthalmology. 2020;2: 119–123. (In Russ.)]

15. Попова Н.В. Современная лазерная система «Navilas» – следующий этап в развитии лазерного лечения патологии сетчатки. Клинические примеры. Современные проблемы науки и образования. 2021;2: [Popova NV. The modern laser system “Navilas” is the next stage in the development of laser treatment of retinal pathology. Clinical examples. Modern problems of science and education. 2021;2. (In Russ.)]
16. Сидорова Ю.А., Терещенко А.В., Ерохина Е.В. Персонализированная навигационная панретиальная лазерная коагуляция сетчатки: миф или реальность в клинической практике? Отражение. 2023;1: 77–79. [Sidorova YuA, Tereshchenko AV, Erokhina EV. Personalized navigation panretinal laser coagulation of the retina: myth or reality in clinical practice? Reflection. 2023;1: 77–79. (In Russ.)] doi: 10.25276/2686-6986-2023-1-77-79
17. Патент РФ на изобретение №2704233 / 12.02.2019. Бюл. № 30. Терещенко А.В., Сидорова Ю.А., Фирсова В.В., Терещенкова М.С., Кириллов В.Ю. Способ снижения энергии лазерного воздействия на сетчатку пациента с активной ретинопатией недоношенных. Доступно по: https://patents.s3.yandex.net/RU2704233C1_20191024.pdf [Ссылка активна на 29 01 2024]. [Patent RUS № 2704233 / 02.12.2019. Bull. No. 30. Tereshchenko AV, Sidorova YuA, Firsova VV, Tereshchenkova MS, Kirillov VYu. A method for reducing laser energy on the retina of a patient with active retinopathy of prematurity. Available from: https://patents.s3.yandex.net/RU2704233C1_20191024.pdf [Accessed 01/29/2024]. (In Russ.)]
18. Патент на изобретение № 2792524 / 26.04.2022. Бюл. № 9. Терещенко А.В., Сидорова Ю.А. Способ навигационной лазерной коагуляции сетчатки при активной ретинопатии недоношенных. Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/7c/0d/a9/8019f7bfab97a2/RU2792524C1.pdf> [Ссылка активна на 29 01 2024]. [Patent RUS № 2792524 / 04/26/2022. Bull. No. 9. Tereshchenko AV, Sidorova YuA. Method of navigation laser coagulation of the retina for active retinopathy of prematurity. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/7c/0d/a9/8019f7bfab97a2/RU2792524C1.pdf> [Accessed 01/29/2024]. (In Russ.)]
19. Патент на изобретение № 2791655 / 26.04.2022. Бюл. № 8. Терещенко А.В., Сидорова Ю.А. Способ навигационной лазерной коагуляции широкой аваскулярной зоны сетчатки при активной ретинопатии недоношенных. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2791655C1/ru> [Ссылка активна на 29 01 2024]. [Patent RUS № 2791655 / 04/26/2022. Bull. No. 8. Tereshchenko AV, Sidorova YuA. A method of navigational laser coagulation of a wide avascular zone of the retina for active retinopathy of prematurity. Available from: <https://patents.google.com/patent/RU2791655C1/ru> [Accessed 01/29/2024]. (In Russ.)].

Информация об авторах

Юлия Александровна Сидорова, к.м.н., зав. отделением лазерной хирургии и донной патологии глаза, nauka@eye-kaluga.com, <https://orcid.org/0000-0001-8396-4013>

Александр Владимирович Терещенко, д.м.н., директор филиала, профессор кафедры хирургии, nauka@eye-kaluga.com, <https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Виктория Владимировна Фирсова, врач-офтальмолог отделения лазерной хирургии и донной патологии глаза, nauka@eye-kaluga.com, <https://orcid.org/0000-0002-8333-2785>

Information about the authors

Yulia A. Sidorova, PhD in Medicine, Head of the Department of Laser Surgery of Fundamental Eye Pathology, nauka@eye-kaluga.com, <https://orcid.org/0000-0001-8396-4013>

Alexander V. Tereshchenko, Doctor of Science in Medicine, Professor, Director; nauka@eye-kaluga.com, <https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Victoria V. Firsova, Ophthalmologist at the Department of Laser Surgery and Fundamental Pathology of the Eye, nauka@eye-kaluga.com, <https://orcid.org/0000-0002-8333-2785>

Вклад авторов в работу:

Ю.А. Сидорова: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста.
А.В. Терещенко: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, окончательное утверждение версии подлежащей публикации, редактирование.

В.В. Фирсова: сбор, анализ и обработка материала.

Author's contribution:

Yu.A. Sidorova: significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of material, writing.

A.V. Tereshchenko: significant contribution to the concept and design of the work, final approval of the version to be published, editing.

V.V. Firsova: collection, analysis and processing of material.

Финансирование: Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Авторство: Все авторы подтверждают, что они соответствуют действующим критериям авторства ICMJE.

Согласие пациента на публикацию: Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

Конфликт интересов: Отсутствует.

Funding: The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Authorship: All authors confirm that they meet the current ICMJE authorship criteria.

Patient consent for publication: No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

Conflict of interest: There is no conflict of interest.

Поступила: 13.02.2024

Переработана: 28.05.2024

Принята к печати: 25.06.2024

Originally received: 13.02.2024

Final revision: 28.05.2024

Accepted: 25.06.2024