АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ РЕТИНОПАТИИ В ХОДЕ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ И РЕАНИМАЦИИ НЕДОНОШЕННЫХ МЛАДЕНЦЕВ С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Лопатин А.И.^{1,4}, Пасатецкая Н.А.^{3,4}, Лопатина Е.В.^{2,3}, Андреев В.В.¹

¹СПб ГБУЗ «Детский городской многопрофильный центр высоких медицинских технологий»,
Санкт-Петербург, e-mail: lopatin.alexey@yandex.ru;

²ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова» РАН, Санкт-Петербург;

³ФГБОУ «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»
МЗ РФ, Санкт-Петербург;

⁴ФГБУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург

Целью данной работы был анализ зависимости прогрессирования ретинопатии от влияния проводимой интенсивной терапии в группе младенцев с экстремально низкой массой тела. Исследование включило 40 новорожденных младенцев с экстремально низкой массой тела и гестационным возрастом менее 32 недель. Сформировано три группы: группа А (n=11) – прооперированные пациенты с диагнозом «ретинопатия 3-й стадии». Группа В (n=26) – пациенты с диагнозом «ретинопатия 1-й и 2-й стадии». Группа С (n=3) – пациенты с диагнозом «сетчатка в стадии васкуляризации». Межгрупповые и внутргрупповые различия оценивали по следующим критериям: кислородозависимость, количество гемотрансфузий, гестационный возраст, вес пациентов, количество часов искусственной вентиляции легких, наличие инотропной поддержки препаратами группы биогенных аминов в ходе лечения. Анализ показал, что у младенцев с экстремально низкой массой тела и более тяжелыми стадиями ретинопатии новорожденных достоверно увеличилась продолжительность искусственной вентиляции легких, требовалось большее количество гемотрансфузий и чаще возникала потребность в инотропной и вазопрессорной поддержке по сравнению с детьми с легкой формой заболевания или сетчаткой в стадии васкуляризации. Хотя гестационный возраст остался значимым фактором, у глубоко недоношенных детей именно длительность вентиляции, объем гемотрансфузий и потребность в инотропной и вазопрессорной поддержке выступали ведущими предикторами тяжести ретинопатии. Эти факторы демонстрировали сильные взаимосвязи между собой и с параметрами незрелости (массой тела и гестационным возрастом), при этом роль самого гестационного возраста относительно снижалась по сравнению с этими ятрогенными факторами. Средний уровень степени оксигенации не показал значимых межгрупповых различий. Таким образом, оптимизация респираторной поддержки, обоснованность гемотрансфузий и осторожное применение инотропных препаратов критически важны для профилактики тяжелой ретинопатии у данной категории пациентов.

Ключевые слова: ретинопатия новорожденных, факторы риска, экстремально низкая масса тела, интенсивная терапия и реанимация новорожденных, инотропная и вазопрессорная поддержка.

ANALYSIS OF RISK FACTORS FOR RETINOPATHY OF PREMATURITY DEVELOPMENT DURING NEONATAL INTENSIVE CARE IN EXTREMELY LOW BIRTH WEIGHT INFANTS

Lopatin A.I.^{1,4}, Pasatetskaia N.A.^{3,4}, Lopatina E.V.^{2,3}, Andreev V.V.¹

¹St. Petersburg "Children's City Multidisciplinary Center of High Medical Technologies",
Saint Petersburg, e-mail: lopatin.alexey@yandex.ru;

²Pavlov Institute of Physiology Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg;

³Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg;

⁴Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg

The aim of this study was to analyze the relationship between the progression of retinopathy of prematurity and the effects of administered intensive care therapy in a cohort of infants with extremely low birth weight. The study included 40 newborn infants with extremely low birth weight and gestational age less than 32 weeks. Three groups were formed: Group A (n=11) - surgically treated patients diagnosed with Stage 3 retinopathy. Group B (n=26) - patients diagnosed with Stage 1 and Stage 2 retinopathy. Group C (n=3) - patients diagnosed with retina in the vascularization stage. Intergroup and intragroup differences were assessed using the following criteria: oxygen dependency, number of blood transfusions, gestational age, patient weight, number of hours on mechanical ventilation, and the need for inotropic support with biogenic amine group drugs during treatment. The analysis showed that extremely low birth weight infants with more severe stages of retinopathy had a significantly

increased duration of mechanical ventilation, required a greater number of blood transfusions, and needed inotropic and vasopressor support more frequently compared to infants with mild forms of the disease or retinas in the vascularization stage. Although gestational age remained a significant factor, in extremely preterm infants, the duration of ventilation, the volume of blood transfusions, and the need for inotropic and vasopressor support were the leading predictors of retinopathy severity. These factors demonstrated strong interrelationships with each other and with immaturity parameters (birth weight and gestational age). At the same time, the relative role of gestational age itself diminished compared to these iatrogenic factors. The mean oxygenation level showed no significant differences between groups. Thus, optimizing respiratory support, justifying blood transfusions, and cautious use of inotropic drugs are critically important for preventing severe retinopathy in this patient category.

Keywords: Retinopathy of prematurity, risk factors, extremely low birth weight, neonatal intensive care, inotropic and vasopressor support.

Васкулогенез сетчатки начинается на 16-й неделе внутриутробного развития и завершается к моменту рождения ребенка. При преждевременных родах у недоношенных детей всегда выявляются аваскулярные зоны, размер которых зависит от гестационного возраста. Наличие таких аваскулярных зон сетчатки является предрасположенностью к развитию серьезного заболевания глаз – ретинопатии новорожденных [1]. По мере того как совершенствуются методы выхаживания младенцев с низкой и экстремально низкой массой тела, растет и частота встречаемости ретинопатии. Это ставит перед неонатологами-реаниматологами новые задачи, направленные не только на спасение жизни пациентов, но и на снижение риска развития инвалидизации и улучшение качества жизни недоношенных детей. При решении этих задач принципиально важно оценивать вклад факторов риска в развитие заболевания, чтобы минимизировать их во время интенсивной терапии новорожденных. Исследования последних лет подтверждают, что гестационный возраст (ГВ) и вес пациентов являются ведущими факторами риска развития ретинопатии новорожденных [2-4]. К другим значимым факторам относятся длительная кислородотерапия [5] и тяжелая асфиксия в родах [6]. Обнаружено, что количество гемотрансфузий (ГТС) коррелирует со степенью выраженности ретинопатии недоношенных [7; 8].

Ранее в исследовании, проведенном в отделении интенсивной терапии и реанимации новорожденных (ОРИТН) «Детского городского многопрофильного клинического специализированного центра высоких медицинских технологий» г. Санкт-Петербурга, анализировали связь между осуществляемой интенсивной терапией и риском развития ретинопатии новорожденных у 40 недоношенных пациентов с ГВ 29 [24;35] недель [9]. Основное внимание уделяли изучению роли предполагаемых ведущих факторов риска: кислородозависимости (FiO₂), количества ГТС, ГВ и применения инотропной поддержки в ходе лечения. Дополнительно анализировали критерии: продолжительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ) в часах, вес при рождении, инфекционный статус, присутствие внутриутробных фетальных коммуникаций и показатели венозной сатурации. Обнаружено, что более низкий ГВ (недоношенность) является одним из ведущих факторов риска развития и тяжести ретинопатии новорожденных, о чем свидетельствует сильная отрицательная

корреляция ($r = -0.75$, $p < 0.001$). Выявлен критический порог оксигенации (40-45%), начиная с которого риск неблагоприятного исхода (развития тяжелой ретинопатии новорожденных) возрастает. Корреляции в группе пациентов с ретинопатией 1-й и 2-й стадии (FiO_2 с ИВЛ и ГТС) также подчеркивают роль кислородотерапии и связанных с ней вмешательств в патогенезе заболевания. Не выявлено достоверных различий в количестве ГТС между группами А, В и С. Однако корреляционный анализ в группе В показал, что у более незрелых детей внутри этой группы ГТС было больше. Это позволяет предположить, что роль ГТС может быть более значимой именно у глубоко недоношенных с ретинопатией 1-2-й степени, но не является универсальным маркером тяжести заболевания на уровне сравнения групп. Наличие инотропной поддержки также является значимым фактором риска тяжести ретинопатии, о чем говорит выявленная положительная корреляция ($r = 0.61$, $p < 0.001$) [9].

Таким образом, было выявлено, что основными факторами риска развития и тяжести ретинопатии новорожденных являются глубокая недоношенность (низкий ГВ) и связанные с интенсивной терапией недоношенных вмешательства: высокодозовая кислородотерапия (особенно $FiO_2 > 40-45\%$), длительная ИВЛ, необходимость инотропной и вазопрессорной поддержки и количество ГТС. Выявленные сильные корреляции между этими факторами (особенно в группе В) с тяжестью ретинопатии, а также специфические взаимосвязи внутри разных групп пациентов подчеркивают сложный многофакторный патогенез заболевания и важность тщательного мониторинга и оптимизации респираторной, гемодинамической и трансфузионной терапии у глубоко недоношенных детей для профилактики тяжелых форм ретинопатии.

Целью данной работы был анализ зависимости прогрессирования ретинопатии новорожденных в группе младенцев с экстремально низкой массой тела от влияния проводимой интенсивной терапии недоношенных.

Материалы и методы исследования

Исследование включило 40 новорожденных младенцев с экстремально низкой массой тела и ГВ менее 32 недель. Пациенты находились на лечении в ОРИТН № 39А «Детский городской многопрофильный клинический специализированный центр высоких медицинских технологий» (Детская городская больница № 1) в 2021-2023 гг. Проведено клинко-диагностическое обследование пациентов по общепринятому протоколу (Приказ МЗ РФ № 909н от 12.11.2012). Исследование одобрено локальным этическим комитетом Детской городской больницы № 1.

Дети поделены на 3 группы:

1. Группа А - 11 человек. Прооперированные пациенты с диагнозом «ретинопатия 3-й стадии».

2. Группа В - 26 человек. Пациенты с диагнозом «ретинопатия 1-й и 2-й стадии».
3. Группа С - 3 человека. Пациенты с диагнозом «сетчатка в стадии васкуляризации».

Межгрупповые и внутригрупповые различия оценивали по следующим критериям: F_iO_2 , количество ГТС, ГВ, вес пациентов, количество часов ИВЛ, наличие инотропной поддержки препаратами группы биогенных аминов в ходе лечения. Для оценки кислородозависимости пациентов рассчитали количество кислорода, которое пациент получал в ходе лечения по данным «Медицинской информационной системы qMS». Обработка данных средствами Statistica 10.0 включала применение критерия Краскела - Уоллиса с целью обнаружения различий по параметрам между группами. Для апостериорных сравнений между группами использовали критерий Манна - Уитни. Рассчитали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между факторами риска в каждой группе. Результаты представлены как Me[Q1;Q2].

Результаты исследования и их обсуждение

В исследовании участвовали новорожденные с гестационным возрастом 26 [20;32] недель. Статистический анализ выявил пять ведущих факторов риска развития заболевания. Результаты сравнения групп представлены в таблице 1: отсутствие различий маркировано как A=B, наличие – как A<C.

Таблица 1

Межгрупповые различия по исследуемым параметрам

		Группы		
		А	В	С
Параметр F_iO_2	А	*	=	=
	В		*	=
Параметр Вес	А	*	=	=
	В		*	=
Параметр ИВЛ	А	*	>	>
	В		*	>
Параметр ГТС	А	*	=	>
	В		*	>

Параметр ГВ	Группы	А	*	=	<
		В		*	<

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования. FiO_2 - степень оксигенации, ИВЛ - продолжительность искусственной вентиляции легких, ГТС – гемотрансфузии, ГВ - гестационный возраст.

Анализ параметра кислородозависимости показал, что различия между пациентами группы А (0,30%[0.21-0.50]), В (0,32%[0.21-0.45]) и С (0,3%[0.21-0.30]) нет. Количество часов ИВЛ пациентов, вошедших в группу А (393[135;2400]), достоверно больше, чем в группах В и С. Пациенты группы В (190[9;1313]) также провели больше часов с применением ИВЛ, чем пациенты группы С (21[20;96]). Количество ГТС в группе А (4[2;12]) и В (3,5[1;10]) больше, чем в группе С (1[1;2]). Анализ массы тела пациентов не показал статистически значимых отличий группы А (850 [600;1000]) от группы В (870 [700;1000]) или группы С (940 [830;1000]). ГВ в группах А (25 [20;28]) и В (26 [24;32]) также не различался достоверно. В то же время группа С (31 [28;32]) имела значимо больший ГВ по сравнению как с группой А, так и с группой В. Статистический анализ выявил ряд значимых взаимосвязей между ключевыми параметрами в группе А, представленными коэффициентами ранговой корреляции Спирмена с уровнем значимости $p < 0.05$ (табл. 2). Данные демонстрируют выраженную обратную зависимость массы тела пациентов от продолжительности ИВЛ ($r = -0.764$), а также от количества ГТС ($r = -0.754$). В то же время вес ожидаемо достоверно положительно коррелировал с ГВ новорожденных, показывая высокий коэффициент связи ($r = 0.905$). Параметры ИВЛ и ГТС обнаружили тесную прямую взаимосвязь ($r = 0.774$), тогда как между длительностью вентиляции и ГВ наблюдалась умеренная обратная корреляция ($r = -0.673$). Анализ пары ГТС-ГВ выявил статистически значимую умеренную обратную связь ($r = -0.699$), однако регрессионное моделирование не подтвердило наличия значимой линейной зависимости между этими переменными.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа исследуемых показателей в группе А

Группа А	FiO_2	Вес	ИВЛ	ГТС	ГВ
FiO_2	*	Нет	Нет	Нет	Нет
Вес	Нет	*	-0,764	-0,754	0,905
ИВЛ	Нет	-0,764	*	0,774	-0,673
ГТС	Нет	-0,754	0,774	*	-0,699

ГВ	Нет	0,905	-0,673	-0,699	*
----	-----	--------------	---------------	---------------	---

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования. FiO₂ - степень оксигенации, ИВЛ - продолжительность искусственной вентиляции легких, ГТС – гемотранфузии, ГВ - гестационный возраст.

Корреляционный анализ данных по группе В выявил статистически значимую положительную взаимосвязь между продолжительностью ИВЛ и объемом проведенных ГТС, выражающуюся коэффициентом корреляции Спирмена $r = 0,706$, что согласуется с аналогичной закономерностью, обнаруженной в группе А (табл. 2 и 3). Помимо этой выраженной связи, анализ позволил обнаружить более слабые, но также статистически значимые положительные корреляции: между количеством ГТС и FiO₂ ($r = 0,420$), а также между массой тела пациентов и их ГВ ($r = 0,479$).

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа исследуемых показателей в группе В

Группа В	FiO ₂	Вес	ИВЛ	ГТС	ГВ
FiO ₂	*	Нет	0,600	0,420	-0,433
Вес	Нет	*	Нет	Нет	0,479
ИВЛ	0,600	Нет	*	0,706	-0,470
ГТС	0,420	Нет	0,706	*	Нет
ГВ	-0,433	0,479	-0,470	Нет	*

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования. FiO₂ - степень оксигенации, ИВЛ - продолжительность искусственной вентиляции легких, ГТС – гемотранфузии, ГВ - гестационный возраст.

Результаты корреляционного анализа группы С продемонстрировали идеальную обратную взаимосвязь между уровнем FiO₂ и объемом гемотранфузий ГТС ($r = -1.0$). Данный результат согласуется с данными, полученными в группе А (табл. 2 и 4).

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа исследуемых показателей в группе С

Группа С	FiO ₂	Вес	ИВЛ	ГТС	ГВ
FiO ₂	*	Нет	Нет	-1	Нет
Вес	Нет	*	Нет	Нет	Нет
ИВЛ	Нет	Нет	*	Нет	Нет
ГТС	-1	Нет	Нет	*	Нет
ГВ	Нет	Нет	Нет	Нет	*

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования. FiO_2 - степень оксигенации, ИВЛ - продолжительность искусственной вентиляции легких, ГТС – гемотрансфузии, ГВ - гестационный возраст.

Основная часть пациентов с ретинопатией получала инотропные и вазопрессорные препараты группы тирозиновых биогенных аминов (табл. 5). Результаты корреляционного анализа демонстрируют умеренную отрицательную корреляцию ГВ со степенью заболевания ($r = -0,59, p < 0,001$) и умеренную положительную корреляцию между применением инотропной поддержки и выраженностью ретинопатии новорожденных ($r = 0,5, p < 0,001$).

Таблица 5

Применение инотропной и вазопрессорной поддержки при проведении интенсивной терапии у детей с экстремально низкой массой тела

Поддержка	Группа А	Группа Б	Группа В
Адреналин, добутамин	6	5	0
Норадреналин, адреналин и добутамин	3	5	0
Дофамин и/или добутамин	1	13	1
Без инотропной поддержки	1	3	2

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таким образом, ГВ остается ключевым фактором риска развития заболевания, но его роль меняется в группе младенцев с экстремально низкой массой тела. Хотя корреляционный анализ по всем детям подтвердил умеренную отрицательную связь между ГВ и тяжестью ретинопатии новорожденных ($r = -0,59$), среди самых незрелых детей (ГВ < 32 недель, особенно < 28 недель) другие факторы (ИВЛ, ГТС) становятся более важными предикторами тяжести заболевания (стадия 3 vs 1-2), чем минимальные различия в ГВ.

По результатам анализа длительность искусственной вентиляции легких является одним из самых значимых факторов для развития заболевания (В/А vs С) и его тяжести (А vs В) у детей с экстремально низкой массой тела. Сильная отрицательная связь с весом и ГВ (в группе А) отражает общую незрелость всех систем организма, а сильная положительная связь с количеством ГТС (в группах А и В) подчеркивает важность данного фактора. В исследовании Сайдашевой Э.И с соавт. наблюдается схожая картина: средняя продолжительность нахождения детей со сроком гестации менее 27 недель на ИВЛ имела статистически значимые различия ($p < 0,05$) в группах пациентов с ретинопатией 1-й и 3-й стадий [10].

Ранее получены доказательства отсутствия связи между количеством гемотрансфузии

и степенью прогрессирования ретинопатии [9]. Однако у детей с экстремально низкой массой тела множественные гемотрансфузии являются значимым фактором прогрессирования ретинопатии новорожденных (группы А/В vs С). Тем не менее среди детей, у которых развилась ретинопатия, количество ГТС не является основным фактором, отличающим тяжелую (группа А) от средней/легкой (группа В) степени. Сильная связь с низким весом и ГВ в группе А указывает на уязвимость самых незрелых младенцев.

Результаты предыдущего исследования показали, что прогрессирование ретинопатии было пропорционально кислородозависимости. Дети, получающие газовоздушную смесь с содержанием кислорода 40% и выше, были прооперированы или имели худший прогноз по прогрессированию данного заболевания [9]. Сходный результат описан в работе ряда исследователей [11-13]. В группе детей с экстремально низкой массой тела по усредненному показателю FiO_2 различий не было. Однако его связь с продолжительностью ИВЛ в группе В и общая патофизиология ретинопатии предполагают, что длительность воздействия или вариабельность сатурации (а не только средний FiO_2) могут играть важную роль.

Параметр «вес» теряет прогностическую ценность для анализа риска развития или тяжести ретинопатии между группами у детей с экстремально низкой массой тела, но остается важным внутри группы самых тяжелых пациентов (А).

Проведенные исследования показали, что среди детей с экстремально низкой массой тела наличие инотропной и вазопрессорной поддержки также является значимым фактором риска тяжести ретинопатии ($r=0.50$, $p<0.001$), как было обнаружено ранее и у детей с низкой массой тела (Лопатин и др., 2023). Экспериментальные исследования подтверждают вовлеченность адренорецепторов в ретинальный ангиогенез [14; 15] и регуляцию роста сетчатки в эмбриогенезе [16].

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что гестационный возраст сохраняет роль ключевого фактора риска ретинопатии новорожденных, однако его прогностическая значимость снижается в группе младенцев с экстремально низкой массой тела, где ведущими предикторами тяжести заболевания выступают длительность искусственной вентиляции легких, множественные гемотрансфузии и необходимость инотропной и вазопрессорной поддержки. При этом вес теряет дифференцирующую ценность между подгруппами, но остается значимым внутри подгруппы тяжелых пациентов. Влияние кислородотерапии определяется не только средним FiO_2 , но и длительностью воздействия или вариабельностью сатурации, что подчеркивает комплексный характер патогенеза ретинопатии новорожденных, объединяющий общую незрелость систем организма и ятрогенные воздействия.

Список литературы

1. Пономарева М.Н., Алёкина В.Н., Починок Е.М., Фомина Е.В., Карпова Д.А. К вопросу о ретинопатии недоношенных // Медицинская наука и образование Урала. 2019. Т. 20 (2). С. 201-204. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38567793>. (дата обращения 25.08.2025). EDN: MNZCXT.
2. Шах Параг К., Прабху В., Карандикар С.С., Раньян Р., Нарендран В., Калпана Н., Ретинопатия недоношенных: прошлое, настоящее и будущее // Неонатология: новости, мнения, обучение. 2017. № 2. С. 20-33. URL: https://www.neonatology-nmo.ru/ru/jarticles_neonat/273.html?SSr=07E906112EDBA (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.24411/2308-2402-2017-00025.
3. Аникина А.А., Муц Е.Ю., Боровкова В.Н., Богданова Е.А., Шестакова В.Н. Анализ частоты встречаемости ретинопатий недоношенных, родившихся при сроке гестации менее 34 недель // Смоленский медицинский альманах. 2020. № 2. С. 21-24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-chastoty-vstrechaemosti-retinopatiy-nedonoshennyh-rodivshih-sya-pri-sroke-gestatsii-menee-34-nedel/> (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.37903/sma.2020.2.2.
4. Пономарева М.Н., Починок Е.М., Фомина Е.В., Ашихмина Е.П., Алекина В.Н., Голубева А.М., Бедаш К.И., Лунтовская П.А. Особенности офтальмологического статуса и факторы риска у пациентов с ретинопатией недоношенных // Медицинская наука и образование Урала. 2021. Т. 22 (3) С. 67-70. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46646221>. (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.36361/1814-8999-2021-22-3-67-70.
5. Ali A.A., Goma N.A.S., Awadein A.R., Al-Hayouti H.H., Hegazy A.I. Retrospective cohort study shows that the risks for retinopathy of prematurity included birth age and weight, medical conditions and treatment // *Acta Paediatr.* 2017. Vol. 106. Is. 12. P. 1919-1927. DOI: 10.1111/apa.14019.
6. Красногорская В.Н., Гусев А.Н., Сыромукова А.С. Факторы риска ретинопатии недоношенных на различных сроках гестации // Тихоокеанский медицинский журнал. 2019. Т. 76 (2) С. 11-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-riska-retinopatii-nedonoshennyh-na-razlichnyh-srokah-gestatsii>. (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2019.2.11-14.
7. Uberos J., Fernandez-Marin E., Campos-Martínez A., Ruiz-López A., García-Serrano J.L. Blood products transfusion and retinopathy of prematurity: A cohort study // *Acta Ophthalmol.* 2023. Vol. 101. Is. 3. P. e294-e301. DOI: 10.1111/aos.15269. Epub 2022 Oct 11.

8. Zhu Z., Hua X., Yu Y., Zhu P., Hong K., Ke Y. Effect of red blood cell transfusion on the development of retinopathy of prematurity: A systematic review and meta-analysis // PLoS One. 2020. Vol. 15. Is. 6. P. 1-12. DOI: 10.1371/journal.pone.0234266.
9. Лопатин А.И., Андреев В.В., Пасатецкая Н.А., Соколова М.Г., Лопатина Е.В. Анализ влияния интенсивной терапии недоношенных на развитие ретинопатии новорожденных // Медицинский алфавит. 2023. № 26. С. 35–40. URL: <https://www.med-alphabet.com/jour/article/view/3348?ysclid=me1m6o5np1983670845> (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.33667/2078-5631-2023-26-35-40.
10. Сайдашева Э.И., Буяновская С.В., Ковшов Ф.В. Постнатальные факторы риска тип 1 ретинопатии недоношенных у детей со сроком гестации менее 27 недель // Российская педиатрическая офтальмология. 2019. № 1. С. 5-11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postnatalnye-factory-riska-tip-1-retinopatii-nedonoshennyh-u-detey-so-srokom-gestatsii-menee-27-nedel>. (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.17816/1993-1859-2019-14-1-5-11.
11. Сидоренко Е.И., Николаева Г.В., Амханицкая Л.И., Сидоренко Е.Е. Причина высокой токсичности кислорода для сетчатки недоношенных детей // Таврический медико-биологический вестник. 2017. Т. 20 (2). С. 108-112. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prichina-vysokoy-toksichnosti-kisloroda-dlya-setchatki-nedonoshennyh-detey>. (дата обращения 25.08.2025). EDN: ZEIBXN.
12. Сидоренко Е.И. Проблемы ангиогенеза в глазу недоношенного ребёнка // Российский медицинский журнал. 2018. № 3. С. 124-128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-angiogeneza-v-glazu-nedonoshennogo-rebyonka>. (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.18821/0869-2106-2018-24-3-124-128.
13. Амханицкая Л.И., Николаева Г.В., Соколова Н.А. Изменение парциального давления кислорода в стекловидном теле и артериальной крови у крольчат в зависимости от концентрации кислорода во вдыхаемой смеси // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2015. Т. 159 (3). С. 308-310. EDN: TMGXIB.
14. Катаргина Л.А., Осипова Н.А., Панова А.Ю., Петровская А.В., Никишина Ю.О., Муртазина А.Р., Угрюмов М.В. Роль катехоламинов в развитии патологической неоваскуляризации сетчатки на экспериментальной модели ретинопатии недоношенных у крыс // Доклады Академии наук. 2019. Т. 489 (3). С. 313-317. URL: <https://journals.eco-vector.com/0869-5652/article/view/18602> (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.31857/S0869-56524893313-317.
15. Катаргина Л.А., Денисова Е.В., Осипова Н.А., Панова А.Ю. Роль моноаминов в регуляции ангиогенеза и перспективы их применения при ретинопатии недоношенных //

Российская педиатрическая офтальмология. 2018. Т. 13 (2). С. 76-80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-monoaminov-v-regulyatsii-angiogeneza-i-perspektivy-ih-primeneniya-pri-retinopatii-nedonoshennyh> (дата обращения 25.08.2025). DOI: 10.18821/1993-1859-2018-13-2-76-80.

16. Лопатин А.И., Пасатецкая Н.А., Удовенко Е.Г., Лопатина Е.В. Участие адренорецепторов в регуляции роста эмбриональной сетчатки // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2023. Т. 20 (3) С. 31-36. URL: http://journal.gbuvmnc.ru/files/uploads/journal/article_2023_3_7eRQsKTP.pdf (дата обращения 25.08.2025). EDN: ERTWDF.