

# Результаты исследования течения диабетической ретинопатии у потенциальных реципиентов почки и поджелудочной железы на фоне гемодиализа

И.В. Воробьева<sup>✉1,2</sup>, Е.В. Булава<sup>1</sup>, А.Г. Балкаров<sup>3,4,5</sup>, И.В. Дмитриев<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Кафедра офтальмологии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ,  
125993, Россия, Москва, Баррикадная ул., д. 2/1, стр. 1;

<sup>2</sup> Кафедра офтальмологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6;

<sup>3</sup> ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»,  
129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3;

<sup>4</sup> Кафедра трансплантологии и искусственных органов ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ,  
117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1;

<sup>5</sup> ГБУ «НИИ организации здравоохранения и медицинского менеджмента ДЗМ»,  
115184, Россия, Москва, Большая Татарская ул., д. 30

✉ Автор, ответственный за переписку: Ирина Витальевна Воробьева, д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии РМАНПО; профессор кафедры офтальмологии Российского университета дружбы народов, [irina.docent2000@mail.ru](mailto:irina.docent2000@mail.ru)

## Аннотация

**Актуальность.** Трансплантация почки и поджелудочной железы – хирургический способ лечения больных сахарным диабетом и терминальной диабетической нефропатией. Во время ожидания хирургического лечения потенциальные реципиенты получают программный гемодиализ. Диализ инициирует потерю организмом жидкости, что, в свою очередь, может отразиться на состоянии внутриглазных структур.

**Цель.** Изучить влияние продолжительной гемодиализной терапии на офтальмологические показатели больных терминальной диабетической нефропатией.

**Материал и методы.** Обследованы 60 пациентов (120 глаз): группа А – 30 больных с терминальной хронической почечной недостаточностью в исходе диабетической нефропатии, группа Б – 30 человек без системных и глазных патологий. Оценку офтальмологического статуса группы А проводили на этапе плановой подготовки к заместительной почечной терапии, на 3-м и 6-м месяце после инициации диализа. Офтальмологический осмотр заключался в применении традиционных и специальных методов исследования (микропериметрия, фоторегистрация глазного дна, оптическая когерентная томография с функцией ангиографии).

**Результаты.** В течение 6 месяцев курсов гемодиализа было зафиксировано: снижение толщины сетчатки (Ме: с 348,5 до 306,1 мкм;  $p < 0,05$ ) и хориоидеи (Ме: с 330,3 до 294,9 мкм;  $p < 0,05$ ), улучшение ретинальной перфузии в глазах с диабетическим макулярным отеком (Ме: в поверхностном капиллярном сплетении в фовеа – с 10,6 до 15,8%, в парафовеа – с 19,7 до 25,4%; в глубоком капиллярном сплетении в фовеа – с 15,4 до 20,9%, в парафовеа – с 27,5 до 33,5%;  $p < 0,05$ ), снижение гемоперфузии хориоидеи (Ме: в слое хориокапилляров в фовеа – с 59,0 до 54,2%, в парафовеа – с 59,3 до 54,7%; в глубоком слое хориоидеи в фовеа – с 55,5 до 50,7%, в парафовеа – с 55,3 до 50,7%;  $p < 0,05$ ), улучшение светочувствительности сетчатки (Ме: в глазах с диабетическим макулярным отеком с 16,7 до 20,3 дБ; в глазах без диабетического макулярного отека с 21,1 до 24,2 дБ;  $p < 0,05$ ) и повышение остроты зрения в глазах с отеком макулы (Ме: с 0,1 до 0,3;  $p < 0,05$ ).

**Выводы.** На фоне программного гемодиализа у больных с терминальной диабетической нефропатией наряду со снижением гиперазотемии происходит улучшение архитектоники, гемодинамики сетчатки и зрительных функций.

**Ключевые слова:** сахарный диабет 1-го типа, диабетическая нефропатия, диабетическая ретинопатия, гемодиализ, микропериметрия, оптическая когерентная томография-ангиография

**Конфликт интересов** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Финансирование** Исследование проводилось без спонсорской поддержки

**Для цитирования:** Воробьева И.В., Булава Е.В., Балкаров А.Г., Дмитриев И.В. Результаты исследования течения диабетической ретинопатии у потенциальных реципиентов почки и поджелудочной железы на фоне гемодиализа. *Трансплантология*. 2023;15(2):188–199. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-188-199>

© Воробьева И.В., Булава Е.В., Балкаров А.Г., Дмитриев И.В., 2023

## Results of studying the diabetic retinopathy course in potential kidney and pancreatic recipients while on hemodialysis

I.V. Vorobyeva<sup>✉1,2</sup>, E.V. Bulava<sup>1</sup>, A.G. Balkarov<sup>3,4,5</sup>, I.V. Dmitriev<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Department of Ophthalmology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 2/1 Bldg. 1 Barrikadnaya St., Moscow 125993 Russia;

<sup>2</sup> Department of Ophthalmology, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklay St., Moscow 117198 Russia;

<sup>3</sup> N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090 Russia;

<sup>4</sup> Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanov St., Moscow 117997 Russia;

<sup>5</sup> Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management, 30 Bolshaya Tatarskaya St., 30 Moscow 115184 Russia

✉Corresponding author: Irina V. Vorobyeva, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Ophthalmology of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Professor of the Department of Ophthalmology of Peoples' Friendship University of Russia, irina.docent2000@mail.ru

### Abstract

**Introduction.** Kidney and pancreas transplantation is a surgical method for the treatment of patients with diabetes mellitus and terminal diabetic nephropathy. While waiting for surgical treatment, potential recipients receive maintenance hemodialysis. Dialysis initiates the loss of body fluid, which in turn can affect the state of the intraocular structures.

**Aim.** To study the effect of long-term hemodialysis therapy on ophthalmic parameters in patients with terminal diabetic nephropathy.

**Material and methods.** Sixty patients (120 eyes) were examined: group A included 30 patients with end-stage renal failure as a result of diabetic nephropathy, group B included 30 people without systemic and ocular pathologies. The ophthalmological status of group A was assessed at the stage of planned preparation for renal replacement therapy, at 3 and 6 months after the initiation of dialysis. Ophthalmological examination consisted of the use of traditional and special diagnostic methods (microperimetry, photorecording of the fundus, optical coherence tomography angiography).

**Results.** Within 6 months of hemodialysis courses, the following was recorded: a decrease in the thickness of the retina (Me: from 348.5 to 306.1  $\mu\text{m}$ ;  $p < 0.05$ ) and choroid (Me: from 330.3 to 294.9  $\mu\text{m}$ ;  $p < 0.05$ ), the improvement of retinal perfusion in eyes with diabetic macular edema (Me in the superficial capillary plexus: from 10.6 to 15.8% in the fovea, from 19.7 to 25.4% in the parafovea; in the deep capillary plexus: from 15.4 to 20.9% in the fovea, from 27.5 to 33.5% in the parafovea;  $p < 0.05$ ), a decrease in choroidal hemoperfusion (Me in the layer of choriocapillaries: from 59.0 to 54.2% in the fovea, from 59.3 to 54.7% in the parafovea; in the deep layer of the choroids: from 55.5 to 50.7% in the fovea, from 55.3 to 50.7% in the parafovea;  $p < 0.05$ ), an improvement in retinal photosensitivity (Me: from 16.7 to 20.3 dB in eyes with diabetic macular edema; from 21.1 to 24.2 dB in eyes without diabetic macular edema;  $p < 0.05$ ) and increased visual acuity in eyes with macular edema (Me: 0.1 to 0.3;  $p < 0.05$ ).

**Conclusions.** Against the background of maintenance hemodialysis hemodialysis in patients with terminal diabetic nephropathy, along with a decrease in hyperazotemia, there is an improvement in architectonics, hemodynamics of the retina and visual functions.

**Keywords:** type 1 diabetes mellitus, diabetic nephropathy, diabetic retinopathy, hemodialysis, microperimetry, optical coherence tomography angiography

**CONFLICT OF INTERESTS** Authors declare no conflict of interest

**FINANCING** The study was performed without external funding

**For citation:** Vorobyeva IV, Bulava EV, Balkarov AG, Dmitriev IV. Results of studying the diabetic retinopathy course in potential kidney and pancreatic recipients while on hemodialysis. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2023;15(2):188–199. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-188-199>

ГКСС – глубокое капиллярное сплетение сетчатки  
 ГСХ – глубокий слой хориоидеи  
 ДМ – диабетическая макулопатия  
 ДМО – диабетический макулярный отек  
 ДН – диабетическая нефропатия  
 ДР – диабетическая ретинопатия  
 МКОЗ – максимальной корригированная острота зрения  
 ОКТ – оптическая когерентная томограмма  
 ПГД – программный гемодиализ

ПКСС – поверхностное капиллярное сплетение сетчатки  
 СД – сахарный диабет  
 СКФ – скорость клубочковой фильтрации  
 СМ – светочувствительность макулы  
 тХПН – терминальная стадия хронической почечной недостаточности  
 ФАЗ – фовеальная аваскулярная зона  
 ХК – хориокапилляры  
 ЦТС – центральная толщина сетчатки

### Введение

В последние десятилетия наблюдается неуклонная мировая тенденция роста распространенности сахарного диабета (СД) 1-го типа [1]. По данным И.И. Дедова и соавт., по сравнению с показателями 2016 года, к началу 2021 года распространенность СД 1-го типа в Российской Федерации увеличилась с 168,7 до 180,9 случаев на 100 тыс. населения страны [2].

Одним из наиболее значимых хронических микрососудистых осложнений СД 1-го типа является диабетическая нефропатия (ДН). Первоначально она проявляется в виде микроальбуминурии с последующим прогрессированием до протеинурии. Исход ДН – терминальная хроническая почечная недостаточности (тХПН), характеризующаяся выраженным снижением скорости клубочковой фильтрации (СКФ <15 мл/мин/1,73м<sup>2</sup>) [3]. Для устранения уремического синдрома и достижения физиологической регуляции углеводного обмена с дальнейшим предупреждением прогрессирования диабетических осложнений больным с тХПН в исходе ДН производят одномоментную аллотрансплантацию почки и поджелудочной железы [4]. Во время ожидания пересадки органов для поддержания витальных функций потенциальным реципиентам проводят заместительную почечную терапию в виде гемодиализа или перитонеального диализа [5].

Диализ инициирует потерю организмом большого количества жидкости за счет экскреции высокоосмолярных веществ, что, в свою очередь, может отразиться на состоянии внутриглазных структур.

Ранее ряд авторов провели исследования, посвященные изучению офтальмологических показателей у пациентов, получающих гемодиализ. Так было выявлено, что на фоне диализной терапии происходит изменение уровня внутриглазного давления [6], толщины сетчатой [7] и сосудистой оболочки [8], перфузии хориокапилляров [9] и остроты зрения [10, 11]. Однако данные работы включали пациентов различной этиологии тХПН в том числе недиабетического генеза,

не имеющих диабетической ретинопатии (ДР). В большинстве таких работ офтальмологический статус больных оценивали на фоне однократного сеанса гемодиализа.

В связи с этим целью данного исследования являлось изучение влияния продолжительной гемодиализной терапии на офтальмологические клиничко-морфофункциональные показатели больных СД 1-го типа и ДР.

### Материал и методы

На базе кафедры офтальмологии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ в МГОЦ ГКБ им. С.П. Боткина были обследованы 60 пациентов (120 глаз). Из них 30 больных (60 глаз) страдали СД 1-го типа и тХПН в исходе ДН (группа А). Данные больные приступили к курсам программного гемодиализа (ПГД) и соответствовали критериям потенциальных реципиентов почки и поджелудочной железы. Отбор реципиентов в лист ожидания пересадки органов производился хирургами отделения трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Наряду с лечением ПГД пациенты группы А получали интенсивную инсулинотерапию в виде многократных инъекций или постоянной подкожной инфузии. 30 обследованных пациентов (60 глаз), не имеющих системной и глазной патологии, составили группу контроля (группа Б) (табл. 1).

Таблица 1. Демографические показатели пациентов  
 Table 1. Patient demographics

Показатель		Группа			
		А		Б	
Количество пациентов, n	мужчины, % (n)	30	53 (16)	30	50 (15)
	женщины, % (n)		47 (14)		50 (15)
Количество глаз, n		60		60	
Возраст, лет		39 [31;45]		37 [29;48]	
Стаж СД, лет		27 [19;31]		—	

Примечание: значения приведены в виде медианы (Me) и нижнего/верхнего квартилей [Q1;Q3].

Критерии включения больных в группу А: наличие СД 1-го типа, тХПН в исходе ДН и заместительная почечная терапия в виде ПГД. Для группы Б в критериях включения пациентов в исследование значилось отсутствие глазных и системных патологий. Критерии исключения больных из исследования для группы А заключались в наличии СД 2-го типа, тХПН недиабетического генеза и заместительная почечная терапия в виде перитонеального диализа, для группы Б в присутствии аномалии рефракции высокой степени и любой офтальмологической и сопутствующей хронической системной патологии.

В день офтальмологического осмотра больным проводили забор венозной крови с последующим лабораторным анализом на определение уровня глюкозы, гликированного гемоглобина, концентрации сывороточной мочевины и креатинина.

Оценку офтальмологического статуса больных группы А проводили на этапе плановой подготовки к заместительной почечной терапии, на 3-м и 6-м месяце после инициации диализной терапии. Офтальмологический осмотр заключался в применении традиционных (определение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ), биомикроскопия, гониоскопия, офтальмоскопия) и специальных методов исследования, включающих измерение светочувствительности макулярной области (СМ) при помощи фундус-микроскопии МАИА (CenterVue Spa, Италия), фоторегистрацию глазного дна при помощи цветной фундус-камеры TRC-NW8 (Topcon, Япония), ультразвуковое исследование на аппарате AVISO (Quantel Medical, Франция), измерение центральной толщины сетчатки (ЦТС) и толщины субфовеолярной хориоидеи, параметров фовеальной аваскулярной зоны (ФАЗ) и плотности капиллярной перфузии макулярной области в 4 сосудистых сплетениях (поверхностное и глубокое капиллярное сплетение сетчатки (ПКСС и ГКСС), слой хориокапилляров (ХК) и глубокий слой хориоидеи (ГСХ)) на оптическом когерентном томографе RS-3000 Advance2 (Nidek, Япония).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием параметрических и непараметрических критериев в программе StatTech v.3.0.9 и Microsoft Office Excel 2019.

## Результаты

Согласно имеющимся у пациентов офтальмологическим заключениям, большая часть больных

из группы А до развития тХПН имели ДР и успели получить лечение заболевания (52 глаза, 86%) в виде лазерной коагуляции сетчатки (14 глаз, 23%), интравитреального введения ингибитор ангиогенеза (3 глаза, 5%), витрэктомии (3 глаза, 5%) или комбинированного лечения (32 глаза, 53%).

Исследование влияния гемодиализа на морфофункциональное состояние 7 глаз 7 пациентов группы А было невозможно по причине имеющихся грубых пролиферативных изменений витреоретинального интерфейса (обширные преретинальные кровоизлияния, субтотальный и тотальный гемофтальм, тракционная отслойка сетчатки), выявленных при помощи офтальмоэхографии (В-скан) (рис. 1).

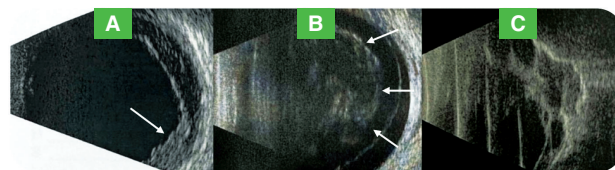


Рис. 1. Офтальмоэхограмма (В-скан): А – преретинальное кровоизлияние; В – тотальный гемофтальм; С – старая тракционная отслойка с субатрофической деформацией глазного яблока

Fig. 1. B-scan: A, preretinal hemorrhage; B, total hemophthalmos; C, old traction detachment with subatrophic deformity of the eyeball

Пациенты с такими офтальмологическими изменениями глазного дна были направлены для консультации и возможного дальнейшего лечения в отделение витреоретинальной хирургии.

В ходе исследования 53 глаз 30 пациентов группы А, доступных осмотру методом биомикроскопии, в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения [12] в 69,8% случаев (37 глаз) на глазном дне были выявлены признаки пролиферативной стадии ДР, в 30,2% (16 глазах) – препролиферативной стадии.

В соответствии с классификацией диабетических макулопатий М.В. Гацу и Я.В. Байбородова [13], при анализе оптической когерентной томограммы больных группы А были выявлены следующие формы морфогистологических изменений сетчатки: признаки диабетического макулярного отека (ДМО) присутствовали в 28,3% случаях (15 глазах), сухой макулопатии – в 3,8% (2 глазах), смешанной макулопатии – в 3,8% (2 глазах) (рис. 2).

ЦТС больных СД 1-го типа и ТПН были статистически значимо выше контрольной груп-

пы (Me: 348,5 в сравнении с 262,1 мкм,  $p < 0,05$ ). Внутригрупповое сравнение толщины сетчатки среди больных группы А выявило наибольшее значение ЦТС в глазах больных ДМО, чем в глазах без отека макулы (Me: 467,2 в сравнении с 328,5 мкм,  $p < 0,05$ ). На фоне 6 месяцев ПГД толщина сетчатки статистически значимо снизилась среди всех пациентов (Me: с 348,5 до 306,1 мкм,  $p < 0,05$ ). Наиболее выраженное снижение ЦТС было зафиксировано в глазах больных ДМО, толщина сетчатки у которых статистически значимо уменьшилась уже к 3-му месяцу лечения ТПН (Me: до 369,9 мкм) и продолжила снижаться на протяжении полугода заместительной почечной терапии (Me: до 316,1 мкм на 6-м месяце курсов ПГД) (рис. 3).

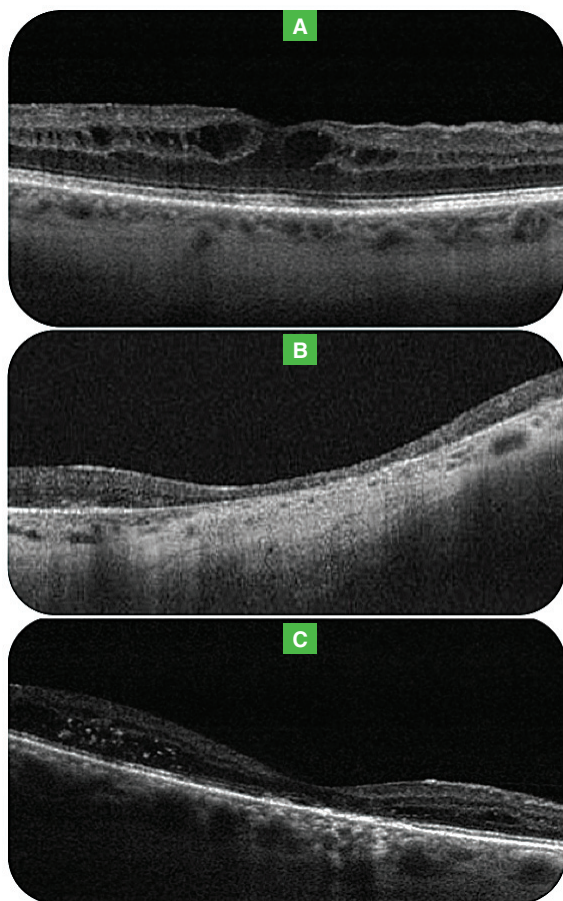


Рис. 2. Линейные оптические когерентные томограммы больных с диабетической макулопатией (ДМ): А – влажная форма ДМ (диабетический макулярный отек); В – сухая форма ДМ; С – смешанная форма ДМ

Fig. 2. Linear optical coherence tomography scans of patients with diabetic maculopathy (DMP): A, wet form of DMP (diabetic macular edema); B, dry form of DMP; C, mixed form of DMP

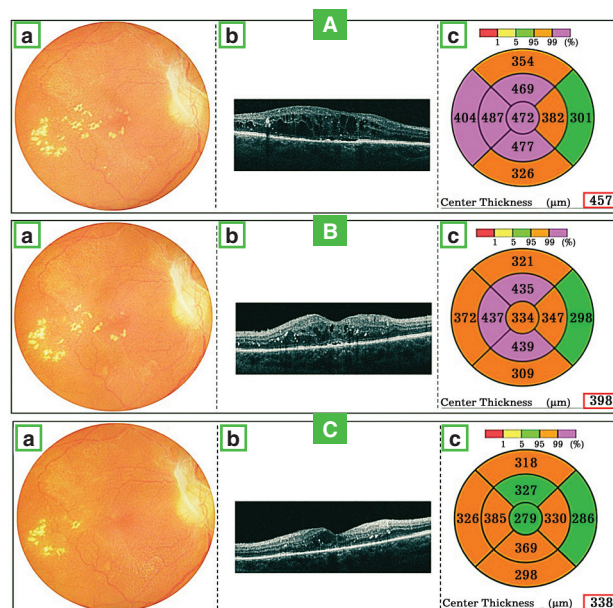


Рис. 3. Клиническое наблюдение: результаты осмотра больной К., 36 лет, страдающей сахарным диабетом 1-го типа и терминальной диабетической нефропатией до начала гемодиализа (А), на 3-м (В) и 6-м месяце (С) заместительной почечной терапии (а – фотография глазного дна, б – линейная оптическая когерентная томограмма макулярной области, с – толщина сетчатки)

Fig. 3. Clinical example: results of examination of patient K. (36 years old) with type 1 diabetes mellitus and terminal diabetic nephropathy before the start of hemodialysis (A), at 3 (B) and 6 months (C) of renal replacement therapy (a, fundus photograph, b, linear optical coherence tomography scan of the macular area, c, retinal thickness)

Толщина субфовеолярной хориоидеи в группе А (Me: 330,3 мкм) была больше, чем в группе В (Me: 313,3 мкм) ( $p < 0,05$ ). По сравнению с исходными додиализными значениями толщина хориоидеи статистически значимо снизилась к 3-му месяцу лечения тХПН (Me: до 294,9 мкм,  $p < 0,05$ ) и осталась на том же уровне по результатам осмотра на 6-м месяце курсов гемодиализа (Me: 296,7 мкм) (рис. 4).

Для оценки микроциркуляторного русла макулярной области были отобраны 42 глаза больных СД 1-го типа и тХПН, в которых была сохранна архитектура сетчатой и сосудистой оболочки и прослеживалась сегментация капиллярных сплетений. Межгрупповое сравнение региональной и хориоидальной перфузии продемонстрировало наибольшее значение площади ФАЗ и наименьший показатель плотности перфузии в группы А, чем в группе В (Me: ФАЗ – 0,42 мм<sup>2</sup> по сравнению с 0,23 мм<sup>2</sup>,  $p < 0,05$ ; плотность перфузии ПКСС – в фовеа 15,7% по сравнению с 27,3%, в

парафовеа 24,2% по сравнению с 51,3%,  $p < 0,05$ ; плотность перфузии ГКСС – в фовеа 20,8% по сравнению с 39,5%, в парафовеа 33,9% по сравнению с 61,4%,  $p < 0,05$ ; плотность перфузии ХК – в фовеа 59,0% по сравнению с 65,4%, в парафовеа 59,3% по сравнению с 65,2%,  $p < 0,05$ ; плотность перфузии ГСХ – в фовеа 55,5% по сравнению с 62,3%, в парафовеа 55,3% по сравнению с 62,3%,  $p < 0,05$ ).

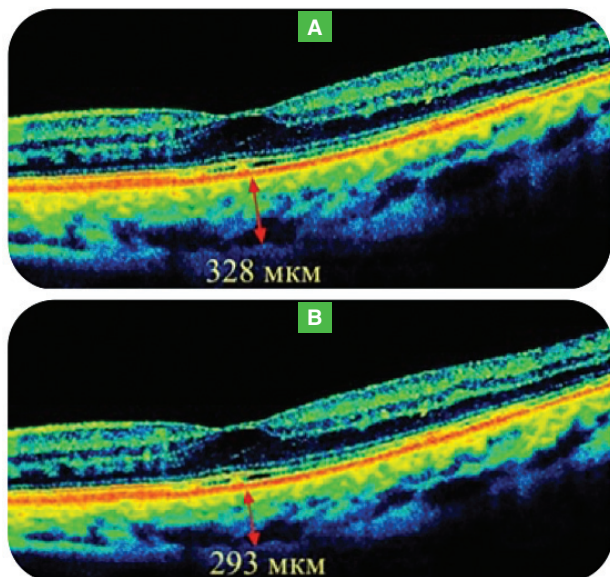


Рис. 4. Клиническое наблюдение: толщина субфовеолярной хориоидеи у больного В., 38 лет, страдающего сахарным диабетом 1-го типа и терминальной диабетической нефропатией до начала гемодиализа – 328 мкм (А) и на фоне гемодиализной терапии – 293 мкм (В)

Fig. 4. Clinical example: the thickness of the subfoveal choroid in patient V (38 years old) with type 1 diabetes mellitus and terminal diabetic nephropathy was 328  $\mu\text{m}$  (A) before the start of hemodialysis and 293  $\mu\text{m}$  during hemodialysis therapy (B)

Наибольшая ретинальная перфузия наблюдалась в глазах без ДМО, чем в глазах с отеком макулы. К 3-му и 6-му месяцу ПГД перфузия сетчатки значительно улучшилась в глазах с ДМО, а в глазах без ДМО статистически значимо не изменилась (табл. 2) (рис. 5).

Разницы в плотности перфузии ХК и ГСХ между глазами с ДМО и без него не отмечалось ( $p > 0,05$ ). Значение плотности перфузии хориоидеи у больных группы А статистически значимо снизилось к 3-му месяцу лечения тХПН и сохранилось на том же уровне по результатам осмотра на 6-м месяце ПГД (рис. 6).

На фоне проводимого лечения тХПН к 6-му месяцу диализной терапии отмечалось улучшение СМ среди всех больных группы А и повышение МКОЗ в глазах больных с ДМО ( $p < 0,05$ ) (табл. 3).

При сопоставлении измененных на фоне лечения тХПН системных (мочевина, креатинин) и офтальмологических показателей больных были выявлены значимые корреляционные зависимости: между динамикой уровня креатинина и ЦТС ( $r_{xy} = 0,317$ ;  $p < 0,05$ ), мочевины и ЦТС ( $r_{xy} = 0,502$ ;  $p < 0,05$ ), креатинина и среднего значения плотности перфузии ПКСС ( $r_{xy} = -0,689$ ;  $p < 0,05$ ), креатинина и среднего значения плотности перфузии ГКСС ( $r_{xy} = -0,433$ ;  $p < 0,05$ ) (рис. 7).

**Обсуждение**

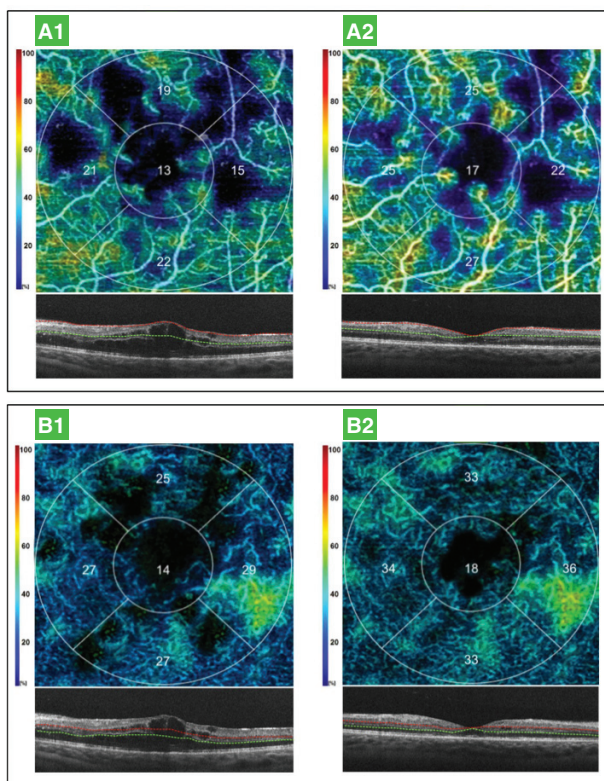
Ранее сообщалось, что гемодиализ приводит к снижению толщины сетчатки и улучшению МКОЗ в течение 1–12 месяцев терапии тХПН [10, 11]. Наши результаты согласуются с выше указанными. Так, толщина сетчатки у наших больных в течение 6 месяцев гемодиализа уменьшилась с 348,5 до 306,1 мкм ( $p < 0,05$ ). Наиболее

Таблица 2. Динамика ретинальной перфузии у больных на фоне гемодиализной терапии  
Table 2. Dynamics of retinal perfusion in patients while on hemodialysis therapy

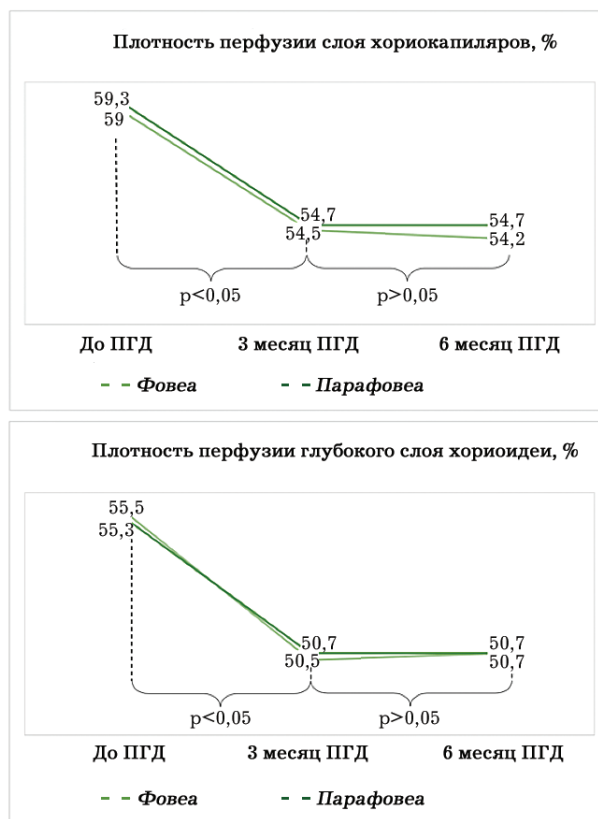
Плотность перфузии, %	ДМО (15 глаз)			Без ДМО (27 глаз)		
	до ПГД	3 мес ПГД	6 мес ПГД	до ПГД	3 мес ПГД	6 мес ПГД
Поверхностное капиллярное сплетение						
Фовеа	10,6 [9,7;13,4]	13,7* [11,8;15,7]	15,8* [13,9;17,2]	17,4 [16,9;18,5]	17,5 [16,3;18,2]	17,5 [16,8;18,3]
Парафовеа	19,7 [17,1;21,7]	21,8* [19,6;23,7]	25,4* [25,2;28,6]	28,0 [27,2;29,5]	28,0 [27,0;29,6]	28,2 [27,1; 29,4]
Глубокое капиллярное сплетение						
Фовеа	15,4 [14,1;17,0]	18,7* [16,3;20,4]	20,9* [19,1;22,3]	24,0 [23,0;24,8]	24,3 [23,4;25,1]	24,6 [23,1;24,9]
Парафовеа	27,5 [25,1;31,5]	30,6* [29,1;34,4]	33,5* [31,1;36,6]	36,3 [34,2;37,5]	36,5 [33,9;37,3]	36,8 [34,4;37,6]

Примечания: значения в виде медианы (Me) и нижнего/верхнего квартилей [Q1;Q3]; \* – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) в сравнении с данными до начала программного гемодиализа (ПГД).

выраженное снижение ЦТС было отмечено в глазах с ДМО, у которых положительное влияние лечения тХПН было зафиксировано на 3-м месяце гемодиализа (изменение ЦТС Ме: с 467,2 до 369,9 мкм  $p < 0,05$ ) и нарастало на протяжении полугода заместительной почечной терапии (на 6-м месяце диализа ЦТС – Ме 316,1 мкм). На фоне такого выраженного снижения толщины сетчатки больные с ДМО продемонстрировали улучшение МКОЗ (Ме: с 0,1 до 0,3,  $p < 0,05$ ). Улучшение зрительных функций было зафиксировано и при исследовании СМ, которая статистически значимо увеличилась среди гемодиализных пациентов (динамика СМ в глазах с ДМО: Ме с 16,7 до 20,3 дБ; динамика СМ в глазах без ДМО: Ме с 21,1 до 24,2 дБ;  $p < 0,05$ ).



**Рис. 5. Клиническое наблюдение: результаты плотности перфузии поверхностного (A1 – до начала гемодиализа, A2 – на фоне гемодиализной терапии) и глубокого капиллярного сплетения сетчатки (B1 – до начала гемодиализа, B2 – на фоне гемодиализной терапии) у больной А., 40 лет, страдающей сахарным диабетом 1-го типа и с терминальной диабетической нефропатией**  
**Fig. 5. Clinical example: the results of the perfusion density of the superficial capillary plexus of the retina (A1, before the start of hemodialysis, A2, while on hemodialysis therapy) and deep superficial capillary plexus of the retina (B1, before the start of hemodialysis, B2, while on hemodialysis therapy) in patient A. (40 years old) with type 1 diabetes and terminal diabetic nephropathy**



Примечание: ПГД – программный гемодиализ

**Рис. 6. Динамика перфузии хориоидеи у больных на фоне гемодиализной терапии: слой хориокапилляров (А), глубокий слой хориоидеи (В)**

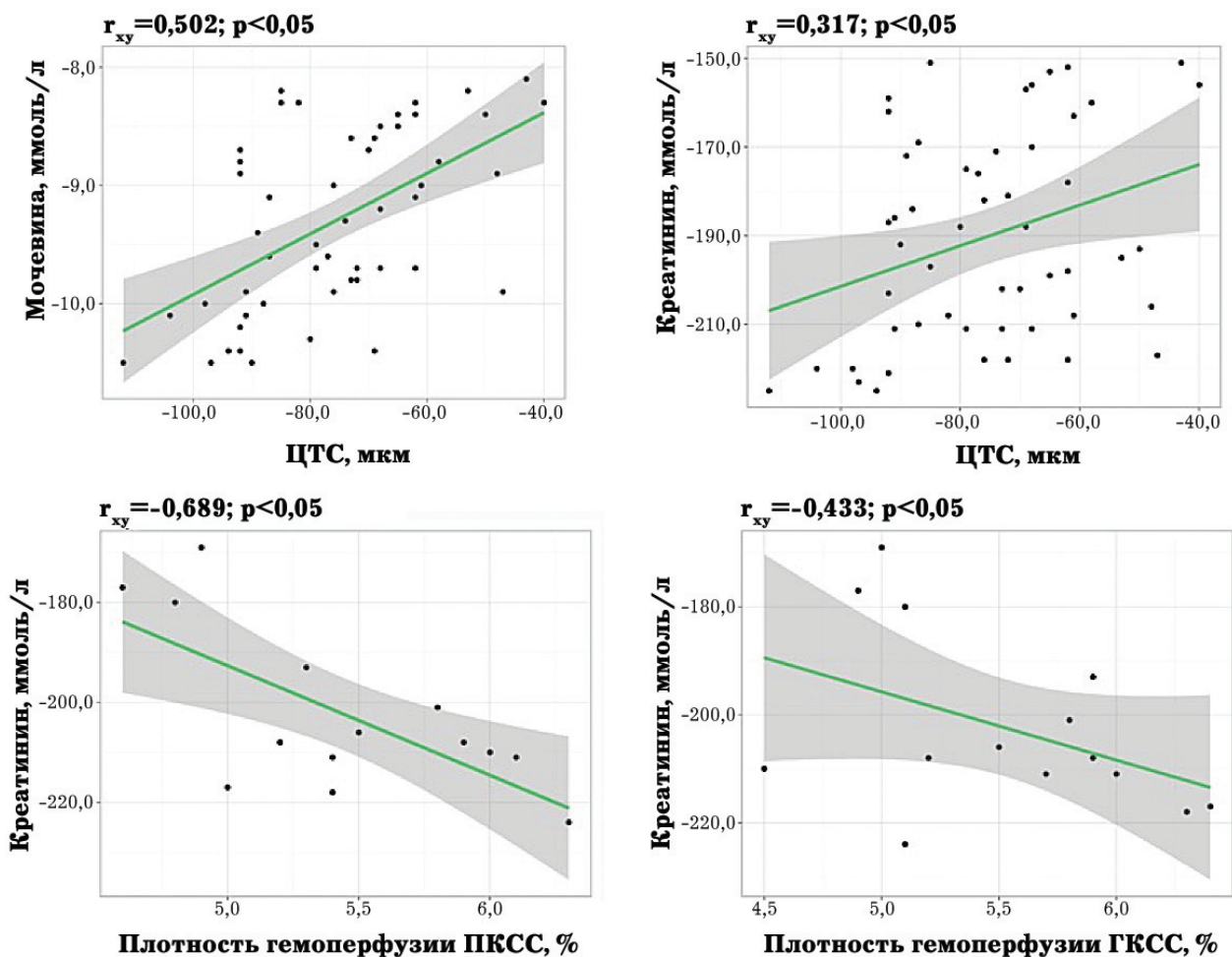
**Fig. 6. Dynamics of choroidal perfusion in patients while on hemodialysis therapy: choriocapillaries (A), deep layer of the choroid (B)**

**Таблица 3. Динамика зрительных функций у больных на фоне гемодиализа**

**Table 3. Dynamics of visual functions in patients on hemodialysis**

Показатель	Группа А			
	ДМО (15 глаз)		Без ДМО (27 глаз)	
	до ПГД	6 мес ПГД	до ПГД	6 мес ПГД
МКОЗ	0,1 [0,05;0,3]	0,3 <sup>#</sup> [0,1;0,5]	0,5 [0,3;0,8]	0,6 [0,3;0,8]
СМ, дБ	16,7 [13,8;19,3]	20,3 <sup>#</sup> [19,2;22,1]	21,1 [20,1;24,3]	24,2 <sup>#</sup> [22,4;25,9]

Примечания: значение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ) и светочувствительности макулы (СМ) приведены в виде медианы (Ме) и нижнего/верхнего квартилей [Q1;Q3]; <sup>#</sup> – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) в сравнении с данными до начала ПГД.



Примечания: ГКСС – глубокое капиллярное сплетение сетчатки, ПКСС – поверхностное капиллярное сплетение сетчатки, ЦТС – центральная толщина сетчатки

Рис. 7. Корреляционные взаимосвязи между динамическими изменениями лабораторных маркеров диабетической нефропатии (мочевина, креатинин) и офтальмологических показателями (центральная толщина сетчатки, плотность перфузии поверхностного и глубокого капиллярного сплетения сетчатки)

Fig. 7. Correlations between dynamic changes in laboratory markers of diabetic nephropathy (urea, creatinine) and ophthalmological parameters (central retinal thickness, perfusion density of the superficial and deep retinal capillary plexus)

Y.U. Shin et al. [9] сообщили о снижении толщины хориоидеи и плотности перфузии ХК. Плотность ретиальной перфузии по результатам авторов не перетерпела значительных изменений. Стоит отметить, что дизайн приведенной работы заключался в изучении офтальмологических показателей пациентов с диабетической и тХПН другой этиологии на фоне однократного сеанса гемодиализа. В исследование не были включены пациенты с ДМО. В нашей работе в течение 6 месяцев ПГД у всех пациентов было отмечено снижение толщины хориоидеи (Me: с

330,3 до 296,7 мкм,  $p < 0,05$ ), снижение перфузии как ХК (Me: в фовеа с 59,0 до 54,2%; в парафовеа с 59,3 до 54,7%;  $p < 0,05$ ), так и ГСХ (Me: в фовеа с 55,5 до 50,7%; в парафовеа с 55,3 до 50,7%;  $p < 0,05$ ), изменение ретиальной перфузии среди пациентов с ДР без ДМО не наблюдалось ( $p > 0,05$ ), что согласуется с результатами приведенного исследования. Однако перфузия ПКСС и ГКСС увеличилась в глазах с ДМО (ПКСС: в фовеа – Me с 10,6 до 15,8%, в парафовеа – Me с 19,7 до 25,4%; ГКСС: в фовеа – Me с 15,4 до 20,9%, в парафовеа – Me с 27,5 до 33,5%;  $p < 0,05$ ).



У пациентов прослеживались статистически значимые корреляционные взаимосвязи между изменениями офтальмологических показателей (ЦТС, плотностью перфузии ПКСС и ГКСС) и динамикой лабораторных маркеров тХПН на фоне диализной терапии (мочевина, креатинин).

Гематоретинальный барьер обладает функцией ауторегуляции, которая поддерживает баланс жидкости и электролитов между внутрисосудистым и межклеточным ретинальным пространством [14]. При ДР на фоне воспаления, запускаемого цитокинами, гематоретинальный барьер повреждается из-за нарушения связи эндотелиоцитов и выпадения перицитов, что свою очередь обуславливает избыточное накопление жидкости в межклеточном пространстве сетчатки [15]. В отличие от сетчатки сосуды хориоидеи обладают слабой ауторегуляцией и в основном иннервируются вегетативной нервной системой [16].

Следовательно, можно предположить, что снижение гиперазотемии на фоне диализной терапии приводит к уменьшению межклеточной жидкости в сетчатке, проявлением чего является снижение ее толщины. Снижение толщины сетчатки в гла-

зах с ДМО приводит ко вторичному увеличению капиллярной перфузии за счет устранения компрессии сосудов. Снижение толщины и перфузии хориоидеи может быть проявлением реактивной симпатической вазоконстрикции в ответ на потерю жидкости организмом и как следствие уменьшение артериального и перфузионного давления.

## Выводы

1. Потенциальные реципиенты почки и поджелудочной железы, страдающие сахарным диабетом 1-го типа и с терминальной стадией диабетической нефропатии имеют патологические изменения глазного дна и низкие зрительные функции в сравнении с аналогичными пациентами без сахарного диабета 1-го типа и нарушения функции почек.

2. На фоне продолжительной заместительной почечной терапии гемодиализом у больных диабетической ретинопатией, наряду со снижением гиперазотемии происходит улучшение архитектоники, гемодинамики сетчатки и зрительных функций.

## Список литературы/References

1. Norris JM, Johnson RK, Stene LC. Type 1 diabetes-early life origins and changing epidemiology. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8(3):226–238. PMID: 31999944 [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30412-7](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30412-7)
2. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А. Эпидемиологические характеристики сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический анализ по данным регистра сахарного диабета на 01.01.2021. *Сахарный диабет.* 2021;24(3):204–221. Dedov II, Shestakova MV, Vikulova OK, Zheleznyakova AV, Isakov MA. Epidemiological characteristics of diabetes mellitus in the Russian Federation: clinical and statistical analysis according to the Federal diabetes register data of 01.01.2021. *Diabetes mellitus.* 2021;24(3):204–221. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/DM12759>
3. Samsu N. Diabetic nephropathy: challenges in pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Biomed Res Int.* 2021:1497449. <https://doi.org/10.1155/2021/1497449>
4. Cao Y, Liu X, Lan X, Ni K, Li L, Fu Y. Simultaneous pancreas and kidney transplantation for end-stage kidney disease patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Langenbecks Arch Surg.* 2022;407(3):909–925. PMID: 34279713 <https://doi.org/10.1007/s00423-021-02249-y>
5. Scheuermann U, Rademacher S, Jahn N, Sucher E, Seehofer D, Sucher R, et al. Impact of pre-transplant dialysis modality on the outcome and health-related quality of life of patients after simultaneous pancreas-kidney transplantation. *Health Qual Life Outcomes.* 2020;18(1):303. PMID: 32912255 <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01545-3>
6. Kal A, Kal O, Eroglu FC, Öner O, Kucukerdonmez C, Yilmaz G. Evaluation of choroidal and retinal thickness measurements in adult hemodialysis patients using spectral-domain optical coherence tomography. *Arq Bras Oftalmol.* 2016;79(4):229–232. PMID: 27626146 <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20160066>
7. Chen H, Zhang X, Shen X. Ocular changes during hemodialysis in patients with end-stage renal disease. *BMC Ophthalmol.* 2018;18(1):208. PMID: 30139333 <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0885-0>
8. Chang IB, Lee JH, Kim JS. Changes in choroidal thickness in and outside the macula after hemodialysis in patients with end-stage renal disease. *Retina.* 2017;37(5):896–905. PMID: 27557086 <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000001262>
9. Shin YU, Lee DE, Kang MH, Seong M, Yi J-H, Han S-W, et al. Optical coherence tomography angiography analysis of changes in the retina and the choroid after haemodialysis. *Sci Rep.* 2018;8(1):17184. PMID: 30464196 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35562-6>
10. Hwang H, Chae JB, Kim JY, Moon BG, Kim DY. Changes in optical coherence tomography findings in patients with chronic renal failure undergoing dialysis for the first time. *Retina.* 2019;39(12):2360–2368. PMID: 30180144 <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000002312>
11. Takamura Y, Matsumura T, Ohkoshi K, Takei T, Ishikawa K, Shimura M, et al. Functional and anatomical changes in diabetic macular edema after hemodialysis initiation: one-year follow-up multicenter study. *Sci Rep.* 2020;10(1):7788. PMID: 32385333 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64798-4>
12. Porta M, Kohner E. Screening for diabetic retinopathy in Europe. *Diabet Med.* 1991;8(3):197–198. PMID: 1828731 <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.1991.tb01571.x>
13. Гацу М.В., Байбородов Я.В. Клинико-топографическая классификация диабетических макулопатий. *Сахарный диабет.* 2008; 11(3):20–22. Gatsu MV, Bayborodov YV. Kliniko-topograficheskaya klassifikatsiya diabeticheskikh makulopatij. *Diabetes mellitus.* 2008;11(3):20–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/2072-0351-5353>
14. Yang X, Yu X-W, Zhang D-D, Fan Z-G. Blood-retinal barrier as a converging pivot in understanding the initiation and development of retinal diseases. *Chin Med J (Engl).* 2020;133(21):2586–2594. PMID: 32852382. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000001015>
15. Forrester JV, Kuffova L, Delibegovic M. The Role of inflammation in Diabetic Retinopathy. *Front Immunol.* 2020;11:583687. PMID: 33240272 <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.583687>
16. Reiner A, Fitzgerald MEC, Del Mar N, Li C. Neural control of choroidal blood flow. *Prog Retin Eye Res.* 2018;64:96–130. PMID: 29229444 <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2017.12.001>

## Информация об авторах

**Ирина Витальевна  
Воробьева**

д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ; профессор кафедры офтальмологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», <https://orcid.org/0000-0003-2707-8417>, [irina.docent2000@mail.ru](mailto:irina.docent2000@mail.ru)  
40% – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, ответственность за целостность всех частей статьи

**Евгений Валерьевич  
Булава**

аспирант кафедры офтальмологии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, <https://orcid.org/0000-0002-7201-3885>  
30% – сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи

**Аслан Галиевич  
Балкаров**

канд. мед. наук, заведующий научным отделением трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; доцент кафедры трансплантологии и искусственных органов ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ; заведующий организационно-методическим отделом по трансплантологии ГБУ «НИИ организации здравоохранения и медицинского менеджмента ДЗМ», <https://orcid.org/0000-0002-1396-7048>, [BalkarovAG@sklif.mos.ru](mailto:BalkarovAG@sklif.mos.ru)  
15% – концепция и дизайн исследования, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи

**Илья Викторович  
Дмитриев**

канд. мед. наук, заведующий отделением трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; доцент кафедры трансплантологии и искусственных органов ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, <https://orcid.org/0000-0002-5731-3310>, [DmitrievIV@sklif.mos.ru](mailto:DmitrievIV@sklif.mos.ru)  
15% – концепция и дизайн исследования, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи

**Information about the authors****Irina V. Vorobyeva**

Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Ophthalmology of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Professor of the Department of Ophthalmology Peoples' Friendship University of Russia, <https://orcid.org/0000-0003-2707-8417>, [irina.docent2000@mail.ru](mailto:irina.docent2000@mail.ru)  
40%, the concept and design of the study, the collection and processing of material, statistical data processing, responsibility for the integrity of all parts of the article

**Evgeniy V. Bulava**

Postgraduate Student of the Department of Ophthalmology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, <https://orcid.org/0000-0002-7201-3885>  
30, collection and processing of material, statistical processing of data, writing the text, responsibility for the integrity of all parts of the article

**Aslan G. Balkarov**

Cand. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Kidney and Pancreas Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Associate Professor of the Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; Head of the Organizational and Methodological Department for Transplantology, Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management, <https://orcid.org/0000-0002-1396-7048>, [BalkarovAG@sklif.mos.ru](mailto:BalkarovAG@sklif.mos.ru)  
15%, the concept and design of the study, editing, responsibility for the integrity of all parts of the article

**Илья V. Dmitriev**

Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Kidney and Pancreas Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Associate Professor of the Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-5731-3310>, [DmitrievIV@sklif.mos.ru](mailto:DmitrievIV@sklif.mos.ru)  
15%, the concept and design of the study, editing, responsibility for the integrity of all parts of the article

*Статья поступила в редакцию 06.03.2023;  
одобрена после рецензирования 15.03.2023;  
принята к публикации 29.03.2023*

*The article was received on March 6, 2023;  
approved after reviewing March 15, 2023;  
accepted for publication March 29, 2023*