

Оптическая когерентная томография-ангиография в диагностике микроциркуляции глазного дна у пациентов в постковидном периоде



Я.В. Дорофеева



Е.Б. Мякошина

ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации
Мичуринский проспект, 6, Москва, 119285, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(4):847–852

Цель: изучить плотность сосудов сетчатки парафовеолярной и перипапиллярной зон и области ДЗН у пациентов в постковидном периоде с помощью ОКТ-А. **Пациенты и методы.** Обследованы 30 человек (60 глаз) в возрасте от 18 до 82 (в среднем $61,7 \pm 14,2$) лет. Все исследуемые имели в анамнезе новую коронавирусную инфекцию COVID-19 различной степени тяжести, подтвержденную положительным результатом на РНК SARS-CoV-2 методом ПЦР. ОКТ-А выполняли на приборе Optopol SOCT Coregnicus REVO NX, (Польша). **Результаты.** Плотность сосудов поверхностного и глубокого капиллярного сплетения сетчатки парафовеолярной зоны во всех квадрантах (носовом, нижнем, височном и верхнем) оказалась значимо ниже по сравнению с нормальными показателями соответствующих зон ($p < 0,001$). Доказано значимое снижение показателей микроциркуляции всех исследуемых параметров ДЗН по сравнению с нормальными значениями ($p < 0,001$). При этом наименьшей оказалась плотность сосудистого русла внутри ДЗН, составляя $29,6 \pm 5,6$ % для правого глаза и $27,9 \pm 6,4$ % для левого, что оказалось значимо ниже нормальных показателей $52,9 \pm 3,6$ %, $p < 0,001$. **Заключение.** Проведенные с помощью ОКТ-А исследования доказали микроциркуляторные изменения глазного дна у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию. Так, выявлено значимое снижение плотности сосудов как в парафовеолярной, так и в перипапиллярной зонах сетчатки, а также в области ДЗН, что может свидетельствовать о развитии доклинической манулопатии и оптической нейропатии. Полученные данные дают возможность продолжить начатые исследования с целью разработки и применения реабилитационных мероприятий на начальных этапах развития заболевания.

Ключевые слова: COVID-19, постковидный период, оптическая когерентная томография-ангиография

Для цитирования: Дорофеева Я.В., Мякошина Е.Б. Оптическая когерентная томография-ангиография в диагностике микроциркуляции глазного дна у пациентов в постковидном периоде. *Офтальмология*. 2025;22(4):847–852. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-4-847-852>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Optical Coherence Tomography-angiography in the Diagnostics of Fundus Microcirculation in Patients in the Post-COVID Period

Ya.V. Dorofeeva, E.B. Myakoshina

United Hospital with a Polyclinic of the Presidential Executive Office of the Russian Federation
Michurinsky ave., 6, Moscow, 119285, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(4):847–852

Purpose: to study the retinal vessel density of the parafoveal and peripapillary zones and the optic disc area in patients in the post-COVID period using OCT-A. Patients and methods: A total of 30 people (60 eyes) aged 18 to 82 (average 61.7 ± 14.2) years were examined at the Federal State Budgetary Institution "United Hospital and Polyclinic" of the Presidential Executive Office of the Russian Federation. All subjects had a history of a new coronavirus infection COVID-19 of varying severity, confirmed by a positive result for SARS-CoV-2 RNA by PCR. OCT-A was performed on an Optopol SOCT Copernicus REVO NX device (Poland). **Results.** The vessel density of the superficial and deep retinal capillary plexus of the parafoveal zone in all quadrants (nasal, inferior, temporal and superior) was significantly lower compared to the normal values of the corresponding zones ($p < 0.001$). A significant decrease in the microcirculation parameters of all studied optic disc parameters was proven compared to normal values ($p < 0.001$). At the same time, the vascular bed density inside the optic disc was the lowest, amounting to 29.6 ± 5.6 % for the right eye and 27.9 ± 6.4 % for the left, which was significantly lower than the normal values of 52.9 ± 3.6 %, $p < 0.001$. **Conclusion.** The studies conducted using OCT-A proved microcirculatory fundus' changes in patients after a new coronavirus infection. Thus, a significant decrease in the vascular density was revealed both in the retina's parafoveal and peripapillary zones, as well as in the optic nerve head area, which may indicate the development of preclinical maculopathy and optic neuropathy. The obtained data made it possible to continue the studies initiated in order to develop and apply rehabilitation measures at the initial stages of the disease.

Keywords: COVID-19, post-COVID period, optical coherence tomography angiography

For citation: Dorofeeva Ya.V., Myakoshina E.B. Optical Coherence Tomography-angiography in the Diagnostics of Fundus Microcirculation in Patients in the Post-COVID Period. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(4):847–852. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-4-847-852>

Financial Disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

В декабре 2019 года вспышка новой коронавирусной инфекции COVID-19 приобрела статус пандемии. Механизмы тяжелого течения и последствия болезни до настоящего времени до конца не изучены. Заболевание может протекать бессимптомно или поражать различные клеточные структуры, в том числе и органа зрения [1, 2]. В постковидном периоде пациенты нередко предъявляют жалобы на ухудшение зрения и качества жизни, несмотря на отрицательные тесты, свидетельствующие о наличии или активации вируса SARS-CoV-2 в организме [3].

Патогенетические аспекты влияния вирусной инфекции на сосуды и клетки человека, особенно в отдаленном периоде, продолжают изучаться [4]. Недавние исследования продемонстрировали диффузное повреждение сосудистого эндотелия, наличие микротромбозов капилляров, вызванное коронавирусом, ведущие к ишемическому повреждению различных структур организма [5]. Это свидетельствует о вовлеченности сосудистого компонента в патогенез коронавирусной инфекции.

Уникальная технология ОКТ-ангиографии (ОКТ-А) позволяет выполнять прижизненное исследование состояния

микроциркуляторного русла сетчатки глазного дна [6]. Проведены работы по анализу поверхностного и глубокого капиллярного сплетения парафовеолярной и перипапиллярной зон при различных заболеваниях [7, 8].

Глубокое капиллярное сплетение сетчатки является конечным в цепи трех капиллярных звеньев (поверхностного, среднего и глубокого), естественно продолжаясь в венозное русло, и расположено на уровне внутреннего ядерного слоя (ВЯС) [9] и кровоснабжает его. Есть все основания предполагать, что ишемия на уровне глубокого капиллярного сплетения приводит к развитию парацентральной острой срединной макулопатии (ПОСМ), при которой изолированно страдает ВЯС [10]. Согласно данным литературы, ПОСМ обнаруживается при ряде различных офтальмологических заболеваний [11, 12], в том числе и при новой коронавирусной инфекции COVID-19 [13]. Именно поэтому изучение капиллярных сплетений парафовеолярной и перипапиллярной зон имеет значение для диагностики макулопатии и оптической нейропатии гемодинамического генеза.

Цель: изучить плотность сосудов сетчатки парафовеолярной и перипапиллярной зон и области ДЗН у пациентов в постковидном периоде с помощью ОКТ-А.

Я.В. Дорофеева, Е.Б. Мякошина

Контактная информация: Мякошина Елена Борисовна myakoshina@mail.ru

Оптическая когерентная томография-ангиография в диагностике микроциркуляции...

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

На базе ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации обследованы 30 человек (60 глаз) в возрасте от 18 до 82 (в среднем $61,7 \pm 14,2$) лет. Все исследуемые имели в анамнезе новую коронавирусную инфекцию COVID-19 различной степени тяжести, подтвержденную положительным результатом на РНК SARS-CoV-2 методом ПЦР. Давность перенесенного заболевания составила от 1 недели до 48 мес. (в среднем $26,9 \pm 12,7$ месяца).

Всем пациентам провели офтальмологические обследования, включающие визометрию, пневмотонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию в условиях медикаментозного мидриаза, ОКТ-А.

Критерии включения в исследование: прозрачность оптических сред, перенесенная новая коронавирусная инфекция COVID-19. Критерии невключения в исследование: заболевания, влияющие на микроциркуляцию глазного дна (глаукома, поздняя стадия возрастной макулярной дегенерации, макулярный отек различной этиологии, ретробульбарный неврит, опухоли органа зрения, нейродегенеративные заболевания и др.).

ОКТ-А проводили на приборе Optopol SOCT Corneal REVO NX (Польша). Для сканирования области макулы использовали сетку 3×3 мм. Пациентам выполняли сканы сетчатки макулы с автоматической сегментацией на поверхностный (Superficial) и глубокий (Deep) сосудистые комплексы парафовеолярной зоны. Верхняя граница слоя для Superficial проходит по внутренней пограничной мембране, нижняя — на 10 мкм ниже внутреннего плексиформного слоя (ВПС). Верхняя граница слоя для глубокого сосудистого комплекса находится на 10 мкм ниже ВПС, нижняя — на 10 мкм ниже наружного плексиформного слоя (НПС). Проведено исследование площади фовеолярной аваскулярной зоны и плотности сосудов в поверхностном и глубоком слоях сетчатки парафовеолярной области.

Скан HD Angio Disc размером $4,5 \times 4,5$ мм выполняли в зоне ДЗН и перипапиллярной области с разрешением 400×400 пикселей. В режиме EnFace выделяли слой нервных волокон и анализировали расположенные в нем радиальные перипапиллярные капилляры (RPC) — радиальное перипапиллярное сплетение. Данный протокол позволяет оценивать плотность сосудов в пределах ДЗН — в зоне, ограниченной кругом диаметром 2 мм, центрированным по центру ДЗН, а также перипапиллярной области, которая определялась в виде кольца, ограниченного кругами с диаметрами 2 и 4 мм. Перипапиллярную область условно разделяли для анализа на 4 сектора. Проведено исследование плотности сосудистого сплетения сетчатки перипапиллярной зоны.

Оценивали сосудистые критерии области ДЗН («Total» — общая плотность капилляров области ДЗН, «Total Superior» — общая плотность капилляров ДЗН верхнего сегмента, «Total Inferior» — общая плотность капилляров ДЗН нижнего сегмента, «Inside disk» — плотность сосудистого русла внутри ДЗН, «Peripapillary» — общая плотность капилляров перипапиллярного капиллярного сплетения сетчатки, «Superior Peripa» — плотность сосудов перипапиллярного капиллярного сплетения сетчатки верхнего сегмента, «Inferior Peripa» — плотность сосудов перипапиллярного капиллярного сплетения сетчатки нижнего сегмента). Количественные показатели сравнивали с нормами, указанными в картах прибора ОКТ, и с данными литературы [14, 15].

Статистический анализ проводили с помощью компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica, версия 8.0 (StatSoft Inc., США), Statistica for Window Version VI. Сравнительный анализ базировался на методе t-теста Стьюдента, результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Офтальмоскопически в макулярной зоне определяли четкий рефлекс, ДЗН бледно-розовый, границы четкие, на периферии без очаговой патологии.

С помощью ОКТ-А измеряли площадь ФАЗ правого и левого глаза, которая составила в среднем $0,33 \pm 0,15$ и $0,35 \pm 0,2$ мм² соответственно. Значимых отличий от нормальных значений ($0,3 \pm 0,13$ мм²) не выявлено ($p = 0,13$ и $p = 0,11$ соответственно) (рис. 1).

Плотность сосудов поверхностного и глубокого капиллярного сплетения сетчатки парафовеолярной зоны во всех квадрантах (носовом, нижнем, височном и верхнем) оказалась значимо ниже по сравнению с нормальными показателями соответствующих зон ($p < 0,001$) (табл. 1, рис. 2а, б).

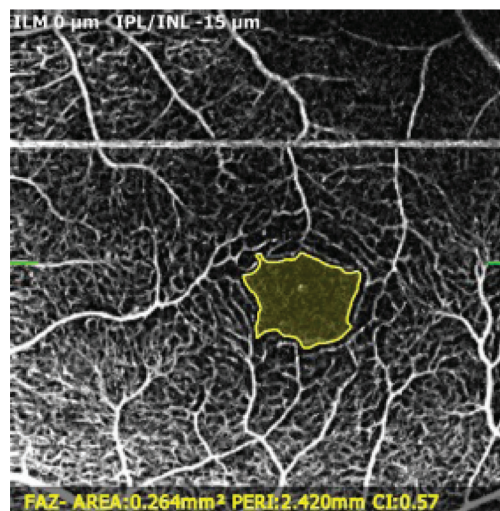


Рис. 1. Карта ФАЗ пациента в постковидном периоде

Fig. 1. Patient's PHASE map in the post-COVID period

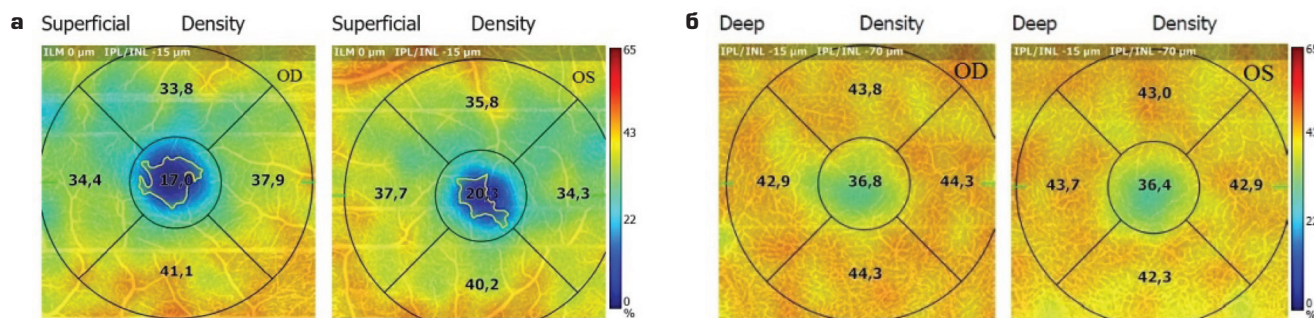


Рис. 2. Плотность сосудов поверхностного (а) и глубокого (б) капиллярного сплетения сетчатки парафовеолярной зоны правого и левого глаза во всех сегментах пациента в постковидном периоде

Fig. 2. The density of vessels of the superficial (a) and deep (b) capillary plexus of the retina of the parafoveal zone of the right and left eyes in all segments of the patient in the post-COVID period

Таблица 1. Плотность сосудов поверхностного и глубокого капиллярного сплетения сетчатки парафовеолярной зоны у пациентов в постковидном периоде по данным ОКТ-А

Table 1. Vessel density of the superficial and deep retinal capillary plexus in the parafoveal zone in patients in the post-COVID period according to OCT-A data

Квадранты Quadrants	Плотность сосудов сетчатки капиллярного сплетения парафовеолярной зоны Retinal vessel density of the capillary plexus of the parafoveal zone					
	Поверхностное (%) Superficial (%)			Глубокое (%) Deep (%)		
	Правый глаз Right eye	Левый глаз Left eye	Норма Normal	Правый глаз Right eye	Левый глаз Left eye	Норма Normal
Носовой квадрант Nasal quadrant	36,9 ± 3,3*	36,1 ± 2,7*	55,2 ± 3,5	42,9 ± 2,3*	42,9 ± 1,7*	61,7 ± 2,9
Нижний квадрант Inferior quadrant	39,1 ± 2,5*	37,2 ± 4,0*	57,3 ± 4,1	43,0 ± 1,7*	42,4 ± 2,5*	65,2 ± 2,2
Височный квадрант Temporal quadrant	35,4 ± 3,3*	34,6 ± 3,6*	55,7 ± 3,7	42,6 ± 1,5*	43,0 ± 1,03*	62,0 ± 3,0
Верхний квадрант Upper quadrant	35,4 ± 4,0*	35,3 ± 4,3*	57,5 ± 2,8	42,5 ± 1,8*	42,6 ± 1,5*	65,5 ± 2,2

Примечание: * — значимость параметров по сравнению с нормой, $p < 0,001$.
Note: * — significance of parameters compared to the norm, $p < 0,001$.

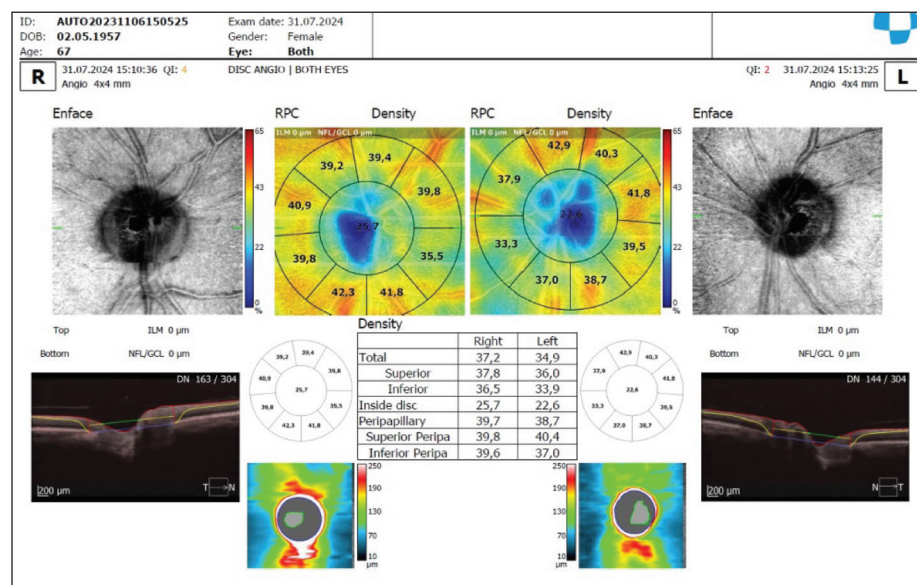


Рис. 3. Параметры ДЗН по данным ОКТ-А пациента в постковидном периоде

Fig. 3. Parameters of the optic disc according to OCT-A data in the post-COVID period

В области диска зрительного нерва с помощью ОКТ-А исследованы общая плотность капилляров, верхнего и нижнего сегмента, капилляров внутри ДЗН, а также показатель перипапиллярной плотности капилляров верхнего и нижнего квадрантов. Объективно доказано значимое снижение показателей микроциркуляции всех исследуемых параметров по сравнению с нормальными значениями ($p < 0,001$). При этом наименьшей оказалась плотность сосудистого русла внутри ДЗН, составляя $29,6 \pm 5,6\%$ для правого и $27,9 \pm 6,4\%$ для левого глаза, что оказалось значимо ниже нормальных показателей $52,9 \pm 3,6\%$, $p < 0,001$ (табл. 2, рис. 3).

Новая коронавирусная инфекция — наиболее серьезное инфекционное заболевание за последние несколько лет, связано с высокой смертностью, преимущественно в старших возрастных группах, частыми осложнениями и последствиями заболевания, оказывающими влияние на организм человека, в том числе и на орган зрения [3].

Ранее считалось, что COVID-19 поражает только эпителиальные клетки органов дыхания [16]. Однако в последнее время появились работы, указывающие на то, что возможными мишенями для вируса SARS-CoV-2 могут быть эндотелиоциты и перициты тканей глаза [17]. Иммуногистохимические исследования показали, что эндотелиоциты цилиарного тела, хориоидеи, сетчатки и ее пигментного эпителия содержат высокий уровень рецепторов ACE2, которые имеют тропность по отношению к коронавирусу [18].

Представляет интерес изучение капилляров сетчатки, так как мелкие капиллярные сплетения характеризуются тонкой сетью, что делает их более уязвимыми к тромботическим процессам, чем сосуды большего калибра [19], и являются мишенью для коронавируса. Недавние исследования описывают снижение перфузионной плотности перипапиллярного капиллярного сплетения сетчатки у пациентов с COVID-19 по сравнению со здоровой контрольной группой через 1 месяц после заражения [20].

Кроме того, проведенные работы указывают на то, что структуры глаза, включающие эпителиальные клетки роговицы и конъюнктивы, трабекулярную сеть, клетки сосудистой оболочки и сетчатки, зрительный нерв, имеющие рецепторы к ангиотензинпревращающему ферменту, являются воротами проникновения вируса в затылочную область коры головного мозга, тем самым вызывая зрительные и неврологические нарушения [21, 22].

В связи с вышесказанным особый интерес представляет исследование состояния микроциркуляторного русла сетчатки пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию различной степени тяжести, с помощью ОКТ-А, что и послужило предметом нашей работы.

Результаты собственных исследований показали, что у всех пациентов значимо снижалась плотность микрососудистого русла парафовеолярной и перипапиллярной сетчатки после перенесенной острой коронавирусной инфекции. Подобная находка может свидетельствовать о серьезных микроциркуляторных нарушениях вследствие воздействия вируса SARS-CoV-2, а также о развитии доклинических симптомов макулопатии и оптической нейропатии. Наши исследования согласуются с мнением других авторов, которые показывают также снижение показателей микроциркуляции глазного дна по данным ОКТ-А, сохраняющихся со временем [23].

Термин «сосудистая дисрегуляция» был предложен в 1994 году J. Flammer, который отметил, что «хроническая дисциркуляция» в сосудах ДЗН приводит к выбросу свободных радикалов, повреждающих решетчатую мембрану, в результате этого, возможно, возникает экскавация

Таблица 2. Параметры микроциркуляции ДЗН по данным ОКТ-А у пациентов в постковидном периоде

Table 2. Ophthalmologic parameters of the optic nerve head according to OCT-A data in patients in the post-COVID period

Параметры микроциркуляции ДЗН Microcirculation parameters of the optic disc	Правый глаз Right eye	Левый глаз Left eye	Норма Normal
Total	35,7 ± 5,1*	35,5 ± 4,8*	48,8 ± 3,2
Total Superior	36,0 ± 5,0*	35,3 ± 5,2*	51,1 ± 3,3
Total Inferior	35,9 ± 4,7*	35,6 ± 4,6*	50,3 ± 4,2
Inside disk	29,6 ± 5,6*	27,9 ± 6,4*	52,9 ± 3,6
Peripapillary	38,0 ± 4,9*	37,7 ± 4,8*	50,7 ± 3,4
Superior Peripa	38,1 ± 5,2*	37,6 ± 5,2*	53,8 ± 4,3
Inferior Peripa	37,9 ± 4,8*	37,8 ± 4,7*	56,6 ± 4,0

Примечание: * — значимость параметров по сравнению с нормой, $p < 0,001$.

Note: * — significance of parameters compared to the norm, $p < 0.001$.

диска зрительного нерва при различных патологических состояниях (глаукоме и др.). При этом происходит снижение глазного кровотока, приводящее к хронической ишемии и реперфузии глубоких слоев сетчатки и головки зрительного нерва [24]. Подобные изменения могут возникнуть вследствие тромбовоспалительной микрососудистой реакции, что некоторыми авторами рассценивается как отличительная черта COVID-19, включающая, в частности, гиперэкспрессию фактора фон Виллебранда (VWF) и гиперактивацию пути комплемента [25]. Кроме того, была выдвинута гипотеза о том, что SARS-CoV-2 может напрямую инфицировать лимфоциты, в частности Т-клетки, способствуя их гибели, с последующей лимфопенией и нарушением противовирусного ответа [26]. Активно обсуждается роль фибриновых амилоидных микросгустков, способных длительное время после перенесенной острой инфекции персистировать в организме, блокируя капилляры и вызывая разнообразные гемодинамические нарушения [27]. Ранее в собственных исследованиях и, по мнению других авторов, было выявлено истончение слоя нервных волокон сетчатки при отсутствии повреждения комплекса ганглиозных клеток [19]. Таким образом, можно предположить, что независимо от тяжести заболевания, вирус оказывает свое патогенное воздействие на организм человека, в том числе и спустя несколько лет. Нам представляется крайне важным дальнейшее изучение последствий воздействия вируса COVID-19 на ткани глаза как в раннем периоде, так и в отдаленном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные с помощью ОКТ-А исследования доказали микроциркуляторные изменения глазного дна у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию. Так, выявлено значимое снижение плотности сосудов как в парафовеолярной, так и в перипапиллярной зонах сетчатки, а также в области ДЗН, что может свидетельствовать о развитии доклинической макулопатии

и оптической нейропатии. Полученные данные дают возможность продолжить начатые исследования с целью разработки и применения реабилитационных мероприятий на начальных этапах развития заболевания.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Дорофеева Яна Викторовна — сбор литературы, обработка материала, написание текста, обработка иллюстраций;
Мякошина Елена Борисовна — окончательное утверждение рукописи, научное редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Нероев ВВ, Киселева ТН, Елисеева ЕК. Офтальмологические аспекты коронавирусной инфекции. Российский офтальмологический журнал. 2021;14(1):7–14. doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-1-7-14.
2. Нероев ВВ, Киселева ТН, Елисеева ЕК. Ophthalmological aspects of coronavirus infection. Russian Ophthalmological Journal. 2021;14(1):7–14 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-1-7-14.
3. Курьшова НИ, Евдокимова ОА, Никитина АД. Поражение органа зрения при COVID-19. Часть 2: осложнения со стороны заднего отрезка глаза, нейроофтальмологические проявления, вакцинация и факторы риска. Российский офтальмологический журнал. 2023;16(1):157–167. doi: 10.21516/2072-0076-2023-16-1-157-167.
4. Kurysheva NI, Evdokimova OA, Nikitina AD. Visual organ damage in COVID-19. Part 2: complications from the posterior segment of the eye, neuro-ophthalmological manifestations, vaccination and risk factors. Russian Ophthalmological Journal. 2023;16(1):157–167 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2023-16-1-157-167.
5. Venkatesan P. NICE guideline on long COVID. Lancet Respir Med. 2021;9(2):129. doi: 10.1016/S2213-2600(21)00031-X.
6. Vinci R, Pedicino D, Andreotti F, Russo G, D'Aiello A, De Cristofaro R, Crea F, Liuzzo G. From angiotensin-converting enzyme 2 disruption to thromboinflammatory microvascular disease: A paradigm drawn from COVID-19. Int J Cardiol. 2021; 1326:243–247. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.11.016.
7. Мартынов МЮ, Боголепова АН, Ясаманова АН. Эндотелиальная дисфункция при COVID-19 и когнитивные нарушения. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2021;121(6):93–99. doi: 10.17116/jnevro202112106193.
8. Martynov MYu, Bogolepova AN, Yasamanova AN. Endothelial dysfunction in COVID-19 and cognitive impairment. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2021;121(6):93–99 (In Russ.). doi: 10.17116/jnevro202112106193.
9. Gao SS, Jia Y, Zhang M, Su JP, Liu G, Hwang TS, Bailey ST, Huang D. Optical Coherence Tomography Angiography. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016; 157(9):OCT27–36. doi: 10.1167/iiov.15-19043.
10. Мякошина ЕБ, Саакян СВ. Особенности зрительных функций, их корреляция с показателями ОКТ-ангиографии макулы у пациентов с начальной меланомой хориоидеи. Клиническая офтальмология. 2022;22(4):216–223. doi: 10.32364/2311-7729-2022-22-4-216-223.
11. Myakoshina EB, Saakyan SV. Features of visual functions, their correlation with OCT angiography parameters of the macula in patients with initial choroidal melanoma. Clinical ophthalmology. 2022;22(4):216–223 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2022-22-4-216-223.
12. Ding X, Romano F, Garg I, Gan J, Vingopoulos F, Garcia MD, Overbey KM, Cui Y, Zhu Y, Bennett CF, Stettler I, Shan M, Finn MJ, Vavvas DG, Husain D, Patel NA, Kim LA, Miller JB. Expanded Field OCT Angiography Biomarkers for Predicting Clinically Significant Outcomes in Non-Proliferative Diabetic Retinopathy. Am J Ophthalmol. 2024; 28;270:216–226. doi: 10.1016/j.ajo.2024.10.016.
13. Sarraf D, Rahimy E, Fawzi AA, Sohn E, Barbazzetto I, Zacks DN, Mittra RA, Klancnik JM Jr, Mrejen S, Goldberg NR, Beardsley R, Sorenson JA, Freund KB. Paracentral acute middle maculopathy: a new variant of acute macular neuroretinopathy associated with retinal capillary ischemia. JAMA Ophthalmol. 2013;131(10):1275–1287. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.4056.
14. Nemiroff J, Kuehlewein L, Rahimy E, Tsui I, Doshi R, Gaudric A, Gorin MB, Sadda S, Sarraf D. Assessing Deep Retinal Capillary Ischemia in Paracentral Acute Middle Maculopathy by Optical Coherence Tomography Angiography. Am J Ophthalmol. 2016;162:121–132.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2015.10.026.
15. Sridhar J, Shahlaee A, Shieh WS, Rahimy E. Paracentral acute middle maculopathy associated with retinal artery occlusion after cosmetic filler injection. Retin Cases Brief Rep. 2017;Winter;11 Suppl 1:S216–S218. doi: 10.1097/ICB.0000000000000466.
16. Ilginis T, Keane PA, Tufail A. Paracentral acute middle maculopathy in sickle cell disease. JAMA Ophthalmol. 2015;133(5):614–616. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2014.6098.
17. Gascon P, Briantais A, Bertrand E, Ramtoul P, Comet A, Beylerian M, Sauvan L, Swider L, Durand JF, Denis D. Covid-19-Associated Retinopathy: A Case Report. Ocul Immunol Inflamm. 2020; 16;28(8):1293–1297. doi: 10.1080/09273948.2020.1825751.
18. Hassan M, Sadiq MA, Halim MS, Afridi R, Soliman MK, Sarwar S, Agarwal A, Do DV, Nguyen QD, Sepah YJ. Evaluation of macular and peripapillary vessel flow density in eyes with no known pathology using optical coherence tomography angiography. Int J Retina Vitreous. 2017;31(3):27. doi: 10.1186/s40942-017-0080-0.
19. Шеремет НЛ, Шмелькова МС, Андреева НА, Жоржоладзе НВ, Фомин АВ, Крылова ТД, Цыганкова ПГ. Особенности микрососудистых изменений сетчатки и зрительного нерва у пациентов с наследственной оптической нейропатией по данным оптической когерентной томографии-ангиографии. Вестник офтальмологии. 2020;136(4):171–182. doi: 10.17116/ofthalma2020136042171.
20. Sheremet NL, Shmelkova MS, Andreeva NA, Zhorzholadze NV, Fomin AV, Krylova TD, Tsygankova PG. Characteristics of changes in retinal and optic nerve microvascularisation in Leber hereditary optic neuropathy patients seen with optical coherence tomography angiography. Russian Annals of Ophthalmology. 2020;136(4):171–182 (In Russ.). doi: 10.17116/ofthalma2020136042171.
21. Spagnolo P, Balestro E, Aliberti S, Cocconcelli E, Biondini D, Casa GD, Sverzellati N, Maher TM. Pulmonary fibrosis secondary to COVID-19: a call to arms? Lancet Respir Med. 2020;8(8):750–752. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30222-8.
22. Bertoli F, Veritti D, Danese C, Samassa F, Sarao V, Rassu N, Gambato T, Lanzetta P. Ocular Findings in COVID-19 Patients: A Review of Direct Manifestations and Indirect Effects on the Eye. J Ophthalmol. 2020; 27;2020:4827304. doi: 10.1155/2020/4827304.
23. Hamming I, Timens W, Bulthuis ML, Lely AT, Navis G, van Goor H. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. J Pathol. 2004;203(2):631–637. doi: 10.1002/path.1570.
24. Cennamo G, Reibaldi M, Montorio D, D'Andrea L, Fallico M, Triassi M. Optical Coherence Tomography Angiography Features in Post-COVID-19 Pneumonia Patients: A Pilot Study. Am J Ophthalmol. 2021;227:182–190. doi: 10.1016/j.ajo.2021.03.015.
25. Savastano A, Crincoli E, Savastano MC, Younis S, Gambini G, De Vico U, Cozzupoli GM, Culiersi C, Rizzo S, Gemelli Against Covid-Post-Acute Care Study Group. Peripapillary Retinal Vascular Involvement in Early Post-COVID-19 Patients. J Clin Med. 2020;9(9):2895. doi: 10.3390/jcm9092895.
26. Pacheco-Herrero M, Soto-Rojas LO, Harrington CR, Flores-Martinez YM, Villegas-Rojas MM, León-Aguilar AM, Martínez-Gómez PA, Campa-Córdoba BB, Apátiga-Pérez R, Corniel-Taveras CN, Domínguez-García JJ, Blanco-Alvarez VM, Luna-Muñoz J. Elucidating the Neuropathologic Mechanisms of SARS-CoV-2 Infection. Front Neurol. 2021;12:660087. doi: 10.3389/fneur.2021.660087.
27. Dewanjee S, Vallamkonda J, Kalra RS, Puvvada N, Kandimalla R, Reddy PH. Emerging COVID-19 Neurological Manifestations: Present Outlook and Potential Neurological Challenges in COVID-19 Pandemic. Mol Neurobiol. 2021;58(9):4694–4715. doi: 10.1007/s12035-021-02450-6.
28. Тургель ВА, Тульцева СН. Динамика показателей ретикулярной перфузии у пациентов с постковидным синдромом. Офтальмологические ведомости. 2023;16(3):53–62. doi: 10.17816/OV569005.
29. Turgel VA, Tultseva SN. Dynamics of retinal perfusion parameters in patients with post-COVID syndrome. Ophthalmological Journal. 2023;16(3):53–62 (In Russ.). doi: 10.17816/OV569005.
30. Yip VCH, Wong HT, Yong VKY, Lim BA, Hee OK, Cheng J, Fu H, Lim C, Tay ELT, Loo-Valdez RG, Teo HY, Lim Ph A, Yip LWL. Optical Coherence Tomography Angiography of Optic Disc and Macula Vessel Density in Glaucoma and Healthy Eyes. J Glaucoma. 2019;28(1):80–87. doi: 10.1097/IJG.0000000000001125.
31. Vinci R, Pedicino D, Andreotti F, Russo G, D'Aiello A, De Cristofaro R, Crea F, Liuzzo G. From angiotensin-converting enzyme 2 disruption to thromboinflammatory microvascular disease: A paradigm drawn from COVID-19. Int J Cardiol. 2021; 1326:243–247. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.11.016.
32. Li H, Liu L, Zhang D, Xu J, Dai H, Tang N, Su X, Cao B. SARS-CoV-2 and viral sepsis: observations and hypotheses. Lancet. 2020;9(395)(10235):1517–1520. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30920-X.
33. Kell DB, Laubscher GJ, Pretorius E. A central role for amyloid fibrin microclots in long COVID/PASC: origins and therapeutic implications. Biochem J. 2022;479(4):537–559. doi: 10.1042/BCJ20220016.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дорофеева Яна Викторовна
врач-офтальмолог

Мякошина Елена Борисовна
доктор медицинских наук, врач-офтальмолог

ABOUT THE AUTHORS

Dorofeeva Yana V.
ophthalmologist

Myakoshina Elena B.
MD, ophthalmologist