

Анализ состояния диска зрительного нерва и комплекса ганглиозных клеток макулы с помощью оптической когерентной томографии у пациентов в постковидном периоде



И.В. Филоненко



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(2):391–397

Цель: изучить состояние диска зрительного нерва и комплекса ганглиозных клеток сетчатки макулы с помощью оптической когерентной томографии у пациентов в постковидном периоде. **Пациенты и методы.** Обследованы 30 человек (60 глаз) в возрасте в среднем $61,7 \pm 14,2$ года. Все обследуемые имели в анамнезе перенесенную новую коронавирусную инфекцию (COVID-19). Давность перенесенного заболевания составила от 1,5 до 48 (в среднем $26,9 \pm 12,7$) мес. Оценку параметров ДЗН и макулы выполняли с помощью прибора Optopol SOCT Copernicus REVO NX (Польша). **Результаты.** Площадь ДЗН, НРП, экскавации ДЗН оказались значимо выше у пациентов в постковидном периоде по сравнению с нормальными показателями ($p < 0,05$). Объем экскавации ДЗН левого глаза у больных в постковидном периоде оказался значимо ниже по сравнению с нормой ($0,08 \pm 0,07$ и $0,15 \pm 0,07$, $p = 0,003$ соответственно). Толщина слоя нервных волокон перипапиллярной сетчатки в верхнем квадранте правого глаза оказалась выше нормальных значений и составила $130,6 \pm 17,7$ ($p = 0,03$). Качественный анализ состояния слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя сетчатки макулы у лиц, перенесших острую коронавирусную инфекцию, показал, что единичные зоны истончения выявлены в 17 (28,3 %) из 60 исследуемых глаз, множественные — в 33 (55 %). **Заключение.** Особый интерес представляют исследования с помощью оптической когерентной томографии состояния области диска зрительного нерва, слоя нервных волокон и комплекса ганглиозных клеток сетчатки макулярной зоны на значимом количестве пациентов, перенесших COVID-19. Полученные изменения морфометрических параметров глазного дна могут косвенно свидетельствовать о нейротропном влиянии вируса COVID-19 на структуры глазного дна, что требует обследования пациентов после перенесенной инфекции для разработки системы реабилитации.

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

Для цитирования: Филоненко И.В., Дорофеева Я.В., Мякошина Е.Б. Анализ диска зрительного нерва и комплекса ганглиозных клеток макулы с помощью оптической когерентной томографии у пациентов в постковидном периоде. *Офтальмология*. 2025;22(2):391–397. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-391-397>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Analysis of the Optic Nerve Head and Macular Ganglion Cell Complex Using Optical Coherence Tomography in Patients in the Post-COVID Period

I.V. Filonenko, 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(2):391–397

Objective. To study the condition of the optic nerve head and the retinal ganglion cell complex (macula) using optical coherence tomography in patients in the post-COVID period. **Patients and methods.** A total of 30 people (60 eyes) aged 61.7 ± 14.2 years on average were examined. All subjects had a history of a new coronavirus infection (COVID-19). The duration of the disease ranged from 1.5 to 48 (26.9 ± 12.7 on average) months. The parameters of the optic nerve head and macula were assessed using the Optopol SOCT Copernicus REVO NX device (Poland). **Results.** Using OCT, the area of the optic nerve head, the area of the retinal ganglion cell complex, and the area of the optic nerve head excavation were significantly higher in patients in the post-COVID period compared to normal values ($p < 0.05$). The excavation volume of the optic disc of the left eye in patients in the post-COVID period was significantly lower than the norm (0.08 ± 0.07 and 0.15 ± 0.07 , $p = 0.003$, respectively). The thickness of the peripapillary retinal nerve fiber layer in the upper quadrant of the right eye significantly exceeded normal values and amounted to 130.6 ± 17.7 ($p = 0.03$). Qualitative analysis of the state of the ganglion cell layer and the inner plexiform layer of the retina of the macula in individuals who had acute coronavirus infection showed that single areas of thinning were detected in 17 (28.3 %) of the 60 eyes examined, multiple — in 33 (55%). **Conclusion.** Of particular interest is the study using optical coherence tomography of the state of the optic nerve head, nerve fiber layer, and retinal ganglion cell complex of the macular zone in a significant number of patients who have had COVID-19. The obtained changes in the morphometric parameters of the fundus may indirectly indicate the neurotropic effect of the COVID-19 virus on the fundus structures, and requires examination of patients after infection to develop a rehabilitation system.

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

For citation: Filonenko I.V., Dorofeeva Ya.V., Myakoshina E.B. Analysis of the Optic Nerve Head and Macular Ganglion Cell Complex Using Optical Coherence Tomography in Patients in the Post-COVID Period. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(2): 391–397. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-391-397>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Беспрецедентная в современной истории пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19), возникшая в Китае, затронула все страны мира. Миллионы людей пострадали в той или иной степени от этого заболевания, многие погибли [1].

В настоящее время мир все еще борется с последствиями нового инфекционного заболевания [2]. По этой причине исследователи с огромным интересом изучают причины и последствия случившегося. Так, некоторые авторы отмечают, что значительное число выздоровевших людей имеют нарушения иммунитета, сопровождающиеся хроническим воспалением многих органов и тканей, неврологическими и психиатрическими нарушениями [3]. Всемирная организация здравоохранения разработала определение «длительное заболевание COVID-19», которое характеризуется совокупностью симптомов или нарушений, проявляющихся, по крайней мере, через 3 месяца после начала заражения и не связанных с другими причинами [4].

Существующие в литературе сообщения о поражении органа зрения при коронавирусной инфекции описывают различные воспалительные процессы переднего

отдела глаза [5]. О поражении сетчатки и нейроофтальмологических проявлениях COVID-19 сообщается в редких, казуистических случаях [6]. В том числе о случаях папиллофлебита [7], оптического ретробульбарного неврита [8], Anti-MOG ассоциированного неврита зрительного нерва, представляющего собой параинфекционный демиелинизирующий синдром с вирусным продромом [9]. Оптическая когерентная томография — неинвазивный метод диагностики, доставляющий уникальную информацию о внутренних структурах глаза при различной патологии [10]. Представляет интерес исследование состояния глазного дна, а именно анализ области диска зрительного нерва (ДЗН) и комплекса ганглиозных клеток (КГК) макулы сетчатки в постковидном периоде.

Цель работы: изучить состояние ДЗН и КГК макулы сетчатки с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) у пациентов в постковидном периоде.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

На базе ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации обследованы 30 человек (60 глаз) в возрасте

И.В. Филоненко, Я.В. Дорофеева, Е.Б. Мякошина

Контактная информация: Мякошина Елена Борисовна myakoshina@mail.ru

от 36 до 82 (в среднем $61,7 \pm 14,2$) лет. Все исследуемые имели в анамнезе перенесенную новую коронавирусную инфекцию (COVID-19) легкой, средней и тяжелой степени, подтвержденную положительным результатом на РНК SARS-CoV-2 методом ПЦР. Давность перенесенного заболевания составила от 1,5 до 48 (в среднем $26,9 \pm 12,7$) мес.

Всем пациентам было проведено офтальмологическое обследование, включающее визометрию, пневмотонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию в условиях медикаментозного мидриаза, ОКТ ДЗН и макулы.

Критерии включения в исследование: прозрачность оптических сред, перенесенная новая коронавирусная инфекция (COVID-19). Критерии невключения: больные с глаукомой, поздней стадией возрастной макулярной дегенерации, макулярным отеком любой этиологии, ретробульбарным невритом, опухолями органа зрения, нейродегенеративными заболеваниями и др.

Оценку параметров ДЗН и макулы выполняли с помощью прибора Optopol SOCT Copernicus REVO NX (Польша) с использованием стандартного протокола трехмерного сканирования 512×128 . Было изучено состояние области ДЗН и КГК макулы, проведен анализ количественных и качественных показателей.

ДЗН исследовали с использованием протоколов сканирования ONH и RNFL analysis, «Disk map» при этом оценивали площадь ДЗН (Disc Area), площадь нейроретинального пояса (НПП) (Rim Area), площадь экскавации (Cup Area), объем НПП (Rim Volume), объем экскавации (Cup Volume), среднюю глубину экскавации (Mean Cup depth), максимальную глубину экскавации (Maximum Cup depth), соотношение площади экскавации и радиуса диска зрительного нерва (C/D Area), толщину слоя нервных волокон перипапиллярной сетчатки в 2 квадрантах (верхнем и нижнем).

Среднюю толщину слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя (Average), толщину слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя в верхнем (Superior) и нижнем (Inferior) квадрантах, минимальную толщину слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя (Minimum) анализировали с помощью программы «Retina map». Анализировали также качественные изменения КГК, представленные на картах ОКТ-исследования в виде единичных и множественных зон желтого и красного цвета.

Количественные показатели сравнивали с нормами, указанными в картах прибора ОКТ, и с данными литературы [11].

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

Результаты офтальмоскопии у пациентов, перенесших острую коронавирусную инфекцию, показали следующее: ДЗН бледно-розовый, границы четкие, округлая или овальная форма, в макулярной зоне рефлекс четкий, на периферии без очаговой патологии (рис. 1).

С помощью ОКТ измеряли площадь ДЗН правого и левого глаза, которая составила $2,25 \pm 0,40$ и $2,32 \pm 0,50$ мм² соответственно. Значимой разницы между указанными параметрами правого и левого глаза не выявлено. Однако показатели значимо превышали нормальные ($2,1 \pm 0,1$ мм²) ($p = 0,006$ и $p = 0,003$ соответственно).

Площадь НПП оказалась значимо выше у пациентов в постковидном периоде (правый глаз $1,65 \pm 0,4$ мм², $p = 0,007$, и левый глаз $1,73 \pm 0,6$ мм², $p = 0,008$) по сравнению с нормальными показателями ($1,38 \pm 0,4$ мм²), при этом отличий между парными глазами не отмечено.

Размеры площади экскавации ДЗН у пациентов, перенесших острую коронавирусную инфекцию, также значимо превышали нормальные показатели ($p = 0,02$) и составили $0,54 \pm 0,4$ и $0,55 \pm 0,3$ мм² соответственно для правого и левого глаза (рис. 2а), то есть не отличались между собой.

Объем экскавации ДЗН левого глаза у больных в постковидном периоде оказался значимо ниже по сравнению с нормой ($0,08 \pm 0,07$ и $0,15 \pm 0,07$ соответственно, $p = 0,003$). Изучаемый параметр правого глаза значимо не отличался от нормальных показателей ($p = 0,4$) (рис. 2б).

Средняя и максимальная глубина экскавации, а также соотношение площади экскавации и радиуса диска значимо не отличались в парных глазах и по сравнению

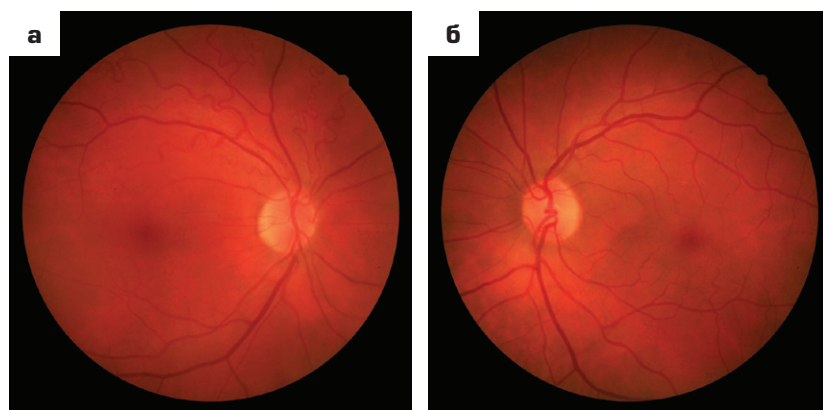


Рис. 1. Офтальмоскопия правого (а) и левого (б) глаза пациента, перенесшего острую коронавирусную инфекцию

Fig. 1. Ophthalmoscopy of the right (a) and left (b) eyes of patient who have had acute coronavirus infection

с нормой ($p > 0,05$). Толщина слоя нервных волокон перипапиллярной сетчатки в верхнем квадранте правого глаза составила $130,6 \pm 17,7$, что оказалась значимо выше нормальных значений ($p = 0,03$).

Толщина слоя нервных волокон перипапиллярной сетчатки в нижнем квадранте значимо не отличалась в парных глазах и по сравнению с нормой ($p > 0,05$) (табл. 1).

Офтальмоскопически у пациентов в постковидном периоде в обоих глазах определяли розовый четкий рефлекс в макуле (рис. 1). Анализ средней толщины слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя показал наличие сходных параметров между правым и левым глазом и нормальными показателями ($p > 0,05$). Определена некоторая тенденция к уменьшению минимальной толщины слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя в верхнем и нижнем квадранте у пациентов в постковидном периоде по сравнению с нормальными показателями ($p > 0,05$) (табл. 2).

Качественный анализ состояния слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя макулы у лиц, перенесших острую коронавирусную инфекцию,

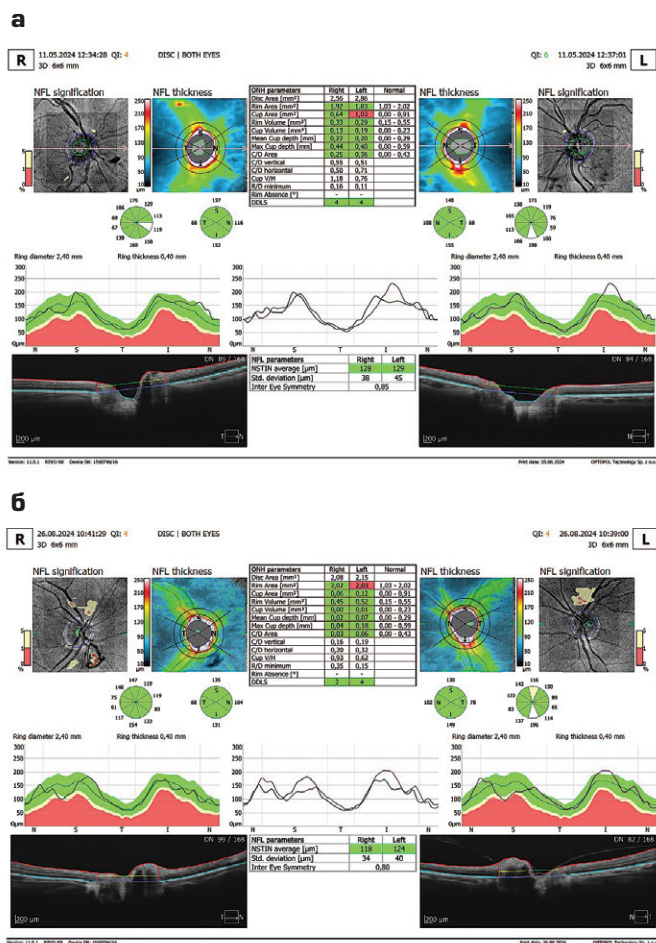


Рис. 2. Карта ОКТ ДЗН: а — увеличение площади экскавации левого глаза; б — увеличение площади НРП левого глаза

Fig. 2. OCT map of the optic disc: a — increase in the area of the left eye excavation, б — increase of the left eye NRP area

Таблица 1. Морфометрические показатели диска зрительного нерва у лиц, перенесших острую коронавирусную инфекцию

Table 1. Morphometric parameters of the optic nerve head in individuals who have had acute coronavirus infection

Показатель / Parameter	Правый глаз / Right eye (n = 30)	Левый глаз / Left eye (n = 30)	Норма / Norm
Площадь ДЗН / Disc area (mm ²)	2,25 ± 0,40*** $p = 0,006$	2,32 ± 0,50*** $p = 0,003$	2,05 ± 0,20**
Площадь НРП / Rim area (mm ²)	1,65 ± 0,40*** $p = 0,007$	1,73 ± 0,60*** $p = 0,008$	1,38 ± 0,40*
Площадь экскавации / Cup area (mm ²)	0,54 ± 0,40*** $p = 0,02$	0,55 ± 0,30*** $p = 0,02$	0,35 ± 0,30*
Объем НРП / Rim volume (mm ³)	0,31 ± 0,10 $p = 0,8$	0,36 ± 0,40 $p = 0,7$	0,33 ± 0,20*
Объем экскавации / Cup volume (mm ³)	0,12 ± 0,10 $p = 0,4$	0,08 ± 0,07*** $p = 0,003$	0,15 ± 0,07*
Средняя глубина экскавации / Mean Cup Depth (mm)	0,14 ± 0,10 $p = 0,3$	0,16 ± 0,10 $p = 0,8$	0,17 ± 0,08*
Максимальная глубина экскавации / Max Cup depth (mm)	0,35 ± 0,20 $p = 0,3$	0,34 ± 0,20 $p = 0,4$	0,29 ± 0,18*
Соотношение площади экскавации и радиуса диска / C/D Area	0,26 ± 0,20 $p = 0,1$	0,24 ± 0,20 $p = 0,1$	0,19 ± 0,15*
Толщина слоя нервных волокон перипапиллярной сетчатки в верхнем квадранте, мкм Thickness of the nerve fiber layer of the peripapillary retina in the superior quadrant, μ m	130,6 ± 17,7*** $p = 0,03$	128,8 ± 68,5 $p = 0,6$	122,6 ± 4,8*
Толщина слоя нервных волокон перипапиллярной сетчатки в нижнем квадранте, мкм Thickness of the nerve fiber layer of the peripapillary retina in the inferior quadrant, μ m	134,5 ± 29,6 $p = 0,16$	132,8 ± 25,1 $p = 0,2$	126,40 ± 0,16*

Примечание: * нормальные показатели по данным прибора ОКТ; ** нормальные показатели из литературного источника [11]; *** значимые показатели параметров ДЗН каждого глаза по сравнению с нормой, $p < 0,05$.

Note: * normal values, according to OCT data; ** normal values from a literary source [11]; *** significant indicators of the optic disc parameters of each eye compared to the norm, $p < 0,05$.

Таблица 2. Морфометрические показатели слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя у лиц, перенесших острую коронавирусную инфекцию

Table 2. Morphometric parameters of the ganglion cell layer and the inner plexiform layer in individuals who have had acute coronavirus infection

Показатель / Parameter	Правый глаз / Right eye (n = 30)	Левый глаз / Left eye (n = 30)	Норма / Norm
Средняя толщина слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя, мкм (Average) Average thickness of ganglion cell layer and internal plexiform layer, μ m (Average)	86,1 ± 16,9 $p = 0,9$	85,6 ± 15,1 $p = 0,8$	86,5 ± 5,5
Толщина слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя в верхнем квадранте, мкм (Superior) Thickness of ganglion cell layer and internal plexiform layer in the upper quadrant, μ m (Superior)	87,7 ± 17,5 $p = 0,2$	85,5 ± 15,1 $p = 0,2$	89,1 ± 4,6
Толщина слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя в нижнем квадранте, мкм (Inferior) Thickness of ganglion cell layer and internal plexiform layer in the lower quadrant, μ m (Inferior)	87,0 ± 18,3 $p = 0,5$	86,1 ± 15,2 $p = 0,3$	89,2 ± 4,4
Минимальная толщина слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя, мкм (Minimum) Minimum thickness of ganglion cell layer and internal plexiform layer, μ m (Minimum)	50,2 ± 18,1 $p = 0,4$	49,03 ± 13,4 $p = 0,2$	53,2 ± 7,6

показал, что единичные зоны истончения выявлены в 17 (28,3 %) из 60 исследуемых глаз, множественные — в 33 (55 %) (рис. 3).

Отдаленные последствия COVID-19 оказывают влияние на нервную систему человека. Исследования показали, что у значительной части пациентов с COVID-19 наблюдались неврологические и психические изменения [3]. Кроме того, у пациентов с нейродегенеративными заболеваниями, в частности с болезнью Альцгеймера, отмечается более тяжелое течение инфекции и усугубление симптомов основного заболевания [11]. Некоторые авторы отмечают наличие схожих механизмов поражения глаз при COVID-19 и болезни Альцгеймера [12].

Многие исследователи отмечают значимые изменения комплекса ганглиозных клеток сетчатки при болезни Альцгеймера [13, 14], в частности снижение толщины и увеличение объема глобальных потерь ганглиозных клеток сетчатки. Есть предположения о способности вируса SARS-CoV-2 проникать в центральную нервную систему прямым или косвенным путем с поражением нейронов и глиальных клеток, что способствует развитию неврологических заболеваний [15]. Поскольку рецептор ангиотензинпревращающего фермента 2 для вируса SARS-CoV-2 представлен в различных областях мозга, включая префронтальную кору и структуры глаза, можно предположить, что он поддерживает активацию вируса [16]. Однако

следует отметить, что до сих пор не подтверждено наличие вирусной РНК в ликворе человека и тканях мозга [17]. Как бы то ни было, структуры глаза, включающие эпителиальные клетки роговицы и конъюнктивы, трабекулярную сеть, клетки сосудистой оболочки и сетчатки, зрительный нерв, имеющие рецепторы к ангиотензинпревращающему ферменту, являются воротами для проникновения вируса в затылочную область коры головного мозга, и вряд ли вирус проходит эти области транзитом, без какого-либо воздействия [18, 19].

Собственные результаты показали доклинические изменения области ДЗН и макулы. В частности, увеличение площади НРП может быть предположительно обусловлено отеком ретробульбарных тканей и развитием компрессионно-ишемической оптиконеуропатии, а также гипертрофией глии в условиях изолированной гибели нейронов [20, 21]. Увеличение площади и объема экскавации головки зрительного нерва может свидетельствовать об атрофических процессах в волокнах зрительного нерва, а по сообщениям некоторых авторов, и о нейродегенеративных процессах в головном мозге, так же, как и снижение толщины комплекса ганглиозных клеток сетчатки [22, 23]. Поскольку наше исследование показало незначительные отличия площади НРП парных глаз, это может говорить о том, что выявленные нами изменения не связаны с глаукомным процессом. Учитывая,

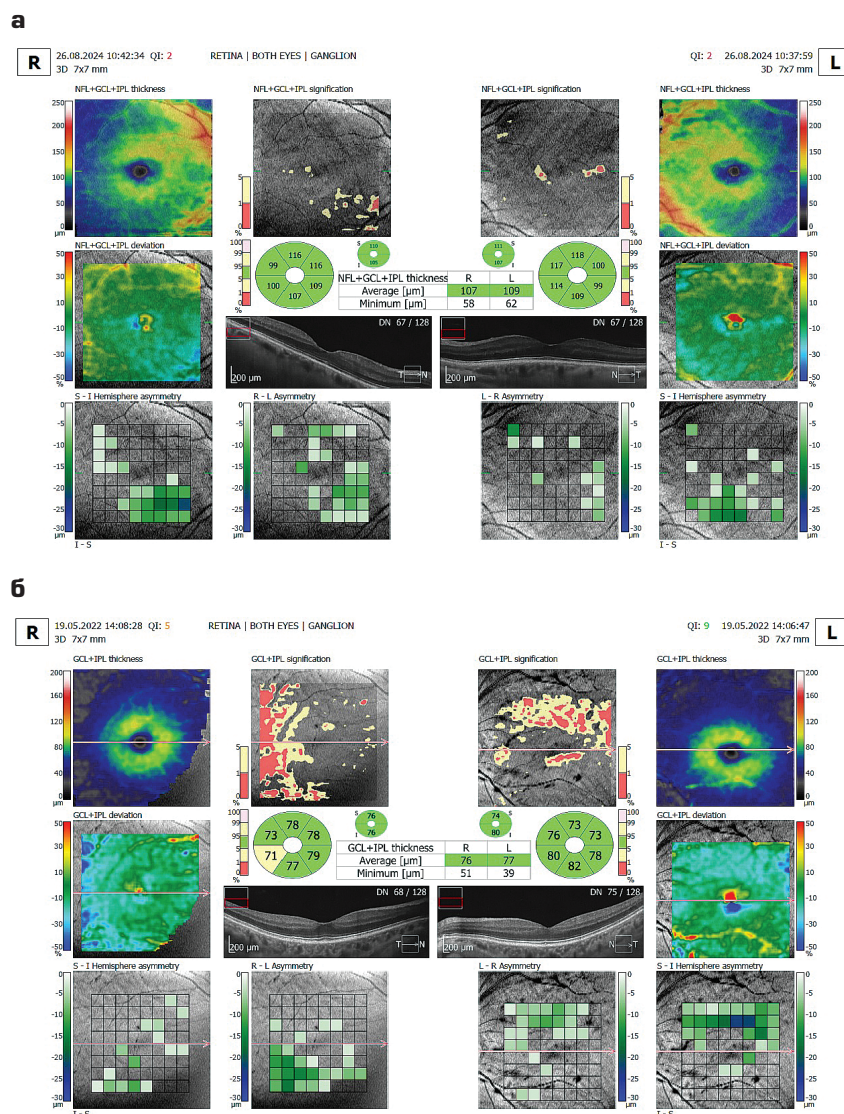


Рис. 3. Карта слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя макулы у лиц, перенесших острую коронавирусную инфекцию, с единичными (а) и множественными (б) зонами истончения

Fig. 3. Map of the ganglion cell layer and the inner plexiform layer of the macula in individuals who have had acute coronavirus infection, with single (a) and multiple (b) areas of thinning

что истончение НПП характерно для глаукомных изменений, что, по мнению некоторых исследователей, связано с дезорганизацией и потерей глии при сопутствующей гибели аксонов [21], выявленное нами отсутствие изменений в этой области подтверждает не глаукомный механизм повреждения клеток при COVID-19, а иной. Интересной находкой оказалось также наличие единичных и множественных зон истончения слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя сетчатки у лиц, перенесших острую коронавирусную инфекцию, что количественно подтверждалось тенденцией к уменьшению их толщины в верхних и нижних квадрантах и минимальных значений. Полученные собственные результаты могут иметь большое значение в ранней диагностике возможных нейродегенеративных последствий COVID-19 и поэтому требуют дальнейшего изучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особый интерес представляют исследования с помощью оптической когерентной томографии состояния области диска зрительного нерва, слоя нервных волокон и комплекса ганглиозных клеток сетчатки макулярной зоны на значимом количестве пациентов, перенесших COVID-19. Полученные изменения морфометрических параметров глазного дна могут косвенно свидетельствовать о нейротропном влиянии вируса COVID-19 на структуры глазного дна, что требует обследования пациентов после перенесенной инфекции для разработки системы реабилитации.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Филоненко И.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Дорофеева Я.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование, статистическая обработка; Мякошина Е.Б. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование, статистическая обработка.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Львов ДК, Колобухина ЛВ, Дерябин ПГ. Коронавирусная инфекция. Тяжелый острый респираторный синдром. Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2015;4:35–42. Lvov DK, Kolobukhina LV, Deryabin PG. Coronavirus infection. Severe acute respiratory syndrome. Infectious diseases: news, opinions, training. 2015;4:35–42 (In Russ.).
- Méndez-Guerrero A, Laespa-García MI, Gómez-Grande A, Ruiz-Ortiz M, Blanco-Palmero VA, Azcarate-Díaz FJ, Rabano-Suárez P, Álvarez-Torres E, de Fuenmayor-Fernández de la Hoz CP, Vega Pérez D, Rodríguez-Montalbán R, Pérez-Rivilla A, Sayas Catalán J, Ramos-González A, González de la Aleja J. Acute hypokinetic-rigid syndrome following SARS-CoV-2 infection. *Neurology*. 2020;13;95(15):e2109–e2118. doi: 10.1212/WNL.00000000000010282.
- Ходанович МЮ, Камаева ДА, Наумова АВ. Роль демиелинизации в персистенции неврологических и психических нарушений после COVID-19. *Int J Mol Sci*. 2022;23(19):11291. doi: 10.3390/ijms231911291. Khodanovich MYu, Kamaeva DA, Naumova AV. The role of demyelination in the persistence of neurological and mental disorders after COVID-19. *Int J Mol Sci*. 2022;23(19):11291 (In Russ.). doi: 10.3390/ijms231911291.
- Khazaal S, Harb J, Rima M, Annweiler C, Wu Y, Cao Z, Abi Khattar Z, Legros C, Kovacic H, Fajloun Z, Sabatier JM. The Pathophysiology of Long COVID throughout the Renin-Angiotensin System. *Molecules*. 2022;27(9):2903. doi: 10.3390/molecules27092903.
- 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. Neroyev VV, Kiseleva TN, Elisееva EK. 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.
- Tisdale AK, Chwalisz BK. Neuro-ophthalmic manifestations of coronavirus disease 19. *Curr Opin Ophthalmol*. 2020;31(6):489–494. doi: 10.1097/ICU.0000000000000707.
- Insausti-García A, Reche-Sainz JA, Ruiz-Arranz C, López Vázquez A, Ferro-Osuna M. Papillophlebitis in a COVID-19 patient: Inflammation and hypercoagulable state. *Eur J Ophthalmol*. 2022;32(1):NP168–NP172. doi: 10.1177/1120672120947591.
- Li RR, Zhang BM, Rong SR, Li H, Shi PF, Wang YC. Fifteen acute retrolbulbar optic neuritis associated with COVID-19: A case report and review of literature. *World J Clin Cases*. 2024;26;12(21):4827–4835. doi: 10.12998/wjcc.v12.i21.4827.
- Курешева 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. Kuryshева 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.
- Saakyan CB, Myakoshina EB, Polyakov VG, Ushakova TL, Ismailova DM. Оптическая когерентная томография в доклинической диагностике изменений диска зрительного нерва после химиотерапии у детей с ретинобластомой. Российский офтальмологический журнал. 2020;13(2):53–58. doi: 10.21516/2072-0076-2020-13-2-53-58. Saakyan S. Myakoshina EB, Polyakov VG, Ushakova TL, Ismailova DM. Optical coherence tomography in preclinical diagnosis of optic nerve disk changes after chemotherapy in children with retinoblastoma. *Russian Ophthalmological Journal*. 2020;13(2):53–58 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2020-13-2-53-58.
- Xia X, Wang Y, Zheng J. COVID-19 and Alzheimer's disease: how one crisis worsens the other. *Transl Neurodegener*. 2021;30;10(1):15. doi: 10.1186/s40035-021-00237-2.
- Amadoro G, Latina V, Stigliano E, Micera A. COVID-19 and Alzheimer's Disease Share Common Neurological and Ophthalmological Manifestations: A Bidirectional Risk in the Post-Pandemic Future. *Cells*. 2023;10;12(22):2601. doi: 10.3390/cells12222601.
- Тиганов АС, Акопян ВС, Гаврилова СИ, Семенова НС, Федорова ЯБ, Гурова ЕВ, Филоненко ИВ. Истончение слоя ганглиозных клеток сетчатки у пациентов с болезнью Альцгеймера и мягким когнитивным снижением: диагностическая значимость спектральной оптической когерентной томографии. Вестник ОГУ. 2013;4(153):263–266. Tiganov AS, Akopyan VS, Gavrilova SI, Semenova NS, Fedorova YaB, Gurova EV, Filonenko IV. Thinning of the retinal ganglion cell layer in patients with Alzheimer's disease and mild cognitive decline: diagnostic value of spectral optical coherence tomography. *Bulletin of OSU*. 2013;4(153):263–266 (In Russ.).
- Lee EJ, Han JC, Park DY, Kee C. A neuroglia-based interpretation of glaucomatous neuroretinal rim thinning in the optic nerve head. *Prog Retin Eye Res*. 2020;77:100840. doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100840.
- Song E, Zhang C, Israelow B, Lu-Culligan A, Prado AV, Skriabine S, Lu P, Weizman OE, Liu F, Dai Y, Szigeti-Buck K, Yasumoto Y, Wang G, Castaldi C, Heltke J, Ng E, Wheeler J, Alfajaro MM, Levavasseur E, Fontes B, Ravindra NG, Van Dijk D, Mane S, Gunel M, Ring A, Kazmi SAJ, Zhang K, Wilen CB, Horvath TL, Plu I, Haik S, Thomas JL, Louvi A, Farhadian SF, Huttner A, Seilhean D, Renier N, Bilguvar K, Iwasaki A. Neuroinvasion of SARS-CoV-2 in human and mouse brain. *J Exp Med*. 2021 Mar 1;218(3):e20202135. doi: 10.1084/jem.20202135.
- Sharifkashani S, Bafrani MA, Khaboushan AS, Pirzadeh M, Kheirandish A, Bali HY, Hessami A, Saghaazadeh A, Rezaei N. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) receptor and SARS-CoV-2: Potential therapeutic targeting. *Eur. J. Pharmacol*. 2020;884:173455. doi: 10.1016/j.ejphar.2020.173455.
- Rathnasinghe R, Strohmeier S, Amanat F, Gillespie VL, Krammer F, García-Sastre A, Coughlan L, Schotsaert M, Uccellini MB. Comparison of transgenic and adenovirus hACE2 mouse models for SARS-CoV-2 infection. *Emerg Microbes Infect*. 2020;9(1):2433–2445. doi: 10.1080/22221751.2020.1838955.
- 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;12:12:660087. doi: 10.3389/fneur.2021.660087.
- Dewanjee S, Vallamkondu 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 Sep;58(9):4694–4715. doi: 10.1007/s12035-021-02450-6.
- Садовская ОП, Дравица ЛВ. Морфометрические параметры диска зрительного нерва у пациентов с симптоматической офтальмогипертензией и вторичной глаукомой, развившейся на фоне эндокринной офтальмопатии. Проблемы здоровья и экологии. 2022;19(2):57–62. doi: 10.51523/2708-6011.2022-19-2-07. Sadovskaya OP, Dravitsa LV. Morphometric parameters of the optic nerve head in patients with symptomatic ophthalmic hypertension and secondary glaucoma developed against the background of endocrine ophthalmopathy. *Problems of Health and Ecology*. 2022;19(2):57–62. doi: 10.51523/2708-6011.2022-19-2-07.

И.В. Филоненко, Я.В. Дорофеева, Е.Б. Мякошина

Контактная информация: Мякошина Елена Борисовна myakoshina@mail.ru

21. Lee EJ, Han JC, Park DY, Kee C. A neuroglia-based interpretation of glaucomatous neuroretinal rim thinning in the optic nerve head. *Prog Retin Eye Res.* 2020;77:100840. doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100840.
22. Frohman EM, Dwyer MG, Frohman T, Cox JL, Salter A, Greenberg BM, Hussein S, Conger A, Calabresi P, Balcer LJ, Zivadinov R. Relationship of optic nerve and brain conventional and non-conventional MRI measures and retinal nerve fiber layer thickness, as assessed by OCT and GDx: a pilot study. *J Neurol Sci.* 2009; 15;282(1–2):96–105. doi: 10.1016/j.jns.2009.04.010.
23. Елисеева НМ, Серова НК, Еричев ВП, Панюшкина ЛА. Структурные изменения сетчатки и зрительного нерва при поражении центрального нейрона зрительного пути. *Вестник офтальмологии.* 2017;133(4):25–30. doi: 10.17116/oftalma2017133425-30.
- Eliseeva NM, Serova NK, Elichev VP, Panyushkina LA. Structural retinal and optic nerve changes in patients with post-geniculate visual pathway damage. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2017;133(4):25–30 (In Russ.) doi: 10.17116/oftalma2017133425-30.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Филоненко Игорь Витальевич
кандидат медицинских наук, заведующий офтальмологическим отделением,
врач-офтальмолог высшей категории
<https://orcid.org/0009-0005-6456-6632>

Дорофеева Яна Викторовна
врач-офтальмолог офтальмологического отделения
<https://orcid.org/0009-0005-8064-3931>

Мякошина Елена Борисовна
доктор медицинских наук, врач-офтальмолог высшей категории
<https://orcid.org/0000-0002-2087-7155>

ABOUT THE AUTHORS

Filonenko Igor V.
PhD, head of the Ophthalmology Department,
ophthalmologist of the highest category
<https://orcid.org/0009-0005-6456-6632>

Dorofeeva Yana V.
ophthalmologist of the Ophthalmological Department
<https://orcid.org/0009-0005-8064-3931>

Myakoshina Elena B.
MD, ophthalmologist of the highest category
<https://orcid.org/0000-0002-2087-7155>