

# ОСОБЕННОСТИ ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА У ЛИЦ С ПОСТКОВИДНЫМ СИНДРОМОМ, С ОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ

Верховская М.Д.

ФБУН «Федеральный научно-исследовательский институт вирусных инфекций “Вирум”» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Екатеринбург, Россия

**Резюме.** С декабря 2019 года по март 2020 года человечество столкнулось с новой коронавирусной инфекцией COVID-19, вызванной вирусом SARS-CoV-2, пандемия которой привела к глобальной заболеваемости и высокой смертности во всем мире. Несмотря на то, что с течением времени характерные особенности коронавирусной инфекции стали больше напоминать сезонную инфекцию, учеными было доказано, что после перенесенного заболевания начали выявляться многочисленные ухудшения, как в области общего состояния здоровья пациентов, так и в случаях осложнения уже имеющихся хронических заболеваний, в том числе ухудшение по аллергическому синдрому. После выявления данных фактов одним из крайне важных аспектов продолжающихся исследований COVID-19 стало изучение постковидного синдрома (post-COVID syndrome).

В последние десятилетия было засвидетельствовано, что количество людей, страдающих различными видами аллергических реакций, растет с каждым годом, поэтому изучение аллергопатологии в структуре post-COVID синдрома является одним из наиболее актуальных вопросов современности. Помимо изучения случаев усугубления аллергических реакций были досконально изучены и проанализированы данные о том, что побочные реакции, обусловленные перенесенной коронавирусной инфекцией, проявляются с новых сторон, характеризуясь нарушениями в работе систем приобретенного и врожденного иммунитета, вызывая все более тяжелые последствия для иммунной системы и организма в целом. В настоящее время особенности гуморального иммунного ответа при постковидном синдроме изучены недостаточно. Ввиду этого, в данном исследовании были изучены особенности гуморального иммунитета у пациентов с постковидным синдромом, с клинически подтвержденным аллергоанамнезом.

В ходе исследования были выявлены изменения в системе гуморального иммунитета, свидетельствующие о том, что наиболее значимые изменения наблюдаются у постковидных пациентов с отя-

---

**Адрес для переписки:**

Верховская Мария Дмитриевна  
ФБУН «Федеральный научно-исследовательский институт вирусных инфекций “Вирум”»  
620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23.  
Тел.: 8 (912) 511-69-43.  
E-mail: maria.verh1@mail.ru

**Address for correspondence:**

Maria D. Verkhovskaya  
Research Institute of Viral Infections “Virom”  
23 Letnyaya St  
Yekaterinburg  
620030 Russian Federation  
Phone: +7 (912) 511-69-43.  
E-mail: maria.verh1@mail.ru

---

**Образец цитирования:**

М.Д. Верховская «Особенности гуморального иммунитета у лиц с постковидным синдромом, с отягощенным аллергоанамнезом» // Российский иммунологический журнал, 2025. Т. 28, № 1. С. 91-102.  
doi: 10.46235/1028-7221-16972-FOH

© Верховская М.Д., 2025

Эта статья распространяется по лицензии  
Creative Commons Attribution 4.0

**For citation:**

M.D. Verkhovskaya “Features of humoral immunity in persons with post-COVID syndrome burdened by history of allergy”, Russian Journal of Immunology/Rossiyskiy Immunologicheskii Zhurnal, 2025, Vol. 28, no. 1, pp. 91-102.  
doi: 10.46235/1028-7221-16972-FOH

© Verkhovskaya M.D., 2025

The article can be used under the Creative  
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-16972-FOH

гощенным аллергоанамнезом, что в свою очередь требует более детального исследования иммунного статуса для формирования индивидуального подхода к иммунокоррекции этих нарушений у данной группы пациентов.

*Ключевые слова:* вирус SARS-CoV-2, COVID-19, постковидный синдром, аллергический синдром, гуморальный иммунитет, система комплемента, общие иммуноглобулины А, общие иммуноглобулины М, общие иммуноглобулины G

## FEATURES OF HUMORAL IMMUNITY IN PERSONS WITH POST-COVID SYNDROME BURDENED BY HISTORY OF ALLERGY

Verkhovskaya M.D.

*Research Institute of Viral Infections "Virom", Yekaterinburg, Russian Federation*

**Abstract.** From December 2019 to March 2020, the human population faced a new coronavirus pandemic, COVID-19, caused by SARS-CoV-2, which led to global morbidity and high mortality worldwide. Typical features of coronavirus infection tended to resemble a seasonal infection over time. Despite this fact, it has been proven that, after acute disease, numerous disorders are detected in the patients, manifesting both with general health disturbances and as complications of pre-existing chronic diseases, including allergic syndrome. On the basis of these findings, the study of post-COVID syndrome became an important aspect of the ongoing COVID-19 research. It has been shown over recent decades that the number of people suffering from various types of allergic reactions is growing every year. Therefore, the studies in allergic pathology in the structure of post-COVID syndrome are among the most pressing issues. In addition to studying exacerbations of allergic reactions, a thorough analysis has shown that adverse reactions caused by coronavirus infection are viewed from new aspects, being characterized by functional disorders of acquired and innate immune response, causing increasingly severe consequences for the immune system and the whole body. Currently, the features of humoral immune response in post-COVID syndrome have not been sufficiently studied. In this respect, we have evaluated the features of humoral immunity in patients with post-COVID syndrome, with clinically confirmed allergic anamnesis. The study revealed changes in humoral immune system, indicating that the most significant changes are observed in post-COVID patients with a burdened history of allergies, thus requiring a more detailed study of immune status in order to develop an individualized approach to immunocorrection of these disorders in this group of patients.

*Keywords:* SARS-CoV-2 virus, COVID-19, post-COVID syndrome, allergy, humoral immunity, complement system, immunoglobulins A, immunoglobulins M, immunoglobulins G

Работа выполнена по теме гос. заданий НИИ-ВИ «ВИРОМ» «Изучение механизмов формирования хронической вирусной инфекции у пациентов с постковидным синдромом и нарушением функций иммунной системы. Разработка патогенетических подходов к эффективной профилактике и иммунокоррекции выявленных нарушений у пациентов с «постковидным синдромом» № гос. регистрации 124031800093-5.

### Введение

С декабря 2019 года по март 2020 года человечество столкнулось с новой коронавирусной инфекцией COVID-19, вызванной вирусом SARS-CoV-2, пандемия которой привела к глобальной заболеваемости и высокой смертности во всем мире [3, 13, 18]. Несмотря на то, что с течением времени характерные особенности коронавирусной инфекции стали больше напоминать

сезонную инфекцию, учеными было доказано, что после перенесенного заболевания начали выявляться многочисленные ухудшения как в области общего состояния здоровья пациентов, так и в случаях осложнения уже имеющихся хронических заболеваний, в том числе ухудшение по аллергическому синдрому [1, 2, 6, 10]. После выявления данных фактов одним из крайне важных аспектов продолжающихся исследований COVID-19 стало изучение постковидного синдрома (post-COVID syndrome) [6].

В последние десятилетия было засвидетельствовано, что количество людей, страдающих различными видами аллергических реакций, растет с каждым годом, поэтому изучение аллергопатологии в структуре post-COVID синдрома является одним из наиболее актуальных вопросов современности. Помимо изучения случаев усугубления аллергических реакций, были досконально изучены и проанализированы данные о том, что побочные реакции, обусловленные перенесенной коронавирусной инфекцией, проявляются с новых сторон, характеризуясь нарушениями в работе систем приобретенного и врожденного иммунитета, вызывая все более тяжелые последствия для иммунной системы и организма в целом [2, 10, 11]. В настоящее время особенности гуморального иммунного ответа при постковидном синдроме изучены недостаточно. Ввиду этого, в данном исследовании были изучены особенности гуморального иммунитета у пациентов с постковидным синдромом, с клинически подтвержденным аллергоанамнезом.

## Материалы и методы

Было обследовано 56 пациентов из числа не болевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, не болевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, переболевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза и переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом. Критерием включения в группы исследований были: подтвержденный диагноз «SARS-CoV-2-инфекции» методом полимеразной цепной реакции (ПЦР), наличие IgA, IgM, IgG к вирусу SARS-CoV-2-инфекции, наличие аллергоанамнеза, подтвержденного данными истории болезни (система БАРС).

Исследование проводилось не менее чем через 6 месяцев после перенесенной SARS-CoV-2-инфекции.

Определение групп сравнения проводилось по наличию зависимости Увыч. у болевших и не болевших COVID-19 пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом от уровня IgA, IgM, IgG, а также по наличию зависимости Увыч. у болевших и не болевших COVID-19 пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом от уровня С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента.

Первым этапом работы был расчет рангов по критерию Манна–Уитни, согласно уровню общих иммуноглобулинов А, М, G (IgA, IgM, IgG) в группах пациентов, болевших и не болевших COVID-19, с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом (табл. 1). Таким образом, было сформировано 4 группы сравнения:

1. Контрольная группа 1 (К1) – пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

2. Контрольная группа 2 (К2) – пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

3. Группа исследования 1 (Г1) – пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

4. Группа исследования 2 (Г2) – пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

На втором этапе работы был проведен расчет различий уровней общих IgA, IgM, IgG у пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,01$  (табл. 2) и расчет различий уровней общих IgA, IgM, IgG у пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,05$  (табл. 3). Таким образом, было сформировано 4 группы сравнения:

1. Контрольная группа 1 (К1) – пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

2. Контрольная группа 2 (К2) – пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

3. Группа исследования 1 (Г1) – пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

4. Группа исследования 2 (Г2) – пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

**ТАБЛИЦА 1. СРАВНЕНИЕ РАНГОВ ПО КРИТЕРИЮ МАННА-УИТНИ, СОГЛАСНО УРОВНЮ ОБЩИХ IgA, IgM, IgG В ГРУППАХ ПАЦИЕНТОВ С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ, БОЛЕВШИХ И НЕ БОЛЕВШИХ COVID-19**

TABLE 1. COMPARISON OF RANKS ACCORDING TO THE MANN-WHITNEY CRITERION, ACCORDING TO THE LEVEL OF TOTAL IgA, IgM, IgG IN GROUPS OF PATIENTS WITH A BURDENED AND UNBURDENED ALLERGIC ANAMNESIS, WHO HAD AND DID NOT HAVE COVID-19

	Уровень общего IgA The level of total IgA		Уровень общего IgM The level of total IgM		Уровень общего IgG The level of total IgG	
	Ранг К1 The rank of the C1	Ранг К2 The rank of the C2	Ранг К1 The rank of the C1	Ранг К2 The rank of the C2	Ранг К1 The rank of the C1	Ранг К2 The rank of the C2
<b>Контроль 1 (n = 16) против Контроль 2 (n = 12)</b> Control 1 (n = 16) versus the Control 2 (n = 12)	237,5	168,5	238	168	224	182
	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1
<b>Контроль 1 (n = 16) против Группы исследования 1 (n = 16)</b> Control 1 (n = 16) versus the Study Group 1 (n = 16)	332	196	308	220	267	261
	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2
<b>Контроль 1 (n = 16) против Группы исследования 2 (n = 12)</b> Control 1 (n = 16) versus the Study Group 2 (n = 12)	285,5	120,5	224,5	181,5	217	189
	<b>Ранг К2</b> The rank of the C2	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг К2</b> The rank of the C2	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг К2</b> The rank of the C2	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1
<b>Контроль 2 (n = 12) против Группы исследования 1 (n = 16)</b> Control 2 (n = 12) versus the Study Group 1 (n = 16)	204,5	201,5	198	208	187	219
	<b>Ранг К2</b> The rank of the C2	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг К2</b> The rank of the C2	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг К2</b> The rank of the C2	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2
<b>Контроль 2 (n = 12) против Группы исследования 2 (n = 12)</b> Control 2 (n = 12) versus the Study Group 2 (n = 12)	175	125	145	155	152	148
	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг Г1</b> The rank of the G1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2
<b>Группа исследования 1 (n = 16) против Группы исследования 2 (n = 12)</b> Study Group 1 (n = 16) versus the Study Group 2 (n = 12)	235	171	201	205	222	184
	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2	<b>Ранг К1</b> The rank of the C1	<b>Ранг Г2</b> The rank of the G2

**Примечание.** Контрольная группа 1 (К1) – пациенты без отягощенного аллергоанамнеза, не болевшие COVID-19; контрольная группа 2 (К2) – пациенты с отягощенным аллергоанамнезом, не болевшие COVID-19; группа исследования 1 (Г1) – пациенты без отягощенного аллергоанамнеза, переболевшие COVID-19; группа исследования 2 (Г2) – пациенты с отягощенным аллергоанамнезом, переболевшие COVID-19.

Note. Control group 1 (C1), patients without a burdened allergic anamnesis, who were not ill with COVID-19; control group 2 (C2), patients with a burdened allergic anamnesis, who were not ill with COVID-19; study group 1 (G1), patients without a burdened allergic anamnesis, who were ill with COVID-19; study group 2 (G2), patients with a complicated allergic anamnesis who have been ill with COVID-19.

**ТАБЛИЦА 2. РАЗЛИЧИЕ УРОВНЯ ОБЩИХ IgA, IgM, IgG У ПАЦИЕНТОВ С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ, БОЛЕВШИХ И НЕ БОЛЕВШИХ COVID-19 ПРИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ  $p < 0,01$**

TABLE 2. THE DIFFERENCE IN THE LEVEL OF TOTAL IgA, IgM, IgG IN PATIENTS WITH A BURDENED AND UNBURDENED ALLERGIC ANAMNESIS, WHO HAD AND DID NOT HAVE COVID-19 WITH A SIGNIFICANT DIFFERENCE OF  $p < 0.01$

Показатель Indicator	Группа 1 K1 Group 1 C1 n = 16	Группа 2 K2 Group 2 C2 n = 12	Группа 3 Г1 Group 3 G1 n = 16	Группа 4 Г2 Group 4 G2 n = 16	p
Уровень общего IgA, г/л Total IgA level, g/L	2,55±0,50	3,86±1,87	1,52±0,21	1,48±0,17	$p < 0,01_{1-3}$ $p < 0,01_{1-4}$
Уровень общего IgM, г/л Total IgM level, g/L	1,15±0,26	1,32±0,56	0,90±0,34	1,42±0,56	
Уровень общего IgG, г/л Total IgG level, g/L	12,73±1,69	16,80±4,94	13,23±2,58	13,40±2,32	

Примечание. K1 – контрольная группа 1; K2 – контрольная группа 2; Г1 – группа исследования 1; Г2 – группа исследования 2; p – достоверность различий ( $p < 0,01$ ).

Note. C1, control group 1; C2, control group 2; G1, study group 1; G2, study group 2; p, the significance of the differences ( $p < 0.01$ ).

**ТАБЛИЦА 3. РАЗЛИЧИЕ УРОВНЯ ОБЩИХ IgA, IgM, IgG У ПАЦИЕНТОВ С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ, БОЛЕВШИХ И НЕ БОЛЕВШИХ COVID-19 ПРИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ  $p < 0,05$**

TABLE 3. THE DIFFERENCE IN THE LEVEL OF TOTAL IgA, IgM, IgG IN PATIENTS WITH A BURDENED AND UNBURDENED ALLERGIC ANAMNESIS, WHO HAD AND DID NOT HAVE COVID-19 WITH A SIGNIFICANT DIFFERENCE OF  $p < 0.05$

Показатель Indicator	Группа 1 K1 Group 1 C1 n = 16	Группа 2 K2 Group 2 C2 n = 12	Группа 3 Г1 Group 3 G1 n = 16	Группа 4 Г2 Group 4 G2 n = 16	p
Уровень общего IgA, г/л Total IgA level, g/L	2,55±0,50	3,86±1,87	1,52±0,21	1,48±0,17	$p < 0,05_{1-3}$ $p < 0,05_{1-4}$
Уровень общего IgM, г/л Total IgM level, g/L	1,15±0,26	1,32±0,56	0,90±0,34	1,42±0,56	
Уровень общего IgG, г/л Total IgG level, g/L	12,73±1,69	16,80±4,94	13,23±2,58	13,40±2,32	

Примечание. K1 – контрольная группа 1; K2 – контрольная группа 2; Г1 – группа исследования 1; Г2 – группа исследования 2; p – достоверность различий ( $p < 0,05$ ).

Note. C1, control group 1; C2, control group 2; G1, study group 1; G2, study group 2; p, the significance of the differences ( $p < 0.05$ ).

**ТАБЛИЦА 4. СРАВНЕНИЕ РАНГОВ ПО КРИТЕРИЮ МАННА-УИТНИ, СОГЛАСНО УРОВНЮ С1-ИНГИБИТОРА, С3а-ФРАГМЕНТА КОМПЛЕМЕНТА, С5а-ФРАГМЕНТА КОМПЛЕМЕНТА В ГРУППАХ ПАЦИЕНТОВ С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ, БОЛЕВШИХ И НЕ БОЛЕВШИХ COVID-19**

TABLE 4. COMPARISON OF RANKS ACCORDING TO THE MANN-WHITNEY CRITERION, ACCORDING TO THE LEVEL OF C1-INHIBITOR, C3a COMPLEMENT FRAGMENT, C5a COMPLEMENT FRAGMENT IN GROUPS OF PATIENTS WITH A BURDENED AND UNBURDENED ALLERGIC ANAMNESIS, WHO HAD AND DID NOT HAVE COVID-19

	Уровень С1-ингибитора The level of the C1-inhibitor		Уровень С3а-фрагмента комплемента Complement fragment level C3a		Уровень С5а-фрагмента комплемента Complement fragment level C5a	
	Ранг К1 The rank of the C1	Ранг К2 The rank of the C2	Ранг К1 The rank of the C1	Ранг К2 The rank of the C2	Ранг К1 The rank of the C1	Ранг К2 The rank of the C2
<b>Контроль 1 (n = 16) против Контроль 2 (n = 12)</b> Control 1 (n = 16) versus the Control 2 (n = 12)	237,5	168,5	238	168	224	182
<b>Контроль 1 (n = 16) против Группы исследования 1 (n = 16)</b> Control 1 (n = 16) versus the Study Group 1 (n = 16)	332	196	308	220	267	261
<b>Контроль 1 (n = 16) против Группы исследования 2 (n = 12)</b> Control 1 (n = 16) versus the Study Group 2 (n = 12)	285,5	120,5	224,5	181,5	217	189
<b>Контроль 2 (n = 12) против Группы исследования 1 (n = 16)</b> Control 2 (n = 12) versus the Study Group 1 (n = 16)	204,5	201,5	198	208	187	219
<b>Контроль 2 (n = 12) против Группы исследования 2 (n = 12)</b> Control 2 (n = 12) versus the Study Group 2 (n = 12)	175	125	145	155	152	148
<b>Группа исследования 1 (n = 16) против Группы исследования 2 (n = 12)</b> Study Group 1 (n = 16) versus the Study Group 2 (n = 12)	235	171	201	205	222	184

**Примечание.** Контрольная группа 1 (К1) – пациенты без отягощенного аллергоанамнеза, не болевшие COVID-19; контрольная группа 2 (К2) – пациенты с отягощенным аллергоанамнезом, не болевшие COVID-19; группа исследования 1 (Г1) – пациенты без отягощенного аллергоанамнеза, переболевшие COVID-19; группа исследования 2 (Г2) – пациенты с отягощенным аллергоанамнезом, переболевшие COVID-19.

Note. Control group 1 (C1), patients without a burdened allergic anamnesis, who were not ill with COVID-19; control group 2 (C2), patients with a burdened allergic anamnesis, who were not ill with COVID-19; study group 1 (G1), patients without a burdened allergic anamnesis, who were ill with COVID-19; study group 2 (G2), patients with a complicated allergic anamnesis who have been ill with COVID-19.

Третий этап работы заключался в подсчете рангов по критерию Манна–Уитни, согласно уровню С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента в группах пациентов болевших и не болевших COVID-19, с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом (табл. 4). Таким образом, было сформировано 4 группы сравнения:

1. Контрольная группа 1 (К1) – пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

2. Контрольная группа 2 (К2) – пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

3. Группа исследования 1 (Г1) – пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

4. Группа исследования 2 (Г2) – пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

Заключительный (четвертый) этап работы заключался в проведении расчетов различий уровней С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента в группах пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,01$  (табл. 5) и расчетов различий уровней С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента в группах пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,05$  (табл. 6). Таким образом, было сформировано 4 группы сравнения:

1. Контрольная группа 1 (К1) – пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

2. Контрольная группа 2 (К2) – пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

**ТАБЛИЦА 5. РАЗЛИЧИЕ УРОВНЯ С1-ИНГИБИТОРА, С3а-ФРАГМЕНТА КОМПЛЕМЕНТА И С5а-ФРАГМЕНТА КОМПЛЕМЕНТА У ПАЦИЕНТОВ С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ, БОЛЕВШИХ И НЕ БОЛЕВШИХ COVID-19, ПРИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ  $p < 0,01$**

TABLE 5. DIFFERENCE IN THE LEVEL OF C1-INHIBITOR, C3a COMPLEMENT FRAGMENT AND C5a COMPLEMENT FRAGMENT IN PATIENTS WITH A BURDENED AND UNENCUMBERED ALLERGIC ANAMNESIS, WHO HAD AND DID NOT HAVE COVID-19 WITH A SIGNIFICANT DIFFERENCE  $p < 0.01$

Показатель Indicator	Группа 1 К1 Group 1 C1 n = 16	Группа 2 К2 Group 2 C2 n = 12	Группа 3 Г1 Group 3 G1 n = 16	Группа 4 Г2 Group 4 G2 n = 12	p
Уровень С1-ингибитора, мкг/мл C1-inhibitor level, mcg/mL	287,23±31,21	354,60±63,08	168,95±19,58	218,76±28,98	$p < 0,01^{1-3}$ $p < 0,01^{1-4}$ $p < 0,01^{2-3}$ $p < 0,01^{2-4}$
Уровень С3а-фрагмента комплемента, нг/мл Complement fragment C3a level, ng/mL	119,66±18,26	101,42±17,12	100,93±5,32	114,06±6,87	
Уровень С5а-фрагмента комплемента, нг/мл Complement fragment C5a level, ng/mL	15,13±2,73	16,51±3,89	42,20±10,92	27,44±3,83	$p < 0,01^{1-3}$ $p < 0,01^{1-4}$ $p < 0,01^{2-3}$ $p < 0,01^{2-4}$

Примечание. К1 – контрольная группа 1; К2 – контрольная группа 2; Г1 – группа исследования 1; Г2 – группа исследования 2; p – достоверность различий ( $p < 0,01$ ).

Note. C1, control group 1; C2, control group 2; G1, study group 1; G2, study group 2; p, the significance of the differences ( $p < 0.01$ ).

**ТАБЛИЦА 6. РАЗЛИЧИЕ УРОВНЯ С1-ИНГИБИТОРА, С3а-ФРАГМЕНТА КОМПЛЕМЕНТА И С5а-ФРАГМЕНТА КОМПЛЕМЕНТА У ПАЦИЕНТОВ С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМ, БОЛЕВШИХ И НЕ БОЛЕВШИХ COVID-19, ПРИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ  $p < 0,05$**

TABLE 6. DIFFERENCE IN THE LEVEL OF C1-INHIBITOR, C3a COMPLEMENT FRAGMENT AND C5a COMPLEMENT FRAGMENT IN PATIENTS WITH A BURDENED AND UNENCUMBERED ALLERGIC ANAMNESIS, WHO HAD AND DID NOT HAVE COVID-19 WITH A SIGNIFICANT DIFFERENCE  $p < 0.05$

Показатель Indicator	Группа 1 К1 Group 1 C1 n = 16	Группа 2 К2 Group 2 C2 n = 12	Группа 3 Г1 Group 3 G1 n = 16	Группа 4 Г2 Group 4 G2 n = 12	p
Уровень С1-ингибитора, мкг/мл C1-inhibitor level, mcg/mL	287,23±31,21	354,60±63,08	168,95±19,58	218,76±28,98	$p < 0,05_{1-3}$ $p < 0,05_{1-4}$ $p < 0,05_{2-3}$ $p < 0,05_{2-4}$ $p < 0,05_{3-4}$
Уровень С3а-фрагмента комплемента, нг/мл Complement fragment C3a level, ng/mL	119,66±18,26	101,42±17,12	100,93±5,32	114,06±6,87	$p < 0,05_{3-4}$
Уровень С5а-фрагмента комплемента, нг/мл Complement fragment C5a level, ng/mL	15,13±2,73	16,51±3,89	42,20±10,92	27,44±3,83	$p < 0,05_{1-3}$ $p < 0,05_{1-4}$ $p < 0,05_{2-3}$ $p < 0,05_{2-4}$

Примечание. К1 – контрольная группа 1; К2 – контрольная группа 2; Г1 – группа исследования 1; Г2 – группа исследования 2; p – достоверность различий ( $p < 0,05$ ).

Note. C1, control group 1; C2, control group 2; G1, study group 1; G2, study group 2; p, the significance of the differences ( $p < 0.05$ ).

3. Группа исследования 1 (Г1) – пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, n = 16.

4. Группа исследования 2 (Г2) – пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, n = 12.

Все исследования были одобрены Независимым локальным этическим комитетом при ГАУЗ ОТКЗ «Городская клиническая больница № 1» г. Челябинска, протокол № 8 от 11.04.2022 на базе которой проводились данные исследования.

#### Клинические исследования

Анкетирование пациентов с помощью анкеты иммунологического мониторинга пациентов, данные историй болезни из программы для ЭВМ «БАРС.ЗДРАВООХРАНЕНИЕ-МИС» ГАУЗ ОТКЗ «Городская клиническая больница № 1» г. Челябинска.

#### Иммунологические исследования

Уровни общих IgM, IgG, IgA, специфических IgM, IgG к коронавирусу COVID-19, С1-

ингибитора, С3а и С5а компонентов комплемента проводилось методом иммуноферментного на иммуноферментном анализаторе Multiscan FC Thermo Scientific (Китай) с использованием наборов реагентов АО «Вектор-Бест» (Россия).

#### Гематологические исследования

Общий анализ крови (исследовано 25 параметров: лейкоцитарный, эритроцитарный и тромбоцитарный ростки кроветворения), количественный и качественный состав ростков кроветворения проведен стандартизованным методом на гематологическом анализаторе Medonic M20 (Швеция).

#### Статистическая обработка данных

Обработка и анализ данных лабораторных исследований осуществлялись с помощью Microsoft Excel версии 16.16.27 (201012). Ввиду малого объема выборок, использованные статистические критерии были непараметрическими. Для оценки достоверности различий использовался кри-



терий Манна–Уитни (U) изменения считались значимыми при значениях  $p < 0,01$  и  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Первым этапом исследования были расчет и сравнение рангов по критерию Манна–Уитни, согласно уровню общих иммуноглобулинов А, М, G (IgA, IgM, IgG) в группах пациентов, болевших и не болевших COVID-19, с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом (табл. 1).

Согласно данным, полученным при расчете рангов по критерию Манна–Уитни, уровень общих IgA, М, G выше в группе Контроль 1 (пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза) по сравнению с остальными группами. Тогда как уровень IgA в группе Контроль 2 (пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) выше по сравнению с группами Г1 (пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза) и Г2 (пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом). Уровень IgM общего в группе пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (Г2) выше, чем в группе пациентов, переболевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза (Г1), а уровень IgM общего в группе Г1 (пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза) больше, чем в группе пациентов, не болевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (Контроль 2). Уровень IgG в группе Г1 (пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза) больше, чем в группе Контроль 2 (пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом), а тот в свою очередь больше, чем в группе пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (Г2) [2, 8, 9].

На втором этапе работы был проведен расчет различий уровней общих IgA, IgM, IgG у пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,01$  (табл. 2) и расчет различий уровней общих IgA, IgM, IgG у пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,05$  (табл. 3).

Таким образом, достоверные различия как при достоверности  $p < 0,01$ , так и при достоверности  $p < 0,05$ , выявлены только между группами р1 и р3 (пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза и пациенты,

переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза), а также между группами р1 и р4 (пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза и пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) по уровням IgA общего. Уровень IgA достоверно выше в группе пациентов с неотягощенным аллергоанамнезом, не болевших COVID-19, по сравнению с группами болевших COVID-19 с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, что, по данным некоторых авторов, может свидетельствовать о дефиците общего иммуноглобулина А [16, 17]. Достоверных различий в уровнях иммуноглобулинов М и G общих в группах не выявлено.

Третий этап работы заключался в подсчете рангов по критерию Манна–Уитни, согласно уровню С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента в группах пациентов болевших и не болевших COVID-19, с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом (табл. 4).

Согласно данным, полученным при расчете рангов по критерию Манна–Уитни уровень С1-ингибитора, располагается по убыванию: К1, К2, Г2, Г1. Уровень С3а-фрагмента комплемента располагается по убыванию: К1, Г2, Г1, К2. Уровень С5а-фрагмента комплемента выше всего в группе Г1, далее по убыванию: Г2, К1, К2.

На следующем этапе работы было решено проверить достоверность этих данных путем расчетов различий уровней С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента в группах пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,01$  (табл. 5) и расчетов различий уровней С1-ингибитора, С3а-фрагмента комплемента, С5а-фрагмента комплемента в группах пациентов с отягощенным и неотягощенным аллергоанамнезом, болевших и неболевших COVID-19 при уровне достоверности  $p < 0,05$  (табл. 6).

Таким образом, достоверные различия ( $p < 0,01$ ) между уровнями С1-ингибитора и С5а-фрагмента комплемента наблюдались в следующих группах: не болевшие COVID-19 пациенты с неотягощенным аллергоанамнезом в сравнении с болевшими COVID-19 пациентами с неотягощенным аллергоанамнезом, а также болевшими COVID-19 пациентами с отягощенным аллергоанамнезом. Уровень С1-ингибитора достоверно выше в группе К1 (пациенты, не болевшие

COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза) ( $p < 0,01$ ), чем во всех остальных группах, а уровень С1-ингибитора в группе К2 (пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) выше, чем в Г2 (пациенты перенесшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) и Г1 (пациенты перенесшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза) [4, 5, 7, 11, 14, 15]. Достоверной разницы уровня С3а-фрагмента комплемента в группах не выявлено. Уровень С5а-фрагмента комплемента достоверно выше в группе пациентов перенесших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза (Г1), по сравнению с группами пациентов, не болевших COVID-19, без отягощенного и с отягощенным аллергоанамнезом соответственно (К1 и К2) и в группе пациентов, перенесших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (Г2), по сравнению с К1 и К2 (пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, и пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) [12].

Таким образом, достоверные различия ( $p < 0,05$ ) между уровнями С1-ингибитора и С5а-фрагмента комплемента наблюдались в следующих группах: не болевшие COVID-19 пациенты с неотягощенным аллергоанамнезом в сравнении с болевшими COVID-19 пациентами с неотягощенным аллергоанамнезом, а также болевшими COVID-19 пациентами с отягощенным аллергоанамнезом. Уровень С1-ингибитора достоверно выше в группе пациентов, не болевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза (К1) ( $p < 0,05$ ) по сравнению со всеми остальными группами, уровень С1-ингибитора в группе пациентов, не болевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (К2) выше, чем в группах пациентов перенесших COVID-19, без отягощенного и с отягощенным аллергоанамнезом соответственно (Г2 и Г1), а в группе Г2 (пациенты, переболевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) выше, чем в Г1 (пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза). Уровень С3а-фрагмента комплемента достоверно выше в группе пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (Г2), чем в группе пациентов, переболевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза (Г1) [4, 5, 7, 11, 14, 15]. Уровень С5а-фрагмента комплемента достоверно выше в группе Г1 (пациенты, переболевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза), по сравнению с группами

К1 и К2 (пациенты, не болевшие COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, и пациенты, не болевшие COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом) и в группе пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (Г2), по сравнению с пациентами, не болевшими COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, и пациентами, не болевшими COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом (К1 и К2) [12].

## Выводы

1. Уровень общего IgA достоверно выше у пациентов, не болевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, чем у пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом.
2. Достоверных различий в уровнях иммуноглобулинов М и G общих в группах не выявлено.
3. Уровень С1-ингибитора достоверно выше в группе пациентов, не болевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза ( $p < 0,01$ ), чем во всех остальных группах, а его уровень в группе пациентов, не болевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом выше, чем в группах пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом и без отягощенного аллергоанамнеза. При увеличении уровня статистической значимости до  $p < 0,05$  также возникают достоверные различия между группами пациентов, перенесших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом и пациентами, перенесшими COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза – в группе пациентов, переболевших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом уровень С1-ингибитора достоверно выше.
4. Уровень С3а-фрагмента комплемента, при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ , достоверно выше в группе пациентов перенесших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом, чем в группе пациентов, переболевших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза. Между другими группами достоверных различий не выявлено.
5. Уровень С5а-фрагмента комплемента достоверно выше в группе пациентов, перенесших COVID-19, без отягощенного аллергоанамнеза, по сравнению с группами пациентов, не болевших COVID-19, без отягощенного и с отягощенным аллергоанамнезом. В группе пациентов,

перенесших COVID-19, с отягощенным аллергоанамнезом уровень C5a-фрагмента комплемента выше по сравнению с группами пациентов, не болевших COVID-19, без отягощенного и с отягощенным аллергоанамнезом.

Выявленные изменения в системе гуморального иммунитета свидетельствуют о том, что

наиболее значимые изменения наблюдаются у постковидных пациентов с отягощенным аллергоанамнезом, что в свою очередь требует более детального исследования их иммунного статуса для формирования индивидуального подхода к иммунокоррекции этих нарушений у данной группы пациентов.

## Список литературы / References

1. Абдурахимов А.Х., Хегай Л.Н., Юсупова Ш.К. COVID-19 и его осложнения // *Re-health journal*, 2021. № 4 (12). С. 61-74. [Abdurakhimov A.Kh., Hegai L.N., Yusupova S.K. COVID-19 and its complications. *Re-health journal = Re-health Journal*, 2021, no. 4 (12), pp. 61-74. (In Russ.)]
2. Амвросьева Т.В., Поклонская Н.В., Бельская И.В., Богуш З.Ф., Казинец О.Н., Анисько Л.А., Рогачева Т.А., Колтунова Ю.Б. Показатели гуморального иммунитета у пациентов с COVID-19 // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук*, 2020. Т. 17, № 4. С. 437-443. [Amvrosyeva T.V., Poklonskaya N.V., Belskaya I.V., Bogush Z.F., Kazinets O.N., Anisko L.A., Rogacheva T.A., Koltunova Yu.B. Indicators of humoral immunity in patients with COVID-19. *Izvestiya Natsionalnoy akademii nauk Belarusi. Seriya meditsinskikh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. A Series of Medical Sciences*, 2020, Vol. 17, no. 4, pp. 437-443 (In Russ.)]
3. Временные методические рекомендации профилактики, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (covid-19) версия 18 (26.10.2023). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/BMP\\_COVID-19\\_V18.pdf](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/BMP_COVID-19_V18.pdf). [Temporary guidelines for prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (covid-19) version 18 (10.26.2023). [Electronic resource]. Access mode: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/BMP\\_COVID-19\\_V18.pdf](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/064/610/original/BMP_COVID-19_V18.pdf).]
4. Добрынина М.А., Ибрагимов Р.В., Крицкий И.С., Верховская М.Д., Мосунов А.А., Сарапульцев Г.П., Зурочка А.В., Зурочка В.А., Сарапульцев А.П., Комелькова М.В., Рябова Л.В., Праскурничий Е.А. Постковидный синдром иммунопатологии. Характеристика фенотипических изменений иммунной системы у постковидных пациентов // *Медицинская иммунология*, 2023, Т. 25, № 4, стр. 791-796. [Dobrynina M.A., Ibragimov R.V., Kritsky I.S., Verkhovskaya M.D., Mosunov A.A., Sarapultsev G.P., Zurochka A.V., Zurochka V.A., Sarapultsev A.P., Komelkova M.V., Ryabova L.V., Praskurnichy E.A. Postcovid syndrome of immunopathology. Characteristics of phenotypic changes in the immune system in postcovid patients. *Meditsinskaya immunologiya = Medical Immunology (Russia)*, 2023, Vol. 25, no. 4, pp. 791-796. (In Russ.)] doi: 10.15789/1563-0625-PCI-2707.
5. Добрынина М.А., Зурочка А.В., Комелькова М.В., Ло Ш., Зурочка В.А., Ху Д., Рябова Л.В., Сарапульцев А.П. Исследование экспрессии CD45<sup>+</sup> и CD46<sup>+</sup> на субпопуляциях лимфоцитов периферической крови постковидных пациентов // *Российский иммунологический журнал*, 2022. Т. 25, № 4. С. 431-436. [Dobrynina M.A., Zurochka A.V., Komelkova M.V., Lo Sh., Zurochka V.A., Hu D., Ryabova L.V., Sarapultsev A.P. Investigation of CD45<sup>+</sup> and CD46<sup>+</sup> expression on peripheral blood lymphocyte subpopulations of postcovid patients. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Immunology*, 2022, Vol. 25, no. 4, pp. 431-436. (In Russ.)] doi: 10.46235/1028-7221-1160-SOC.
6. Канорский С.Г. Постковидный синдром: распространенность и патогенез органических поражений, направления коррекции. Систематический обзор // *Кубанский научный медицинский вестник*, 2021. Т. 28, № 6. С. 90-116. [Kanorsky S.G. Postcovid syndrome: prevalence and pathogenesis of organ lesions, directions of correction. Systematic review. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik = Kuban Scientific Medical Bulletin*, 2021, Vol. 28, no. 6, pp. 90-116. (In Russ.)]
7. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство: в 2 т. Т. II / Под ред. В.В. Долгова, В.В. Меньшикова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 808 с. [Clinical laboratory diagnostics: national guidelines: in 2 vols. Vol. II / edited by V.V. Dolgov, V.V. Menshikov]. Moscow: GEOTAR-Media, 2012. 808 p.
8. Крюкова Н.О., Хасанова А.А., Баранова И.А., Костинов М.П., Свитич О.А., Чучалин А.Г. Гуморальный иммунный ответ слизистых дыхательных путей у медицинских работников в постковидном периоде // *Российский иммунологический журнал*, 2023. Т. 26, № 4. С. 633-640. [Kryukova N.O., Khasanova A.A., Baranova I.A., Kostinov M.P., Svitich O.A., Chuchalin A.G. Humoral immune response of the mucous membranes of the respiratory tract in medical workers in the postcovid period. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Immunology*, 2023. Vol. 26, no. 4. pp. 633-640. (In Russ.)] doi: 10.46235/1028-7221-13921-MHI.

9. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Лукичева Л.А., Никитина Л.И., Лялина Л.В., Смирнова В.С., Кольцов Н.С., Ермакова М.В., Кубашев А.К., Кузнецова В.В., Денисова Т.В., Гурина Н.В., Зиборова И.В., Грязова И.В., Панькова Н.А., Коношкин П.И., Михеева Н.И., Шарова А.А., Тотолян А.А. Гуморальный иммунитет к SARS-CoV-2 у населения Мурманской области на фоне заболеваемости COVID-19 // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2021. Т. 13, № 1. С. 17-27. [Popova A.Yu., Yezhova E.B., Melnikova A.A., Lukicheva L.A., Nikitina L.I., Lyalina L.V., Smirnova V.S., Koltsov N.S., Ermakova M.V., Kubashev A.K., Kuznetsova V.V., Denisova T.V., Gurina N.V., Ziborov I.V., Gryazova I.V., Pankova N.A., Konoshkin P.I., Mikheeva N.I., Sharova A.A., Totolyan A.A. Humoral immunity to SARS-CoV-2 in the population of the Murmansk region against the background of the incidence of COVID-19. *VICH-infektsiya i immunosupressii = HIV Infection and Immunosuppression*, 2021, Vol. 13, no. 1, pp. 17-27. (In Russ.)]
10. Пуляк А.В., Куньявская М.И., Синкевич Е.В. Аллергические реакции после COVID-19 // Международный студенческий научный вестник, 2021. № 6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20751>. [Pulyak A.V., Kunyavskaya M.I., Senkevich E.V. Allergic reactions after COVID-19. *Mezhdunarodnyu studencheskiy nauchnyy vestnik = International Student Scientific Bulletin*, 2021, no. 6. [Electronic resource]. Access mode: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20751>. (In Russ.)]
11. Хаитов Р.М. Иммунология: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 520 с. [Khaitov R.M. Immunology: textbook. 4<sup>th</sup> ed., reprint. and additional]. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 520 p.
12. Carvelli J., Demaria O., Vély F., Batista L., Benmansour N.-C., Fares J., Carpentier S., Thibult M.-L., Morel A., Remark R., André P., Represa A., Piperoglou C., Explore COVID-19 IPH group, Explore COVID-19 Marseille Immunopole group, Cordier P.-Y., le Dault E., Guervilly C., Simeone P., Gainnier M., Morel Y, Ebbo M., Schleinitz N., Vivier E. Association of COVID-19 inflammation with activation of the C5a-C5aR1 axis. *Nature*, 2020, Vol. 588, no. 7836, pp. 146-150.
13. COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU) // John Hopkins Coronavirus Resource Center. Available at: <https://coronavirus.jhu.edu/>.
14. Dobrynina M.A., Ibragimov R.V., Kritsky I.S., Verkhovskaya M.D., Mosunov A.A., Sarapultsev G.P., Zurochka A.V., Zurochka V.A., Sarapultsev A.P., Komelkova M.V., Ryabova L.V., Praskurnichiy E.A. Post-COVID immunopathology syndrome: characteristics of phenotypical changes in the immune system in post-COVID patients. *Medical Immunology (Russia)*, 2023, Vol. 25, 4, pp. 791-796. doi: 10.15789/1563-0625-PCI-2707.
15. Sacks S.H. Complement fragments C3a and C5a: the salt and pepper of the immune response. *Eur. J. Immunol.*, 2010, Vol. 40, no. 3, pp. 668-670.
16. Vosughimotlagh A., Rasouli S.E., Rafiemanesh H., Safarirad M., Sharifinejad N., Madanipour A., Marluce Dos Santos Vilela M., Heropolitańska-Pliszka E., Azizi G. Clinical manifestation for immunoglobulin A deficiency: a systematic review and meta-analysis. *Allergy Asthma Clin. Immunol.*, 2023, Vol. 19, 75. doi: 10.1186/s13223-023-00826-y.
17. Wang C.J., Cheng S.L., Kuo S.H. Asthma and COVID-19 Associations: Focus on IgE-related immune pathology. *Life (Basel)*, 2022, Vol. 12, no. 2, 153. doi: 10.3390/life12020153.
18. WHO Coronavirus (COVID-19) dashboard. COVID-19 deaths (dashboard) // World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/>.

---

**Автор:**

**Верховская М.Д.** – стажер лаборатории трансмиссивных вирусных инфекций ФБУН «Федеральный научно-исследовательский институт вирусных инфекций “Виром”» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Екатеринбург, Россия

---

**Author:**

**Verkhovskaya M.D.**, Intern, Laboratory of Transmissible Viral Diseases, Research Institute of Viral Infections “Virom”, Yekaterinburg, Russian Federation

---

Поступила 11.05.2024  
Принята к печати 31.07.2024

---

Received 11.05.2024  
Accepted 31.07.2024