

# Impact of COVID-19 on male reproductive function (Literature review)

O. D. Nikitin, M. D. Kvach, P. P. Dezhniuk, M. O. Yasynetskyi

O. O. Bogomolets National Medical University, Kyiv

Pandemic of Coronavirus disease 2019 (COVID-19) has dramatically changed the human everyday lifestyle and impacted the quality of life. After recovery from the viral infection, reconvalescents often suffer postponed complications in different organs and systems.

Recently, numerous reports have been published on post-COVID-19 effects on semen quality and male fertility. The aim of present study is to analyze contemporary publications dedicated to the influence of Coronavirus disease 2019 and anti-COVID-19 vaccination on semen parameters.

28 latest articles from SCOPUS database published in 2021-2024 have been analyzed. All researchers came to a conclusion about harmful influence of Severe Acute Respiratory Syndrome-related Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection on semen volume, total sperm count, concentration, motility/viability and DNA fragmentation. Downregulation of specific proteins responsible for normal male fertility has been registered. Some authors did not find the statistical correlation between COVID-19 onset and semen volume, concentration and progressive sperm motility. All of them agree that the specified changes in sperm parameters are temporary with tendency to normalization over time.

Accordingly to analyzed papers, the terms of semen restoring may vary from 3 months and beyond. Hence, there is strong evidence that SARS-CoV-2 infection leads to worsening of semen quality thereby may damage male reproductive function. Gradual restoration of semen parameters has been registered with different terms to normalization. There is no confirmation of harmful effects of anti-COVID-19 vaccines on the semen quality.

**Keywords:** COVID-19, semen quality, anti-COVID-19 vaccines, DNA fragmentation, fertility.

Pandemic of Coronavirus disease 2019 (COVID-19) has dramatically changed the human everyday lifestyle everywhere in the world and has negatively impacted the quality of life. Epidemic restrictions damaged social intercommunication between the people while even after recovery from the viral infection, reconvalescents often suffer postponed complications in different organs and systems. There is a possibility that Severe Acute Respiratory Syndrome-related Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) has an impact on sexual life, erectile function and reproductive system in males [1, 2].

Recently, numerous reports have been appeared about post-COVID-19 effects on semen quality, male fertility and sexual life.

The aim of present study is to analyze contemporary publications dedicated to the influence of Coronavirus disease 2019 and anti-COVID-19 vaccination on semen quality. Using the comparative analysis method, we analyzed 28 articles from the SCOPUS database, which were published in 2021-2024 on the study of spermatogenesis indicators in COVID-19 reconvalescents and/or in men vaccinated against Coronavirus infection.

A single-stranded RNA virus is a cause of SARS-CoV-2. This virus belongs to the Sarbecovirus subgenus of the Coronaviridae family, and it is the 7<sup>th</sup> Coronavirus which can infect humans [3]. The main COVID-19 symptoms are: different grades of fever, intensive cough, fatigue, loss of smell and/or taste. Abovementioned symptoms may be associated with headache, muscle aches, sore throat, diarrhea, skin rashes, red or irritated eyes and onset of different mental disorders. The dangerous COVID-19 signs may be considered as: difficulty to breath, confusion, chest pain, reduced mobility and complicated speech. A part of COVID-19 patients experience heart attacks or strokes up to 12<sup>th</sup> month after laboratory recovery, with increased risk of development of type 1 diabetes or dementia [4-6].

The COVID-19 pandemic led to increased changes and challenges for personals' sexual behaviors. Sexual arousal and desire declined in both genders, especially in females characterized by the increase usage of sex toys and masturbating. Difficulties in finding a sexual partner and organizing leisure time are also evident [7]. Couples predominately had a decrease in the frequency of sexual intercourse during the COVID-19 pandemic and moderate level of quality of sexual life compared to their experience in pre-pandemic era [8]. It is obvious that the above factors have a negative impact on the reproductive health of society. The length of lockdowns was the variable that had the stronger correlation with decrease of birthrate in 13 among of 24 European countries [9].

But not only social restrictions and behavioral issues may affect reproductive health in couples. Healthy male sperm is prerequisite of successful pregnancy and childbirth. Numerous environmental factors and pathogens including viral and sexually transmitted infections are known as harmful for semen [10, 11]. Since 2020, the influence of SARS-CoV-2 on human semen became a topic of intensive clinical investigations.

Original study by G.G.G. Donders et al. (2022) revealed that SARS-CoV-2 RNA was not detected in semen either shortly after infection neither at a later time (mean follow up was 53 days).

However, mean progressive sperm motility was reduced in 60% of participants tested within one month after COVID-19, 37% of cases tested between 1 to 2 months after infection, and 28% of samples tested 2 months after COVID-19. Mean semen count was reduced in 37% of men tested twithin 1 month after COVID-19, 29% of cases tested from the first to second month after viral infection, and 6% of participants tested 2 months after COVID-19. Since SARS-CoV-2 RNA was not detected in semen, authors resumed that sperm in men with COVID-19 is pathologic but not contagious [12].

R. Núñez-Calonge et al. (2023) informed that in comparison with pre-Covid spermogram indicators, after recovery from COVID infection, reconvalescents have a lower concentration of spermatozoa and a lower number of actively motile spermatozoa without significant changes in sperm morphology. The total number of spermatozoa was found to be the parameter most negatively affected by the Coronavirus infection. In half of the subjects, this indicator was 57% lower than the pre-Covid values. The negative impact of COVID-19 on sperm concentration and motility did not improve over time, but rather was more pronounced in samples examined 100 days after recovery [13].

Males who have been recovered from mild and/or severe COVID-19 demonstrated reducing of semen volume, decrease of total sperm counts, and impaired sperm motility/viability. Interestingly that all registered changes returned to their baselines after three or more months after COVID-19 recovery [14]. Even a moderate COVID-19 infection may be a cause of azoospermia that rapidly reverses as the infection wanes [15].

D. A. Paira et al. (2023) informed that asymptomatic SARS-CoV-2 infection caused sudden oligoasthenoazoospermia, even reaching azoospermia, which gradually evolved into persistent severe oligonecrozoospermia, combined with oxidative stress and semen inflammation. Principally, that abovementioned semen changes developed in man without hormonal imbalances, urogenital infections or other factors that may cause them including exposure to high temperature or radiation/toxins/pollutants [16].

It has been considered that firstly, production of spermatozoa is decreased by temporary immune-mediated arrest of active meiosis, and thereafter immune-induced semen DNA fragmentation blocks fertilization if transferred to the oocyte. Abovementioned processes are temporary, thus semen characteristics come back to baseline after recovery. Immunological mechanism of post-COVID infertility consists of binding the IgA and IgG with spermatozoa with subsequent coating them with anti-IgA or anti-IgG antibodies [17].

Analyzing semen samples from 36 COVID-19 males and 45 control subjects, B. Hu et al. (2022) concluded that males with recovery time of  $\geq 120$  and  $< 150$  days have a lower total sperm count than Controls while the males with recovery time more than 150 days demonstrated no differences with Controls [18]. The similar design retrospective comparative study was performed by A.S. Abdelaziz & A.M. Ghoneem (2024). Of the 134 participants, 44 (32.83%) were asymptomatic COVID-19-positive, 68 (50.74%) had mild-to-moderate symptomatic COVID-19, and 22 (16.41%) had severe symptomatic COVID-19. Researchers have found that after 2 yrs of observation there was no principal long-term change between pre- and post-infections in testicular size, sex hormonal level and sperm parameters [19].

P. Dai et al. (2023) suggested that SARS-CoV-2 infection disrupted the Hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis which had negative impacts on the epididymis and spermatogenesis [20].

C. Cakir et al. (2023) analyzed retrospectively 342 semen analyses before and after COVID-19. Authors registered the significant decrease in total sperm count per ejaculate, reduce of semen volume, progressive motile sperm count, total motile sperm count, and number of spermatozoa with normal sperm morphology after infection comparing with their own respective parameters before COVID-19. Study indicate that fever during the COVID-19 infection had a negative impact on sperm quality, especially sperm concentration, unlike in men without fever [21].

COVID-19-induced fever may be considered as one of the important causes of pathospermia, but the intensity of influence

of fever on semen quality requires further investigation. Moreover, further researches are required to find the strict mechanisms by which SARS-CoV-2 infection impacts the male reproductive function/fertility and to estimate the terms of post-COVID semen regeneration [22].

Q.F. Zhang et al. (2024) have been analyzed the semen parameters in 85 males within six months before COVID-19, within three months after COVID-19 onset, and at 3–6 month after recovery of viral infection. The results demonstrated that total sperm count and sperm were much lower after viral infection than before it. The gradual restoration of sperm characteristics within 3–6 months after recovery was noted [23].

There is a possibility to accelerate semen recovery after COVID-19. J. Aschauer et al. (2023) performed the prospective research aimed to evaluate the effectiveness and safety of micronutrient drug for improving of semen parameters in COVID-19 reconvalescents. Preparation contained L-arginine, L-carnitine, folic acid, coenzyme Q10, zinc, vitamin E, selenium and glutathione. Authors informed that after 3 months of micronutrient supplementation semen parameters in the study group improved rather than in Controls without nutritional support. There was a proved increase in overall ( $p = 0.05$ ) and progressive ( $p = 0.014$ ) motility as well as in the vitality ( $p = 0.0004$ ) of spermatozoa at the 3<sup>rd</sup> month of treatment while in Controls there were no significant changes in any semen parameter [24].

L. A. Jiménez-López et al. (2023) reported that semen volume (COVID-19: 1.9 mL vs Controls: 2.5 mL;  $p < 0.05$ ) and sperm concentration (COVID-19:  $41.5 \times 106/\text{mL}$  vs Controls:  $59 \times 106/\text{mL}$  vs. COVID-19;  $p < 0.005$ ) were statistically lower in COVID-19 reconvalescents, but changes were within normal WHO limits and not critical [25].

Meta-analysis performed by X. Lan et al. (2023) demonstrates that the semen volume (normal considered as 2–6 ml) of participants in the COVID-19 test group was a little bit lower than normal rate, but the difference was statistically insignificant ( $RR = -0.10 [-0.45, 0.26]$ ,  $Z = 0.52$ ,  $P = 0.60$ ). Available data demonstrates that the sperm count in males from COVID-19 group was lower than that of the Controls with statistically significant difference. The sperm count of the males with COVID-19 was statistically decreased compared with the controls ( $RR = -45.28 [-66.38, -24.19]$ ,  $Z = 4.21$ ,  $P = 0.0001$ ). However, the real influence of COVID-19 on sperm count was considered as unclear because of small number of studies on that topic at present as well as regional differences and small sample sizes have been analyzed.

The sperm concentration and progressive sperm motility in the COVID-19 group was lower than that of the Controls, but without statistical difference ( $RR = -15.65 \times 106 [-31.52 \times 106, 0.21 \times 106]$ ,  $Z = 1.93$ ,  $P = 0.05$  and  $RR = -1.57 [-12.09, 8.96]$ ,  $Z = 0.29$ ,  $P = 0.77$  respectively) [26].

The level of semen DNA fragmentation can be considered as a predictive factor of successful fertilization. S. Shi et al. (2023) reported significant increasing in the number of spermatozoa with fragmented DNA after COVID-19 and did not recommend that males after COVID-19 infections have a pregnancy plan within three months as a spermatogenic cycle [27].

The semen DNA fragmentation (mean  $41.1 \pm 29.2$ ) was significantly higher in post-infection patients comparing with Controls. The same study registered reducing of sperm concentration (mean  $38.74 \pm 32$ ,  $p < 0.01$ ) and total motile sperm count (mean  $55.3 \pm 66.8$ ,  $p < 0.01$ ) in the COVID-19 group [28].

S. Ghosh et al. (2022) found that COVID-19 revealed down-regulation of semenogelin-1 and prosaposin, two proteins responsible for normal male fertility. Authors demonstrated the alteration of semen proteome in COVID-19 convalescents that may disrupt their reproductive function despite the patient's clinical remission. Totally 21 semen proteins were downregulated and 27 were upregulated in COVID-19-recovered males. In Controls the median sperm concentration was 42.5 (17–78) million/mL and it was statistically lowered to 24.0 (1–72) million/mL in recovered males ( $p$ -value = 0.013). A similar tendency was noted in spermatozoa motility where Controls had 50% (40–80) motile sperms, that was statistically higher than 10% (0–65),  $p = 1.130 \times 10^{-5}$ . Normal sperm morphology in Controls was 8.5% vs 2.5% in recovered group [29].

O. Fedoruk et al. (2022) informed that the most significant changes in spermograms after COVID-19 disease are increased viscosity (+72,8%) and dilution time of ejaculate (+33,1%) as well as reducing of number of progressively motile spermatozoa (-24,5%), which might be interpreted as acquired viscopathy after COVID-19 [30].

Interestingly, that according to L. Montano et al. (2021) semen quality could be considered as a potential susceptibility indicator to SARS-CoV-2 insults in polluted areas and may be used as an early environmental and health marker for males. It can help to predict the risk for harmful effects of the SARS-CoV-2 epidemic. [31].

Numerous anti-COVID vaccines have been developed and used all over the world. It is hardly surprising that scientists wanted to study the possible consequences of this vaccination on spermatogenesis.

D. C. Gonzalez et al. (2021) analyzed the spermograms of 45 males before and after anti-COVID-19 vaccination. 21 (46.7%) men received BNT162b2 and 24 (53.3%) men received mRNA-1273. After the second vaccine dose, the median sperm concentration significantly increased from 26 million/mL (IQR, 19.5-34) to 30 million/mL (IQR, 21.5-40.5;  $P = .02$ ) and the median of total motile sperm count from 36 million (IQR, 18-51) to 44 million (IQR, 27.5-98;  $P = .001$ ). Semen volume and sperm motility also significantly increased. Authors did not find the significant decreases in any semen parameter among this cohort of healthy participants. Oppositely, obtained data demonstrated statistically significant increases in all sperm parameters that might be explained by the increased abstinence time before the second semen sample [32].

I. Gat et al. (2022) found that COVID-19 vaccine BNT162b2 temporarily impaired semen concentration and total motile count among 37 sperm donors at once after complete vaccination. But, at the 145<sup>th</sup> day of observation it was registered overall recovery. Semen volume and sperm motility were not impaired at all [33].

T. S. Chillon et al. (2023) have detected the antibodies to SARS-CoV-2 in seminal plasma but semen parameters were un-

affected by them. Authors suggested that antibodies to SARS-CoV-2 can cross the blood-testis barrier [34].

Ohara Y. et al. (2023) did not find significant differences in basic semen findings and parameters of the sperm chromatin structure assays in ten males who have been vaccinated by BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine [35].

Analyzing 12-cohort studies involving 914 participants, J. Huang et al. (2023) concluded that inactivated COVID-19 vaccines, messenger ribonucleic acid, and viral-vector COVID-19 vaccines are safe for male reproductive health and had no detrimental impact on semen quality [36].

Based on results of 2955 semen samples collected from 564 individuals in China, vaccinated with inactivated COVID-19 vaccine,  $n = 506$  (89.72%); mRNA vaccine,  $n = 10$  (1.77%) and recombinant new coronavirus vaccine (CHO cells),  $n = 7$  (1.24%), T. Yang et al. (2024) suggested that receiving the COVID-19 vaccine is not significantly associated with sperm quality parameters. However, the limitation of presented study might be a small number of participants vaccinated by mRNA vaccine and recombinant new coronavirus vaccine [37].

S. Barda et al. (2022) examined the effect of the BNT162b, mRNA SARS-CoV-2 virus vaccine on sperm quality in 33 sperm donors. 425 samples were collected before the vaccination, while 473 samples were received after it. Researchers summarized that BNT162b, SARS-CoV-2 vaccine has no deleterious effect on sperm quality [39].

Basing on literature review, K Leisegang et al. (2023) summarized that there is currently no evidence of a negative impact of COVID-19 vaccination on sperm [39].

The presented review of latest sources demonstrates the proven negative impact of COVID-19 on semen quality. Numerous Authors came to a conclusion about harmful influence of viral infection on semen volume, total sperm count, concentration, motility/viability and DNA fragmentation. Some of them did not find the statistical correlation between COVID-19 onset and semen volume, concentration and progressive sperm motility. All of the authors agree that the specified changes in sperm parameters are temporary with tendency to normalization over time. The terms of semen restoring may vary from 3 months and beyond. Taking into account the importance of a normal spermogram during artificial and natural insemination, that terms are the subjects of ongoing and further scientific researches.

## CONCLUSIONS

There is evidence that SARS-CoV-2 infection leads to worsening of semen quality thereby may damage male reproductive function. Gradual restoration of semen parameters has been registered with different terms to normalization. There is no confirmation of harmful effects of anti-COVID-19 vaccines on the sperm.

## Information about authors

**Nikitin Oleg D.** – MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Urology, Bogomolets National Medical University, Kyiv; tel.: (067) 209-42-22. *E-mail: o.nikitin@i.ua*

ORCID: 0000-0002-6563-7008

**Kvach Mykola D.** – MD, PhD, Assistant of Professor, Department of Urology, Bogomolets National Medical University, Department of Urology, Kyiv; tel.: (067) 714-14-43. *E-mail: kvach@ukr.net*

ORCID: 0000-0002-3019-1544

**Dezhniuk Petro P.** – graduate student, Department of Urology, Bogomolets National Medical University, Department of Urology, Kyiv; tel.: (096) 402-86-31. *E-mail: petrodezhnik@gmail.com*

ORCID: 0009-0005-0706-3375

**Yasynetskyi Mykola O.** – Assistant of Professor, PhD, Department of Urology, Bogomolets National Medical University, Kyiv; tel.: +38-097-60-66-997. *E-mail: yasinetskiy.nick@ukr.net*

ORCID: 0000-0002-4426-1769

# Вплив COVID-19 на репродуктивну функцію чоловіків (Огляд літератури)

О.Д. Нікітін, М. Д. Квач, П. П. Дежнюк, М.О. Ясинецький

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ

Пандемія коронавірусної хвороби (COVID-19) кардинально змінила повсякденний спосіб життя людства та стереотипи поведінки. Перенесена вірусна інфекція часто залишала відтерміновані ускладнення в різних органах і системах реконвалесцентів.

Нещодавно було опубліковано численні звіти про вплив COVID-19 на якість сперми та фертильність чоловіків. Метою даного дослідження є аналіз сучасних публікацій, присвячених впливу коронавірусної хвороби 2019 та антиковідних вакцин на параметри сперми.

Проаналізовано 28 статей з наукометричної бази SCOPUS, які були опубліковані у 2021–2024 рр. та присвячені вивченню показників сперматогенезу у реконвалесцентів COVID-19. Усі дослідники дійшли висновку про негативний вплив коронавірусної інфекції, пов'язаної з тяжким гострим респіраторним синдромом (SARS-CoV-2) на об'єм сперми, загальну кількість сперматозоїдів, їх концентрацію, рухливість/життєздатність і фрагментацію ДНК. Зареєстровано зниження регуляції специфічних білків, що відповідають за нормальну фертильність чоловіків. Деякі автори не виявили статистичної кореляції між перенесеним COVID-19 та об'ємом, концентрацією і прогресуючою рухливістю сперми. Усі вони вважають, що зазначені зміни параметрів сперми є тимчасовими з тенденцією до нормалізації протягом певного періоду після одужання.

Згідно з проаналізованими роботами, терміни відновлення різних параметрів сперми можуть коливатися від 3 міс і більше. Отже, існують переконливі докази того, що інфекція SARS-CoV-2 призводить до погіршення якості сперми, що може погіршити репродуктивну функцію чоловіків. Відзначено поступове відновлення показників сперми з різними термінами до нормалізації. Водночас на сьогодні немає підтвердження шкідливого впливу антиковідних вакцин на якість сперми.

**Ключові слова:** COVID-19, якість сперми, анти-COVID-19 вакцини, фрагментація ДНК, фертильність.

Пандемія коронавірусної хвороби 2019 (COVID-19) різко змінила повсякденний спосіб життя людей у всьому світі та негативно вплинула на їхню якість життя. Епідемічні обмеження руйнували звичне соціальне спілкування між людьми, а перенесена вірусна інфекція часто залишала відтерміновані ускладнення в різних органах і системах реконвалесцентів. Існує ймовірність того, що коронавірусна інфекція, пов'язана з важким гострим респіраторним синдромом коронавірус-2 (SARS-CoV-2), характеризується деструктивним впливом на статеve життя, еректильну функцію та репродуктивну систему чоловіків [1, 2].

Останнім часом з'явилося багато повідомлень про вплив COVID-19 на якість сперми, чоловічу фертильність і якість статевого життя.

Метою даного дослідження є аналіз сучасних публікацій, присвячених впливу COVID-19 та антиковідних вакцин на якість сперми. Із застосуванням методики порівняльного аналізу досліджено 28 статей з наукометричної бази SCOPUS, які опубліковані у 2021–2024 рр. та присвячені вивченню показників сперматогенезу у реконвалесцентів COVID-19 та/або у чоловіків, які були вакциновані від коронавірусної інфекції.

Причиною SARS-CoV-2 є одноланцюговий РНК-вірус, який належить до підроду Sarbecovirus сімейства Coronaviridae і вважається сьомим коронавірусом, що здатний інфікувати людей [3].

Основні симптоми COVID-19:

- різні ступені лихоманки,
- інтенсивний кашель,
- втома,
- втрата нюху та/або смаку.

Зазначені вище симптоми можуть бути пов'язані з головним болем, болем у м'язах, болем у горлі, діареєю,

висипом на шкірі, почервонінням або подразненням очей і появою різних психічних розладів.

До небезпечних ознак COVID-19 належать: утруднене дихання, сплутаність свідомості, біль у грудях, обмеження рухливості та ускладнене мовлення. У частини хворих на COVID-19 до 12-го місяця після лабораторного одужання виникають інфаркти або інсульти, існує підвищена ймовірність розвитку цукрового діабету 1-го типу або деменції [4–6].

Пандемія COVID-19 призвела до кардинальних змін у родині і проблем у сексуальній поведінці людей. Сексуальне збудження та бажання знизилася в обох статей, особливо у жінок, для яких характерне збільшення використання секс-іграшок та мастурбації. Також очевидними стали труднощі з пошуком сексуального партнера та організацією спільного дозвілля [7]. Пари переважно відзначали зниження частоти статевих контактів під час пандемії COVID-19 і помірний рівень якості сексуального життя порівняно з їхнім досвідом у допандемічний період [8]. Наведені фактори негативно впливають на репродуктивне здоров'я суспільства. Тривалість карантину була змінною, що безпосередньо корелювало зі зниженням народжуваності у 13 європейських країнах з-поміж 24, які були включені у дослідження [9].

Але не лише соціальні обмеження і поведінкові проблеми можуть впливати на репродуктивне здоров'я подружжя. Здорова чоловіча сперма є обов'язковою передумовою успішної вагітності та здоров'я плода. Численні чинники навколишнього середовища та патогени, включаючи вірусні інфекції та інфекції, що передаються статевим шляхом, відомі як шкідливі для сперми [10, 11]. З 2020 р. вплив SARS-CoV-2 на сім'яну рідину став темою інтенсивних клінічних досліджень.

Оригінальне дослідження G.G. Donders та співавт. (2022) встановило, що РНК SARS-CoV-2 не було виявлено у спермі ні безпосередньо після зараження, ані пізніше (середній термін спостереження – 53 дні). Проте середня прогресивна рухливість сперматозоїдів була знижена у 60% учасників, протестованих протягом 1 міс після перенесеного COVID-19, у 37% випадках, протестованих через 1–2 міс після інфікування, і в 28% зразках, протестованих через 2 міс після COVID-19. Середня кількість сперми була знижена у 37% чоловіків, які пройшли тестування до 1 міс після COVID-19, у 29% випадків, які пройшли тестування з першого по другий місяць після вірусної інфекції, і у 6% учасників, які пройшли тестування через 2 місяці після COVID-19. Оскільки РНК SARS-CoV-2 не була виявлена у спермі, автори встановили, що сперма чоловіків з COVID-19 є патологічною, проте не заразною [12].

R. Núñez-Calonge та співавт. (2023) проінформували, що порівняно з показниками спермограм до інфікування, після одужання від COVID-інфекції реконвалесценти мають нижчу концентрацію сперматозоїдів і меншу кількість активно рухливих сперматозоїдів без суттєвих змін у морфології сперматозоїдів. Загальна кількість сперматозоїдів виявилась параметром, на який найбільш негативно вплинула коронавірусна інфекція. У половині досліджуваних цей показник був на 57% нижчим від висхідних значень. Негативний вплив COVID-19 на концентрацію та рухливість сперматозоїдів не покращувався з плином часу, а навпаки був більш вираженим у зразках, що досліджувалися через 100 днів після одужання [13].

Чоловіки, які одужали від легкої та/або важкої форми COVID-19, продемонстрували зменшення об'єму сперми, зменшення загальної кількості сперматозоїдів і порушення рухливості/життєздатності сперматозоїдів. Важливо, що всі зареєстровані зміни повернулися до початкових рівнів через три або більше місяців після одужання від COVID-19 [14]. Навіть помірної інфекції COVID-19 може бути причиною азооспермії, яка швидко зникає, коли хвороба припиняється [15].

D. A. Paiva та співавт. (2023) повідомили, що безсимптомна інфекція SARS-CoV-2 спричинила раптову олігоастенозооспермію, яка згодом досягла азооспермії, котра поступово переросла в стійку важку олігонекрозооспермію у поєднанні з оксидативним стресом і піоспермією. Характерно, що ці зміни у спермі розвинулися у пацієнтів без гормонального дисбалансу, уrogenітальних інфекцій або інших факторів, які можуть їх спричинити, включно з впливом високої температури зовнішнього середовища або радіації/токсинів/забруднюючих речовин [16].

Вважається, що у чоловіків, які захворіли на коронавірусну інфекцію, утворення сперматозоїдів знижується шляхом тимчасової імунної блокади активного мейозу, а потім імунно-індукована фрагментація ДНК сперми блокує процес запліднення безпосередньо в ооциті. Ці процеси є тимчасовими, тому після одужання характеристики сперми повертаються до початкового рівня. Імунологічний механізм пост-COVID-безпліддя полягає в адгезії IgA та IgG із сперматозоїдами та подальшим покриттям сперміїв анти-IgA або анти-IgG антитілами [17].

Аналізуючи зразки сперми у 36 чоловіків, хворих на COVID-19, і 45 здорових досліджуваних, В. Hu та співавт. (2022) дійшли висновку, що чоловіки після одужання у термін від 120 до 150 днів мають нижчу загальну кількість сперматозоїдів, ніж контрольна група, тоді як чоловіки з терміном після одужання понад 150 днів не продемонстрували відмінностей з контрольною групою [18]. Подібне ретроспективне порівняльне дослідження було виконано А. S. Abdelaziz та А. M. Ghoneem (2024). З-поміж 134 досліджуваних у 44 (32,83%) було зафіксовано безсимптомний перебіг COVID-19, у 68 (50,74%) відзначались легкі та помірні симптоми COVID-19, а у 22 (16,41%) чоловіків – важкий перебіг хвороби. Дослідники виявили, що після 2 років спостереження не виявлено принципових довгострокових змін між розміром яєчок, рівнем статевих гормонів і параметрами сперми до і після захворювання на COVID-19 [19].

P. Dai та співавт. (2024) зазначили, що інфекція SARS-CoV-2 порушує гіпоталамо-гіпофізарно-гонадну вісь, що негативно впливає на придаток яєчка та сперматогенез [20].

C. Sakir та співавт. (2023) ретроспективно проаналізували 342 зразки сім'яної рідини до та після COVID-19. Автори зареєстрували значне зниження загальної кількості сперматозоїдів в еякуляті, зменшення об'єму сперми, кількості сперматозоїдів з прогресивним рухом, загальною кількістю рухомих сперматозоїдів і кількістю сперматозоїдів з нормальною морфологією після інфікування порівняно з їхніми відповідними параметрами до COVID-19. Дослідження продемонстрували, що лихоманка під час інфекції COVID-19 справляла негативний вплив на якість сперми, особливо на концентрацію сперми, на відміну від чоловіків без ознак лихоманки [24].

Лихоманку, спричинену COVID-19, можна вважати однією з важливих причин патоспермії, але інтенсивність впливу лихоманки на якість сперми потребує подальшого дослідження. Крім того, необхідні подальші дослідження, щоб знайти точні механізми, за допомогою яких інфекція SARS-CoV-2 впливає на чоловічу репродуктивну функцію/фертильність, і оцінити терміни регенерації сперми після COVID-19 [22].

Q. F. Zhang та співавт. (2024) проаналізували параметри сперми у 85 чоловіків протягом 6 міс до COVID-19, протягом 3 міс після початку захворювання на COVID-19 та через 3–6 міс після одужання. Результати засвідчили, що загальна кількість сперматозоїдів була набагато нижчою після вірусної інфекції, ніж до неї. Відзначено поступове відновлення характеристик сперми протягом 3–6 міс після одужання [23].

Існує можливість прискорити темпи відновлення показників спермограми після COVID-19. J. Aschauer та співавт. (2023) провели проспективне дослідження, спрямоване на оцінку ефективності та безпечності багатокomпонентного препарату для покращення показників сперми у реконвалесцентів COVID-19. Препарат містив L-аргінін, L-карнітин, фолієву кислоту, коензим Q10, цинк, вітамін Е, селен і глутатіон. Автори повідомили, що після 12 тиж застосування комплексу мікроелементів параметри сперми у досліджу-

ваній групі покращилися, у той час як у контрольній групі без лікування зберігалась патоспермія. Було зареєстровано доведене підвищення загальної ( $p=0,05$ ) і прогресуючої ( $p=0,014$ ) рухливості, а також життєздатності ( $p=0,0004$ ) сперматозоїдів на 3-й місяць лікування, тоді як у контрольній групі не було суттєвих змін у жодному з параметрів сперми [24].

L. A. Jiménez-López та співавт. (2023) повідомили, що об'єм сперми (1,9 мл vs 2,5 мл;  $p<0,05$ ) і концентрація сперми ( $41,5 \times 10^6$ /мл vs  $59 \times 10^6$ /мл;  $p<0,005$ ) були статистично нижчими у реконвалесцентів COVID-19 порівняно з контрольною групою здорових чоловіків, проте зазначені зміни були у межах норми ВООЗ та не були критичними [25].

Метааналіз, виконаний X. Lan та співавт. (2023) демонструє, що об'єм сперми досліджуваних з групи реконвалесцентів COVID-19 був дещо нижчим за нормальний показник (2–6 мл), але різниця була статистично незначущою ( $RR = -0,10 [-0,45; 0,26]$ ,  $Z = 0,52$ ,  $P = 0,60$ ). Наявні дані свідчать, що загальна кількість сперматозоїдів у чоловіків із групи COVID-19 була нижчою, ніж у контрольній групі ( $RR = -45,28 [-66,38; -24,19]$ ,  $Z = 4,21$ ,  $P = 0,0001$ ). Проте реальний вплив COVID-19 на кількість сперматозоїдів вважався незрозумілим через невелику кількість досліджень з цього питання, а також через регіональні відмінності та недостатній розмір вибірки.

Концентрація сперматозоїдів і кількість сперматозоїдів з прогресуючою рухливістю у групі COVID-19 були нижчими, ніж у контрольній групі, але без статистичної різниці ( $RR = -15,65 \times 106 [-31,52 \times 106; 0,21 \times 106]$ ,  $Z = 1,93$ ,  $P = 0,05$  і  $RR = -1,57 [-12,09; 8,96]$ ,  $Z = 0,29$ ,  $P = 0,77$  відповідно) [26].

Рівень фрагментації ДНК сперми можна розглядати як прогностичний фактор успішного запліднення. S. Shi та співавт. (2023) повідомили про значне збільшення кількості сперматозоїдів із фрагментованою ДНК після COVID-19 і рекомендували чоловікам після інфікування COVID-19 планувати вагітність їх дружин не раніше ніж через 3 міс після одужання [27].

Рівень фрагментації ДНК сперми (медіана  $41,1 \pm 29,2$ ;  $p<0,01$ ) була значно вищою у постінфекційних пацієнтів порівняно з контролем. У цьому самому дослідженні було зареєстровано зниження концентрації сперми (медіана  $38,74 \pm 32$ ;  $p<0,01$ ) і загальної кількості рухомих сперматозоїдів (медіана  $55,3 \pm 66,8$ ;  $p<0,01$ ) у групі COVID-19 [28].

S. Ghosh та співавт. (2022) зафіксували, що COVID-19 призводить до зниження експресії семеногеліну-1 і просапозину – двох білків, відповідальних за нормальну чоловічу фертильність. Автори виявили порушення концентрації специфічних протеїнів сперми у реконвалесцентів COVID-19, що, незважаючи на клінічну ремісію пацієнта, може порушити його репродуктивну функцію. Загалом у чоловіків, які одужали від COVID-19, концентрація 21 білка сперми була знижена, а 27 – підвищена. У контрольній групі середня концентрація сперматозоїдів становила 42,5 (17–78) млн/мл і була статистично вищою аніж у COVID-19 реконвалесцентів (24,0 (1–72) млн/мл;  $p=0,013$ ). Аналогічна тенденція була відзначена щодо рухливості сперматозоїдів, а саме: у

контрольній групі показник становив 50% (40–80) рухомих сперматозоїдів, що було статистично вищим, ніж у реконвалесцентів (10% (0–65);  $p=1,130$ ). Частка сперматозоїдів з нормальною морфологією у контрольній групі становила 8,5% проти 2,5% у групі одужання [29].

O. Федорук та співавт. (2022) встановили, що найбільш суттєвими змінами у спермограмах у постковідний період були достовірно збільшення в'язкості сім'яної рідини (на 72,8%), часу її розрідження (на 33,1%) та тенденція до зменшення частки активно рухомих сперматозоїдів (на 24,5%). Підвищення в'язкості та часу розрідження еякуляту інтерпретується авторами як набута віскозопатія після перенесеного COVID-19 [30].

Згідно з L. Montano та співавт. (2021), погана якість сперми може розглядатися як потенційний показник сприйнятливості до SARS-CoV-2 у регіонах із забрудненою екологією і може використовуватися як ранній маркер важкого перебігу коронавірусної інфекції у чоловіків [31].

Численні анти-COVID-вакцини розроблені та використовуються в усьому світі. Цілком природно, що вчені хотіли вивчити можливі наслідки цього щеплення на сперматогенез.

D. C. Gonzalez та співавт. (2021) проаналізували спермограми 45 чоловіків до та після вакцинації проти COVID-19. Вакцину BNT162b2 отримав 21 (46,7%) чоловік, вакцину мРНК-1273 – 24 (53,3%) особи. Після другої дози вакцини середня концентрація сперматозоїдів значно зросла з 26 млн/мл (IQR, 19,5–34) до 30 млн/мл (IQR, 21,5–40,5;  $P=02$ ), а середня кількість рухомих сперматозоїдів – від 36 млн (IQR, 18–51) до 44 млн (IQR, 27,5–98;  $P=001$ ). Об'єм сперми та рухливість сперматозоїдів також значно збільшилися. Автори не виявили значного зниження будь-якого параметра сперми серед цієї когорти здорових учасників. Навпаки, отримані дані продемонстрували статистично значуще зростання всіх параметрів сперми, що можна пояснити збільшенням часу утримання перед другим зразком сперми [32].

I. Gat та співавт. (2022) з'ясували, що вакцина проти COVID-19 BNT162b2 тимчасово погіршує концентрацію сперми та загальну кількість рухомих речовин у 37 донорів сперми одразу після повної вакцинації. Але на 145-у добу спостереження зафіксовано загальне одужання. Об'єм сперми та рухливість сперматозоїдів не були порушені взагалі [33].

T. S. Chillon та співавт. (2023) встановили наявність антитіл до SARS-CoV-2 у сім'яній плазмі. Проте за інформацією дослідників зазначені протеїни не здатні впливати на параметри сперми. Автори зазначили, що антитіла до SARS-CoV-2 здатні проникати крізь гематотестикулярний бар'єр [34].

Y. Ohara та співавт. (2023) не знайшли суттєвих відмінностей в основних показниках сперми та параметрах аналізу структури хроматину сперми у десяти чоловіків, які були вакциновані мРНК-вакциною BNT162b2 проти COVID-19 [35].

Аналізуючи результати 12 досліджень за участю 914 учасників, J. Huang та співавт. (2023) дійшли висновку, що різні антиковідні вакцини безпечні для репродуктивного здоров'я чоловіків і не мають шкідливого впливу на якість сперми [36].

На підставі результатів 2955 зразків сперми, отриманих у 564 осіб у Китаї, вакцинованих інактивованою антиковідною вакциною – 506 (89,72%), мРНК-вакциною – 10 (1,77%) та рекомбінантною вакциною (клітини CHO) – 7 (1,24%) чоловіків, автори припустили, що вакцинація істотно не вплинула на параметри якості сперми. Проте методологічним недоліком представлено дослідження може бути невелика кількість учасників, вакцинованих мРНК-вакциною та рекомбінантною коронавірусною вакциною, що не дозволяє робити статистично значущі висновки [37].

S. Varda та співавт. (2022) досліджували вплив антикоронавірусної мРНК-вакцини BNT162b на якість сім'яної рідини у 33 донорів сперми. До щеплення було відібрано 425 зразків сім'яної рідини, після щеплення – 473 зразки. Дослідники резюмували, що вакцина BNT162b проти SARS-CoV-2 не має шкідливого впливу на якість сперми [38].

Грунтуючись на огляді сучасної літератури, K Leisegang та ін. (2023) вважають, що на даний момент немає доказів негативного впливу вакцинації проти COVID-19 на якість сім'яної рідини [39].

Огляд останніх літературних джерел демонструє доведений негативний вплив COVID-19 на якість

сперми. Численні автори дійшли висновку про шкідливий вплив вірусної інфекції на об'єм сперми, загальну кількість сперматозоїдів, концентрацію, рухливість/життєздатність і фрагментацію ДНК сперми. Деякі з них не виявили статистичної кореляції між захворюванням на COVID-19 та об'ємом, концентрацією і прогресуючою рухливістю сперми. Всі автори погоджуються, що зазначені зміни параметрів сперми є тимчасовими з тенденцією до поступової нормалізації. Терміни відновлення сперми можуть коливатися від 3 міс і більше. Враховуючи важливість наявності нормальних параметрів спермограми для штучного та природного запліднення, ці терміни є предметом подальших наукових досліджень.

## ВИСНОВКИ

Існують докази того, що захворювання на SARS-CoV-2 негативно впливає на якість сперми, що може погіршити чоловічу репродуктивну функцію. Відзначено поступове відновлення показників спермограми в постінфекційний період. Терміни повної нормалізації всіх параметрів сім'яної рідини потребують уточнення. Немає підтвердження шкідливого впливу антиковідних вакцин на якість сперми.

## Відомості про авторів

**Нікітін Олег Дмитрович** – д-р мед. наук, проф., завідувач, кафедра урології, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ; тел.: (067) 209-42-22. *E-mail: o.nikitin@i.ua*  
ORCID: 0000-0002-6563-7008

**Квач Микола Дмитрович** – канд. мед. наук, асистент, кафедра урології, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ; тел.: (067) 714-14-43. *E-mail: kvach@ukr.net*  
ORCID: 0000-0002-3019-1544

**Дежнюк Петро Петрович** – аспірант, кафедра урології, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ; тел.: (096) 402-86-31. *E-mail: petrodeznuk@gmail.com*  
ORCID: 0009-0005-0706-3375

**Ясинський Микола Олександрович** – асистент, доктор філософії, кафедра урології, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, тел.: +38-097-60-66-997. *E-mail: yasinetskiy.nick@ukr.net*  
ORCID: 0000-0002-4426-1769

## ПОСИЛАННЯ

- Nessaibia I, Sagese R, Atwood L, Bouslama Z, Cocci L, Merad T, et al. The way COVID-19 transforms our sexual lives. *Int J Impot Res.* 2022;34(2):117-9. doi: 10.1038/s41443-021-00494-9.
- Luchytskyi Y, Luchytskyi V, Zubkova H, Rybal'chenko V, Skladanna I. Erectile Dysfunction in Men Who Have Been Ill with COVID-19. *Health Man.* 2022;4:47-53. doi: 10.30841/2307-5090.4.2022.274443.
- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med.* 2020;382(8):727-33. doi: 10.1056/NEJMoa2001017.
- Looi M. How are covid-19 symptoms changing? *BMJ* 2023;380:3.
- Marinova Y, Dimitrova M. Onset of psychiatric disorders in the course of post-covid syndrome. Case series from the practice. *Bulgarian J Psychiatr.* 2023;8(4):14-21.
- World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) [Internet]. Geneva: WHO; 2019. Available from: <https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab.3>.
- Qaderi K, Yazdkhasti M, Zangeneh S, Behbahani BM, Kalhor M, Shamsabadi A, et al. Changes in sexual activities, function, and satisfaction during the COVID-19 pandemic era: a systematic review and meta-analysis. *Sex Med.* 2023;11(2):qfad005.
- Özlü I, Özlü ZK, Kiliç T, Demir ZY, Apay SE, Çelik AS, et al. Was the Quality of Sexual Life Affected during the COVID-19 Pandemic? *Am J Fam Ther.* 2022;50:5:475-490. doi: 10.1080/01926187.2021.1941418.
- Pomar L, Favre G, de Labrusse C, Contier A, Boulvain M, Baud D. Impact of the first wave of the COVID-19 pandemic on birth rates in Europe: a time series analysis in 24 countries. *Hum Reprod.* 2022;37(12):2921-31. doi: 10.1093/humrep/deac215.
- Yasynetskiy M, Banyra O, Nikitin O, Ventskivska I, Kozlov V, Kvach M, et al. Mixed Sexually Transmitted Infections in Infertile Couples: Empirical Treatment and Influence on Semen Quality. *Recent Adv Antiinfect Drug Discov.* 2021;16(3):227-36. doi: 10.2174/2772434416666211129105145.
- Akhigbe RE, Dutta S, Hamed MA, Ajayi AF, Sengupta P, Ahmad G. Viral Infections and Male Infertility: A Comprehensive Review of the Role of Oxidative Stress. *Front Reprod Health.* 2022;4:782915. doi: 10.3389/frph.2022.782915.
- Donders GGG, Bosmans E, Reumers J, Donders F, Jonckheere J, Salembier G, et al. Sperm quality and absence of SARS-CoV-2 RNA in semen after COVID-19 infection: a prospective, observational study and validation of the SpermCOVID test. *Fertil Steril.* 2022;117(2):287-96. doi: 10.1016/j.fertnstert.2021.10.022.
- Nunez-Calonge R, Guijarro JA, Rubio T, Alberola P, Fernández G, Santamaria N, et al. What is the recovery time for sperm parameters in men who have suffered a mild Covid-19 infection? *Hum Reprod.* 2023;38(1):dead093.020. doi: 10.1093/humrep/dead093.020.
- Martinez MS, Ferreyra FN, Paira DA, Rivero VE, Olmedo JJ, Tissiera AD, et al. COVID-19 associates with semen inflammation and sperm quality impairment that reverses in the short term after disease recovery. *Front Physiol.* 2023;14:1220048. doi: 10.3389/fphys.2023.1220048.
- Gharagooloo P, Cartagena S, Moazmian A, Drevet JR, Somkuti S, Aitken RJ. Rapid impact of COVID-19 infection on semen quality: a case report. *Transl Androl Urol.* 2022;11(1):110-15. doi: 10.21037/tau-21-935.
- Paira DA, Beltramone F, Olmedo JJ, Tissiera AD, Molina RI, Fux-Otta C, et al. Persistent oligoneurozoospermia after asymptomatic SARS-CoV-2 infection. A case report and literature review. *Heliyon.* 2023;9(9):e20340. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20340.
- Depuydt C, Bosmans E, Jonckheere J, Donders F, Ombelet W, Coppens A, et al.

- SARS-CoV-2 infection reduces quality of sperm parameters: prospective one year follow-up study in 93 patients. *EBioMedicine*. 2023;93:104640. doi: 10.1016/j.ebiom.2023.104640.
18. Hu B, Liu K, Ruan Y, Wei X, Wu Y, Feng H, et al. Evaluation of mid- and long-term impact of COVID-19 on male fertility through evaluating semen parameters. *Transl Androl Urol*. 2022;11(2):159-67. doi: 10.21037/tau-21-922.
19. Abdelaziz AS, Ghoneem AM. Delayed impacts of COVID-19 infection on unexplained male infertility: 2-year follow-up of normal sperm parameters in unexplained male infertility in KSA. *Urol Ann*. 2024;16(1):75-80. doi: 10.4103/ua.ua.154.22.
20. Dai P, Qiao F, Chen Y, Chan DYL, Yim HCH, Fok KL, et al. SARS-CoV-2 and male infertility: from short- to long-term impacts. *J Endocrinol Invest*. 2023;46(8):1491-507. doi: 10.1007/s40618-023-02055-x.
21. Cakir C, Kuspinar G, Kurt G, Berber M, Aslan K, Kasapoglu I, et al. Comparison of semen parameters in the same patients before and after diagnosis of COVID-19. *J Med Virol*. 2023;95(9):e29094. doi: 10.1002/jmv.29094.
22. Leng T, Guo Z, Sang Z, Xin Q, Chen F. Effect of COVID-19 on sperm parameters: pathologic alterations and underlying mechanisms. *J Assist Reprod Genet*. 2023;40(7):1623-9. doi: 10.1007/s10815-023-02795-y.
23. Zhang QF, Zhang YJ, Wang S, Wei Y, Zhang H, Li F, Deng YQ. Does COVID-19 affect sperm quality in males? The answer may be yes, but only temporarily. *Virol J*. 2024;21(1):24. doi: 10.1186/s12985-024-02290-5.
24. Aschauer J, Sima M, Imhof M. Recovery of sperm quality after COVID-19 disease in male adults under the influence of a micro-nutrient combination: A prospective study. *Arch Ital Urol Androl*. 2023;95(1):11157. doi: 10.4081/aiua.2023.11157.
25. Jiménez-López LA, Rojas-Ramírez DC, Martínez-Mier G, Pérez-López SD, Bernal-Dolores V, Reyes-Ruiz JM. Sperm concentrations do not correlate with semen parameters and hormone profiles in males recovered from COVID-19. *Transl Androl Urol*. 2023;12(3):353-363. doi: 10.21037/tau-22-638.
26. Lan X, Wang M, Yu X, Dong L, Li J, Chang D, et al. A systematic review of the effect of COVID-19 on semen parameters. *Heliyon*. 2023;9(4):e14776. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14776.
27. Shi S, Hu H, Wang J, Huang X, Li J, Li D. Evaluation of semen DNA integrity and related parameters with COVID-19 infection: a prospective cohort study. *Virol J*. 2023;20(1):218. doi: 10.1186/s12985-023-02192-y.
28. Hallak J, Bernardes F, Teixeira TACC, Saldiva PHN, Kallas EG, Caldini ET EG, et al. Elevated ROS levels and DNA fragmentation in sperm from convalescent men in Sars-COV-2 infection. *J Urol*. 2022;207(5):e358. doi: 10.1097/JU.0000000000002558.07.
29. Ghosh S, Parikh S, Nissa MU, Acharjee A, Singh A, Patwa D, et al. Semen Proteomics of COVID-19 Convalescent Men Reveals Disruption of Key Biological Pathways Relevant to Male Reproductive Function. *ACS Omega*. 2022;7(10):8601-12. doi: 10.1021/acsomega.1c06551.
30. Fedoruk OS, Vladychenko KA, Zaitsev VI, Iluk II, Yuzko VO. Analysis of spermology research after passing COVID-19. *Health Man*. 2022;4:47-53. doi: 10.30841/2307-5090.1.2023.280048.
31. Montano L, Donato F, Bianco PM, Lettieri G, Guglielmino A, Motta O, et al. Semen quality as a potential susceptibility indicator to SARS-CoV-2 insults in polluted areas. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021;28(28):37031-040. doi: 10.1007/s11356-021-14579-x.
32. Gonzalez DC, Nassau DE, Khodamradi K, Ibrahim E, Blachman-Braun R, Ory J, et al. Sperm Parameters Before and After COVID-19 mRNA Vaccination. *JAMA*. 2021;326(3):273-4. doi: 10.1001/jama.2021.9976.
33. Gat I, Kedem A, Dviri M, Umanski A, Levi M, Hourvitz A, et al. Covid-19 vaccination BNT162b2 temporarily impairs semen concentration and total motile count among semen donors. *Androl*. 2022;10(6):1016-22. doi: 10.1111/andr.13209.
34. Chillon TS, Demircan K, Weiss G, Minich WB, Schenk M, Schomburg L. Detection of antibodies to SARS-CoV-2 after vaccination in seminal plasma and their association to sperm parameters. *Int J Infect Dis*. 2023;130:161-5. doi: 10.1016/j.ijid.2023.03.018.
35. Ohara Y, Mizuta S, Matsubayashi H, Ishikawa T, Takiuchi T, Kimura T. Effect of BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine on sperm morphokinetics and DNA integrity: A prospective observational study in Japan. *Asian Pacific J Reprod*. 2023;12(2):58-63. doi: 10.4103/2305-0500.372375.
36. Huang J, Fang Z, Huang L, Fan L, Liu Y, Xia L, et al. Effect of COVID-19 vaccination on semen parameters: A systematic review and meta-analysis. *J Med Virol*. 2023;95(1):e28263. doi: 10.1002/jmv.28263.
37. Yang T, Tang D, Zhan Y, Seyler BC, Li F, Zhou B. SARS-CoV-2 vaccination and semen quality: a study based on sperm donor candidate data in southwest China. *Transl Androl Urol*. 2024;13(1):80-90.
38. Barda S, Laskov I, Grisar D, Lehavi O, Kleiman S, Wenkert A, et al. The impact of COVID-19 vaccine on sperm quality. *Int J Gynaecol Obstet*. 2022;158(1):116-20. doi: 10.1002/ijgo.14135.
39. Leisegang K, Finelli R, Mougala L, Moichela F, Pearce K, Ramasamy R, et al. The Impact of COVID-19 Vaccines on Male Semen Parameters: A Retrospective Cohort Study. *Androl*. 2023. Article ID 7826568. 9 p. doi: 10.1155/2023/7826568.

*Стаття надійшла до редакції 21.05.2024. – Дата першого рішення 27.05.2024. – Стаття подана до друку 24.06.2024*