УДК 616.28-008.1:616.214.8-008.1:616.22-008.5:616.988 doi: https://doi.org/10.32402/dovkil2026.03.059

НАУКОВИЙ АНАЛІЗ СКАРГ ОСІБ, ЯКІ ПЕРЕХВОРІЛИ НА COVID-19 І МАЮТЬ ПОРУШЕННЯ СЛУХУ, НЮХУ, ГОЛОСУ ТА ВЕСТИБУЛЯРНОЇ ФУНКЦІЇ РІЗНОГО СТУПЕНЯ ВИРАЖЕНОСТІ

Козак М.С.[1],
Безега М.І.[2],
Волкова Т.В.[1],
Гвоздецький В.А.[1],
Бєлякова І.А.1,
Пелешенко Н.О.[1]

[1] Державна установа «Інститут отоларингології ім. проф. О.І. Коломійченко Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна
[2] Полтавський державний медичний університет МОЗ України, м. Полтава, Україна

- **МЕТА** роботи — вивчити скарги у осіб, які перехворіли на COVID-19, з урахуванням вираженості порушень сенсорних систем: слуху, нюху, голосу та вестибулярної функції.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено аналіз даних опитування, анамнезу і скарг 120 пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 і мали сенсорні розлади. Обстежених розподілили на 2 групи залежно від клінічного перебігу хвороби та вираженості сенсорних порушень: 1-а група — 74 хворих з помірними і менш вираженими сенсорними розладами, 2-а група — 46 пацієнтів з перенесеним COVID-19 в більш тяжкій формі та стійкими сенсорними порушеннями.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що у пацієнтів 2-ї групи значно частіше спостерігалися скарги на розлади слуху, нюху, голосу, вестибулярної функції та зміни з боку центральної нервової системи порівняно з пацієнтами 1-ї групи. У хворих 2-ї групи також переважали більш значні клінічні прояви, зокрема зниження розбірливості мови, відчуття шуму у вухах, погана переносимість гучних звуків, випадки раптової глухоти внаслідок інфаркту лабіринту та ураження центральних відділів слухового аналізатора, тривала аносмія з ураженням центральних відділів нюхового аналізатора, стійкі дистонії, парези голосових складок, спастична дисфонія, виражена вестибулярна дисфункція та зміни зі сторони ЦНС. У пацієнтів 2-ї групи частіше відзначалося прогресування вже наявної сенсоневральної приглухуватості після COVID-19, а симптоми слухових, голосових, нюхових і вестибулярних порушень мали більш тривалий перебіг. Крім того, вони значно частіше повідомляли про головний біль, порушення пам'яті та уваги, розлади сну і підвищену втомлюваність, що свідчить про більш значне ураження центральної нервової системи при тяжких сенсорних порушеннях.
- **ВИСНОВКИ.** COVID-19 може спричиняти стійкі та прогресуючі порушення слуху, нюху, смаку, голосу й вестибулярної функції, а також зміни з боку нервової системи. Оцінка скарг і тривалості симптомів під час та після хвороби є важливою для своєчасної діагностики, лікування та профілактики постковідних сенсорних порушень.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *COVID-19, сенсорні системи, слуховий аналізатор, порушення слуху, нюхова функція, порушення голосу, вестибулярна дисфункція.*

A SCIENTIFIC ANALYSIS OF COMPLAINTS FROM PATIENTS WHO HAVE RECOVERED FROM COVID-19 WITH HEARING, OLFACTORY, VOICE, AND VESTIBULAR DYSFUNCTION OF VARYING SEVERITY

Kozak M.S.[1],
Bezega M.I.[2],
Volkova T.V.[1],
Hvozdetskyi V.A.[1],
Bieliakova I.A.[1],
Peleshenko N.O.[1]

[1] State Institution «O.S. Kolomiychenko Institute of Otolaryngology of National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
[2] Poltava Medical State University of the Ministry of Health of Ukraine, Poltava, Ukraine

- **OBJECTIVE.** The objective of the study is to investigate the complaints of individuals who have recovered from COVID-19, taking into account the severity of sensory system disorders, including hearing, olfactory, voice, and vestibular dysfunction.
- **MATERIALS AND METHODS.** A total of 120 patients who had recovered from COVID-19 and presented with sensory disorders were evaluated based on questionnaire data, medical history, and clinical complaints. All participants were divided into two groups according to the clinical course of the disease and the severity of sensory disorders: Group 1 included 74 patients with mild to moderate sensory disorders, whereas Group 2 comprised 46 patients who had experienced a more severe course of COVID-19 and developed persistent sensory disorders.
- **RESULTS.** The study demonstrated that patients in Group 2 reported complaints related to hearing, olfactory, voice, and vestibular dysfunction, as well as central nervous system manifestations, significantly more frequently than those in Group 1. Moreover, they exhibited more severe clinical manifestations, including reduced speech discrimination, tinnitus, poor tolerance to loud sounds, sudden sensorineural hearing loss caused by labyrinthine infarction, involvement of the central auditory pathways, prolonged anosmia associated with central olfactory pathway impairment, persistent dystonia, vocal fold paresis, spasmodic dysphonia, pronounced vestibular dysfunction, and neurological manifestations. Patients in Group 2 were also more likely to experience progression of pre-existing sensorineural hearing loss following COVID-19, and their hearing, voice, olfactory, and vestibular symptoms persisted for longer periods. Furthermore, they more frequently reported headaches, memory and attention impairment, sleep disturbances, and increased fatigue, indicating more pronounced central nervous system involvement in patients with severe sensory disorders.
- **CONCLUSIONS.** COVID-19 can cause severe and progressive sensory disorders of hearing, olfaction, taste, voice, and vestibular function, as well as neurological manifestations. Assessment of patients' complaints

© Козак М.С., Безега М.І., Волкова Т.В., Гвоздецький В.А., Бєлякова І.А., Пелешенко Н.О., 2026
© Kozak M.S., Bezega M.I., Volkova T.V., Hvozdetskyi V.A., Bieliakova I.A., Peleshenko N.O., 2026

and the duration of symptoms during and after COVID-19 is important for the timely diagnosis, management and prevention of post-COVID sensory disorders.

KEYWORDS: *COVID-19, sensory systems, auditory system, hearing impairment, olfactory function, voice impairment, vestibular dysfunction.*

Пандемія COVID-19 поставила перед системами охорони здоров'я та медичною наукою цілу низку тяжко вирішуваних питань та загострила увагу дослідників до вірусного ураження різних органів і систем людського організму [1–3]. Прояви захворювання COVID-19 виявилися багатогранними та мінливими, а вірус здатним до численних швидких мутацій. З часом, коли пандемія вщухла, здавалося, що проблема певним чином вирішена. Але дослідження останніх років показало, що вірус SARS-CoV-2 нікуди не подівся і, очевидно, залишиться з людством надовго [4–6]. Втративши значною мірою свою смертельну небезпечність, вірус залишився надзвичайно вірулентним і мінливим. З'явилися поняття «довгого ковіду» та «постковідного синдрому». Фахівці з різних медичних спеціальностей повідомляють про ураження вірусом різних органів і систем і відзначають тривалий вплив інфекції та відтерміновані прояви. В тому числі це стосується ураження сенсорних систем [7–10].

Мета роботи — вивчити скарги у осіб, які перехворіли на COVID-19, з урахуванням вираженості порушень сенсорних систем — слуху, нюху, голосу та вестибулярної функції.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Проведено аналіз даних опитування, анамнезу і скарг 120 пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 і мають сенсорні розлади. Пацієнти звертались зі скаргами на порушення слуху, нюху, смаку, голосу, а також зміни зі сторони нервової системи. Всі обстежувані були розподілені на 2 групи за клінічним перебігом хвороби та вираженістю сенсорних розладів: до 1-ї групи увійшли 74 хворих, у яких мали місце помірні і менш виражені сенсорні розлади, зокрема порушення слуху після COVID-19, до 2-ї групи — 46 пацієнтів, які переважно перехворіли даною інфекцією в більш тяжкій формі та отримали стійкі сенсорні порушення, прогресуючі розлади слуху та зміни зі сторони нервової системи.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При аналізі скарг щодо стану сенсорних систем у пацієнтів після COVID-19 виявилось, що у багатьох з них є скарги на ті чи інші порушення слуху, голосу, нюху та вестибулярної функції в різному поєднанні. Проведені нами раніше дослідження [10, 11] показали, що часто у пацієнтів з COVID-19 виявляються порушення сенсорних систем, причому ступінь цих порушень, терміни їх виникнення, тривалість і вираженість симптомів варіюються. Також з плином часу дещо змінювалась частота і вираженість ураження різних сенсорних систем, що, очевидно, обумовлене мутаціями вірусу SARS-CoV-2. У пацієнтів, які перенесли захворювання COVID-19 більш тяжкого перебігу такі скарги були більш вираженими. В даній роботі ми проаналізували скарги пацієнтів, що перехворіли на COVID-19, з урахуванням ступеня вираженості сенсорних розладів.

Як уже було зазначено, ми поділили досліджуваних хворих на COVID-19 на дві групи за ступенем вираженості сенсорних розладів — порушень нюху, слуху, смаку, голосу та функції рівноваги. До першої групи увійшли хворі з легкими розладами сенсорних систем, до другої — особі зі стійкими, вираженими порушеннями сенсорних чуттів. Всі основні скарги обстежуваних хворих двох груп проаналізовані та представлені в *табл. 1*.

Як видно з наведених в таблиці даних, скарги на порушення слуху, голосу і нюху, вестибулярної функції, є більш частими та більш вираженими в 2 групі пацієнтів, які отримали стійкі, прогресуючі розлади слуху, голосу, нюху, та зміни зі сторони нервової системи, ніж пацієнти 1 групи, у яких мали місце помірні і менш виражені розлади слуху, голосу, нюху після COVID-19. Пацієнти 1 групи висували скарги на порушення слуху у 43,2% (n = 32), голосу — 32,4% (n = 24) і нюху — 43,2% (n = 32), вестибулярної функції — 30,1% (n = 23), розладів зі сторони центральної нервової системи — 66,2% (n = 49). В другій групі такі скарги спостерігалися в більшому відсотку: на порушення слуху у 60,8% (n = 28), голосу — 32,6% (n = 15) і нюху — 67,4% (n = 31), вестибулярної функції — 39,1% (n = 18), розладів зі сторони нервової системи — 89,1% (n = 41).

Аналізуючи детально скарги зі сторони слухової системи у хворих, які перехворіли COVID-19

Таблиця 1. **Скарги пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 з різним ступенем розладів сенсорних систем**

Скарги	1 група (*n* = 74)	2 група (*n* = 46)
Порушення слуху:	43,2% (*n* = 32)	60,8% (*n* = 28)
зниження слуху	36,5% (*n* = 27)	47,8% (*n* = 22)
зниження розбірливості мови	14,8% (*n* = 11)	30,4% (*n* = 14)
шум у вухах	39,2% (*n* = 29)	56,5% (*n* = 26)
непереносимість гучних звуків	9,4% (*n* = 7)	21,7% (*n* = 10)
Порушення нюху:	43,2% (*n* = 32)	67,4% (*n* = 31)
відсутність нюху	32,4% (*n* = 24)	50,0% (*n* = 23)
спотворення нюху	24,3% (*n* = 18)	17,4% (*n* = 8)
Загострення / підсилення нюху	5,4% (*n* = 4)	4,3% (*n* = 2)
Порушення смаку:	28,4% (*n* = 21)	39,1% (*n* = 18)
відсутність смаку	12,2% (*n* = 9)	23,9% (*n* = 11)
зниження смаку	4,1% (*n* = 3)	4,3% (*n* = 2)
спотворення смаку	4,1% (*n* = 3)	6,5% (*n* = 3)
Загострення / підсилення смаку	2,7% (*n* = 2)	6,5% (*n* = 3)
Порушення голосу:	32,4% (*n* = 24)	32,6% (*n* = 15)
голосова втома	28,4% (*n* = 21)	30,4% (*n* = 14)
захриплість	29,7% (*n* = 22)	28,2% (*n* = 13)
Порушення вестибулярної функції:	30,1% (*n* = 23)	39,1% (*n* = 18)
системне запаморочення	22,9% (*n* = 17)	32,6% (*n* = 15)
епізоди непритомного стану	10,8% (*n* = 8)	34,8% (*n* = 16)
порушення рівноваги	8,1% (*n* = 6)	23,9% (*n* = 11)
невизначені відчуття	12,2% (*n* = 9)	15,2% (*n* = 7)
Скарги з боку ЦНС:	66,2% (*n* = 49)	89,1% (*n* = 41)
головний біль	50,0% (*n* = 37)	84,7% (*n* = 39)
порушення пам'яті та уваги	24,3% (*n* = 18)	80,4% (*n* = 37)
порушення сну	36,4% (*n* = 27)	82,6% (*n* = 38)
втомлюваність	59,4% (*n* = 44)	89,1% (*n* = 41)

ми виявили таке. Пацієнти 1 групи відмічали зниження розбірливості мови в 14,8% (*n* = 11) випадках, відчуття шуму в вухах — 39,2% (*n* = 29), погану переносимість гучних звуків — 9,4% (*n* = 7). Хворі 2 групи, які отримали стійкі, прогресуючі розлади слуху, голосу, нюху, та зміни зі сторони нервової системи, скаржилися на зниження розбірливості мови в 30,4% (*n* = 14) випадках, відчуття шуму в вухах — 56,5% (*n* = 26), погану переносимість гучних звуків — 21,7% (*n* = 10). У пацієнтів 2-ї групи були виявлені значні ураження слухової системи — тяжкі порушення слуху з порушеннями розбірливості мови, раптова глухота внаслідок інфаркту лабіринту, ураження центральних відділів слухового аналізатора. Слід зазначити, що порушення слухової функції були у 39,2% (*n* = 47) пацієнтів і до захворювання на COVID-19, але хвороба призвела до загострення та прогресування сенсоневральної приглухуватості. В першій групі таких хворих було 25,6% (*n* = 19), в другій — 60,8% (*n* = 28). Вони відчували симптоми погіршення слуху частіше з 5–7 доби хвороби, або після 1–2 місяців після хвороби. Тривали порушення слуху від 10 діб, та до 3–6 місяців і більше.

Аналіз найбільш частих скарг пацієнтів з COVID-19 з різним ступенем порушень у сенсорних системах більш наочно представлений на *рис. 1*.

Пацієнтів, які скаржились на порушення нюху, в першій групі було 43,2% (*n* = 32), а в другій — 67,4% (*n* = 31). У 2 групі хворих частіше були випадки тривалої повної аносмії, втому числі з ураженням центральних відділів нюхового аналізатора. Порушення смаку відчували 28,4% (*n* = 21) пацієнтів першої групи, та 39,1% (*n* = 18) другої.

Порушення голосової функції турбувало пацієнтів в першій групі в 32,4% (*n* = 24) випадків, а в другій — 32,6% (*n* = 15). Частіше воно виникало на 5–7 добу хвороби, та могло тривати від 1 місяця до 5 місяців. Хворі скаржились на голосову втому в 28,4% (*n* = 21) в першій групі, 30,4% (*n* = 14) в другій групі. На захриплість вони скаржилися в 29,7% (*n* = 22) в першій групі, та 28,2% (*n* = 13) відповідно в другій групі. В 2 групі пацієнтів ми виявляли стійкі дистонії,

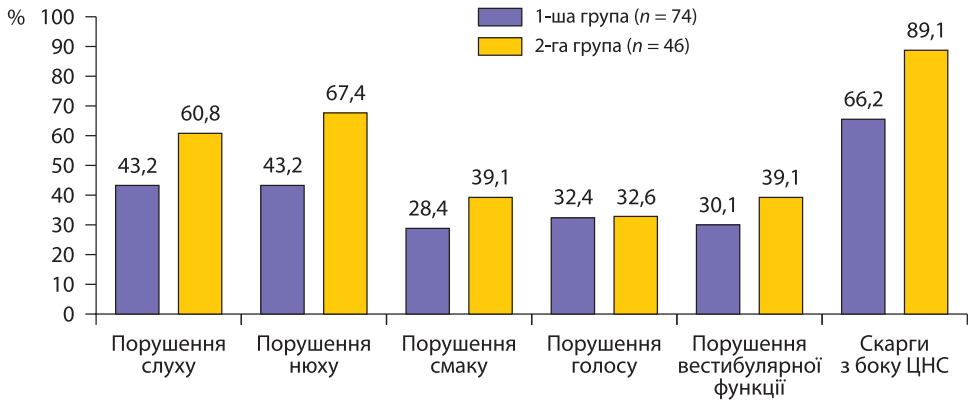

Рис. 1. Скарги пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 з різним ступенем розладів у сенсорних системах (групи 1 та 2)

випадки парезу голосових складок та спастичної дисфонії.

Порушення вестибулярної функції турбувало обстежених нами пацієнтів як 1-ї групи, так і 2-ї групи. Симптоми: запаморочення, епізоди непритомного стану, порушення рівноваги, невизначені відчуття, виникали на 12–14 добу після перших проявів COVID-19 і тривали близько 2–4 місяців після одужання. Наявність таких скарг свідчить про ураження вестибулярної системи. В першій групі таких пацієнтів було 30,1% (n = 23), в другій — 39,1% (n = 18). В 2 групі хворих ми частіше спостерігали тяжку вестибулярну дисфункцію, поєднане ураження периферичного і центрального відділів вестибулярного аналізатора, порушення координації.

Відсоток загальних скарг зі сторони ЦНС в першій групі склав 66,2% (n = 49) хворих, в другій — 89,1% (n = 41). В другій групі має місце збільшення скарг на головний біль 84,7% (n = 39), порушення пам'яті та уваги 80,4% (n = 37), порушення сну 82,6% (n = 38), та втомлюваність 89,1% (n = 41). Тоді, як в першій групі скарги на головний біль склали 50% (n = 37), порушення пам'яті та уваги 24,3% (n = 18), порушення сну 36,4% (n = 27), та втомлюваність 59,4% (n = 44) були менші.

Отже пацієнти, які перехворіли на COVID-19, часто висувають скарги на порушення слуху, нюху, смаку, голосу, вестибулярної функції, а також ті, що обумовлені змінами зі сторони нервової системи.

Таким чином, гостра вірусна інфекція (COVID-19), викликана вірусом SARS-CoV2 несе загрозу здоров'ю людей, та має віддалені ефекти. Після перенесеної інфекції, навіть у легкій формі, пацієнти можуть отримувати специфічні ускладнення хвороби: порушення слуху, порушення нюху, порушення смаку, порушення голосу, вестибулярної функції, а також зміни зі сторони нервової системи. Визначення інформації щодо скарг, терміну їх виникнення після початку хвороби, тривалість симптомів під час та після хвороби, має значення для своєчасної діагностики та лікування ускладнень COVID-19 з боку сенсорних систем та може бути основою для формування профілактичних заходів.

ВИСНОВКИ

1. Пацієнти, які перехворіли на COVID-19, часто висувають скарги на порушення слуху, нюху, смаку, голосу, вестибулярної функції, а також ті, що обумовлені змінами зі сторони серцево-судинної та нервової системи. Захворювання нерідко спричиняє стійкі, прогресуючі розлади органів чуття та зміни зі сторони нервової системи.

2. COVID-19 може спричинити тяжкі сенсорні розлади та порушення голосоутворення: тяжку сенсоневральну приглухуватість з порушенням розбірливості мови, раптову глухоту внаслідок інфаркту лабіринту, стійкі аносмії, виражену вестибулярну дисфункцію, парези голосових складок та спастичну дисфонію.

3. Визначення скарг та тривалості симптомів під час та після хвороби має значення для своєчасної діагностики та лікування ускладнень COVID-19 з боку сенсорних систем та може бути основою для формування профілактичних заходів.

REFERENCES

1. **Asadi-Pooya AA, Simani L.** Central nervous system manifestations of COVID-19: a systematic review. *J Neurol Sci*. 2020;**413**:116832. doi: https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.116832
2. **Misra S, Kolappa K, Prasad M, Radhakrishnan D, Thakur KT, Solomon T, *et al*.** Frequency of neurologic manifestations in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Neurology*. 2021;**97**(23)–81.

doi: https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000012930
3. **Abdel Rhman S, Abdel Wahid A.** COVID-19 and sudden sensorineural hearing loss: a case report. *Otolaryngol* Case Rep. 2020;**16**:100198. doi: https://doi.org/10.1016/j.xocr.2020.100198
4. **Lisyany MI, Belskaya LM, Klyuchnikova AI, Krasilenko EP.** Kharakterystyka autoimunnykh ta zapalnykh reaktsii u viddalennomu periodi pislia infektsii COVID-19 [The state of long-term autoimmune and inflammatory reactions after COVID-19]. *Fiziol Zh*. 2022;**68**(5):3–9. Ukrainian. doi: https://doi.org/10.15407/fz68.05.003
5. **Baig AM, Khaleeq A, Ali U, Syeda H.** Evidence of the COVID-19 virus targeting the CNS: tissue distribution, host-virus interaction, and proposed neurotropic mechanisms. *ACS Chem Neurosci*. 2020;**11**(7):995–8. doi: https://doi.org/10.1021/acschemneuro.0c00122
6. **Mao L, Jin H, Wang M, Hu Y, Chen S, He Q, *et al*.** Neurologic manifestations of hospitalized patients with coronavirus disease 2019 in Wuhan, China. *JAMA Neurol*. 2020;77(6):683–90. doi: https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2020.1127
7. **Degen C, Lenarz T, Willenborg K.** Acute profound sensorineural hearing loss after COVID-19 pneumonia. *Mayo Clin Proc*. 2020;**95**(8):1801–3. doi: https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.05.034
8. **Wu Y, Xu X, Chen Z, Duan J, Hashimoto K, Yang L, *et al*.** Nervous system involvement after infection with COVID-19 and other coronaviruses. *Brain Behav Immun*. 2020;**87**:18–22. doi: https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.03.031
9. **Vaira LA, Salzano G, Deiana G, De Riu G.** Anosmia and ageusia: common findings in COVID-19 patients. *Laryngoscope*. 2020;**130**(7):1787. doi: https://doi.org/10.1002/lary.28692
10. **Shydlovska TA, Bezega MI, Volkova TV, Bezeha BM.** Terminy vynyknennia i tryvalist skarh shchodo stanu sensornykh system u osib, yaki perekhvorily na COVID-19 [Timing and duration of sensory complaints in COVID-19 survivors]. *Otorhinolaryngology*. 2024; 7(2):27–33. Ukrainian. doi: https://doi.org/10.37219/2528-8253-2024-2-27
11. **Shydlovska TA, Bezega MI, Volkova TV, Bezeha BM.** Zastosuvannia spetsialnoho opytuvalnyka dlia vyiavlennia ushkodzhennia analizatornykh system u khvorykh na COVID-19 [Use of a special questionnaire to detect damage to sensory systems in COVID-19 patients]. *Otorhinolaryngology*. 2025;**8**(3–4):16–26. Ukrainian. doi: https://doi.org/10.37219/2528-8253-2025-3-4-16

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Комплексна клініко-інструментальна характеристика стану сенсорних систем — слухового, нюхового та вестибулярного аналізаторів, а також екстрааурaльних проявів при COVID-19», що фінансується Національною академією медичних наук України, № держреєстрації 0121U113546.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

КОЗАК Микола: концептуалізація, курація даних.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3180-2132

БЕЗЕГА Михайло: методологія, написання — оригінальний проєкт.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1250-1190

ВОЛКОВА Тетяна: формальний аналіз.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3830-1533

ГВОЗДЕЦЬКИЙ Віктор: формальний аналіз.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4663-141X
e-mail: lorprof6@ukr.net

БЄЛЯКОВА Ірина: дослідження, візуалізація.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7921-069X

ПЕЛЕШЕНКО Наталія: дослідження, програмне забезпечення.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8708-4435

Отримано: 05.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

Studies were carried out within the framework of the research «Comprehensive clinical and instrumental characteristics of the state of sensory systems — auditory, olfactory and vestibular systems, as well as extraaural manifestations in COVID-19», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration No. 0121U113546.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

No generative artificial intelligence was employed in the writing of this article.

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

KOZAK Mikola: conceptualization, data curation.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3180-2132

BEZEHA Mykhailo: methodology, original draft preparation.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1250-1190

VOLKOVA Tatiana: formal analysis.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3830-1533

HVOZDETSKYI Viktor: formal analysis.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4663-141X
e-mail: lorprof6@ukr.net

BIELIAKOVA Iryna: investigation, visualization.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7921-069X

PELESHENKO Nataliia: investigation, software.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8708-4435

Received: 05.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026

CC BY 4.0