

УДК: 616.211-008.4-07-08

## АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОКАЗНИКІВ МУКОЦИЛІАРНОГО КЛІРЕНСУ СЛИЗОВОЇ ОБОЛОНКИ ПОРОЖНИНИ НОСА З ТРИВАЛІСТЮ ТА СТУПЕНЕМ НАЗАЛЬНОЇ ОБСТРУКЦІЇ

Світлична Ю.В., Шушляпіна Н.О., Лупир А.В., Бондаренко Я.Д.

Харківський національний медичний університет, Харків, Україна

**Актуальність.** Однією з розповсюджених причин втрати війок у слизовій оболонці носа є порушення аеродинаміки у носовій порожнині. Однак механізми, що лежать в основі патогенезу функціональних змін мукоциліарного кліренсу, зумовлених порушенням назальної аеродинаміки, є суперечливими та маловивченими.

**Мета.** Визначити та проаналізувати взаємозв'язок між показниками мукоциліарного кліренсу слизової оболонки порожнини носа та тривалістю і ступенем назальної обструкції для оцінки характеру та вираженості функціональних порушень мукоциліарного транспорту.

**Матеріали і методи.** Обстежено 196 хворих з різним ступенем назальної обструкції з порушенням дихальної та нюхової функцій та тривалістю захворювання від 1 міс до 5 років, яких було розподілено на чотири групи. Клінічне обстеження хворих включало вивчення скарг та анамнезу захворювання, огляд ЛОР-органів, риноманометрію, ольфактометрію з використанням тесту Sniffing Sticks (Burghardt®, Німеччина), зокрема порогового та ідентифікаційного тестів, дослідження мукоциліарного кліренсу. Статистичний аналіз даних проводили за допомогою програми Excel 2022 (Microsoft, USA). Дослідження виконане в межах наукових тем з номерами державної реєстрації 0122U200258 та 0125U001264.

**Етика дослідження.** Дослідження проведено відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (1964–2024), директиви Європейського товариства 86/609 про участь людей у медико-біологічних дослідженнях, а також наказу Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23.09.2009. Всі учасники дослідження надали інформовану згоду.

**Результати.** Найбільш виражені порушення роботи війчастого апарату спостерігалися у пацієнтів 3-ї групи (частота биття війок (ЧБВ)  $[6,8 \pm 2,2]$  Гц, сахариновий тест  $[34,7 \pm 3,3]$  хв) та 1-ї групи (ЧБВ  $[7,3 \pm 1,4]$  Гц, сахариновий тест  $[24,5 \pm 3,1]$  хв), у яких спостерігався виражений ступінь назальної обструкції. Також у пацієнтів обох груп відмічалось виражене порушення нюхової функції внаслідок підвищення порогу сприйняття запаху ( $[4,1 \pm 1,3]$  бала та  $[3,4 \pm 2,4]$  бала відповідно). У пацієнтів 2-ї та 4-ї груп з помірним та легким ступенем назальної обструкції виявлено часткову дисфункцію війчастого апарату (ЧБВ  $[7,6 \pm 3,1]$  Гц, сахариновий тест  $[18,0 \pm 2,4]$  хв та ЧБВ  $[8,2 \pm 1,3]$  Гц, сахариновий тест  $[15,0 \pm 2,4]$  відповідно). Однак, у пацієнтів 4-ї групи відмічалось виражене порушення нюхової функції за результатами порогового та ідентифікаційного тестів, на відміну від пацієнтів 2-ї групи, де спостерігався легкий ступінь дизосмії.

**Висновки.** Встановлено виражену залежність між показниками носового дихання та рухливістю миготливих війок, що впливає на функціонування мукоциліарного кліренсу.

**Ключові слова:** оториноларингологія, миготливий епітелій, респіраторні порушення, нюхова дисфункція, COVID-19, риноманометрія.

Відповідальний автор: Світлична Ю.В.

✉ 4, пр. Науки, Харків,  
61022, Україна.

E-mail: [yvsvitlychna.po21@knmu.edu.ua](mailto:yvsvitlychna.po21@knmu.edu.ua)

Corresponding author: Svitlychna Y.V.


✉ 4 Nauky ave., Kharkiv,  
61022, Ukraine.

E-mail: [yvsvitlychna.po21@knmu.edu.ua](mailto:yvsvitlychna.po21@knmu.edu.ua)

© Світлична Ю.В., Шушляпіна Н.О.,  
Лупир А.В., Бондаренко Я.Д., 2025

CC BY-NC-SA

© Svitlychna Y.V., Shushliapina N.O.,  
Lupyr A.V., Bondarenko Y.D., 2025

	<b>Цитуйте українською:</b> Світлична ЮВ, Шушляпіна НО, Лупир АВ, Бондаренко ЯД. Аналіз взаємозв'язку показників мукоциліарного кліренсу слизової оболонки порожнини носа з тривалістю та ступенем назальної обструкції. Медицина сьогодні і завтра. 2025;94(3):69-78с. <a href="https://doi.org/10.35339/msz.2025.94.3.ssl">https://doi.org/10.35339/msz.2025.94.3.ssl</a>
	<b>Cite in English:</b> Svitlychna YV, Shushliapina NO, Lupyr AV, Bondarenko YD. Analysis of the relationship between nasal mucosa mucociliary clearance parameters and the duration and severity of nasal obstruction. Medicine Today and Tomorrow. 2025;94(3):69-78p. <a href="https://doi.org/10.35339/msz.2025.94.3.ssl">https://doi.org/10.35339/msz.2025.94.3.ssl</a> [In Ukrainian].

## Вступ

Мукоциліарний кліренс є першою лінією захисту дихальних шляхів, оскільки завдяки злагодженій роботі війок епітелію та частотою їх биття він створює бар'єр, що захищає порожнину носа і навколоносові пазухи від різних біологічних і фізичних пошкоджень [1]. Завдяки координованості дії війчастого епітелію досягається ефективність мукоциліарного кліренсу, яка залежить від кількості та реологічних властивостей слизу [2]. Функціональна активність миготливого епітелію, зокрема частота биття війок (ЧБВ) та показники мукоциліарного транспорту – сахариновий тест, є чутливими індикаторами стану слизової оболонки носа [3].

Сучасні дані свідчать, що взаємозв'язок між ступенем назальної обструкції та порушенням мукоциліарної функції є складним і залежить не лише від механічного звуження носових ходів, але й від вираженості запалення, ремоделювання епітелію та характеру патологічного процесу. Однією з розповсюджених причин втрати війок у слизовій оболонці носа, за результатами дослідження Kumar L. et al. (2017), може бути порушення аеродинаміки, пов'язане зі збільшенням об'єму носової порожнини, викликане посиленням потоком повітря, що проходить через носові ходи [4]. Інші дослідження Babchenko N.V. (2023) дозволяють розглядати порушення мукоциліарного кліренсу слизової оболонки носа не тільки як наслідок механічних змін носового повітряного потоку, а як складний патологічний процес, що відбувається в порожнині носа при порушенні архітекtonіки, пов'язаної з викривленням носової перегородки [5]. За даними досліджень Rutland J. & Cole P.J. (1981) та Rumeau C. et al. (2016) саме

порушення аеродинамічних властивостей, визначені за допомогою передньої риноманометрії та тесту з метиленовим синім, є одним із ключових факторів розвитку патології порожнини носа [6; 7]. Проте патогенез функціональних змін мукоциліарного кліренсу та його зв'язок із порушенням аеродинаміки є суперечливими та недостатньо вивченими. Особливої уваги потребує стан миготливого епітелію слизової оболонки порожнини носа залежно від ступеня та тривалості назальної обструкції.

**Метою** роботи було визначення та аналіз взаємозв'язку між показниками мукоциліарного кліренсу слизової оболонки порожнини носа та тривалістю і ступенем назальної обструкції для оцінки характеру та вираженості функціональних порушень мукоциліарного транспорту.

## Матеріали та методи

До проспективного обсерваційного дослідження залучено 196 пацієнтів (середній вік  $[37,4 \pm 3,1]$  року) з різним ступенем назальної обструкції, що супроводжувалась порушенням дихальної та нюхової функції тривалістю від одного місяця до п'яти років. Пацієнтів було розподілено на чотири групи відповідно до клінічної картини та тривалості захворювання: перша група ( $n=53$ ; 27,0 %) – пацієнти з вираженим порушенням носового дихання та тривалістю захворювання 3–5 років; друга група ( $n=48$ ; 24,5 %) – пацієнти з частковою назальною обструкцією та тривалістю захворювання до шести місяців; третя група ( $n=44$ ; 22,5 %) – пацієнти з вираженим порушенням носового дихання та тривалістю захворювання до одного місяця; четверта група ( $n=51$ ; 26,0 %) – пацієнти з гострим поствірусним риносинуситом, асоційованим з інфекцією

SARS-CoV-2, з помірною назальною дисфункцією та тривалістю симптоматики до трьох місяців.

Критеріями включення у дослідження були відсутність місцевої або системної антибіотикотерапії протягом попередніх шести тижнів, відсутність хронічних захворювань серцево-судинної, дихальної, травної та сечовидільної систем, відсутність обтяженого сімейного анамнезу щодо спадкових захворювань, а також відсутність супутньої фармакотерапії препаратами, здатними модифікувати мукоциліарний транспорт. Критеріями виключення визначено наявність хронічного риносинуситу з поліпами або без них, системні імунodefіцитні стани, супутні аутоімунні патології, а також будь-які гострі інфекційні процеси або фармакологічні втручання, здатні модулювати мукоциліарний кліренс.

Клінічне обстеження хворих включало вивчення скарг, анамнезу захворювання, огляд ЛОР-органів, проведення ендоскопічного дослідження порожнини носа, риноманометрії, ольфактометрії з використанням тесту Sniffing Sticks (Burghardt®, Німеччина), зокрема порогового та ідентифікаційного тесту, дослідження мукоциліарного кліренсу.

Риноманометрія була проведена хворим у всіх групах. Методика включала в себе проведення тестування носового дихання за допомогою дослідного зразка комп'ютерного риноманометра – пристрою для тестування носового дихання з модулем перепадно-витратних характеристик ТНДА-ПВХ на основі виконання дихальних маневрів у форсованому режимі та реєстрації перепаду тиску і витрати повітря з відповідним визначенням коефіцієнта аеродинамічного носового опору як їх відношення.

Для обстеження функції нюху використовувалася ольфактометрична система Sniffing sticks test [8], що складається з порогового та ідентифікаційного тестів. Пороговий тест визначає мінімальну концентрацію, яку відчуває хворий. Тест складається з 16 трійок маркерів, у кожній трійці один із трьох маркерів містить

пахучу речовину, розведена у розчиннику зі зменшенням концентрації від рівня 1 (найбільша концентрація) до рівня 16 (найменша концентрація). Два інші маркери просочені лише розчинником. Пацієнту пропонуються триплети маркерів зі зростаючою концентрацією (зменшуються числа), починаючи з 16 рівня, доки не буде отримана правильна відповідь. Далі проводиться контроль із використанням маркерів з меншою та більшою концентрацією. Пороговий бал нюху визначався як середнє значення 4 відповідей і оцінювався передбаченим нормативним значенням наступним чином: аносмія (1 бал), гіпосмія (2–6 балів), нормосмія (7–16 балів). Ідентифікаційний тест визначає здатність пацієнта розпізнавати запахи. Цей тест складається з 12 чорних маркерів з побутовими запахами. Пацієнту необхідно розпізнати кожен з цих запахів серед 4-х варіантів відповідей. Ідентифікаційний бал відповідає кількості правильних відповідей, які записуються до бланку, і має значення 0–6 балів для аносмії, 7–10 балів для гіпосмії, 11–12 балів – для нормосмії.

Методика дослідження функціонального стану мукоциліарного кліренсу включала проведення сахаринового тесту та оцінки ЧБВ циліарного епітелію. Вимірювання мукоциліарного кліренсу проводили за допомогою сахаринового тесту, як описано авторами Rutland J. & Cole P.J. [9]. Пацієнтів, які брали участь у дослідженні, повідомили, що перед обстеженням їм необхідно утриматися від прийому анестетиків, анальгетиків, назальних спреїв, а також утриматися від вживання алкоголю та напоїв, що містять кофеїн, протягом 12 годин. Пацієнтів проінструктували сидіти з мінімально нахиленою головою та уникати розмови, нюхання, чхання, кашлю та прочищення горла. Четверть таблетки сахарину поміщали на 0,5 см позаду переднього кінця нижньої носової раковини. Пацієнтів просили ковтати кожні 60 секунд. Нормальний час тесту на сахарин вважали від 7 до 15 хв, тоді як час, що перевищував 20 хв, вважали патологічним [10].

ЧБВ циліарного епітелію оцінювалась відповідно до загальноприйнятої методики [11; 12]. Для цього проводився зіскрібок з поверхні слизової оболонки порожнини носа стерильним одноразовим щітковим зондом («Волес», Китай). Матеріал переміщувався в пробірку з 0,5 мл фосфатного буфера, підігрітого до температури 37°C, далі переносився на предметне скло та оцінювався мікроскопічно при збільшенні  $\times 1\,000$  світловим мікроскопом Karl Zeiss PrimoStar з відеоокуляром Sigeta TCMOS5100 5,1 MP, USB 2.0 [13; 14]. Биття війок мерехтливого епітелію реєстрували за допомогою цифрової відеокамери протягом 1 хв зі швидкістю 120 кадрів/с. Для кожного обстежуваного аналізували від трьох до десяти ділянок епітелію в полі зору мікроскопу. ЧБВ визначали безпосередньо шляхом ідентифікації груп активно працюючих війок та фіксації кількості кадрів, необхідних для завершення 10 повних циклів їх руху. Отримані показники перераховували у значення ЧБВ за допомогою простого математичного перетворення:

$$\text{ЧБВ} = N \times \text{fps} / K \quad (1),$$

де  $N$  – кількість циклів (10);

fps – частота відеозапису (120);

$K$  – кількість кадрів, необхідних для 10 повних циклів руху війок. Обчислення ЧБВ виконували згідно з методологією, описаною Lee S.L. et al. (2020) [15].

Обробка отриманих відеофайлів здійснювалась за допомогою програмного забезпечення ImageJ з плагіном "ciliaFA", розробленим та описаним Smith C.M. et al. (2012) [16], що дозволяє визначати частоту биття, патерн, синхронність коливань та характер метакрональної хвилі.

Статистичний аналіз отриманих результатів було проведено з використанням методів біометричного аналізу, що реалізовані в програмі Excel 2022 (Microsoft, USA). Для порівняння показників між чотирма незалежними групами використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Для подальшого попарного порівняння груп застосовували  $t$ -критерій Стьюдента з поправкою Бонферроні. Для оцінки

зв'язку між тривалістю захворювання та функціональними показниками (ЧБВ, час сахариного тесту) використовували кореляційний аналіз за Спірменом. Дані представлені у вигляді середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення ( $M \pm SD$ ).

#### Етика дослідження

Дослідження проведено відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2024), директиви Європейського товариства 86/609 про участь людей у медико-біологічних дослідженнях, а також наказу Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23.09.2009. Письмова інформована згода на участь у дослідженні була отримана від усіх учасників після надання їм зрозумілої, повної та доступної інформації про мету, дизайн і методологію дослідження, його потенційні ризики, очікувані переваги, можливі альтернативи та добровільність участі.

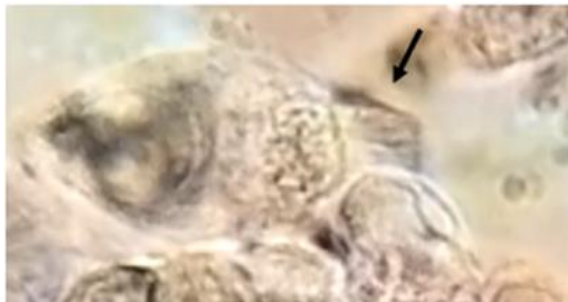
#### Результати

До *першої групи* увійшло 53 пацієнти (27,0 % від загальної кількості обстежених) із клінічно значущим порушенням функції носового дихання, у яких за результатами риноманометрії визначався аеродинамічний опір у діапазоні  $[3,1 \pm 0,4]$  кПа·с/л, що відповідало вираженому ступеню назальної обструкції. Анамнестична тривалість патологічного процесу у цих хворих становила від 3 до 5 років, що дозволяло характеризувати патологію як хронічну з тривалим персистуючим перебігом.

За результатами ольфактометрії за пороговим тестом усі пацієнти мали гіпосмію на рівні  $[4,1 \pm 1,3]$  бала. Ідентифікаційний тест показав гіпосмію у 48,3 % осіб на рівні  $[10,3 \pm 1,4]$  бала, тоді як у 51,7 % осіб спостерігалась нормосмія з результатом  $[11,8 \pm 1,7]$  бала. Отримані результати вказують на помірне порушення нюхової функції, зумовлене підвищення порогу сприйняття запаху.

При оцінці стану миготливого епітелію було встановлено значне порушення циліарної активності. Частота биття війок була помірно зниженою, середнє значення  $[7,3 \pm 1,4]$  Гц.

Візуально було виявлено порушення патерну руху, при цьому ефективний удар був укороченим або відсутнім, рух мав ригідний, маятниковоподібний характер. Амплітуда биття була різко зниженою. Також відмічалась втрата синхронності руху як у межах однієї клітини, так і між сусідніми. Метахрональна хвиля була відсутня у всіх випадках (рис. 1). Середній час сахаринового тесту становив  $[24,5 \pm 3,1]$  хв.



а



б

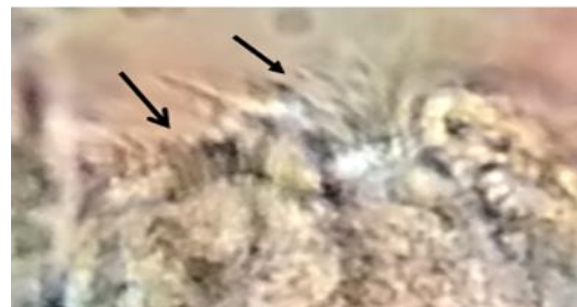
Рис. 1. Відеомікроскопія циліарного епітелію, стоп кадр: а) фаза ефектного удару; б) фаза зворотного удару. Збільшення  $\times 1\,000$ , препарат не забарвлений.

Друга група налічувала 48 пацієнтів (24,5 % обстежених) зі структурними змінами внутрішньоносових утворень та частковою обструкцією порожнини носа, у яких показники аеродинамічного опору при риноманометрії знаходилися в межах  $[2,2 \pm 0,5]$  кПа·с/л, що відповідало легкому або помірному ступеню обструкції. Характерною особливістю цієї групи була відносно невелика тривалість захворювання – до 6 місяців, що дозволяло розцінювати патологічний процес як підгострий або ранній хронічний.

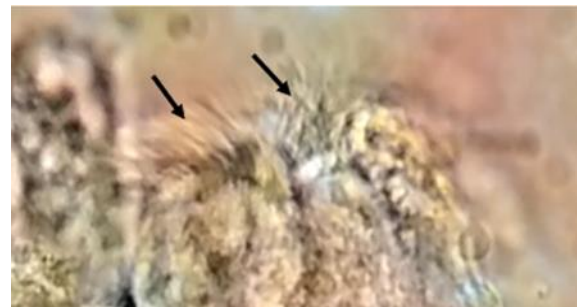
Ольфактометричне обстеження виявило легкий ступінь порушення нюхової функції при пороговому тесті у всіх пацієнтів, середній бал становив  $[5,6 \pm 2,2]$ . При ідентифікаційному тесті у більшості пацієнтів

(81,3 %) було виявлено нормосмію, лише у 18,7 % спостерігалась гіпосмія на рівні  $[10,2 \pm 1,2]$  бала.

Результати аналізу стану миготливого епітелію свідчать про формування частково оборотної вторинної дисфункції в'їчастого апарату. Частота биття війок перебувала в межах норми або була помірно зниженою, проте відзначалась виражена варіабельність в полі зору (середнє значення  $[7,6 \pm 3,1]$  Гц). Патерн руху характеризувався частковою дискінезією за рахунок укорочення ефективного удару та неповної амплітуди. Також частково була порушена синхронність руху війок. Метахрональна хвиля була фрагментованою, локально відсутньою (рис. 2). При проведенні сахаринового тесту відзначено помірне порушення мукоциліарного транспорту з подовженням часу сахаринового кліренсу  $[18,0 \pm 2,4]$  хв.



а



б

Рис. 2. Відеомікроскопія циліарного епітелію, стоп-кадр: а) фаза ефектного удару; б) фаза зворотного удару. Збільшення  $\times 1\,000$ , препарат не забарвлений.

Третя група об'єднувала 44 пацієнти (22,5 % від загальної кількості) зі змінами внутрішньоносових структур та різним ступенем порушення функції носового дихання і нюхової рецепції, у яких риноманометричні показники аеродинамічного опору становили  $[3,6 \pm 0,4]$  кПа·с/л,

що відповідало вираженому ступеню назальної обструкції. Відмінною характеристикою даної групи була мінімальна анамнестична тривалість захворювання – до 1 місяця, що дозволяло класифікувати патологічний процес як гострий.

За результатами ольфактометрії у пацієнтів було виявлено гіпосмію за пороговим тестом на рівні  $[3,4 \pm 2,4]$  бала. Ідентифікаційний тест показав помірну гіпосмію у 62,7 % осіб на рівні  $[9,3 \pm 1,4]$  бала, тоді як у 37,2 % осіб спостерігалась нормосмія ( $[11,4 \pm 1,7]$  бала). Отримані результати вказують на виражене порушення нюхової функції за рахунок підвищення порогу сприйняття запаху.

При оцінці стану миготливого епітелію було виявлено найбільш виражені порушення циліарної активності. Спостерігалась гіпокінезія війок, середнє значення  $[6,8 \pm 2,2]$  Гц. Візуально визначався нерегулярний патерн руху з нестійкою амплітудою. Також відмічалась асинхронність биття між сусідніми клітинами (рис. 3). Метахрональні хвилі були наявними, проте інколи ослабленими. Час появи смаку сахарину становив у середньому  $[34,7 \pm 3,3]$  хв.



а



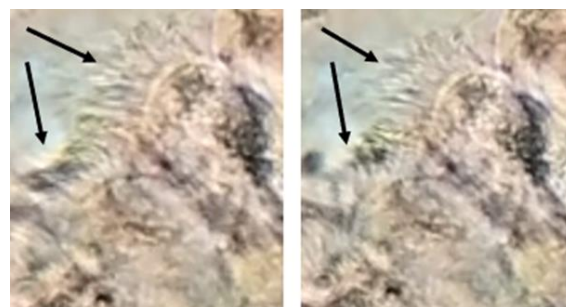
б

Рис. 3. Відеомікроскопія циліарного епітелію, стоп-кадр: а) фаза ефективного удару; б) фаза зворотного удару. Збільшення  $\times 1\,000$ , препарат не забарвлений.

**Четверта група** включала 51 пацієнта (26,0 %) з поствірусним риносинуситом, спричиненим COVID-19. Результати риноманометричного обстеження продемонстрували відсутність суттєвих функціональних порушень носового дихання. Показники коефіцієнта аеродинамічного опору становили  $[1,3 \pm 0,5]$  кПа·с/л, що відповідає помірному ступеню назальної обструкції. Анамнестична тривалість захворювання складала до 3 міс, що відповідає гострому патологічному процесу.

За результатами ольфактометрії у 27,5 % осіб відмічалась аносмія за пороговим тестом (середній бал  $[0,9 \pm 0,3]$ ) та ідентифікаційним тестом (середній бал  $[4,5 \pm 1,8]$ ). Гіпосмія спостерігалась у 72,5 % осіб за пороговим тестом на рівні  $[3,8 \pm 1,4]$  бала та за ідентифікаційним тестом на рівні  $[7,8 \pm 2,1]$  бала. Отримані результати вказують на значне порушення нюхової функції.

При оцінці стану миготливого епітелію виявлено переважно вторинні порушення циліарної кінематики. Частота биття війок залишалась в межах норми у 62 % осіб або була помірно зниженою у 38 % осіб та коливалась від  $[7-9]$  Гц (середнє значення  $[8,2 \pm 1,3]$  Гц). Однак патерн биття війок демонстрував різні типи дискінезії, такі як укорочений ефективний удар, вібраційний рух, також спостерігалась асинхронність між сусідніми клітинами. Амплітуда биття була зниженою у більшості зразків. Метахрональна активність була непостійною та проявлялася у вигляді фрагментованих хвиль (рис. 4).

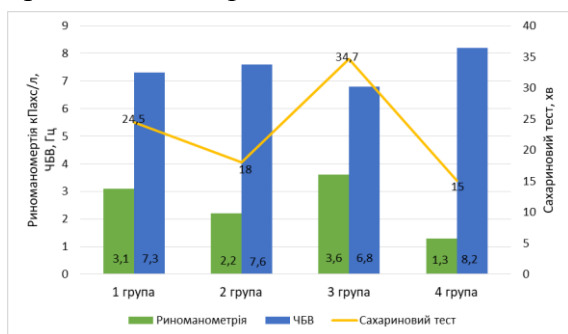


а

б

Рис. 4. Відеомікроскопія циліарного епітелію, стоп-кадр: а) фаза ефективного удару; б) фаза зворотного удару. Збільшення  $\times 1\,000$ , препарат не забарвлений.

При проведенні сахариногового тесту було виявлено помірне подовження часу мукоциліарного транспорту. Середній час сахариногового кліренсу становив [15–25] хв (середнє значення [15,0±2,4]). Дані риноманометрії та функціональні показники стану миготливого епітелію по групах представлені на *рис. 5*.



*Рис. 5. Результати риноманометрії та функціональні показники стану миготливого епітелію в досліджуваних групах.*

### Обговорення

Проведене дослідження підтвердило вплив назальної обструкції різного ступеня на функціонування миготливого епітелію. Найбільш виражені порушення роботи війчастого апарату спостерігалися у пацієнтів 3-ї групи (ЧБВ [6,8±2,2] Гц, сахариновий тест [34,7±3,3] хв) та 1-ї групи (ЧБВ [7,3±1,4] Гц, сахариновий тест [24,5±3,1] хв), що свідчило про пригнічення функціональної активності війчастого епітелію. Ці показники корелювали з показниками носового опору [3,6±0,4] кПа·с/л та [3,1±0,4] кПа·с/л відповідно за даними риноманометрії і вказували на виражений ступінь назальної обструкції з підвищенням порогу сприйняття запаху ([3,4±2,4] бала та [4,1±1,3] бала відповідно) за даними ольфактометрії. Зміни роботи війчастого апарату у пацієнтів 3-ї групи, скоріш за все, обумовлені вираженим порушенням аеродинаміки внаслідок різкого виникнення обструкції порожнини носа тривалістю до 1 місяця. В той час, у пацієнтів 1-ї групи зниження частоти биття війок миготливого епітелію слизової оболонки носа з реєстрацією пролонгованого показника сахариногового тесту у часі корелює з тривалою хронічною непрохідністю порожнини носа (до 5-ти років).

У пацієнтів 2-ї та 4-ї груп виявлено часткову дисфункцію війчастого апарату (ЧБВ [7,6±3,1] Гц, сахариновий тест [18,0±2,4] хв та ЧБВ [8,2±1,3] Гц, сахариновий тест [15,0±2,4] відповідно). Відповідні закономірності пояснюються, по-перше, помірним носовим опором згідно з даними риноманометрії, що відповідає легкому та середньому ступеню назальної обструкції в цих групах спостереження, а по-друге, тривалістю вищезазначеної патології до 6-ти та 3-х місяців відповідно.

Результати нашого дослідження співпадають з іншими дослідженнями, які повідомляють про зниження ЧБВ на [10–30] %, що поєднується зі структурними порушеннями війок і дезорганізацією метахрональних хвиль у хворих на хронічний риносинусит [17]. Babchenko N.V. повідомив про гістологічні зміни слизової оболонки за вираженої назальної обструкції внаслідок деформації носової перегородки. Результати свідчать про зниження щільності війок, ознаки атрофії та порушення метахронних хвиль, особливо на увігнутій стороні носової перегородки [5].

Таким чином, обструкція порожнини носа, зумовлена набряком слизової оболонки, призводить до пригнічення функціональної активності війчастого епітелію, що проявляється подовженням часу мукоциліарного транспорту (зокрема переміщення сахарину) та корелює з тривалістю перебігу захворювання.

### Висновки

Встановлено чітко виражену залежність між показниками носового дихання та рухливістю миготливих війок і, відповідно, роботою мукоциліарного кліренсу. Так, за аналізом показників у третій та першій групах пацієнтів спостерігаються найбільші значення аеродинамічного носового опору і, відповідно, найбільший час сахариногового тесту, що свідчить про найменшу швидкість мукоциліарного транспорту. У другій та четвертій групах назальна обструкція менш виражена і, відповідно, наявні більш високі показники швидкості при сахариновому тесті

та частоти биття миготливих війок, які наближаються до значень у нормі. Ці показники можуть бути окремими маркерами при лікуванні дизосмій різних форм і незалежно підтверджувати результативність лікування в динаміці та на етапі респіраторно-нюхової реабілітації.

**Декларації**

Конфлікт інтересів відсутній.

Усі автори дали згоду на публікацію статті, на обробку та публікацію їхніх персональних даних.

Автори рукопису заявляють, що під час проведення досліджень, підготовки та редагування цього рукопису вони не використовували жодні інструменти чи сервіси генеративного штучного інтелекту (ШІ) для виконання завдань, перелічених у Таксономії делегування генеративного ШІ (Generative AI Delegation Taxonomy, GAIDeT, 2025). Усі етапи роботи (від розробки дослідницької концепції до фінального редагування) виконувалися авторами особисто.

**Внесок авторів**

Автори \ Внесок	A	B	C	D	E	F
Шушляпіна Н.О	+	+	+		+	+
Світлична Ю.В			+		+	+
Лупир А.В.	+					+
Бондаренко Я.Д.				+	+	+

*Примітки: A – концепція;*

*B – дизайн;*

*C – збір даних;*

*D – статистична обробка та інтерпретація даних;*

*E – написання або критичне редагування статті;*

*F – схвалення фінальної версії до публікації та згода нести відповідальність за всі аспекти роботи.*

**Фінансування та подяки**

Стаття є фрагментом планових науково-дослідних робіт кафедри оториноларингології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України «Реабілітація хворих на ЛОР-патологію на підставі впровадження інноваційних діагностично-лікувальних засобів» (2022–2024 рр.), номер державної реєстрації 0122U200258; та «Оптимізація діагностично-лікувальної тактики в реабілітації хворих на ЛОР-патологію в умовах воєнного стану» (2025–2027 рр.), номер державної реєстрації 0125U001264.

**Література**

1. Comba A, Atan D. Evaluation of nasal mucociliary clearance time in children with celiac disease. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2020;133:109936. DOI: 10.1016/j.ijporl.2020.109936. PMID: 32088546.
2. Cohen NA. Sinonasal mucociliary clearance in health and disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 2006;196:20-6. DOI: 10.1177/00034894061150s904. PMID: 17040014.
3. Koparal M, Kurt E, Altuntas EE, Dogan F. Assessment of mucociliary clearance as an indicator of nasal function in patients with COVID-19: a cross-sectional study. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021;278(6):1863-8. DOI: 10.1007/s00405-020-06457-y. PMID: 33185743.
4. Kumar L, Belaldavar BP, Bannur H. Influence of Deviated Nasal Septum on Nasal Epithelium: An Analysis. *Head Neck Pathol.* 2017;11(4):501-5. DOI: 10.1007/s12105-017-0819-9. PMID: 28474294.
5. Babchenko NV. The condition of mucociliary clearance in patients with nasal septum deviation and postnasal drip syndrome. *Clinical and Preventive Medicine.* 2023;9(26):53-6. DOI: 10.31612/2616-4868.4(26).2023.08.

6. Neagos A, Cirticioiu A, Stanciu A, Csiszer I. Outcomes of mucociliary clearance and rhinomanometrical changes in nasal pathology. *Romanian Journal of Rhinology*. 2017;7(25):27-31. DOI: 10.1515/rjr-2017-0003.

7. Павлов СВ, Аврунін ОГ, Злепко СМ, Бодяньський ЄВ, Колісник ПФ, Лисенко ОМ, та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»; 2019. 260 с.

8. Rumeau C, Nguyen DT, Jankowski R. How to assess olfactory performance with the Sniffin' Sticks test(®). *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2016;133(3):203-6. DOI: 10.1016/j.anorl.2015.08.004. PMID: 26344139.

9. Rutland J, Cole PJ. Nasal mucociliary clearance and ciliary beat frequency in cystic fibrosis compared with sinusitis and bronchiectasis. *Thorax*. 1981;36(9):654-8. DOI: 10.1136/thx.36.9.654. PMID: 7314040.

10. Deborah S, Prathibha KM. Measurement of nasal mucociliary clearance. *Clin Res Pulmonol*. 2014;2(2):14-9. DOI: 10.47739/2333-6625/1019.

11. Jackson CL, Bottier M. Methods for the assessment of human airway ciliary function. *Eur Respir J*. 2022;60(1):2102300. DOI: 10.1183/13993003.02300-2021. PMID: 35595315.

12. Sampaio P, da Silva MF, Vale I, Roxo-Rosa M, Pinto A, Constant C, et al. CiliarMove: new software for evaluating ciliary beat frequency helps find novel mutations by a Portuguese multidisciplinary team on primary ciliary dyskinesia. *ERJ Open Res*. 2021;7(1):00792-2020. DOI: 10.1183/23120541.00792-2020. PMID: 34104642.

13. Kovalova A, Shushliapina N, Avrunin O, Zlepko A, Pugach S, Burennikova N, Smailova S. Possibilities of automated image processing at optical capillaroscopy. In *Optical Fibers and Their Applications*. 2020;1(11456):82-7. DOI: 10.1117/12.2569772.

14. Lee SL, O'Callaghan C, Lau YL, Lee CD. Functional analysis and evaluation of respiratory cilia in healthy Chinese children. *Respir Res*. 2020;21(1):259. DOI: 10.1186/s12931-020-01506-w. PMID: 33036612.

15. Smith CM, Djakow J, Free RC, Djakow P, Lonnen R, Williams G, et al. ciliaFA: a research tool for automated, high-throughput measurement of ciliary beat frequency using freely available software. *Cilia*. 2012;1:14. DOI: 10.1186/2046-2530-1-14. PMID: 23351276.

16. Park AC, Nguyen TV, Chou L, Dilley KK, Zhu Z, Lal A, et al. Variations in ciliary beat frequency based on chronic rhinosinusitis endotype and phenotype. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2025;134(4):442-7. DOI: 10.1016/j.anai.2025.01.009. PMID: 39842772.

**Svitlychna Y.V., Shushliapina N.O., Lupyr A.V., Bondarenko Y.D.**

#### **ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NASAL MUCOSA MUCOCILIARY CLEARANCE PARAMETERS AND THE DURATION AND SEVERITY OF NASAL OBSTRUCTION**

**Background.** One of the common causes of cilia loss in the nasal mucosa is impaired aerodynamics within the nasal cavity. However, the mechanisms underlying the pathogenesis of functional changes in mucociliary clearance associated with impaired nasal aerodynamics remain controversial and poorly understood.

**Aim.** To identify and analyze the relationship between mucociliary clearance parameters of the nasal mucosa and the duration and degree of nasal obstruction, in order to assess the nature and severity of functional impairments in mucociliary transport.

**Materials and Methods.** A total of 196 patients with varying degrees of nasal obstruction accompanied by impaired respiratory and olfactory function, with disease duration ranging from 1 month to 5 years, were examined and divided into four groups. Clinical evaluation included assessment of complaints, medical history, otorhinolaryngological examination, rhinomanometry, olfactometry using the Sniffin' Sticks test (Burghardt®, Germany), including threshold and identification subtests, and assessment of mucociliary clearance. Statistical data

analysis was performed using Excel 2022 (Microsoft, USA). The study was conducted within the framework of research projects with state registration numbers 0122U200258 and 0125U001264.

**Research Ethics.** The study was conducted in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (1964–2024), the European Society Directive 86/609 on the participation of humans in biomedical research, and the Order of the Ministry of Health of Ukraine No.690 of September 23, 2009. All study participants provided informed consent.

**Results.** The most pronounced impairments of ciliary function were observed in patients of Group 3 (ciliary beat frequency (CBF) [6.8±2.2] Hz, saccharin test [34.7±3.3] min) and Group 1 (CBF [7.3±1.4] Hz, saccharin test [24.5±3.1] min), both of whom had severe nasal obstruction. In addition, patients in both groups exhibited marked olfactory dysfunction, reflected by an increased odour detection threshold ([4.1±1.3] points and [3.4±2.4] points, respectively). In patients of Groups 2 and 4, who had moderate and mild nasal obstruction, respectively, partial ciliary dysfunction was observed (CBF [7.6±3.1] Hz, saccharin test [18.0±2.4] min; and CBF [8.2±1.3] Hz, saccharin test [15.0±2.4] min, respectively). However, patients in Group 4 demonstrated marked olfactory dysfunction based on threshold and identification tests, in contrast to Group 2 patients, who showed a mild degree of dysosmia.

**Conclusions.** It has been determined that a pronounced correlation exists between nasal breathing indicators and the motility of ciliated cells, which directly impacts the functioning of mucociliary clearance.

**Keywords:** *otorhinolaryngology, ciliated epithelium, respiratory disorders, olfactory dysfunction, COVID-19, rhinomanometry.*

Надійшла 06.03.2025

Прийнята до опублікування 29.09.2025

Опублікована 30.09.2025

### Відомості про авторів

*Світлична Юлія Володимирівна* – аспірант кафедри оториноларингології Харківського національного медичного університету, Україна.

Поштова адреса: 4, пр. Науки, Харків, 61022, Україна.

E-mail: [yvsvitlychna.po21@knmu.edu.ua](mailto:yvsvitlychna.po21@knmu.edu.ua)

ORCID: 0009-0009-2898-2812.

*Шушляпіна Наталія Олегівна* – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри оториноларингології Харківського національного медичного університету, Україна.

Поштова адреса: 4, пр. Науки, Харків, 61022, Україна.

E-mail: [no.shushliapina@knmu.edu.ua](mailto:no.shushliapina@knmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-6347-3150.

*Луцир Андрій Вікторович* – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри оториноларингології Харківського національного медичного університету, Україна.

Поштова адреса: 4, пр. Науки, Харків, 61022, Україна.

E-mail: [av.lupyr@knmu.edu.ua](mailto:av.lupyr@knmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-9896-163X.

*Бондаренко Ярослав Дмитрович* – студент Харківського національного медичного університету, Україна.

Поштова адреса: 4, пр. Науки, Харків, 61022, Україна.

E-mail: [bondarenkoyaroslav2017@gmail.com](mailto:bondarenkoyaroslav2017@gmail.com)

ORCID: 0009-0003-4984-5813.